ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 15-2021

УТИЛИЗАЦИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ (КРОМЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ)










Москва
2021

Оглавление

Введение XII
Предисловие XIV
Область применения 1
Раздел 1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов 3
Раздел 2 Утилизация и обезвреживание отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства 5
2.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства 5
2.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел 7
2.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел 11
Раздел 3 Утилизация и обезвреживание прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата 13
3.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата 13
3.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата 13
3.2.1 Технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на химических методах 14
3.2.2 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на физических методах 15
3.2.3 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на физико-химических методах 18
3.2.4 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на биологических методах 19
3.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата 23
Раздел 4 Утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть 24

4.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию оборудования, содержащего ртуть 24
4.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания оборудования, содержащего ртуть 26
4.2.1 Технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, основанные на термических методах 27
4.2.2 Технологии утилизации и обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, основанные на химических методах 32
4.2.3 Технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, основанные на физико-химических методах 33
4.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов оборудования, содержащего ртуть 37
Раздел 5 Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 39
5.1 Общая информация о деятельности по утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 39
5.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 41
5.2.1 Технологии утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, основанные на физических методах 41
5.2.2 Бародеструкционная технология изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 43
5.2.3 Низкотемпературная технология утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 45
5.2.4 Технология утилизации отходов изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, при повышенных температурах 47
5.2.5 Технология регенерации отходов изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 47
5.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 48
Раздел 6 Утилизация и обезвреживание пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки 50

6.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки 50
6.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки 53
6.2.1 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физических методах 53
6.2.2 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физических методах с применением термоформирования 57
6.2.3 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физико-химических методах 59
6.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки 60
Раздел 7 Утилизация и обезвреживание электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 61
7.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 61
7.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 62
7.2.1 Утилизация отходов компьютерной техники 63
7.2.2 Утилизация жидкокристаллических мониторов, утративших потребительские свойства 70
7.2.3 Утилизация отходов телевизоров с плазменными панелями жидкокристаллических мониторов 71
7.2.4 Утилизация отходов мониторов и телевизоров с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ-мониторов и телевизоров) 72
7.2.5 Утилизация отходов холодильников и морозильников 73
7.2.6 Утилизация отходов мобильных телефонов 76
7.2.7 Комплексная утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства 76

7.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 79
Раздел 8 Обезвреживание медицинских отходов 81
8.1 Общая информация о деятельности по обезвреживанию медицинских отходов 81
8.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области обезвреживания медицинских отходов 83
8.2.1 Технологии обезвреживания медицинских отходов, основанные на химических методах 83
8.2.2 Технологии обезвреживания медицинских отходов, основанные на физических методах 84
8.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при обезвреживании медицинских отходов 86
Раздел 9 Утилизация и обезвреживание биологических отходов 88
9.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию биологических отходов 88
9.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации биологических отходов 89
9.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации и обезвреживании биологических отходов 92
Раздел 10 Утилизация и обезвреживание отходов органических растворителей 93
10.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов органических растворителей 93
10.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов органических растворителей 96
10.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов органических растворителей 97
Раздел 11 Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства 99
11.1 Общая информация о деятельности по утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства 99
11.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства 101
11.2.1 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторов методом ручной разборки и сортировки 101

11.2.2 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторов методом разделки ... 101
11.2.3 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторных батарей ... 102
11.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства ... 103
Раздел 12 Утилизация батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства ... 105
12.1 Общая информация о деятельности по утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства ... 105
12.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства ... 106
12.2.1 Гидрометаллургический метод (сернокислотный способ) ... 107
12.2.2 Механический метод утилизации первичных и аккумуляторных батарей ... 107
12.2.3 Утилизация отходов литиевых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов ... 108
12.2.4 Утилизация алкалиновых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов ... 109
12.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства ... 109
Раздел 13 Утилизация и обезвреживание отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных ... 111
13.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных ... 111
13.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных ... 114
13.2.1 Технология утилизации автомобильных масляных фильтров с предварительной разборкой ... 114
13.2.2 Технология утилизации автомобильных масляных фильтров без предварительной разборки ... 114
13.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных ... 115
Раздел 14 Утилизация и обезвреживание отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов ... 116

14.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители 116
14.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов 118
14.2.1 Метод щелочного дегидрохлорирования СОЗ 118
14.2.2 Химическое восстановление в газовой фазе (Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)) 118
14.2.3 Каталитическое разложение (BCD) 119
14.2.4 Окисление в сверхкритической воде (СКВО) 120
14.2.5 Восстановление натрием (SR) 120
14.2.6 Катализируемое основанием разложение (КОР) 121
14.2.7 Биологические методы 121
14.2.8 Химическая утилизация отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители 121
14.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов 122
Раздел 15 Утилизация и обезвреживание твердых коммунальных отходов 123
15.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию твердых коммунальных отходов 123
15.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания твердых коммунальных отходов 125
15.2.1 Методы сортировки твердых коммунальных отходов 125
15.2.2 Технология производства твердого топлива из ТКО 127
15.2.3 Технология компостирования 128
15.2.4 Технология сбраживания органических отходов, собранных раздельно или выделенных при сортировке ТКО 129
15.2.5 Технология сушки органических отходов, собранных раздельно 130
15.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании твердых коммунальных отходов 130
Раздел 16 Утилизация и обезвреживание зол и шлаков от сжигания твердого топлива 132
16.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию зол и шлаков от сжигания твердого топлива 132

16.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания зол и шлаков от сжигания твердого топлива 137
16.2.1 Утилизация зол и шлаков в качестве добавок при строительстве автодорог и производстве строительных материалов 137
16.2.2 Утилизация легких фракций золы с получением полых зольных микросфер 138
16.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации и обезвреживании зол и шлаков от сжигания твердого топлива 140
Раздел 17 Утилизация и обезвреживание катализаторов и сорбентов 141
17.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию катализаторов и сорбентов 141
17.1.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию катализаторов 141
17.1.2. Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию сорбентов 147
17.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания катализаторов и сорбентов 150
17.2.1 Описание технологических процессов в области утилизации и обезвреживания катализаторов 150
17.2.2. Описание технологических процессов в области утилизации и обезвреживания сорбентов 152
17.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании катализаторов и сорбентов 154
17.3.1 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании катализаторов 154
17.3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании сорбентов 156
Раздел 18 Утилизация и обезвреживание отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств 158
18.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств 158
18.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств 159
18.2.1 Технологии утилизации отходов металлообработки 159
18.2.2 Технологии утилизации отходов гальванических производств 159
18.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств 161

Раздел 19 Определение наилучших доступных технологий в области утилизации и обезвреживания отходов 162
Раздел 20 Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживания отходов 171
20.1 Общие положения 171
20.2 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства 173
20.3 Наилучшие доступные технологии, применяемые при обезвреживании и утилизации прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата 174
НДТ 2.1 Наилучшие доступные технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов биоремедиацией 174
20.4 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов оборудования, содержащего ртуть 175
НДТ 3.1 Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, с выделением вторичной ртути 175
НДТ 3.2 Наилучшие доступные технологии обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, связыванием ртути в сульфидную форму 175
20.5 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер 176
НДТ 4.1 Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с применением механических методов 176
20.6 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковочных пластмассовых изделий 176
НДТ 5.1 Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из полиэтилентерефталата, утративших потребительские свойства, механическим методом 176
НДТ 5.2 Наилучшие доступные технологии утилизации отходов полимерных материалов физическими методами с получением гранул 177
20.7 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 177
НДТ 6.1 Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего

озоноразрушающие вещества, предусматривающие тестирование компонентов оборудования 177
НДТ 6.2 Наилучшие доступные технологии утилизации отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества 178
НДТ 6.3 Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего электронно-лучевые трубки 179
НДТ 6.4 Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, разделкой оборудования с получением вторичных материальных ресурсов 179
20.8 Наилучшие доступные технологии, применяемые при обезвреживании медицинских отходов 179
НДТ 7.1 Наилучшие доступные технологии обезвреживания медицинских отходов 179
20.9 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании биологических отходов 180
НДТ 8.1 Наилучшие доступные технологии утилизации биологических отходов 180
20.10 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов органических растворителей 180
20.11 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства 181
НДТ 10.1 Наилучшие доступные технологии утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства 181
20.12 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства 182
НДТ 11.1 Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства 182
НДТ 11.2 Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства 182
20.13 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства 183
НДТ 12.1 Наилучшие доступные технологии утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства 183
20.14 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества; стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов 184
20.15 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании твердых коммунальных отходов 184

НДТ 14.1 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов с получением биогаза и органических удобрений 184
НДТ 14.2 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранных пищевых отходов) с получением органических продуктов (кормовые добавки, удобрение, биотопливо) 184
НДТ 14.3 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки) с получением компоста 185
20.16 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании зол и шлаков от сжигания твердого топлива 186
20.17 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов катализаторов и сорбентов 186
20.18 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств 186
Раздел 21. Перспективные технологии в области утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) 187
Заключительные положения и рекомендации 188
Приложение А (обязательное) Перечень маркерных веществ и технологических показателей 190
Приложение Б (обязательное) Перечень НДТ 192
Приложение В (обязательное) Ресурсная и энергетическая эффективность 198
Приложение Г (справочное) Термины и определения 201
Приложение Д (обязательное) Заключения по наилучшим доступным технологиям 203
Библиография 208

Введение

Настоящий справочник НДТ состоит из 21 раздела, содержащего информацию об уровне технического и технологического развития сферы утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов, основанных на термодеструкции компонентов отходов), применяемых наилучших доступных технологиях (далее – НДТ) и различных аспектах их применения, а также перспективных технологиях. В приложении к справочнику НДТ в дополнение к ГОСТ Р 56828.15 «Наилучшие доступные технологии. Термины и определения» приводятся основные специализированные термины и определения, используемые при описании сферы утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов).

Краткое содержание справочника НДТ

Введение. Во введении приведено краткое содержание справочника НДТ.

Предисловие. В предисловии указаны цель разработки справочника НДТ, его статус, правовой контекст, описание конкретных проблем, решаемых справочником НДТ, описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также порядок его применения.

Область применения. В разделе приводится детализация области применения НДТ, на которую распространяется действие справочника НДТ в соответствии с действующим законодательством. Определена граница отнесения к области применения объектов утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов).

В разделе 1 дана общая информация о сфере утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) на основании предоставленных предприятиями анкет, приведены обобщенные данные о технологиях и оборудовании, применяемых в Российской Федерации способах утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) с целью снижения уровня их опасности и (или) уменьшения их массы; приводится краткий обзор экологических аспектов и связанных с ними основных экологических проблем в рассматриваемой сфере деятельности.

В разделах со 2 по 18 приводится описание технологий и технологических процессов, используемых в настоящее время в сфере утилизации и обезвреживания различных групп отходов (кроме термических способов) как в Российской Федерации, так и за рубежом, их основных эколого-энерготехнологических параметров, основных типов существующего оборудования, их преимуществ и недостатков. Также в разделах рассмотрены технологии утилизации и обезвреживания различных групп отходов (кроме термических способов) с точки зрения их воздействия на окружающую среду, приводятся показатели оценки технологий, в том числе маркерные загрязняющие вещества в выбросах в атмосферу, и текущие уровни эмиссии в окружающую среду.

В разделе 19 приводится общая методология определения наилучших доступных технологий при утилизации и обезвреживании отходов (кроме термических способов), в том числе с использованием методов, позволяющих пошагово рассмотреть несколько технологий и выбрать наилучшую доступную технологию. Приводится описание наилучших доступных технологий по утилизации и обезвреживанию отходов (кроме термических способов), позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить воздействие отходов на окружающую среду. Приводятся

данные о потреблении ресурсов и повышении энергоэффективности, технологические показатели НДТ.

В разделе 20 приводится краткое описание наилучших доступных технологий по утилизации и обезвреживанию отходов (кроме термических способов, основанных на термодеструкции компонентов отходов). Приводятся данные о технологических показателях НДТ.

В разделе 21 рассмотрены новейшие технологии, отвечающие требованиям НДТ, которые находятся на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ или опытно-промышленного внедрения, представлены их перспективные преимущества и существующие проблемы для внедрения.

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника установлены Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 года №1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». Перечень областей применения наилучших доступных технологий определен Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р (ред. от 1 ноября 2021 года).

1 Статус документа

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (далее – справочник НДТ) является документом по стандартизации.

2 Информация о разработчиках

Справочник НДТ разработан технической рабочей группой (ТРГ 15), состав которой утвержден Приказом Минпромторга России от 6 апреля 2021 года № 1223.

Справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее – Бюро НДТ) (www.burondt.ru).

3 Краткая характеристика

Справочник НДТ содержит описание применяемых в сфере утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, ресурсосбережение. Из ряда описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями. Для наилучших доступных технологий в справочнике НДТ установлены соответствующие технологические показатели.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

Справочник НДТ разработан с учетом следующих справочников Европейского союза по наилучшим доступным технологиям:

- справочник Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Обработка отходов. Европейский Союз. 2018 г.» (European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment. European Union. 2018).

Справочник НДТ актуализирован в 2021 году с учетом следующих справочников Европейского союза по наилучшим доступным технологиям:

- справочник Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Директива о промышленных эмиссиях 2010/75/EU. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Обработка отходов. 2018 г.» (European Commission. Industrial

Emissions Directive 2010/75/EU. Integrated Pollution Prevention and Control Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment. 2018).

Информация из справочников Европейского союза использовалась с учетом особенностей утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) в Российской Федерации.

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при утилизации и обезвреживании отходов (кроме термических способов) в Российской Федерации, была обновлена в процессе актуализации справочника НДТ в соответствии с Порядком сбора и обработки данных, необходимых для разработки и актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденным приказом Минпромторга России от 18 декабря 2019 года № 4841.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разрабатываемыми (актуализируемыми) в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 года № 866-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям», приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Настоящий справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 22 декабря 2021 г. № 2964.

Настоящий справочник НДТ введен в действие с 1 июня 2022 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru).

8 Взамен ИТС 15-2016.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

УТИЛИЗАЦИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ (КРОМЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ)

WASTE TREATMENT (EXCEPT THERMAL METHODS)

Дата введения — 2022-06-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

- утилизация и обезвреживание отходов, кроме утилизации и обезвреживания отходов термическими способами, основанными на термодеструкции органических веществ, входящих в состав отходов, включая утилизацию и обезвреживание отходов, являющиеся неотъемлемым процессом обрабатывающих или иных производств, если в соответствующем отраслевом справочнике НДТ они не рассмотрены.

Данные виды деятельности согласно «ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности» (утв. Приказом Росстандарта от 31 января 2014 года №14-ст) (ред. от 12 февраля 2020 года) относятся к кодам 38.2 и 38.3.

Настоящий справочник НДТ не распространяется на:

- технологии утилизации и обезвреживания отходов, содержащих в своем составе органические вещества, термическими способами с деструкцией органических веществ.

В настоящем справочнике НДТ рассматривается деятельность по утилизации и обезвреживанию (кроме термических способов, основанных на термической деструкции) следующих групп отходов:

- отходы нефтепродуктов, в том числе отходы минеральных масел, утративших потребительские свойства;
- прочие нефтесодержащие отходы, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата;
- отходы оборудования, содержащего ртуть;
- изделия из резины, утратившие потребительские свойства, в том числе резиновые шины, покрышки и камеры;
- пластмассовые изделия, утратившие потребительские свойства, в том числе упаковочные пластмассовые изделия;
- электрическое и электронное оборудование, утратившее потребительские свойства, в том числе:
  - o компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские свойства;
  - o коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства;
  - o электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства;
  - o оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства;

- o электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства;
- o неэлектрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства;
- o холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства;
- o осветительное электрическое оборудование, утратившее потребительские свойства;
- медицинские отходы;
- биологические отходы;
- отходы органических растворителей;
- автомобильные аккумуляторы, утратившие потребительские свойства[1];
- первичные и аккумуляторные батареи, утратившие потребительские свойства;
- отходы фильтров и отработанных фильтровальных материалов;
- отходы продукции, содержащей галогенированные ароматические органические вещества, в том числе стойкие органические загрязнители;
- отходы органических пестицидов и агрохимикатов;
- отходы оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества;
- твердые коммунальные отходы;
- золы и шлаки от сжигания твердого топлива;
- катализаторы, адсорбенты;
- отходы металлообработки, в том числе отходы гальванических производств.

[1] Только в части утилизации с получением лома свинца, свинцовой пасты, полипропилена, электролита или кристаллического сульфата натрия.

Раздел 1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов

Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), а также использование твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки, соответствующих требованиям, предусмотренным пунктом 3 статьи 10 настоящего Федерального закона (энергетическая утилизация) [1].

Обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание, за исключением сжигания, связанного с использованием твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов), и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду [1].

Объекты обезвреживания отходов – специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для обезвреживания отходов [1].

В настоящем справочнике НДТ в разделах 2–18 рассмотрены технологии утилизации и обезвреживания для следующих групп отходов:

- утилизация и обезвреживание отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства (раздел 2);
- утилизация и обезвреживание прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата (раздел 3);
- утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть (раздел 4);
- утилизация и обезвреживание изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер (раздел 5);
- утилизация и обезвреживание пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковочных пластмассовых изделий (раздел 6);
- утилизация и обезвреживание электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства (раздел 7);
- обезвреживание медицинских отходов (раздел 8);
- обезвреживание биологических отходов (раздел 9);
- утилизация и обезвреживание отходов органических растворителей (раздел 10);
- утилизация и обезвреживание автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства (раздел 11) [2];

[2] Только в части утилизации с получением лома свинца, свинцовой пасты, полипропилена, электролита или кристаллического сульфата натрия.

- утилизация и обезвреживание батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства (раздел 12);

- утилизация и обезвреживание отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных (раздел 13);

- утилизация и обезвреживание отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические органические вещества, в том числе стойкие органические загрязнители (раздел 14);

- утилизация и обезвреживание отходов органических пестицидов и агрохимикатов (раздел 14);

- утилизация и обезвреживание отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества (раздел 7);

- утилизация и обезвреживание твердых коммунальных отходов (раздел 15);

- утилизация и обезвреживание зол и шлаков от сжигания твердого топлива (раздел 16);

- утилизация и обезвреживание катализатров и сорбентов (раздел 17);

- утилизация и обезвреживание отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств (раздел 18).

Раздел 2 Утилизация и обезвреживание отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

Настоящий раздел содержит информацию о видах отходов, включенных в подтип 4 06 000 00 00 0 «Отходы нефтепродуктов» Федерального классификационного каталога отходов, а также о видах отходов со следующими кодами Федерального классификационного каталога отходов: 3 13 412 95 31 3; 3 13 416 16 31 3; 3 13 517 41 32 3; 3 15 115 21 33 3; 3 18 212 38 31 3; 3 18 311 82 33 3; 3 61 211 01 31 3.

2.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

К отходам нефтепродуктов относятся нефтепродукты, утратившие потребительские свойства при их хранении и использовании. Основная часть этих отходов представлена отходами масел моторных, индустриальных, трансформаторных, компрессорных и т. д., а также их смесями. Отходы нефтепродуктов образуются также при очистке нефтезагрязненных сточных вод и зачистке средств хранения и транспортирования нефти, нефтепродуктов и стабильного газового конденсата.

По данным статистического наблюдения за 2016-2020 годы объемы образования отходов нефтепродуктов составляют около 300 000 т, в том числе отходов масел - 147 000 т [2].

Принимая во внимание, что значительная часть отработанных моторных масел образуется при эксплуатации личного автотранспорта, фактический объем образующихся отходов превышает данные официальной статистики.

Основные данные по методам и технологиям подготовки к использованию в качестве вторичного сырья и утилизации отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

Отработанные нефтепродукты в основном подлежат утилизации с получением продукции, в том числе вторичного сырья. Согласно техническому регламенту Таможенного союза 030/2012 смешение отходов масел с нефтью (газовым конденсатом), бензином, керосином, топливом (дизельным, судовым, котельно-печным, мазутом) с целью получения топлива, предназначенного для энергетических установок, запрещено.

Утилизация отходов нефтепродуктов, в том числе отработанных масел, может осуществляться на специализированных предприятиях или предприятиях нефтепереработки. Продукты утилизации отработанных масел могут использоваться в качестве базового масла в масляном производстве. При раздельном сборе масел возможно восстановление их первоначальных свойств и повторное использование, что позволяет продлить срок службы масла. Такая утилизация организуется на предприятиях, которые образуют эти отходы.

Утилизация масел на специализированных установках представлена в основном пиролизом, при котором в зависимости от режима могут быть получены газообразные и жидкие углеводороды, а также пироуглерод в различных соотношениях.

Для утилизации отходов нефтепродуктов, утративших потребительские свойства, применяются следующие методы [3]:

- физические;
- физико-химические;
- пиролиз.

С помощью физических и физико-химических методов из масел, утративших потребительские свойства, удаляются механические примеси и вода. Получившийся продукт используют для производства тех же самых масел или в качестве сырья на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Основные методы подготовки отработанных нефтепродуктов к утилизации и применяемое при их реализации технологическое оборудование представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Методы и оборудование утилизации отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

Методы	Применяемые технологии	Оборудование
Физические	Воздействие силовых полей (гравитационного, центробежного, электрического, магнитного)	Отстойники Гидроциклоны Центрифуги Электроочистители Магнитные очистители
	Фильтрование через пористые перегородки	Фильтры Фильтры-водоотделители
	Теплофизические технологии (нагревание, выпаривание, водная промывка, атмосферная и вакуумная перегонка)	Выпарные колонки Вакуумные дистилляторы Массообменные аппараты
	Комбинированные технологии	Гидродинамические фильтры Фильтрующие центрифуги, магнитные фильтры
Физико-химические	Адсорбция	Адсорберы
	Коагуляция	Смесители-отстойники
	Селективное растворение (ионообменная очистка)	Ионообменные аппараты
	Экстракция	Экстракторы

Обычно современные технологические процессы утилизации отходов минеральных масел являются многоступенчатыми и в общем виде включают следующие этапы: очистка от твердых частиц, обезвоживание, удаление легкокипящих (топливных) фракций, удаление продуктов окисления или поликонденсации углеводородов [4]. В случае если полученное по указанной схеме масло с восстановленными свойствами планируется использовать повторно, то целесообразно предусматривать включение процедуры контроля качества, по результатам которой при необходимости производить введение в восстановленное масло добавок (например, легирующих), улучшающих их эксплуатационные свойства.

Экологические проблемы, возникающие при подготовке к использованию в качестве вторичного сырья и утилизации отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

Подготовка отходов нефтепродуктов к утилизации сопровождается выделением в атмосферный воздух выбросов углеводородов.

При подготовке отработанных нефтепродуктов к утилизации из них выделяют воду и механические примеси. Поэтому данный процесс сопровождается образованием нефтезагрязненных сточных вод и вторичных отходов, представляющих собой нефтезагрязненные остатки. Сточные воды должны быть очищены от нефтепродуктов, а отходы необходимо обезвреживать, как правило, при этом используются термические методы (см. ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами»).

2.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел

Основными направлениями обращения с отходами нефтепродуктов, утративших потребительские свойства, являются:

- очистка от примесей с целью восстановления исходных характеристик качества масел и дальнейшее их использование по прямому назначению;
- подготовка к использованию в качестве вторичного сырья;
- пиролиз.

Технологии подготовки к использованию в качестве вторичного сырья отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства (технологии очистки), базируются на следующих методах:

- физические;
- физико-химические.

Технологии подготовки к использованию в качестве вторичного сырья отходов нефтепродуктов, основанные на физических методах

Для подготовки к утилизации нефтепродуктов, утративших потребительские свойства, используются отстаивание, фильтрация, центробежная очистка.

Отстаивание

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Отстаивание основано на разделении масла, воды и механических примесей под действием силы тяжести. Эффективность этого способа зависит от разности удельных весов масла и посторонних примесей, вязкости масла, состояния, в котором оно находится, а также от продолжительности периода отстаивания. Наилучшие результаты получаются при наличии большой разности удельных весов масла и механических примесей, невысокой вязкости масла, спокойного состояния масла в резервуаре-отстойнике и длительного времени отстоя (желательно не менее десяти дней). При этом вода и нерастворимые примеси оседают на дно резервуара.

Процесс осуществляется в горизонтальных или вертикальных резервуарах-отстойниках.

Вторичные отходы очистки масел подлежат обезвреживанию [5].

Данный метод, в зависимости от уровня загрязнения масла и времени, необходимого для его отстаивания, может использоваться как самостоятельный или как предварительный с последующей фильтрацией и центробежной очисткой отработанного масла. В качестве главного недостатка данного метода можно отметить продолжительность времени, необходимого для полного оседания частиц, и возможность удаления из масла только крупных частиц размером от 50 до 100 мкм. Вторичные отходы очистки масел подлежат обезвреживанию [6].

Фильтрация

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Фильтрация – процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров (рисунок 2.1). В качестве фильтрационных материалов используют металлические и пластмассовые сетки, войлок, ткани, бумагу, композиционные материалы и керамику. Для повышения качества очистки масел увеличивается количество фильтров грубой очистки и вводится в технологический процесс вторая ступень – тонкая очистка масла. Вторичные отходы очистки масел подлежат обезвреживанию [7].

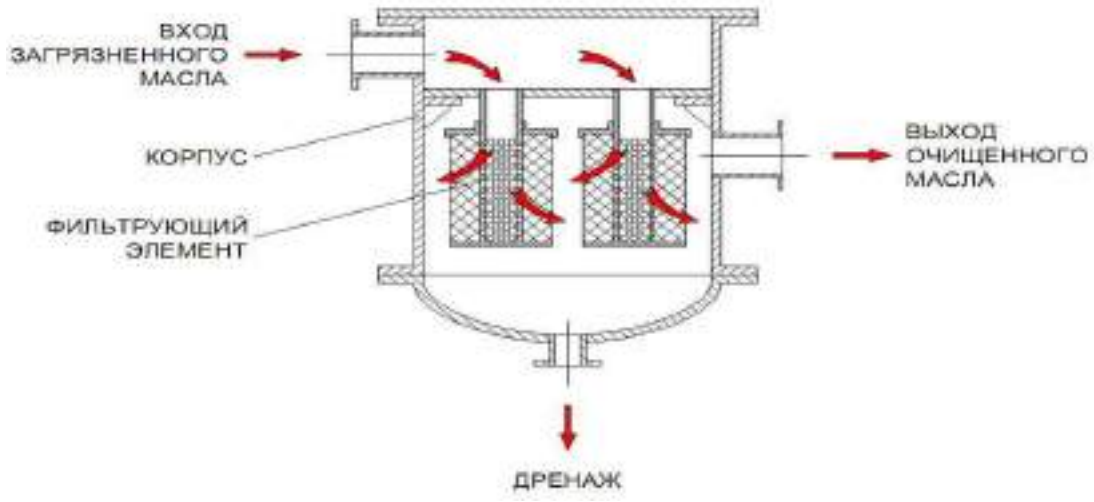


Рисунок 2.1 – Схема установки фильтрации отработанных масел [7]

Центробежная очистка

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Центробежная очистка является наиболее эффективным и высокопроизводительным методом удаления механических примесей и воды из отработанного масла. Принцип работы установки следующий. Первоначально масло проходит процесс разделения в сепараторе, где удаляются твердые частицы загрязнений. Разделение масел происходит под действием центробежных сил на составляющие фазового типа. На сепаратор подача масла происходит посредством насосов питательного типа действия. Наиболее сильные загрязнения и вода выдаются на барабанную периферию,

очищенное масло выводится из сепаратора в непрерывном режиме. Выделенные при сепарации вторичные отходы накапливаются в специальном резервуаре, который регулярно подвергается очистке. Вторичные отходы подлежат обезвреживанию [8].

Минусом центробежной очистки может считаться трудоемкость процесса очистки самой центрифуги от механических примесей. Также центрифуга относится к сложным в эксплуатации устройствам, требующим ручных настроек, а, следовательно, постоянного присутствия оператора [7].

Технологии утилизации отходов минеральных масел с получением вторичного сырья, основанные на физико-химических методах

Для утилизации очистки минеральных масел, утративших потребительские свойства, используются следующие физико-химические методы: адсорбция, коагуляция, термовакуумная сушка, селективное растворение.

Адсорбция

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты).

Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом – масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным методом – очищаемое масло пропускается через адсорбент, методом противотока – масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены или регенерации адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение [9].

Коагуляция

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Коагуляция – укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ – коагулянтов, к которым относятся электролиты неорганического и органического происхождения, поверхностно-активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения.

Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т. д. Про-

должительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило, 20–30 мин, после чего можно проводить очистку масла от укрупнившихся частиц загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования [9].

Процесс ведется в несколько стадий:

- подготовка сырья;
- подогрев сырья;
- введение и обработка масла разделяющим агентом;
- осаждение загрязнений масла (грубая очистка в реакторе).

Исходное загрязненное масло закачивается в бак-реактор (3/4 от объема) и нагревается. После чего в масло вводится разделяющий агент, предварительно измельченный до мелкодисперсного состояния. Далее идет процесс перемешивания масла механической (или ручной) мешалкой в течение 5–7 мин. В процессе перемешивания происходят укрупнение частиц загрязнений (особенно мелких частиц 1–3 мкм) и выпадение их в осадок. Полученная суспензия отстаивается в течение 10–24 ч в баке-реакторе (время отстоя зависит от исходных характеристик масла – загрязненности, содержания воды, наличия моюще-диспергирующих присадок) [10].

Термовакуумная сушка

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Наиболее совершенный и экономичный способ сушки масла распылением его в вакууме при невысокой температуре. Метод заключается в том, что раствор масла с водой распыляется форсункой в бак, в котором создается разрежение. При этом из масла удаляются свободная и растворенная влага, а также растворенный воздух. При тонком диспергировании масла оно быстро отдает свою влагу. Сухое масло в виде капель выпадает на дно вакуумного бака. Эффективность и скорость сушки повышаются при нагреве масла, так как увеличивается испарение влаги. Потери масла от испарения при этом незначительны. Скорость испарения воды из масла зависит также от разности между давлением насыщенного водяного пара при данной температуре и остаточным давлением в вакуумном баке.

Установки для вакуумной сушки масла более производительны и надежны в работе, чем центрифуги. Кроме того, расход электроэнергии для этих установок в 3-4 раза меньше [11].

Селективное растворение

Область применения. Используется для очистки отходов минеральных масел всех видов.

Описание метода. Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также, при необходимости, полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел.

Идеальный растворитель должен сочетать в себе два качества: во-первых, обладать достаточной избирательностью (растворять исключительно вредные компоненты), а, во-вторых, иметь высокую растворяющую способность. Чем выше селективность растворителя, тем больше выход конечного продукта. Избирательность определяет качество, а растворяющая способность – расход растворителя.

Чтобы повысить растворяющую способность, дополнительно могут использоваться бензол или толуол. Для достижения обратного эффекта необходимо уменьшить концентрацию компонента, обладающего высокой растворяющей способностью, в том числе при помощи добавления воды.

В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил-этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа «смеситель-отстойник» в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах: экстракционной – для удаления из масла загрязнений и ректификационной – для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Второй способ экономичнее и получил более широкое применение.

Разновидностью селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном, при которой углеводороды масла растворяются в пропане, а асфальто-смолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок [9, 12].

После проведения селективной очистки на выходе получают рафинат – вещество, свободное от большого количества нежелательных примесей. Побочным продуктом процесса служит экстракт, в котором концентрируются извлеченные смолистые вещества.

Особенности технологического процесса определяются видом применяемого растворителя, типом и качеством исходного сырья, необходимой глубиной очистки и требованиями к качеству конечного продукта.

Селективная очистка проводится в специальных экстракционных колоннах. При использовании в качестве растворителя фенола соотношение фенол: сырье составляет 1,5–3,5:1, а при очистке фурфуролом оно еще выше. На выходе экстракционного аппарата получают рафинатный и экстрактный растворы [13].

Пиролиз

Пиролиз является методом утилизации отходов минеральных масел. В результате его проведения в зависимости от режима могут быть получены газообразные и жидкие углеводороды, а также пироуглерод в различных соотношениях.

Основными регулируемыми параметрами в данном процессе являются: состав масла, температурный режим, давление, скорость нагрева и время нахождения в реакторе.

Технологии, основанные на пиролизе, рассмотрены в ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

2.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел

Утилизация отходов нефтепродуктов сопровождается выделением в атмосферный воздух выбросов углеводородов.

При использовании физических методов утилизации отработанных нефтепродуктов из них выделяют воду и механические примеси. Поэтому данный процесс сопровождается образованием нефтезагрязненных сточных вод и вторичных отходов, представляющих собой нефтезагрязненные остатки. Сточные воды должны быть очищены от

нефтепродуктов, а отходы необходимо обезвреживать, как правило, при этом используются термические методы (см. ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами»).

Раздел 3 Утилизация и обезвреживание прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата

3.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата

Нефтесодержащие отходы – это различные по составу и физико-химическим свойствам отходы, содержащие углеводородные смеси, образующиеся в процессах хранения, транспортировки и использования нефтепродуктов, строительства, испытания и ремонта нефтяных и газовых скважин.

На территории Российской Федерации ежегодно образуется более 3 млн т нефтесодержащих отходов. Основной вклад в образование нефтесодержащих отходов дают [14]:

- нефтедобывающие компании – более 1 млн т нефтесодержащих отходов и нефтезагрязненных грунтов;
- нефтеперерабатывающие заводы – до 0,7 млн т нефтесодержащих отходов;
- иные источники (железные дороги, аэропорты, морские порты) – 0,5 млн т.

Состав и свойства нефтесодержащих отходов зависят от их происхождения. Основными компонентами нефтесодержащих отходов являются углеводороды нефтяного происхождения (в том числе, смолисто-асфальтеновые вещества), вода и твердые минеральные компоненты различного размера в виде крупных камней, песка, ила и оксидов металлов.

Утилизацию и обезвреживание нефтесодержащих отходов осуществляют более 57 крупных российских предприятий [15].

Сведения о наиболее крупных производителях технологий и оборудования по утилизации и обезвреживанию нефтесодержащих отходов на российском рынке представлены в источнике [16].

3.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата

Основными методами утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов [17] являются:

- химические методы;
- физические методы;
- физико-химические методы;
- биологические методы.

3.2.1 Технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на химических методах

Химические методы обезвреживания нефтесодержащих отходов предназначены для снижения их токсичности, обусловленной наличием в составе тяжелых металлов.

Сорбционный метод

Область применения. Используется для утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов всех видов и происхождений, грунтов, загрязненных нефтепродуктами. Температурный диапазон применения технологического процесса – от +5 до +50 °С.

Описание метода. Сорбционный метод основан на использовании сорбента на основе глауконитового песка для поглощения углеводородов. Глауконитовый песок является универсальным, доступным, сравнительно дешевым материалом природного происхождения. Сорбент на его основе характеризуется отсутствием в своем составе токсичных примесей, способных переходить из структуры минеральных зерен в окружающую среду. Процесс сорбции может быть проведен в оборудовании с перемешивающим устройством или на технологической площадке.

Текущие уровни эмиссии в окружающую среду. При выполнении работ по обезвреживанию нефтесодержащих отходов и грунтов, загрязненных нефтепродуктами, будет оказываться следующее воздействие на окружающую среду:

- испарение легких углеводородов с поверхности грунтов (в основном на начальных этапах работы);
- шумовое воздействие при работе мотокультиватора;
- загрязнение атмосферного воздуха выбросами (выхлопными газами) от двигателя внутреннего сгорания при работе мотокультиватора.

Для предотвращения попадания сточных вод в основании технологической площадки укладывается гидроизолирующий материал, площадка оборудуется системой отвода сточных вод.

Использование гуминовых препаратов

Область применения. Используется для обезвреживания нефтесодержащих отходов, содержащих подвижные формы тяжелых металлов. Метод применяется в комплексе с биологическими методами обезвреживания нефтесодержащих отходов.

Описание метода. Использование препаратов, содержащих гуминовые кислоты и их соли, позволяет перевести подвижные формы тяжелых металлов в труднорастворимые соединения, снизить токсичность легкорастворимых солей. При взаимодействии гуминовых препаратов с подвижными формами тяжелых металлов в результате обменной реакции образуются устойчивые нерастворимые соединения, инертные по отношению к окружающей среде, неусвояемые растениями, что исключает попадание токсинов в организм животных и человека [18].

Отличительной особенностью гуминовых препаратов является их полифункциональность и химическая активность. Гуминовые кислоты имеют высокую реакционную способность за счет наличия в их молекулах различных функциональных групп (карбоксильных, фенольных, гидроксильных и т. д.), которые эффективно взаимодействуют с различными загрязнителями, снижая их токсичность. Гуминовые соли и кислоты обладают высокой сорбционной способностью, что позволяет связывать сложные органиче-

ские соединения, способствует ускорению процессов химического и биологического разложения токсикантов, оказывает непосредственное стимулирующее и протекторное действие на растения и микробиоту. Внесение гуминовых кислот усиливает эффект детоксикации и очистки.

3.2.2 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на физических методах

К физическим методам утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов относятся механические методы разделения нефтесодержащих отходов на фракции.

Механические методы разделения нефтесодержащих отходов на фракции. К механическим методам утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов относятся отстаивание; фильтрация; термомеханическое разделение на фазы; а также сепарационные технологии разделения на две или три фазы (твердую, жидкую и / или углеводородную) посредством использования специальных центрифуг. Методы используются в качестве предварительной подготовки к утилизации и обезвреживанию выделенных фракций.

Фильтрация

Область применения. Используется для фильтрации нефтесодержащих отходов с высоким содержанием нефтепродуктов. Для этих целей применяют ленточные фильтр-прессы.

Описание метода. Для улучшения фильтрации на ленточном фильтр-прессе проводят интенсивное перемешивание нефтесодержащих отходов, усредняющее их состав, добавляют реагенты (золу, полиэлектролиты и другие), изменяющие их физико-химические свойства и облегчающие процесс фильтрации.

Нефтесодержащие отходы, содержащие большое количество воды, плохо поддаются гравитационным методам обезвоживания. Для улучшения фильтрационных свойств таких нефтесодержащих осадков добавляются коагулянты. После коагуляции производится фильтрация на вакуум-фильтре. Влажность полученных осадков составляет от 68% до 75% [19]. Использование этой технологии позволяет уменьшить объемы нефтесодержащих отходов за счет частичного обезвоживания.

Текущие уровни эмиссии в окружающую среду. Воздействие на атмосферный воздух за счет испарения легких углеводородов с поверхности отходов.

Термомеханическое разделение на фазы

Область применения. Извлечение углеводородной фракции из нефтесодержащих отходов.

Описание метода. Метод основан на разделении нефтесодержащих отходов на фазы: углеводородную, водную, твердый остаток.

В установке термомеханической очистки нефтесодержащих отходов посредством механического воздействия достигается повышение температуры выше точки кипения воды и нефтепродуктов, входящих в состав отходов. Основной частью технологического блока установки является мельница, на которой происходит интенсивное (на высокой скорости) перемешивание нефтесодержащих отходов с выделением тепла вследствие сил трения. Все крупные частицы перемалываются в пыль, а полученное тепло используется для испарения нефти и воды из нефтесодержащих отходов. Мелкие частицы шлама, увлекаемые парами нефти и воды, улавливаются в гидроциклоне и передаются

на первичный охлаждающий конвейер. Работа конденсаторного блока предусматривает: подвод охлаждающей технической воды, отвод извлеченной воды в резервуар, отвод извлеченной нефти в резервуар восстановления нефти, отвод нагретой воды на охлаждение в аппарат воздушного охлаждения, подачу воды в установку дополнительной очистки, отвод летучих фракций, подвод восстановленной нефти в контейнер.

Для удаления незначительного остатка неконденсируемого газа (легких фракций углеводородов) служит система дожига летучих газов при температуре 700–800 °С в течение 1-2 с.

Переработанный шлам для предотвращения его распыления подвергается охлаждению и увлажнению в установке регидратации и подлежит выгрузке в бункер.

Конечными продуктами являются извлеченная нефть и минеральный остаток (кек).

Применение центрифуг

Область применения. Разделение нефтесодержащих отходов на фракции с применением центрифуг возможно для нефтесодержащих отходов с содержанием механических примесей до 15%. Если механических примесей больше, то нефтесодержащие отходы необходимо разбавлять водой, что требует дополнительного оборудования и снижает производительность.

Описание метода

Для разделения нефтесодержащих отходов на фазы используется центрифуга шнековая горизонтальная осадительная непрерывного действия. Центрифуги бывают двухфазные (декантеры) и трехфазные (трикантеры). Соответственно, первые служат для простого обезвоживания пнефтесодержащих отходов (т. е. разделяют нефтесодержащие отходы на жидкость и механические примеси), а вторые дополнительно разделяют жидкую фазу на две составляющие, например, нефть и воду. Скорость вращения центрифуг – от 2 до 5 тыс. оборотов в минуту. Это обеспечивает высокую эффективность разделения.

Достоинствами осадительных шнековых центрифуг являются механизация выгрузки осадка из ротора и непрерывность работы. Это позволяет автоматизировать технологический процесс, полностью исключив при этом ручной труд. В некоторых технологических процессах можно обойтись без расходных материалов (коагулянтов, флокулянтов), что снижает эксплуатационные затраты. Нефтесодержащие отходы поступают в центрифугу посредством питающего патрубка, где они разгоняются до рабочей скорости и сбрасываются в основную камеру центрифуги через впускные отверстия. В этой камере под воздействием центробежной силы механические примеси в короткий промежуток времени осаждаются на стенках барабана, который выполнен в виде цилиндра с переходом в коническую форму. Такая форма конструкции позволяет обеспечить высокую степень очистки продукта в цилиндрической части и хорошее обезвоживание твердых частиц в конической части барабана. Шнек вращается с другой скоростью, чем барабан, и непрерывно выводит выделенные твердые частицы в узкий конец барабана. В общем виде устройство центрифуги представлено на рисунке 3.1.

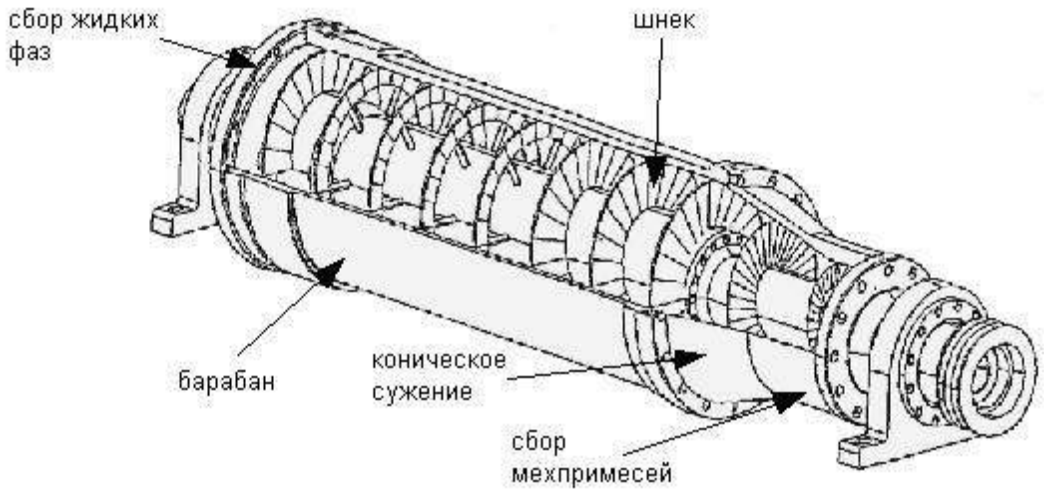


Рисунок 3.1 – Устройство центрифуги

Благодаря конической форме барабана механические примеси извлекаются из жидкости и при прохождении через «зону обезвоживания», свободную от воздействия жидкости, обезвоживаются также под воздействием центробежных сил. В заключительной фазе процесса твердые вещества выводятся через отверстия в узкой части барабана и попадают в камеру для сбора твердых частиц, которая располагается в корпусе декантера, и далее «выдавливаются» наружу. В то же время жидкость отводится через противоположный конец барабана под воздействием шнека, где она, будучи за счет центробежной силы разделена на две фазы, выводится самотеком через два сливных отверстия.

Принципиальная схема переработки нефтесодержащих отходов с применением трикантера [20] представлена на рисунке 3.2.

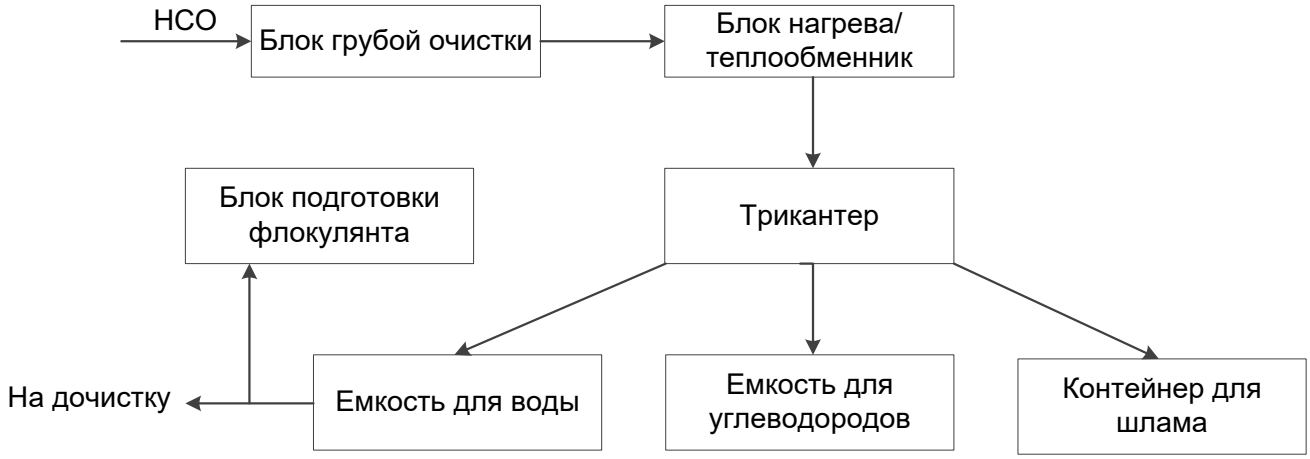


Рисунок 3.2 – Принципиальная схема переработки нефтесодержащих отходов с применением трикантера

Влажность кека (выделенной твердой фазы) может достигать 0,4%. Содержание твердой фазы в жидкости после декантирования может достигать 0,1% (об.) [21].

3.2.3 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на физико-химических методах

Физико-химическим методом утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов является капсулирование.

Капсулирование

Область применения. Используется для утилизации и обезвреживания жидких и твердых нефтесодержащих отходов.

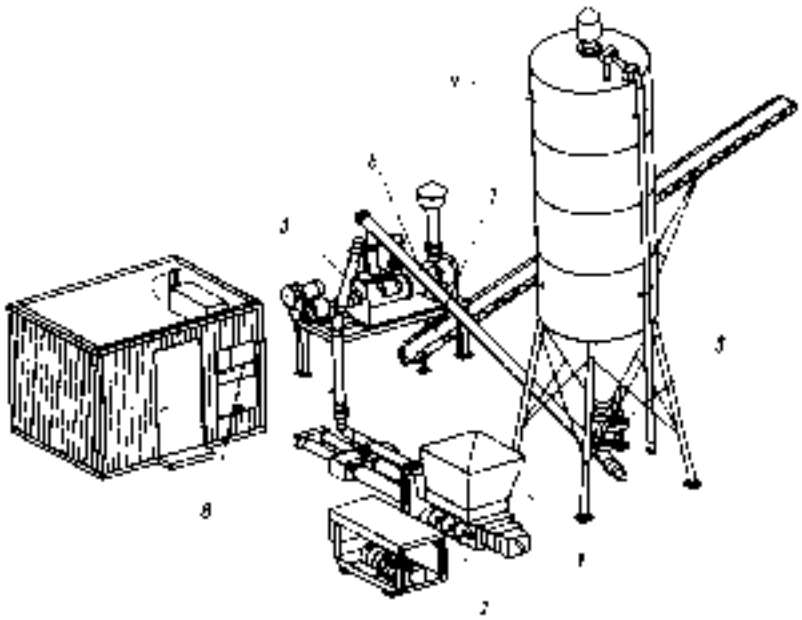
Описание метода. Этот способ позволяет обезвреживать отходы, а полученные продукты в ряде случаев использовать. Отходы подвергают обработке оксидом щелочноземельного металла, предварительно обработанного ПАВ в отношении «отходы-реагент» (1:1–10). После смешения с отходами оксид щелочноземельного металла образует с водой гидроксид, в результате чего отходы равномерно им адсорбируются. Реакция протекает с выделением тепла, значительным увеличением объема за счет диспергирования оксида щелочноземельного металла.

В итоге получают сухой, сильно гидрофобный порошок. Материал инертен в отношении воздействия на воду и почву, так как мельчайшие частицы токсичных компонентов заключены в известковые оболочки – капсулы, которые равномерно распределены в массе продукта, водонепроницаем, морозоустойчив, обладает высокой плотностью, что позволяет выдерживать нагрузки до 90 МПа (900 кгс/см^2).

В качестве оксидов обычно используют оксиды кальция и магния, а в качестве ПАВ – стеариновую кислоту, диизооктилсульфосукцинат натрия, пальмитиновую кислоту, парафиновое масло, нонилфенолтетрагликолевый эфир и т. д. [22].

Обезвреживание и утилизация нефтесодержащих отходов физико-химическим методом может проводиться как на открытой местности без использования специального оборудования (установки), так и с его использованием. На рисунке 3.3 показана схема установки обезвреживания нефтесодержащих отходов физико-химическим методом.

Нефтесодержащие отходы поступают в бункер 1 и шнеком 2 перемещается в реактор-смеситель 3. Необходимые реагенты из резервуара 4 проходят через дозатор 5 и шнековым конвейером 6 подаются в реактор-смеситель 3. Обезвреженный продукт отводится из установки ленточным транспортером 7. Управление процессом осуществляется при помощи пульта 8. Проведение процесса связано с образованием выбросов: пыли, легких фракций углеводородов, меркаптанов, сероводорода. Для очистки от данных загрязнителей могут использоваться ионообменные вентиляционные фильтры.



1 – загрузочный бункер; 2 – шнек; 3 – реактор-смеситель; 4 – резервуар для реагентов; 5 – дозатор; 6 – шнековый конвейер; 7 – ленточный транспортер: 8 – пульт управления

Рисунок 3.3 – Схема установки обезвреживания нефтесодержащих отходов физико-химическим методом [23]

В случае если обезвреживание нефтесодержащих отходов проходит без применения установки, то технологический процесс сводится к следующему. Нефтесодержащие отходы, доставленные автотранспортом или экскаватором на специально обустроенную площадку, равномерно распределяются по ее поверхности слоем определенной толщины. На слой нефтесодержащих отходов разбрасывающими машинами наносится химический гидрофобный реагент на основе щелочноземельного металла. Пропорциональное соотношение смешиваемых веществ определяет химический анализ. Материалы тщательно перемешиваются движущимися почвенными фрезами до получения достаточно однородной смеси. Между молекулами воды, содержащейся в смеси, и щелочноземельным металлом происходит экзотермическая реакция, которая начинается примерно через полчаса после перемешивания и протекает вначале медленно, постепенно ускоряется при сильном разогреве смеси и сопровождается образованием пара и вспышками [22].

Текущие уровни эмиссии в окружающую среду. В процессе применения описанной технологии образуются выбросы в атмосферный воздух, связанные с испарениями нефтепродуктов и работой двигателей автомобильного транспорта.

3.2.4 Технологии утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, основанные на биологических методах

Группа технологий, основанная на биологическом методе переработки нефтесодержащих отходов, предполагает добавление к отходам микроорганизмов, которые вызывают биодеструкцию нефтяной фазы. Известны многочисленные биопрепараты и агротехнические приемы, интенсифицирующие разрушение углеводородного компонента.

Биологические методы утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов являются одними из наиболее экологически чистых, но область их применения ограничивается конкретными условиями: диапазоном активности биопрепаратов, температурой окружающей среды, кислотностью, аэробными условиями [24].

Биологические методы применяют при обработке нефтесодержащих отходов, образующихся при очистке емкостей и резервуаров от нефтепродуктов, нефтезагрязненных грунтов.

Биологические методы обезвреживания нефтесодержащих отходов подразделяются на биоремедиацию и фиторемедиацию. Биоремедиация – метод разложения нефти и нефтепродуктов введенными в нефтесодержащий отход нефтеокисляющими микроорганизмами. Фиторемедиация основана на внесении удобрений и посеве специфических видов трав. Часто при обезвреживании нефтесодержащих отходов эти методы используются совместно.

Биоремедиация

Область применения. Применяется для нефтесодержащих отходов и грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Описание метода. Биоремедиация нефтесодержащих отходов и грунтов, загрязненных нефтепродуктами, представляет собой набор техник, основанных на применении биологических агентов для очистки почв и грунтов от загрязняющих веществ.

Технологическая схема процесса утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов биологическими методами приведена на рисунке 3.4.

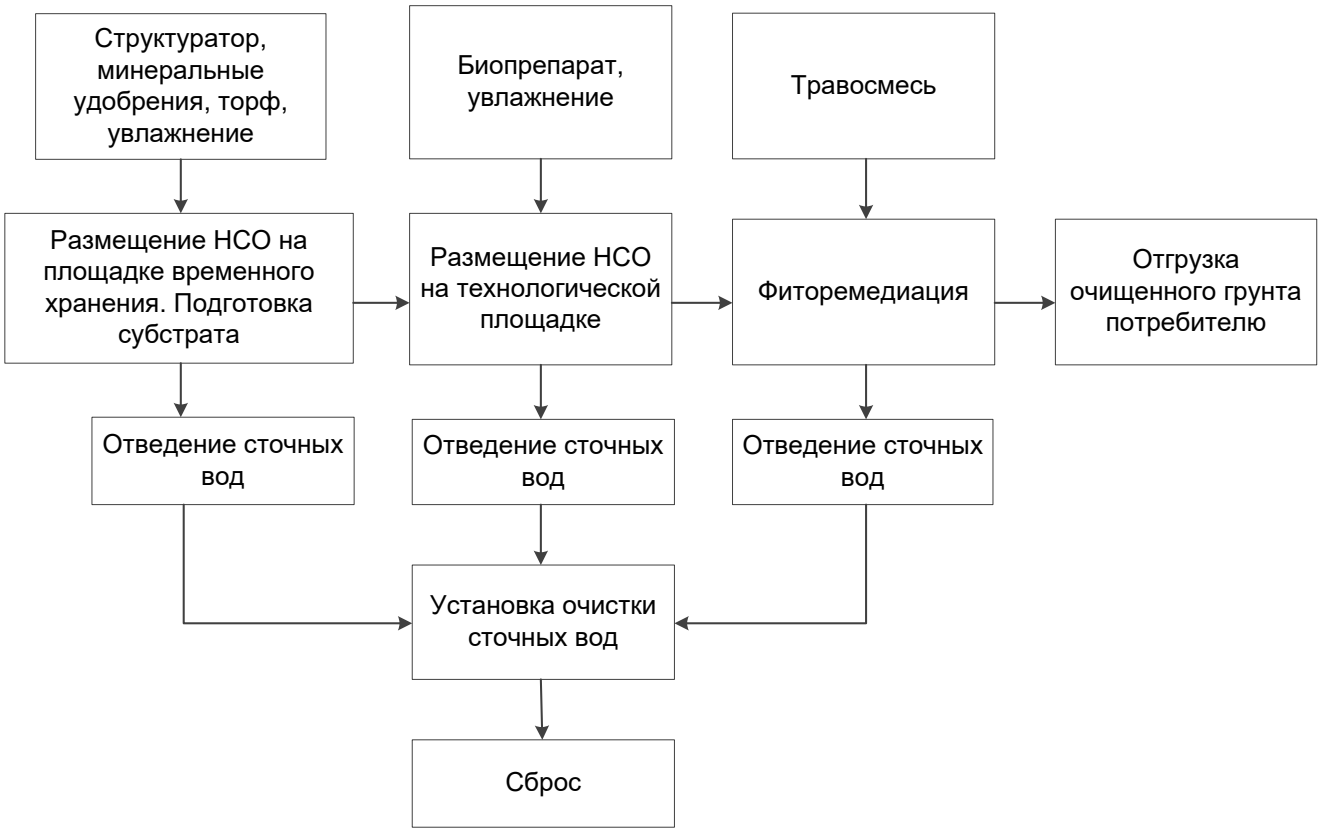
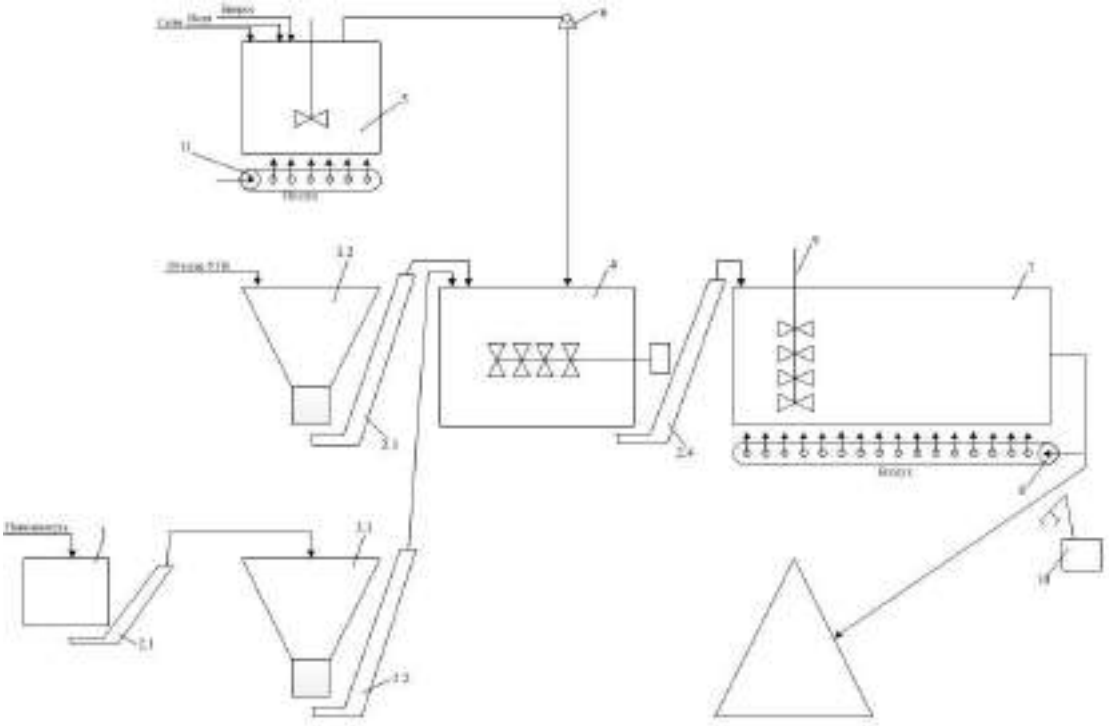


Рисунок 3.4 – Технологическая схема процесса утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов биологическими методами

Одним из типов технологий, применяемых при биоремедиации, является использование биореакторов. Перед помещением в биореактор из нефтесодержащих отходов удаляются крупные камни, отход подвергается перемешиванию, что делает его более однородным; после добавления воды образуется глинистая суспензия. В данную суспензию вносятся проводящие очистку от поллютанта почвы микроорганизмы, для которых в реакторе создаются оптимальные условия.

Для осуществления процесса в твердофазном биореакторе необходимы определенная влажность и внесение органических наполнителей (солома, сено, лузга подсолнечная, торф, опилки и др.). Органический наполнитель предварительно измельчается до фракции 1–3 мм. Необходимое количество наполнителя рассчитывается исходя из заданной начальной влажности смеси (от 60 до 65%). Технологическая схема обезвреживания нефтесодержащих отходов в твердофазном биореакторе представлена на рисунке 3.5.



1 – измельчитель; 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 – транспортеры; 3.1, 3.2 – бункеры;
4 – смеситель; 5 – емкость; 6 – насос; 7 – биореактор; 8 – вентилятор;
9 – перемешивающее устройство; 10 – ковшовый погрузчик

Рисунок 3.5 – Технологическая схема обезвреживания нефтесодержащих отходов в твердофазном биореакторе

Суспензия биопрепарата готовится в емкости с мешалкой, в нижнюю часть которой компрессором подается сжатый воздух.

Отходы, органический наполнитель и готовый биопрепарат подаются в смеситель механического типа и после перемешивания в течение 20 минут перемещаются в твердофазный биореактор.

В твердофазный биореактор непрерывно в течение всего процесса снизу вентилятором подается воздух из расчета 20–30 м^3 воздуха на 1 м^3 обезвреживаемой смеси в час. С периодичностью один раз в несколько суток производится перемешивание

смеси специальным устройством на всю глубину. Процесс проводится до получения требуемого содержания нефти в обезвреживаемой среде.

Другой подход биоремедиации заключается в том, что нефтесодержащие отходы размещаются на специально обустроенной площадке, ее обеспечивают аэрацией, питательными веществами и водой для стимуляции роста и метаболизма микроорганизмов, осуществляющих биоремедиацию. По сравнению с биоремедиацией в биореакторах, данная технология требует выделения больших площадей и занимает больше времени. Можно выделить несколько различных вариантов такого подхода.

В одном из вариантов нефтесодержащие отходы распределяют тонким слоем на площади, специально огороженной по периметру для предотвращения распространения загрязнения за ее пределы. Отход вспахивают для обеспечения доступа кислорода почвенным микроорганизмам и добавляют стимулирующие их рост вещества. Также над отходами разбрызгивают воду, что позволяет поддерживать оптимальную влажность и понижает запыленность воздуха.

Нефтесодержащие отходы можно также складывать толстым слоем высотой 1–3 м. При этом аэрация путем вспахивания заменяется аэрацией с помощью системы труб, доставляющих в отходы воздух для стимуляции биодеградации. Также в нефтесодержащие отходы добавляют удобрения и поддерживают на определенном уровне влажность.

При смешивании отходов с большим количеством разрыхлителей (сена, кукурузных кочерыжек, соломы) аэрацию можно осуществлять с помощью вакуумных насосов или вентиляторов либо путем перемешивания в специальных резервуарах. Еще один вариант – размещение нефтесодержащих отходов с разрыхлителем в длинные кучи, регулярно перемешиваемые тракторами. После каждого перемешивания отходы укрывают, что позволяет поддерживать нужную температуру и влажность [25].

Обычно для очистки используют сообщества бактерий Bakterium, Actinomyces, Artrobactes, Thiobacterium, Desullfotomasilium Pseudomons, Hydiomonas, Bacillus и другие, а также низшие формы грибов.

Все виды дрожжей Candida разлагают ароматические соединения с концентрацией до 1% в грунтах за 120–200 сут, Candida sp. поглощает керосин [26], Candidaliprolytica – сырую нефть. Нефть на поверхности почвы уничтожают бактерии Actmomycorelegans и Geotrichummarium.

Бактерии вида Actmebacter sp. дают 80-процентный эффект очистки от ароматических соединений по истечении пяти недель.

Препараты эффективно окисляют нефтепродукты, ароматические углеводороды в температурном диапазоне 15–45 °С при значительных начальных концентрациях загрязнений в грунтах.

При бездефицитном питании бактерий эффективность очистки составляет >90%.

Текущие уровни эмиссии в окружающую среду. При проведении работ будут образовываться выбросы в атмосферный воздух, связанные с испарением нефти и нефтепродуктов, а также работой двигателей автотранспортных средств и спецтехники. В атмосферный воздух от работающей на площадке техники будут поступать такие загрязняющие вещества, как пыль неорганическая, оксиды азота, углерода, серы, сажа, углеводороды.

Технологические площадки являются потенциально опасными объектами воздействия по уровню шума и вибрации на окружающую среду. Образуются вторичные отходы, для которых необходимо определить способ удаления. Есть риски загрязнения подземных вод.

3.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата

При обезвреживании нефтесодержащих отходов любым из указанных методов (как правило, на начальных стадиях, на этапах транспортировки, погрузки в реактор и т. п.) происходит загрязнение атмосферного воздуха в связи с испарением легких углеводородов с поверхности отхода.

Предотвращение миграции токсикантов (углеводородов и соединений тяжелых металлов) с площадок производства работ по обработке, утилизации и обезвреживанию нефтесодержащих отходов в сопредельные среды (геологическую среду, подземные воды и т. п.) должно выполняться посредством гидроизоляции этих площадок, оснащения водосборными системами и с локальными очистными сооружениями (при необходимости) и прочих природоохранных устройств.

Раздел 4 Утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть

4.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию оборудования, содержащего ртуть

К отходам оборудования, содержащего ртуть, относятся:

- вышедшие из строя ртутьсодержащие изделия (ртутные термометры, ртутные лампы, другие приборы);

- вышедшие из строя измерительные устройства (барометры, гигрометры, манометры, термометры, сфигмоманометры), содержащие ртуть.

Согласно статистическим данным основная масса отходов ртутьсодержащего оборудования представлена отходами ртутьсодержащих ламп различных модификаций.

Ежегодные объемы образования отходов оборудования, содержащего ртуть, по данным статистического наблюдения за 2016-2020 гг., составляют около 20 000 т/год.

Принимая во внимание, что значительная часть ртутьсодержащих ламп образуется в бытовом секторе, фактический объем образующихся отходов превышает данные официальной статистики.

Согласно данным статистических наблюдений ежегодно в Российской Федерации утилизируют порядка 1 600 т отходов и обезвреживают порядка 6 000 т оборудования, содержащего ртуть [2].

В настоящее время в ряде регионов Российской Федерации функционируют региональные системы сбора и обезвреживания вышедших из строя ртутных ламп и другого ртутьсодержащего оборудования, ориентированные как на хозяйствующих субъектов, так и на население. В стране функционирует около 100 предприятий по раздельному сбору ртутьсодержащих отходов потребления. Около 50 таких предприятий, расположенных во всех федеральных округах Российской Федерации, составляют профессиональное объединение – некоммерческое партнерство «Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими и другими опасными отходами» (далее – НП «АРСО») [30].

Крупным предприятием в области переработки ртутьсодержащих отходов является ЗАО «НПП „Кубаньцветмет“», которое способно перерабатывать практически все виды ртутьсодержащих отходов потребления с получением товарной ртути. Оно имеет значительные мощности по рафинированию черновой (отработанной) ртути и производству различных (в том числе, сверхчистых) соединений ртути. На рафинировании черновой (отработанной) ртути и на выпуске некоторых соединений ртути также специализируется ООО «Мерком».

Распределение предприятий по утилизации и обезвреживанию ртутьсодержащих отходов по субъектам Российской Федерации, по данным отчетов о деятельности НП «АРСО», представлено на рисунке 4.1.

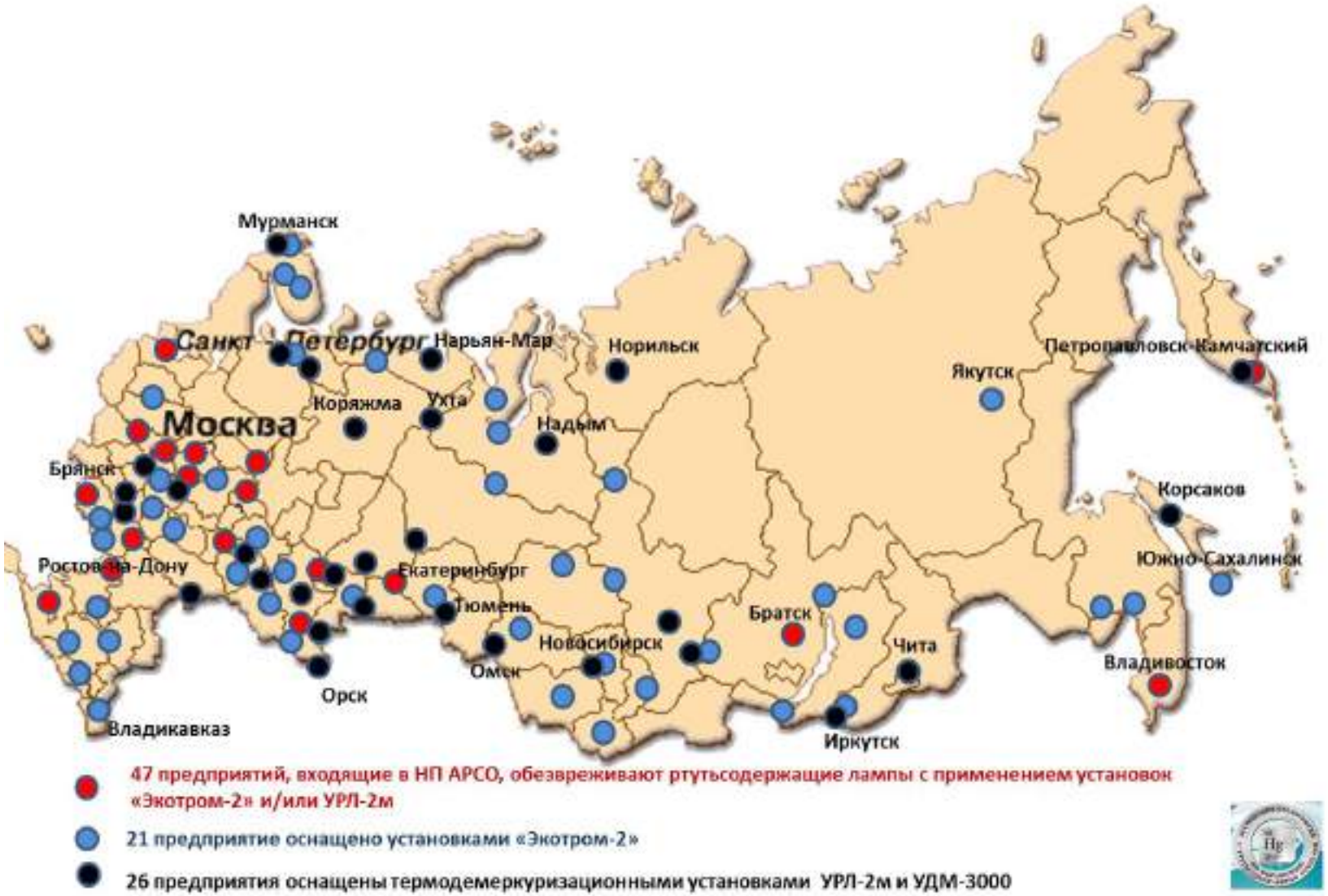


Рисунок 4.1 – Распределение предприятий переработчиков ртутьсодержащего оборудования

Основные данные по методам и технологиям утилизации и обезвреживания отходов ртутьсодержащего оборудования.

Для утилизации и обезвреживания ртутьсодержащего оборудования используют технологии, основанные на различных методах [27, 28, 29].

Технологии утилизации и обезвреживания ртутьсодержащего оборудования, основанные на термических методах:

1. Высокотемпературный обжиг.
2. Термообработка в шнековой трубчатой печи (установки типа УДМ-3000).
3. Термовакуумная технология, реализуемая на установке УРЛ-2м.

Технологии обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, основанные на химических методах:

1. Метод мокрой химической демеркуризации (гидрометаллургический метод)

Сущность гидрометаллургического метода заключается в обработке раздробленных люминесцентных ламп химическими демеркуризаторами с целью перевода ртути в труднорастворимые соединения, как правило, сульфид ртути.

2. Термохимическая технология периодического действия

Сущность метода заключается в том, что целые лампы нагревают, выдерживают 25 мин при температуре, обеспечивающей десорбцию ртути, и резко охлаждают путем контакта горячей лампы в смесителе с раствором серосодержащего реагента. В итоге происходит термическое разрушение колбы, а ртуть преобразуется в сульфид ртути.

Технологии обезвреживания ртутьсодержащего оборудования, основанные на физико-химических методах:

Технология обезвреживания и утилизации люминесцентных ламп разделением их на компоненты

Метод основан на «холодных и сухих» процессах дробления и сепарации изделий в системе с пониженным давлением в условиях разряжения. В результате происходит разделение ламп на три компонента: стекло, металлические цоколи (V класс опасности) и ртутьсодержащий люминофор, который преобразуется в продукт минерализации люминофора (IV класс опасности).

4.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания оборудования, содержащего ртуть

Основным направлением утилизации, вышедшего из употребления оборудования, содержащего ртуть, является его утилизация, направленная на получение вторичного сырья (вторичной ртути, вторичных материалов и т. п.) для последующего использования.

4.2.1 Технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, основанные на термических методах

Высокотемпературный обжиг

Область применения. Метод используется для утилизации различных видов ртутьсодержащих отходов, в том числе ртутьсодержащих ламп, с целью выделения вторичной ртути.

Описание метода. Высокотемпературный обжиг заключается в прокаливании (обжиге) ртутьсодержащих отходов в трубчатой вращающейся печи. Метод основан на нагреве отходов до 450–550 °С (в вакууме или при атмосферном давлении), отгонке ртути с последующим улавливанием и конденсацией ее паров (температура кипения ртути +357 °С). В результате образуется товарная ртуть и вторничные отходы в виде составляющих оборудования, включая бой люминесцентных ламп.

Этот метод реализуется на предприятии ЗАО «НПП «Кубаньцветмет» с получением товарной ртути.

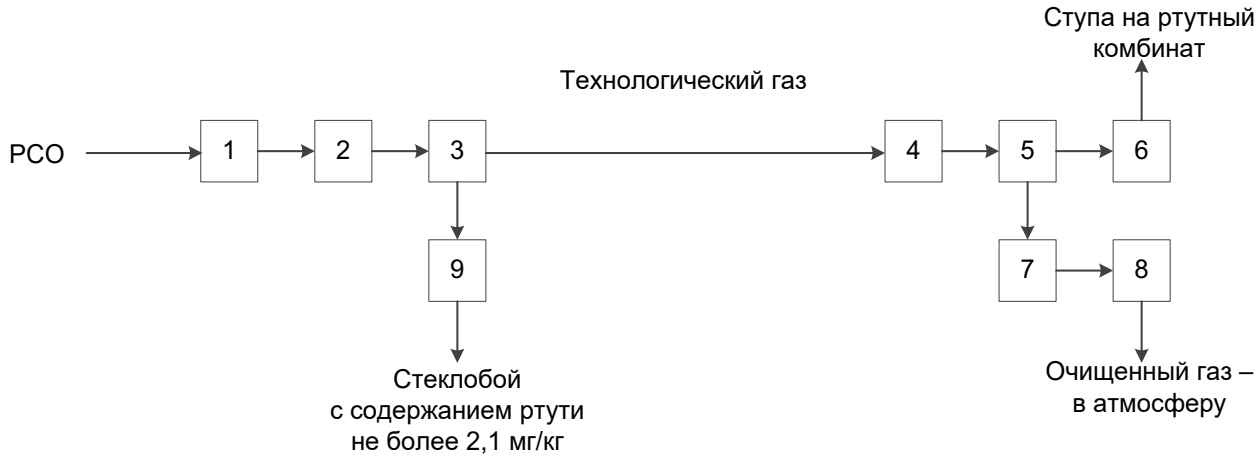
Термообработка в шнековой трубчатой печи (установки УДМ-3000)

Область применения. Метод используется для утилизации ртутьсодержащих ламп с целью получения вторичной ртути.

Описание метода. Схема процесса утилизации ртутьсодержащих отходов термообработкой в шнековой трубчатой печи представлена на рисунке 4.2.

Процесс демеркуризации отработанных ртутных ламп состоит из возгонки ртути из предварительно раздробленных ламп, последующей конденсации паров ртути и удалении вторичных продуктов переработки.

Термообработка осуществляется в шнековой трубчатой печи при температуре 350–390 °С. Процесс включает возгонку ртути из предварительно раздробленных ламп, последующую конденсацию паров ртути и удалении продуктов переработки. Ртуть переходит в газообразное состояние и уносится потоком технологических газов, содержащих, кроме паров ртути, органические соединения, образующиеся в печи при сгорании цоколевой мастики и изоляционных прокладок ламп, и захваченный потоком газа люминофор. Из печи технологический газ поступает в фильтр-дожигатель, где происходит сгорание органических соединений, находящихся в газовой фазе, до CO_2 и H_2O при контакте газа с поверхностью электронагревателей при температуре 800–900 °С.



1 – дозирующее устройство; 2 – дробилка; 3 – шнековая печь; 4 – фильтр-дожигатель; 5 – конденсатор; 6 – герметичная тара для сбора ступпы; 7 – адсорбер; 8 – фильтрвентиляционный модуль; 9 – демеркуризованный стеклобой

Рисунок 4.2 – Схема процесса обезвреживания РСО термообработкой в шнековой трубчатой печи

Затем технологический газ направляется в конденсатор, обеспечивающий охлаждение газа до температуры 35–40 °С и конденсацию основной части ртути. Конденсированная ртуть с примесью некоторого количества продуктов уноса (ступпа) является конечным продуктом переработки и содержит 70% ртути.

После осаждения основной части ртути в конденсаторе технологический газ поступает в адсорбер, где происходит поглощение ртути на химическом поглотителе. Очищенный от ртути технологический газ, содержащий не более 0,01 мг/м^3, попадает в фильтровентиляционный модуль, где разбавляется, очищается до концентрации менее 0,0003 мг/м^3 и выбрасывается в атмосферу.

Вся установка демеркуризации ртутных ламп герметизирована и находится под постоянным разрежением не менее 10 Па.

Ртуть, выделенная из отработанных ламп в процессе демеркуризации, практически полностью переходит в два продукта: ступпу и сорбент, которые являются конечными продуктами переработки. Ступпа отправляется на ртутный комбинат в ЗАО «НПП «Кубаньцветмет» для переработки. После возгонки ртути и сжигания органических составляющих дробленое стекло и металлы, входящие в конструкцию ртутьсодержащих ламп, переходят во вторичные отходы. Демеркуризированный стеклобой содержит в среднем 96-97% стекла, 3% люминофора, 1% цветных металлов, менее 0,0001% ртути, т. е. содержание ртути в нем ниже предельно допустимой концентрации ртути в почвах. Демеркуризированный стеклобой вывозится на захоронение, либо используется как добавка при изготовлении таких строительных материалов, как керамзитобетонные блоки [31].

Отходы термической демеркуризации отработанных ртутных ламп в основном представлены боем люминесцентных ламп (содержание стекла ~ 95%). Использование демеркуризованного стеклобоя затруднено из-за повышенного содер-

жания люминофора и токсичных элементов (таких как Pb, Zn и др.). После проведения дополнительных работ по удалению люминофора и выделения металлов методами обогащения стеклобой можно использовать для изготовления керамических изделий, для добавки к стекломассе при производстве стекла, в дорожном строительстве, в производстве строительных материалов и др. Кроме того, обогащение демеркуризованного стеклобоя может позволить извлечь для повторного использования цветные металлы [31].

К преимуществам данной технологии относится то, что она малочувствительна к исходному сырью, надежна в работе, может работать в непрерывном режиме и легко позволяет реализовать обогащение демеркуризованного материала с целью его комплексного использования.

Термовакуумная технология, реализуемая на установке УРЛ-2м

Область применения. Установка УРЛ-2м предназначена для демеркуризации вышедших из строя приборов с ртутным наполнением (термометров, игнитронов, и пр.), загрязненных капельной ртутью строительных материалов (штукатурки), почв, а также может использоваться для термической демеркуризации люминесцентных ламп всех типов, горелок ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ и энергосберегающих ламп (ЭСЛ).

Описание метода. В установке используется стационарная камера демеркуризации (снабжена электронагревателем) периодического действия; давление паров ртути в камере – не более 0,01 мм ртутного столба; производительность – до 200 ламп/час.

Принцип действия установок, работающих по данной технологии, основан на зависимости давления насыщенного пара ртути от температуры. Обрабатываемые люминесцентные лампы, ртутные колбы и трубки разрушаются в камере установки, нагреваются до температуры быстрого испарения ртути, а пары ртути откачиваются вакуумной системой установки через низкотемпературную ловушку (НТЛ), на поверхности которой происходит конденсация ртути, стекающей в сборник в виде жидкого металла после размораживания ловушки.

Устройство установки УРЛ-2м представлено на рисунке 4.3.

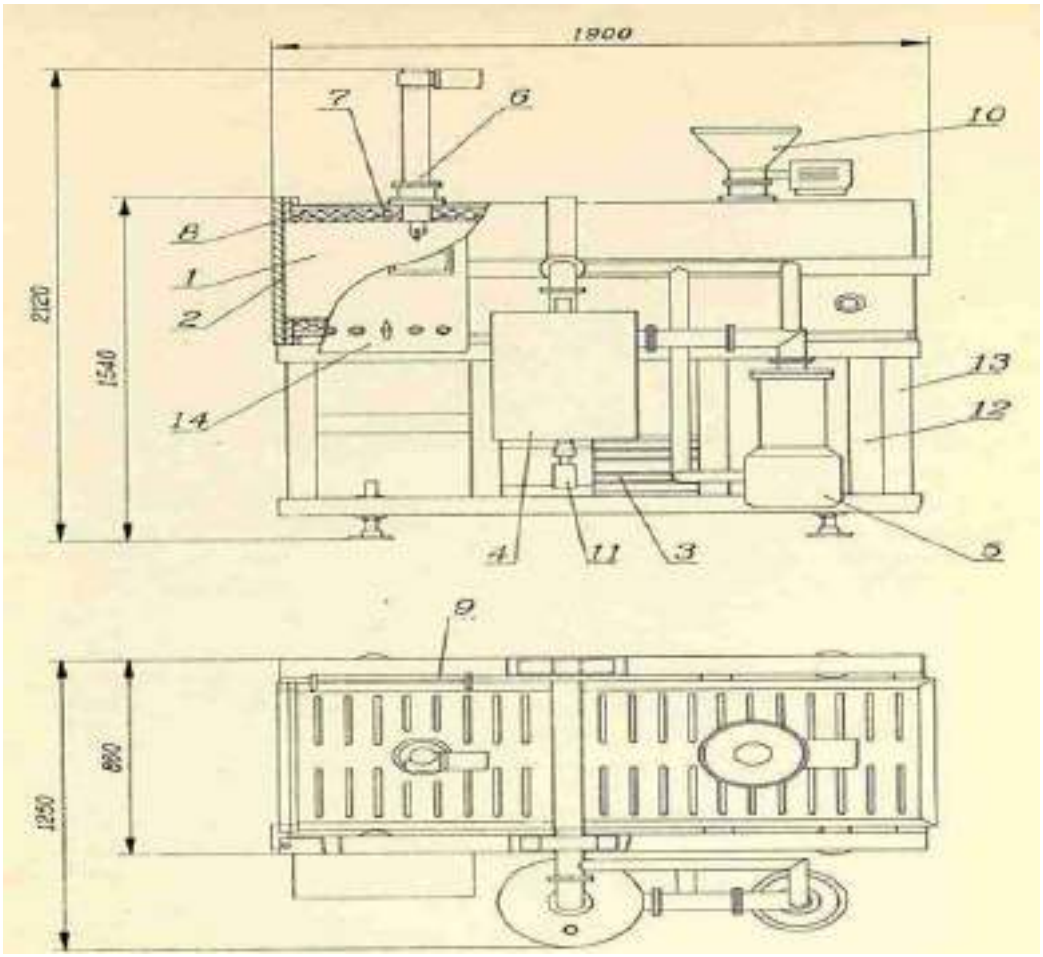


Рисунок 4.3 – Устройство установки УРЛ-2м

Конструктивно установка УРЛ-2м выполнена в виде демеркуризационной камеры 1, шарнирно закрепленной на платформе 13. Камера снабжена крышкой 2, электронагревателем 7 и теплоизолятором 8. На камере смонтировано устройство 6 для механического разрушения люминесцентных ламп. Для разрушения горелок ламп типа дуговая ртутная люминесцентная (ДРЛ) и энергосберегающих ламп используется съемная мельница 10, монтируемая на фланце камеры 1. В режиме демеркуризации люминесцентных ламп фланец закрыт заглушкой. Система вакуумной откачки камеры образована бустерным паромасляным насосом 5 и механическим форвакуумным насосом 3. Откачка камеры на высокий вакуум осуществляется через низкотемпературную ловушку (НТЛ) 4 со сборником металлической ртути 11. Установка снабжена силовым электрическим шкафом 12 и пультом управления 14. Рукоятка 9 используется для наклона камеры при выгрузке стеклобоя [32, 33].

К сложностям термовакуумной технологии следует отнести следующие:

- вакуумная технология не приспособлена к переработке грязных, битых ламп, к переработке влажных отходов, к переработке отходов с содержанием пластмасс, так как вакуумная система выходит из строя как от воды, так и при нагреве пластмасс, и от других веществ, компоненты которых засоряют вакуумную систему;

- вакуумная технология предусматривает нагревание до температур не более 170 °С, выше которых компоненты текстолита и компаундов засоряют вакуумную систему, а наиболее устойчивые соединения ртути, в частности киноварь, каломель, сулема и др., не разлагаются, и ртуть не испаряется целиком из демеркуризуемых материалов, кроме того, производительность такой технологии и оборудования ограничена, технология энергоемка, требует для реализации большое количество электроэнергии, применения дорогостоящего жидкого азота; такой способ имеет значительные удельные затраты на утилизацию;
- периодичность действия.

Продукт термической демеркуризации отработанных ртутных ламп представлен вторичной ртутью, уловленной через низкотемпературную ловушку. Демеркуризованная смесь боя лампы (с содержание стекла ~ 95%) без последующего обогащения по существу является отходом производства, поскольку ее вторичное использование затруднено из-за повышенного содержания люминофора и токсичных элементов (таких как Pb, Zn и др.). После проведения дополнительных работ по удалению люминофора и выделению металлов методами обогащения стеклобой можно использовать для изготовления керамических изделий, для добавки к стеклошихте при производстве стекла, в дорожном строительстве, в производстве строительных материалов и др. Кроме того, обогащение демеркуризованного стеклобоя позволяет извлечь для повторного использования цветные металлы [32, 33].

Особенности технологий утилизации оборудования, содержащего ртуть, основанные на термических методах

Представленные термические технологии для утилизации и обезвреживания люминесцентных ламп путем дистилляции ртути при температурах, превышающих температуру кипения ртути (357 °С), представляли практический интерес, когда содержание ртути в лампах в тот период составляло 150–180 мг и более.

В настоящее время в современных люминесцентных лампах содержание ртути снижено до 2–10 мг. Из-за низкого содержания ртути в современных люминесцентных лампах получение ртути термическими методами совершенно нерентабельно. Так, на заводе компании Lampcare, расположенной в Харлоу (Великобритания), по результатам работ с целью обезвреживания ламп термическим способом в течение года (при полной загрузке завода) получен примерно один полный наперсток ртути [34]. При этом дистилляция ртути из люминесцентного порошка осуществляется на оборудовании шведской компании MRT Systems AB, специализирующейся на утилизации ртути, при нагревании порошка при 800 °С (в течение достаточно длительного времени – 16 часов). Высокие температуры прокалки обусловлены тем, что в процессе работы лампы в результате электрохимических эффектов в плазме «ртуть/разреженный газ» ртуть депонируется на 95–97% люминофором не только в элементарном виде, но и образует на нем высокотемпературные токсичные соединения, температура разложения которых достигает 640 °С [35, 36]. Температуры, получаемые в представленных термических технологиях, не доста-

точны для полного термического обезвреживания люминесцентных ламп. Люминофор после прокалки при температурах, превышающих температуру кипения ртути (357 °С), остается токсичным.

4.2.2 Технологии утилизации и обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, основанные на химических методах

Метод мокрой химической демеркуризации (гидрометаллургический метод)

Сущность гидрометаллургического метода заключается в обработке раздробленных люминесцентных ламп химическими демеркуризаторами с целью перевода ртути в труднорастворимые соединения, как правило, сульфид ртути. В качестве демеркуризатора чаще всего используются растворы полисульфида натрия или кальция.

Область применения. Метод применяется для утилизации и обезвреживания люминесцентных ламп разных типов и размеров, в том числе компактных люминесцентных ламп, линейных трубчатых люминесцентных ламп, U-образных и фигурных люминесцентных ламп и т.д., а также боя ламп и ртутьсодержащих приборов [37, 38].

*Описание метода. И*спользование данной технологии реализуется на установках типа «Экотром-2У». Основная концепция обезвреживания ламп состоит в том, что на поверхность измельчаемых ртутьсодержащих ламп распылением (капельным путем) наносится химический демеркуризатор (препарат Э-2000Т), при этом металлические цоколи отделяются и поступают в отдельный контейнер. При самопроизвольном высыхании и разложении химических соединений препарата выделяются высокоактивная сера, сероводород, CaO и тепло, которое интенсифицирует дальнейшее разложение препарата и обеспечивает сушку смоченных поверхностей. В процессе смачивания и сушки содержащаяся на поверхности стекла и сорбированная люминофором ртуть преобразуется в сульфидную форму.

Сера и сероводород (до 2 мг/м³), содержащиеся в технологическом воздухе, проходя через адсорбер, снаряженный активированным углем, импрегнируют сорбент, благодаря чему концентрация ртути в удаляемом воздухе снижается до 0,0003 мг/м³, а эффективность химической очистки со временем возрастает [37, 38].

Образовавшийся стеклобой с максимальным размером частиц 6 мм, покрытых затвердевшим слоем люминофора, не пылит, содержание паров ртути над ним на высоте 1 м <0,0005 мг/м³ – продукт IV класса опасности – размещается на полигонах захоронения бытовых отходов или включается в цементную матрицу для последующего использования. Содержание сульфида ртути в стеклобое < 0,007% [37, 38]. Металлические цоколи используются в качестве вторичного металлического сырья.

Термохимическая технология периодического действия

Область применения. Метод применяется для ртутьсодержащих ламп.

Описание метода. Целые лампы нагревают, выдерживают 25 мин при температуре, обеспечивающей десорбцию ртути, и резко охлаждают путем контакта

горячей лампы в смесителе с раствором серосодержащего реагента (реже используют йодсодержащий реагент). В итоге происходит термическое разрушение колбы, а ртуть связывается (технология Сэлта); производительность установки – до 180 ламп/ч. Термохимическая технология не может работать в непрерывном режиме.

При термохимической демеркуризации отработанных ртутных ламп для дальнейшей переработки обезвреженного боя ламп возможно применение трех принципиально различных способов улавливания паров ртути:

- конденсации ртути с помощью охлаждения технологического газа водой до 35–40 °С (с доизвлечением ртути из газов адсорбцией на активном угле);
- конденсации ртути с помощью криогенной вакуум-ловушки (при температуре 196 °С) – криогенная конденсация;
- химического связывания ртути путем обработки ее паров реагентами (в частности, перевод ртути в малотоксичный нерастворимый сульфид).

Основным продуктом термохимической демеркуризации отработанных ртутных ламп является стеклобой (содержание стекла ~ 95%), наряду с уловленной ртутью или сульфидом ртути. Демеркуризованный бой ламп без последующего обогащения является отходом производства, поскольку его вторичное использование затруднено из-за повышенного содержания люминофора, алюминия и токсичных элементов (таких как Pb, Zn и др.). После удаления люминофора и выделения металлов методами обогащения стеклобой можно использовать для изготовления керамических изделий, для добавки к стекломассе при производстве стекла, в дорожном строительстве, в производстве строительных материалов и др. Кроме того, обогащение демеркуризованного стеклобоя позволяет извлечь для повторного использования цветные металлы.

4.2.3 Технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, основанные на физико-химических методах

Технология обезвреживания и утилизации люминесцентных ламп разделением их на компоненты

Область применения. Метод используется для утилизации ртутьсодержащих люминесцентных ламп.

Описание метода. В основу метода положен подход, основанный на ведущей роли люминофора в концентрировании 95–97% ртути, присутствующей в утилизируемой лампе [35, 36]. Метод основан на «холодных и сухих» технологических процессах дробления и сепарации изделий в системе с пониженным давлением в условиях разряжения, главной целью которых является максимально полное выделение из лампы люминофора – основного носителя ртути.

Этот метод получил широкое распространение в мире. Известная шведская фирма «MRT system» разработала ряд высокопроизводительных установок переработки люминесцентных ламп разделением на компоненты, которые широко используются в США, ряде европейских стран, Японии, Южной Корее. Известны разработки американской фирмы «DYTEK», фирмы WEREC GmbH в Германии, компании «Lampcare» в Великобритании и др.

В России технология обезвреживания и утилизации люминесцентных ламп разделением их на компоненты реализована в установке «Экотром-2» (рисунок 4.49). Установка «Экотром-2» характеризуется высокой производительностью – 1200 ламп в час, экологичностью и безопасностью в обслуживании. Установки «Экотром-2» используются в большинстве региональных центров, где осуществляются сбор и переработка вышедших из употребления люминесцентных ламп: Москве, Санкт-Петербурге, Крыму, Белгороде, Петропавловск-Камчатском, Иваново, Ярославле, Перми, Челябинске, Сургуте и др. Также установки «Экотром-2» поставлены в Белоруссию и Польшу.

В процессе утилизации и обезвреживания люминесцентных ламп на установке «Экотром-2» происходит разделение люминесцентных ламп на три компонента: стекло, металлические цоколи (V класса опасности) и ртутьсодержащий люминофор, который преобразуется в герметичном вибрационном смесителе в малоопасный продукт минерализации люминофора IV класса опасности.

Металлические цоколи используются в металлургии. Стекло измельченное может применяться в качестве сырья при производстве строительных материалов: пеностекла, стеклоблоков, тротуарных плит, бордюрных блоков, полимерных изделий, а также для создания оснований дорожных одежд временных подъездных дорог, организации оснований временных площадок. Продукт минерализации люминофора может быть использован в бетонных покрытиях и при изготовлении изделий дорожного назначения.

Технологический процесс разделения ламп в установке «Экотром-2» на компоненты протекает в условиях разряжения воздуха с уловом остаточных паров ртути в адсорберах в системе очистки газов. Выбрасываемый в атмосферу воздух очищается в адсорберах от ртути до значений, не превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) для населенных мест, – 0,3 мкг/м^3.

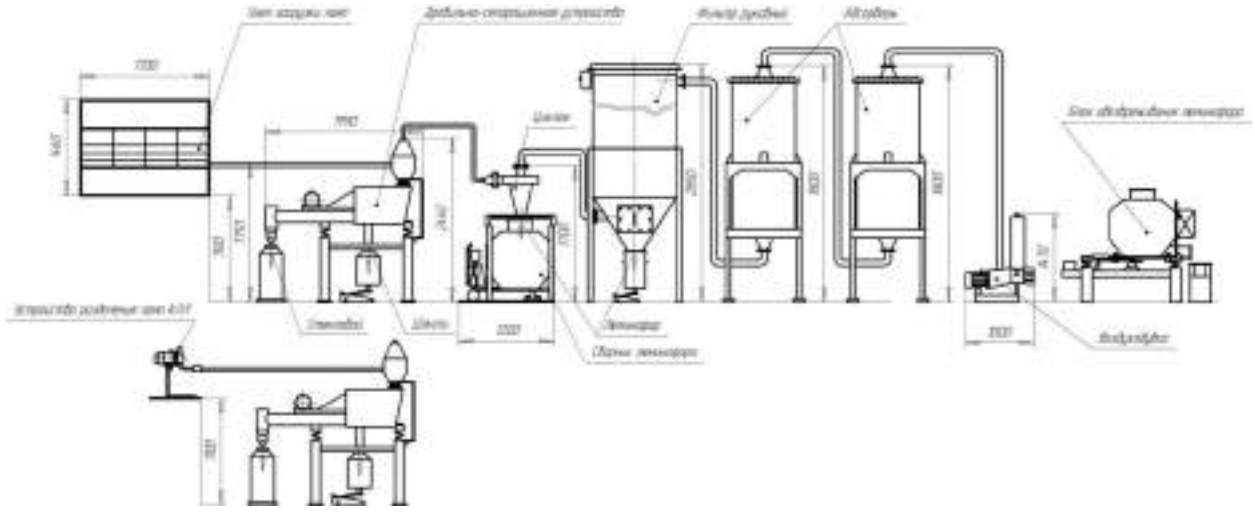


Рисунок 4.4 – Схема технологического оборудования процесса утилизации ртутьсодержащих ламп

Описание технологического процесса. Линейные люминесцентные лампы подаются на узел загрузки установки. За счет высокого разряжения, создаваемого воздуходувкой по всей длине установки, лампы разгоняются в ускорительной трубе

и попадают в дробильно-сепарационное устройство, где разрушаются и разделяются на основные составляющие компоненты: измельченное стекло, металлические цоколи и ртутьсодержащий люминофор [39, 40].

Компактные люминесцентные лампы подаются в специальное устройство разделения компактных ламп, которое подсоединяется к ускорительной трубе вместо загрузочного стола линейных ламп. С помощью специального держателя компактная люминесцентная лампа вводится стеклянной частью в дробилку устройства разделения компактных ламп. Раздробленное стекло от компактных люминесцентных ламп поступает под разряжением в дробильно-сепарационное устройство установки «Экотром-2», где происходит его очистка от ртутьсодержащего люминофора. Цоколь вынимается из держателя и помещается в контейнер.

В дробильно-сепарационном устройстве частицы измельченного стекла просыпаются через вибрирующую решетку и направляются в сборник стеклобоя. В процессе движения частиц стекла по тракту установки в условиях вибрации в противоточно движущейся системе «стеклобой-воздух» происходит отделение порошкообразного люминофора от стекла ламп. Ртутьсодержащий порошок люминофора с образовавшейся высокодисперсной частью стеклобоя, далее – «люминофор», уносится воздушным потоком в циклон, где осаждается в сборнике люминофора. Металлические цоколи при разрушении ламп попадают на вибрирующую решетку дробильно-сепарационного устройства, где подвергаются механической очистке и направляются в сборник цоколей. Очищенное от ртутьсодержащего люминофора дисперсное стекло и металлические цоколи имеют показатели значительно ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) по ртути (для почвы 2,1 мг/кг) и относятся к практически неопасным компонентам (V класс опасности). Очистка воздушного потока от паров ртути происходит в адсорберах до содержания ртути в воздухе менее ПДК для населенных мест 0,3 мкг/м^3. При превышении содержания ртути в выбросах в атмосферу 0,3 мкг/м^3 адсорберы меняют местами, и в наиболее загрязненном адсорбере (бывшим первом) производится замена отработанного активированного угля [39, 40].

Ранее, когда выпускались люминесцентные лампы с достаточно высоким содержанием ртути, ртутьсодержащий люминофор отправлялся в ЗАО «НПП «Кубаньцветмет» для дистилляции ртути.

Получение вторичной ртути при термической демеркуризации (дистилляции ртути) современных люминесцентных ламп не представляется возможным и нерентабельно из-за очень низкой ее концентрации в люминофоре – значительно менее 0,3%. Согласно ГОСТ Р 54564-2011 при содержании ртути менее 0,3% такой материал не может быть отнесен к сырью для получения ртути.

Для обезвреживания ртутьсодержащего порошка люминофора применяется способ химического преобразования содержащейся в нем ртути в практически нерастворимое малоопасное соединение – сульфид ртути, отвечающее ее природной минеральной форме, с использованием демеркуризационного препарата на основе полисульфида кальция, торговая марка «РИСОЛ».

Обезвреживание ртутьсодержащего люминофора проводится в сборнике люминофора (камера специального вибросмесителя), который после его заполнения люминофором устанавливается на виброплощадку блока обезвреживания.

На 200 кг люминофора в сборник вводится 40 л демеркуризационного препарата РИСОЛ и 25 кг цемента. Смесь, находящаяся в сборнике, подвергается вибрационному воздействию в течение 40–50 мин. Образовавшийся малоопасный (IV класс опасности) продукт минерализации люминофора выгружается из разгрузочного люка сборника люминофора под воздействием вибрации в полимерные мешки или в составе приготовленной бетонной смеси выгружается в специальную матрицу для формования дорожных бетонных блоков. Подобные способы, называемые за рубежом «солюдификации» и «стабилизации» ртутьсодержащих отходов, включая люминофор отработанных ртутных ламп, в настоящее время получают все большее распространение во многих странах мира [39, 40].

В таблицах 4.1, 4.2, 4.3. приведены технические характеристики установки «Экотром-2». Проектная мощность установки по обезвреженным отходам оценивается в 500 т/год при односменной работе.

Таблица 4.1 – Производительность установки

№ п\п	Наименование	Единица измерения	Производительность, в час
1	Обезвреживаемые люминесцентные лампы	тыс. шт/т	1,2/0,3
2	Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	тыс. шт/т	0,3/0,03

Таблица 4.2 – Усредненные показатели образования материальных ресурсов и отходов при разделении ламп на составляющие компоненты

№ п\п	Наименование	Единица измерения	Производительность
1	Стекло	т/ч	0,277
2	Цоколи металлические КЛЛ	т/ч	0,005 0,021
3	Продукт минерализации люминофора	т/ч	0,02

Таблица 4.3 – Расход энергетических средств и сырья

№ п\п	Наименование	Место расхода	Единица измерения	Расход
1	Электроэнергия Напряжение 380 В, частота 50 Гц	Установка «Экотром-2», в том числе: Воздуходувка Дробилка Вибратор	кВт/ч	10,8 7,5 2,2 1,1
		Компрессор для периодической продувки фильтров рукавных	кВт/ч	0,4
2	Сжатый воздух, технологический ГОСТ 11882-73, Р = 0,4 МПа	Компрессор для периодической продувки фильтров рукавных	$м^3$	0,3
3	Активированный уголь, типа ХПР-3 п	Адсорбер	т	0,45 Единовременная загрузка
4	Препарат демеркуризационный «РИСОЛ»	Блок утилизации люминофора	л	40 Единовременная загрузка
5	Цемент	Блок утилизации люминофора	кг	25 Единовременная загрузка

Образующиеся в результате металлические цоколи и измельченное стекло демеркуризованы до V класса опасности. Ртутьсодержащий люминофор улавливается в специальный герметичный контейнер, в котором и происходит химическое обезвреживание содержащейся ртути в люминофоре. Получается малоопасный продукт минерализации люминофора (IV класс опасности).

Выбросы, поступающие в окружающую среду из установки через систему очистки, по содержанию ртути не превышает ПДК ртути для населенных мест 0,3 мкг/$м^3$.

Необходимо предусматривать способы удаления вторичных отходов.

4.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов оборудования, содержащего ртуть

Опасность утилизации и обезвреживания ртутьсодержащих отходов во многом обусловлена физико-химическими свойствами ртути.

Обязательным условием при доставке ртутьсодержащих отходов на утилизацию и обезвреживание является обеспечение целостности траспортируемого оборудования. Оборудование с нарушенной целостностью должно доставляться в

герметичных транспортных контейнерах, в противном случае пары ртути будут попадать в атмосферный воздух, что окажет губительное воздействие на окружающую среду.

Все работы, связанные с обращением ртутьсодержащих отходов, должны сопровождаться инструментальным контролем на содержание ртути в рабочей зоне, в выбросах из оборудования в окружающую среду и в образующихся вторичных отходах.

Рассматриваемые термические технологии могут использоваться для получения вторичной ртути из отходов с ртутным наполнением (приборы, оборудование, специальные ртутные лампы, грунты и другие материалы, содержащие капельную ртуть). При этом под особым контролем должна быть обеспечена защита персонала от паров ртути при нестационарных режимах работы: аварийное отключение электропитания, при загрузке и выгрузке отходов, ремонте оборудования и т. п.

Методом мокрой химической демеркуризации (гидрометаллургический метод) люминесцентные лампы обезвреживаются с получением сульфидированного боя ламп и вторичного металла в виде цоколей.

При термохимической демеркуризации отработанных ртутных ламп производится только их обезвреживание с получением боя ламп.

При утилизации и обезвреживании ртутьсодержащего оборудования происходит:

- выделение вторичной ртути и дополнительное получение вторичных материальных ресурсов (стекла и алюминия) или
- связывание ртути в безопасные соединения (сульфид ртути).

В обоих случаях при мокрой химической и термохимической демеркуризации отработанных ртутных ламп необходимо контролировать выделение в атмосферу паров ртути и предусматривать дополнительные меры по обращению с образующимися вторичными отходами.

При утилизации и обезвреживании ртутьсодержащего оборудования следует учитывать не только наличие ртути в отходах, но и возможность обезвреживания загрязненной тары и почвы. Последнее представляется особо важным, если учесть тенденции накопления металлической ртути в окружающей среде и особенности миграции ртути грунтовыми водами и донными осадками.

Раздел 5 Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

5.1 Общая информация о деятельности по утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

Состав изделий из резины, утративших потребительские свойства, зависит от ассортимента продукции, который включает резинотехнические изделия, обувь и шины.

В зависимости от назначения резиновые изделия изготавливаются на основе различных каучуков, пластификаторов, наполнителей и других ингредиентов. Резинотехнические изделия могут содержать в своем составе в качестве арматуры текстильные материалы и металл.

Отходы резиновых шин, покрышек с металлическим кордом содержат в среднем 45–52% натурального каучука, 10–15% металла.

Согласно исследованиям ассоциации «Шинэкология» и Центра международного сотрудничества ЮНИДО, а также исследованиям Центра развития НИУ ВШЭ «Рынок утилизации отходов», образование отходов шин, покрышек в Российской Федерации ежегодно составляет от 700 тыс. т до 1 млн т [41, 42].

Месторасположение предприятий, осуществляющих утилизацию отходов изделий из резины на территории Российской Федерации, приведено на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Месторасположение предприятий, осуществляющих утилизацию отходов изделий из резины на территории Российской Федерации

Самым распространенным способом утилизации является механическое дробление, которое используют действующие в Российской Федерации компании.

Большинство предприятий среднего и мелкого бизнеса ориентированы на местный/региональный рынок сырья.

Основные сведения о методах и технологиях утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

Все известные методы утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, можно разделить на три группы:

- физический метод – дробление;
- физико-химический метод – регенерация;
- термические методы – пиролиз.

К физическим методам относятся технологии механической утилизации, где основным этапом является механическое дробление (измельчение) отходов шин и покрышек, различными способами: ударным воздействием, истиранием, резанием, сжатием, сжатием со сдвигом. Последующие действия с измельченными шинами зависят от требований потенциального потребителя. Например, для использования на цементных заводах извлечение металлического корда не требуется. Для производства резиновой крошки проводятся работы по отделению металлического и текстильного корда, получение тонкодисперсных резиновых порошков осуществляется путем экструзионного измельчения. Продуктами утилизации являются резиновые чипсы или резиновая крошка различных фракций для производства резинотехнических изделий, лом черных металлов низкого качества и текстильное волокно [43].

К физико-химическим методам утилизации отходов относится регенерация резины. Регенерация осуществляется различными способами и позволяет сохранить структуру сырья, использованного в процессе производства резины [44].

Известны и используются в промышленности следующие способы регенерации резин: водонейтральный (нейтральный), термомеханический (риклемейтор-процесс), паровой и его модификации, паровоздушный и паровой высокотемпературный [45]. Подавляющее большинство способов регенерации отходов резины основано на двух последовательных процессах [44, 45]:

- первоначально отходы резинотехнических изделий подвергают механическому измельчению в крошку;
- крошка обрабатывается мягчителем и активатором с получением регенерата.

Утилизация отходов резины термическим методом – пиролиза рассмотрена в ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

Экологические проблемы, возникающие при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

Утилизация отходов изделий из резины в большинстве производится физическими методами. Данные методы связаны со значительными энергозатратами при утилизации отходов резины. Физическими факторами воздействия являются шум и вибрация оборудования на стадии механического дробления.

Физический метод утилизации отходов резины сопровождается образованием выбросов загрязняющих веществ в воздух рабочей зоны – пыли тонко измельченного резинового вулканизата.

Процесс регенерации требует использования металлоемкого оборудования (смесители, экструдеры, вальцы и др.). Процесс регенерации сопровождается выбросом в атмосферный воздух паров и дымов, содержащих, в частности, соединения серы.

5.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

В основной массе методы направлены на утилизацию изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер с целью получения вторичного сырья – резиновой крошки.

5.2.1 Технологии утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, основанные на физических методах

В основу технологий утилизации, базирующихся на физических методах, заложено механическое измельчение изделий из резины до небольших кусков с последующим при необходимости механическим отделением металлического и текстильного корда для шин и покрышек и получением вторичного сырья резиновой крошки.

Способы измельчения различаются по температуре измельчения (при отрицательных температурах и при положительных температурах) и способу механического воздействия (ударный способ, истирание, сжатие, сжатие со сдвигом, резание) [46].

Измельчение осуществляется следующими методами:

- резание – при резании изделий из резины, утративших потребительские свойства, разделение на фрагменты происходит с помощью режущих инструментов, являющихся концентраторами напряжения; на эффективность резания влияют скорость резания, форма инструмента и свойства отходов;
- ударное воздействие – при ударном воздействии на изделия из резины кинетическая энергия ударного инструмента расходуется на деформацию разрушения; эффект воздействия инструмента при ударе зависит от его массы и скорости движения;
- истирание – при истирании изделия из резины контактируют с абразивным инструментом; на процесс измельчения истиранием влияет относительная скорость взаимодействия измельчаемого материала и абразивного инструмента.

Основным этапом утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, является:

- измельчение – измельчение резиновых лент до кусков резины (чипсов) может осуществляться на ножевых дробилках. При дроблении, обрабатываемая в дробилке масса разделяется на резину, металлический корд, бортовую проволоку и текстильное волокно.

В ряде случаев перед измельчением производится удаление бортовых колец – отделение бортовых колец и нарезка изделий из резины на ленту.

Дополнительные этапы утилизации отходов изделий из резины, в том числе шин и покрышек, включают:

- удаление металлического корда – свободный металл удаляется с помощью магнитных сепараторов и брикетируются;

- повторное измельчение – резина измельчается в экструдере-измельчителе;

- удаление текстильного корда – отделение остатков текстильного волокна от резиновой крошки производится с помощью гравитационного сепаратора;

- тонкодисперсное измельчение и рассев – очищенный резиновый порошок подается на тонкодисперсное измельчение и рассев на фракции (вибросито).

На выходе получают 3 фракции резинового порошка:

- 1-я фракция – 0,5…0,8 мм;
- 2-я фракция – 0,8…1,6 мм;
- дополнительная фракция – 0,2…0,45 мм (поставка по заказу).

Станки для утилизации изделий из резины (покрышек, шин и др.) представлены на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Станки утилизации отходов шин, покрышек:
вырезатель посадочного кольца, разрезатель на ленту,
разрезатель на куски, выжиматель посадочного кольца

В настоящее время на российском рынке представлено достаточное количество линий механического дробления различной комплектации [47]. Этапы утилизации отходов шин, покрышек представлены на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3 – Технологическая схема по утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства (шин, покрышек, камер резиновых), в резиновую крошку [48]

5.2.2 Бародеструкционная технология изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

В основу бародеструкционной технологии утилизации отходов изделий из резины заложено явление «псевдосжижения» резины при высоких давлениях. Во время этого процесса имеющийся металл и бортовые кольца отделяются от основной резиновой массы, которая направляется для дальнейшего измельчения и сепарации.

Схема линии бародеструкционной технологии представлена на рисунке 5.4. Основные этапы утилизации отходов изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, включают:

- 1-й этап технологического процесса включает резку и прессование, изделие подается на пресс для резки шин, где отход разрезается на куски массой не более 20 кг;

- 2-й этап технологического процесса – обработка на агрегатах с высоким давлением: в установке высокого давления отход загружается в рабочую камеру, где происходят сжижение резины и истечение ее через отверстия специальной камеры, ее экструзия в виде кусков размерами 20–80 мм; одновременно происходит отделение компонентов металла и текстиля, которые направляются на брикетирование;

- 3-й этап – окончательная очистка и получение товарного продукта: после установки высокого давления резиновая масса направляется для окончательной очистки от металлокорда; освобожденная от металлокорда резиновая масса подается в роторную дробилку, где измельчается до 10 мм; в кордоотделителе происходит отделение резины от текстильного корда и разделение резиновой крошки на две фракции: менее 3 мм и от 3 до 10 мм.

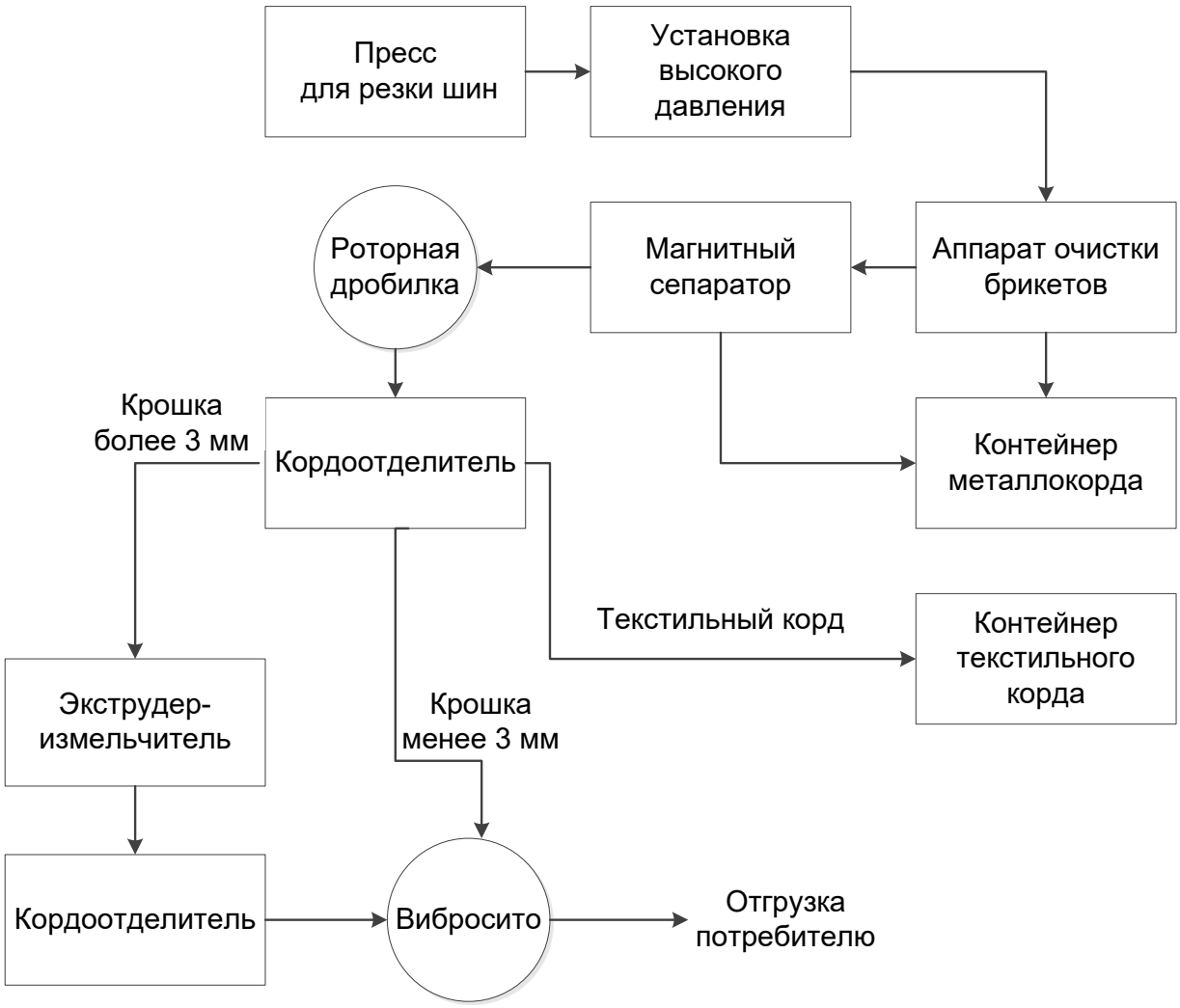


Рисунок 5.4 – Схема бародеструкционной технологии утилизации отходов шин и покрышек [49]

Резиновая крошка фракцией более 3 мм подается в экструдер-измельчитель и после измельчения поступает вновь в кордоотделитель. Текстильный корд поступает в контейнер, а резиновая крошка – на вибросито, где рассеивается на три фракции:

- I – от 0,3 до 1,0 мм;
- II – от 1,0 до 3,0 мм;
- III – свыше 3,0 мм.

Фракция резиновой крошки более 3 мм возвращается в экструдер-измельчитель, а резиновая крошка I и II фракций отгружается покупателю [49].

5.2.3 Низкотемпературная технология утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

В основу технологии низкотемпературной утилизации изделий из резины заложено явление перехода резины при низкотемпературном охлаждении в «псевдохрупкое» состояние. Дробление при низких температурах улучшает отделение металла и текстиля от резины, повышает выход резины [50].

Технологическая схема низкотемпературного метода утилизации отходов шин, покрышек представлена на рисунке 5.5.

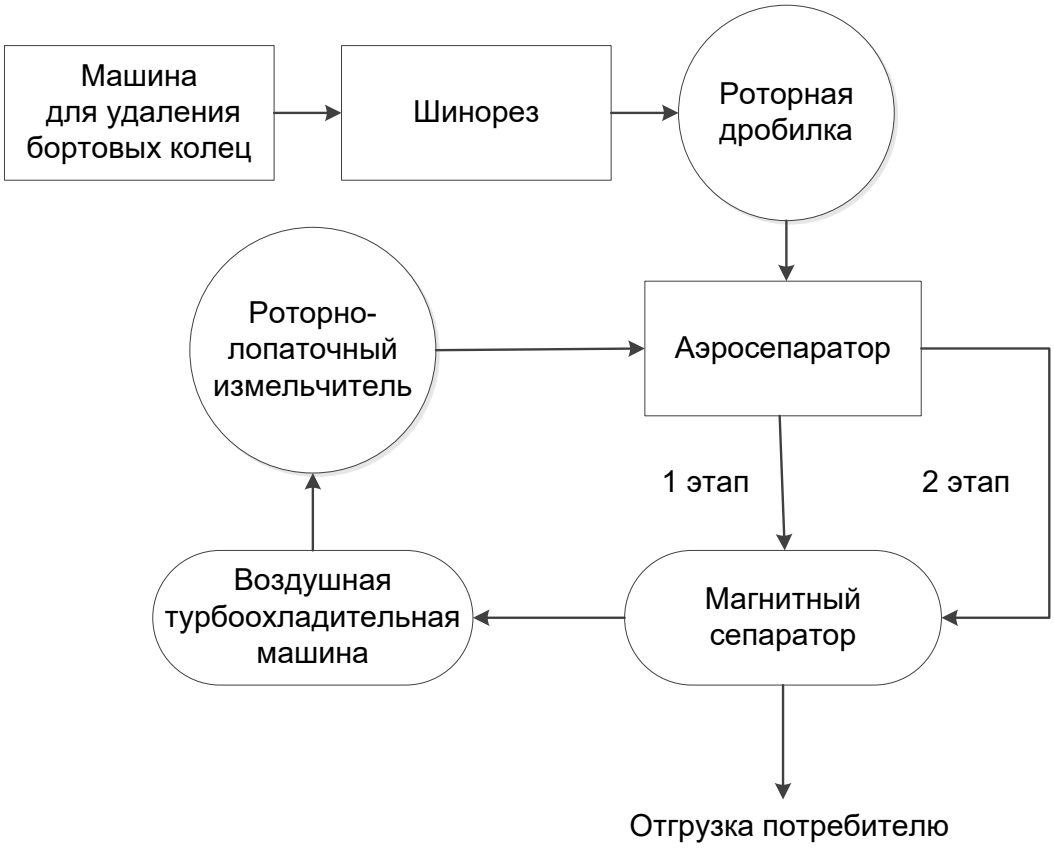


Рисунок 5.5 – Технологическая схема низкотемпературной утилизации отходов шин, покрышек [49]

Основные этапы утилизации отходов шин, покрышек включают:

- подготовительный этап – удаление бортовых колец, нарезка изделий из резины на фрагменты;
- измельчение – измельчение резиновых фрагментов до кусков резины определенного размера может осуществляться на роторных дробилках;
- охлаждение отхода до температур 60–90 °С, когда резина переходит в псевдохрупкое состояние с использованием жидкого азота (рисунок 5.5) или воздушной турбоохладительной машины;
- измельчение – измельчение охлажденной резины с отделением металлокорда и текстиля и получением резиновой крошки.

На рисунке 5.6 приведена схема автоматической линии по низкотемпературной утилизации отходов шин и покрышек, исключающей применение жидкого азота.

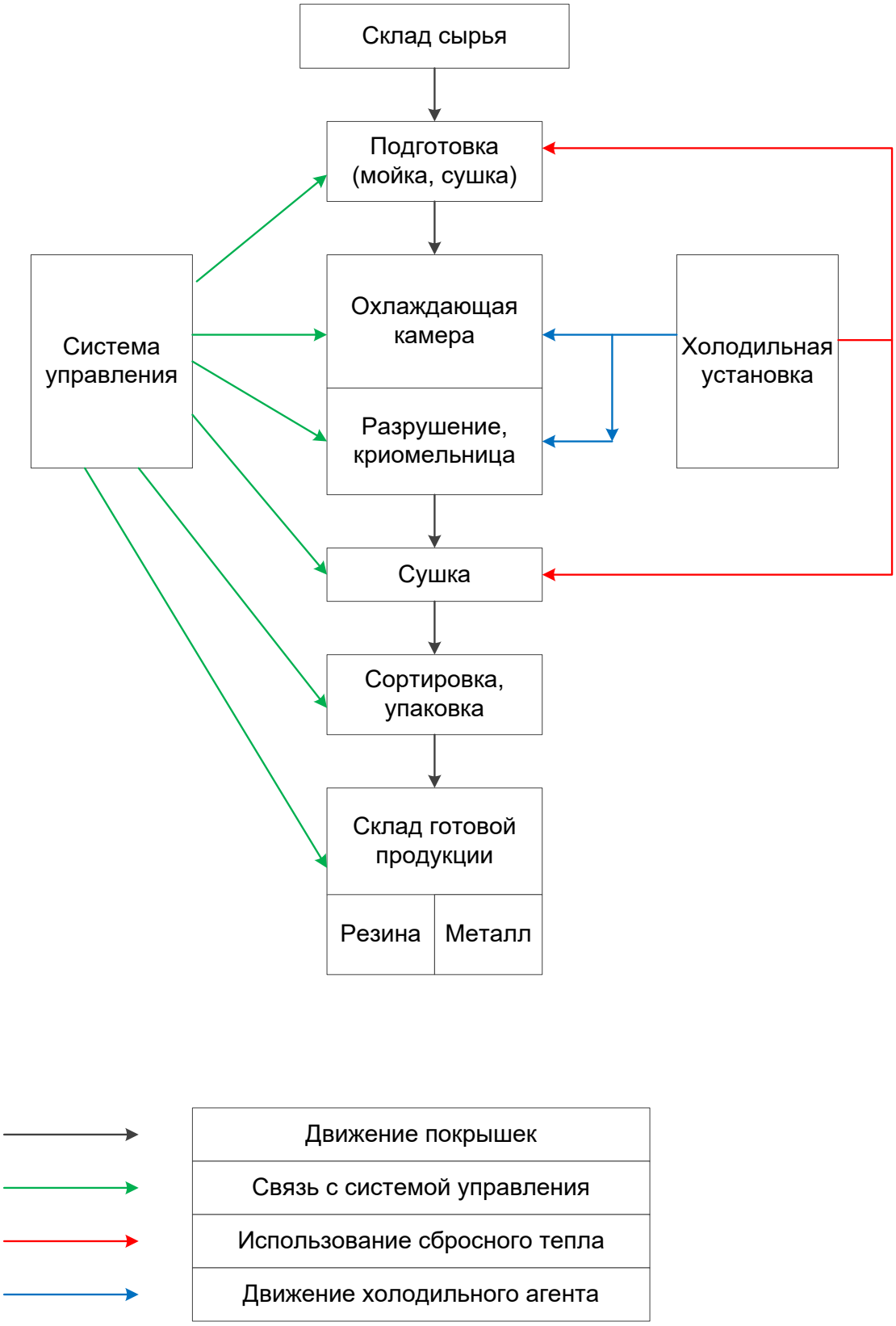


Рисунок 5.6 – Схема автоматической линии низкотемпературной утилизации отходов шин, покрышек, исключающей применение жидкого азота [49]

5.2.4 Технология утилизации отходов изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, при повышенных температурах

В основу технологии утилизации при повышенных температурах изделий из резины заложено повышение температуры технологического процесса утилизации до температур, специфичных для каждого типа резины и при которых начинается термоактивированный распад полисульфидных или других межмолекулярных связей. Термоактивированный распад межмолекулярных связей облегчает механическое разрушение резины.

Но методы утилизации при высоких температурах не получили распространения из-за постепенного налипания перерабатываемой резины на режущие лезвия, на применяемые для ударного разрушения молотки и на стенки камеры измельчения. Единственным исключением является метод сдвигового измельчения, который в случае изопреновой резины применяют даже при 180–190 °С, а в случае этиленпропилендиеновой резины – при 240–250 °С. Высокотемпературное сдвиговое воздействие применяется на двух основных этапах утилизации: при отслоении шинной резины от корда и при тонком измельчении резины.

5.2.5 Технология регенерации отходов изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

В основу технологии регенерации отходов изделий из резины заложен физико-химический процесс, в результате которого резина превращается в пластичный продукт регенерат.

Существуют различные способы получения регенерата, отличающиеся характером и интенсивностью воздействия на резину, а также природой и количеством участвующих в регенерации резины веществ. В процессе регенерации резины происходят следующие процессы [51, 52]:

- деструкция углеводородных цепей;
- структурирование вновь образовавшихся молекулярных цепей;
- уменьшение содержания свободной серы, использованной для вулканизации резины;
- деструкция серных, полисульфидных связей;
- модификация молекулярных цепей каучука;
- изменение углеродных цепей, образованных сажей, содержащейся в резине.

Известны следующие методы производства регенерата: нейтральный, кислотный, щелочной, паровой низкого и высокого давления и термомеханический. Для резин на основе бутилкаучука наиболее эффективен радиационный метод регенерации с использованием излучений высоких энергий. Для производства регенерата любым методом необходимо первоначально измельчить изношенные шины в крошку; при этом конечный размер крошки зависит от метода получения регенерата. В настоящее время в шинной промышленности регенерат практически не применяют, а в промышленности по производству резинотехнических изделий используют только для изготовления малоответственных изделий [52, 53].

Процесс регенерации отходов изделий из резины включает следующие технологические операции:

- сортировку и измельчение отходов резины;
- освобождение отходов резины от текстильного волокна и металла;
- девулканизацию и механическую обработку девулканизата.

Разные способы регенерации отличаются главным образом техническим оформлением процесса девулканизации.

К устаревшим методам регенерации относятся щелочной, кислотный, термический, паровой методы, а также метод растворения.

В настоящее время применяются три метода регенерации: водонейтральный, термомеханический и метод диспергирования [53].

Водонейтральный метод включает следующие основные операции:

- подготовку резины;
- подготовку мягчителей и активаторов;
- девулканизацию; влагоотделение и сушку;
- механическую обработку.

Водонейтральный метод имеет периодичность процесса и большие дозировки мягчителя, что влияет на качество регенерата.

Метод диспергирования не получил широкого распространения вследствие сложностей, связанных с распылительной сушкой водной дисперсии резины.

Метод термохимической регенерации является непрерывным процессом. Процесс девулканизации в данном случае осуществляется в непрерывном шнековом девулканизаторе в присутствии мягчителя и активатора деструкции. Данный метод регенерации получил наиболее широкое распространение [44, 53].

5.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

Эмиссии в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, физическими методами

Утилизация отходов изделий из резины сопровождается выбросами загрязняющих веществ (резиновой пыли) в атмосферный воздух от дробилок и измельчителей.

Сточные воды в процессе утилизации не образуются.

Утилизация отходов изделий из резины может сопровождаться образованием отходов металлокорда и текстильного корда.

Физическими факторами воздействия являются шум измельчителей и вибрация вибросит.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с использованием бародеструкционной технологии

Утилизация отходов изделий из резины сопровождается выбросами загрязняющих веществ (резиновой пыли) в атмосферный воздух от экструдера-измельчителя и роторной дробилки.

Сточные воды в процессе утилизации не образуются.

Утилизация отходов изделий из резины может сопровождаться образованием отходов металлокорда и текстильного корда.

Физическими факторами воздействия являются шум измельчителей и вибрация вибросит.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с использованием низкотемпературной технологии

Утилизация отходов изделий из резины сопровождается выбросами загрязняющих веществ (резиновой пыли) в атмосферный воздух от криомельницы.

Сточные воды в процессе утилизации образуются на стадии подготовки при мойке отходов изделий из резины.

Утилизация отходов изделий из резины может сопровождаться образованием отходов металлокорда и текстильного корда.

Физическими факторами воздействия являются шум роторных дробилок (измельчителей).

Эмиссии в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с использованием технологии повышенных температур

Утилизация отходов изделий из резины сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух от процесса термической обработки.

Утилизация отходов изделий из резины может сопровождаться образованием отходов металлокорда и текстильного корда.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с использованием технологии регенерации

Утилизация отходов изделий из резины сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух на стадиях влагоотделения, сушки и механической обработки.

Утилизация отходов изделий из резины может сопровождаться образованием отходов металлокорда и текстильного корда.

Физическими факторами воздействия являются шум измельчителей на стадии механической обработки.

Раздел 6 Утилизация и обезвреживание пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки

6.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки

Отходы пластмассовых изделий по составу исходного сырья подразделяются на:

- термопласты – полимеры, которые при нагревании приобретают свойства пластичности, текучести; к этому виду отходов относятся: полиэтилен, полипропилен и др.;
- реактопласты – полимеры, которые под действием температуры не переходят в вязко-пластичное или текучее состояние.

По оценкам экспертов, в структуре полимерных отходов 34% составляет полиэтилен (ПЭ), 20% – полиэтилентерефталат (ПЭТ), 17% – ламинированная бумага, 14% – поливинилхлорид (ПВХ), 8% – полистирол (ПС), 7% – полипропилен (ПП) (рисунок 6.1) [51, 52].

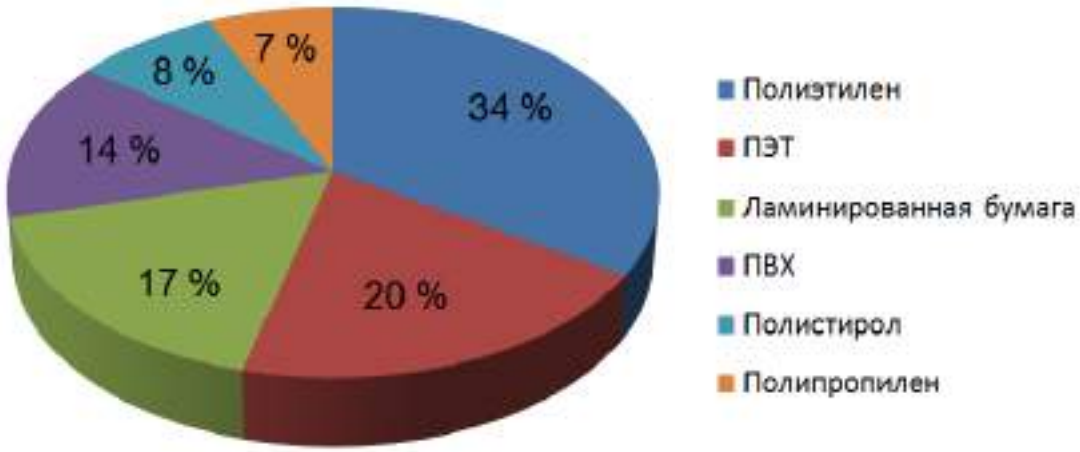


Рисунок 6.1 – Структура отходов пластика по видам полимеров

По данным статистического наблюдения в Российской Федерации ежегодно утилизируют более 30% от официально установленных объемов образования отходов изделий из полимеров [2].

Наибольшим уровнем сбора и утилизации характеризуются отходы из полиэтилена – 20%, отходы поливинилхлорида перерабатываются на 10%, полистирола – на 12%, полипропилена – на 17%, полиэтилентерефталата – на 12%.

Основной объем вторичного полимерного сырья используется для изготовления пластмассовой тары и упаковки (38%), производства деталей из пластмассы для бытовой техники (22%), производства материалов, используемых в строительстве (трубы, кровельные материалы и пр.) (18%) (рисунок 6.2) [57].

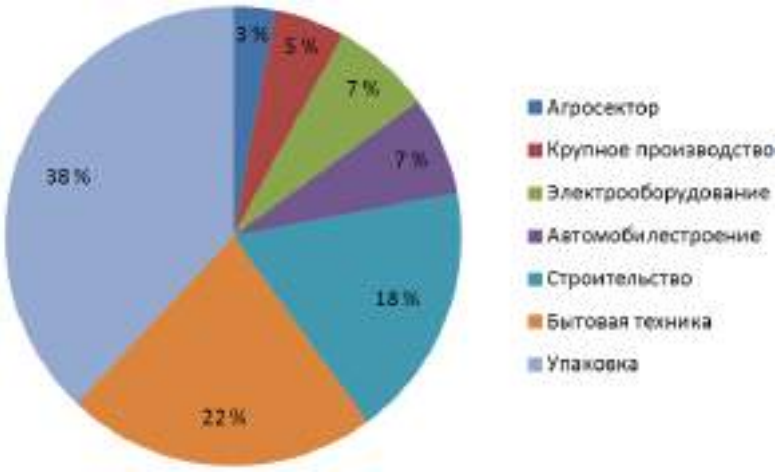


Рисунок 6.2 – Структура применения вторичного полимерного сырья

В Российской Федерации действует ряд предприятий, перерабатывающих отходы продукции из полиэтилентерефталата в сырье для производства текстильных волокон, стреп-ленты, а также других изделий.

Одно из немногих предприятий в России, осуществляющее полную переработку отходов упаковки из полиэтилентерефталата (ПЭТ-бутылок) по технологии bottle-to-bottle («новая бутылка – из б/у бутылки»), расположено в Московской области, г. Солнечногорске. Технология позволяет перерабатывать бывшие в употреблении ПЭТ-бутылки в сырье – гранулированный ПЭТ, который повторно используется для производства различной упаковки и изделий. Мощность объекта утилизации составляет 20 тыс. т пластиковой бутылки в год [55, 57].

Сбором, сортировкой и утилизацией полимерных отходов в России занимается по разным оценкам до 4000 мелких и крупных предприятий. Наиболее крупные переработчики полимерных отходов на российском рынке расположены в Москве и Московской области, Пермском крае, Санкт-Петербурге (рисунок 6.3). Большая часть предприятий по переработке полимерных отходов ограничивается сортировкой, прессовкой и измельчением пластиковых отходов.

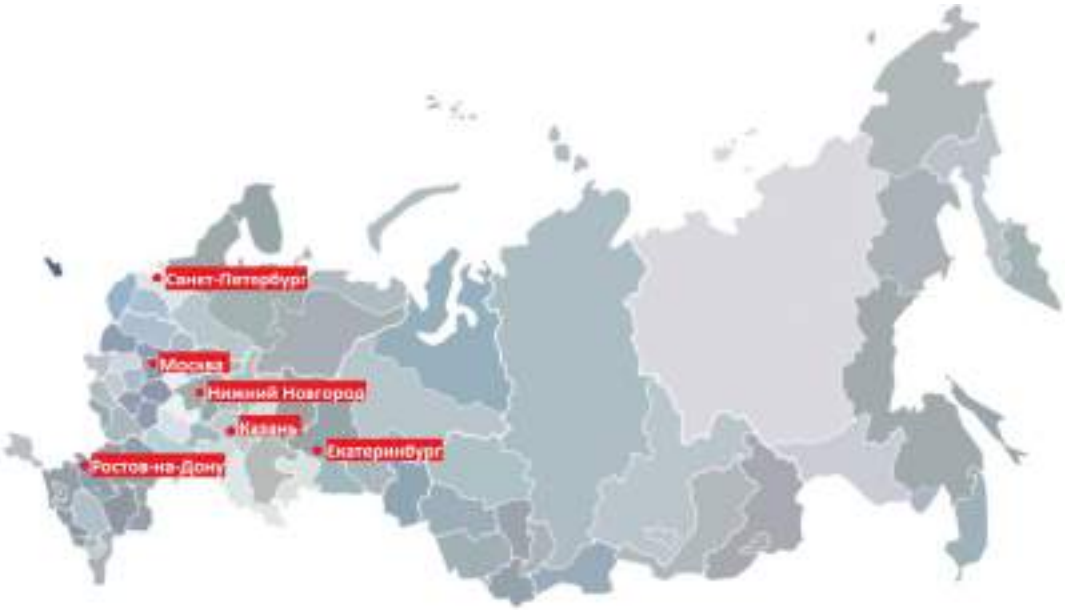


Рисунок 6.3 – Центры промышленной утилизации отходов изделий пластика

Основные направления промышленной переработки полимерных отходов в России [58, 59, 60] следующие:

- изготовление из отходов вторичного полимерного сырья, в том числе для поставки на экспорт (дробленки, агломерата, гранулята из ПЭ, ПВХ, ПС, ПП, ПЭТ, лавсанового волокна);
- изготовление из отходов (или с их частичным использованием) традиционной разнообразной продукции производственно-технического и бытового назначения методами литья, прессования, экструзии;
- изготовление из полимерных отходов материалоемкой продукции, как правило, не изготовляемой только из первичного сырья, в том числе из смешанных отходов или в композиции с другими отходами (макулатурой, древесными и текстильными отходами).

В настоящее время утилизация отходов полимеров приобретает экономическую целесообразность поскольку позволяет существенно экономить первичное сырьё и электроэнергию [60].

Основные данные по методам и технологиям утилизации и обезвреживания пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки.

Способы утилизации и обезвреживания пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, можно разделить на две основные группы:

- физические (механические);
- физико-химические.

Все механические способы переработки пластмассовых отходов с целью вторичного использования полимеров заключены в измельчении различных пластиковых субстанций. Основные операции технологического процесса подготовки

отходов пластмасс к переработке включают дробление, уплотнение, промывку, обогащение и гранулирование [59].

В результате механического дробления образуются различные фракции пластмасс (в том числе крошка и порошкообразные материалы), которые после промывки и обогащения подвергаются литью под давлением. Данный способ, основанный на механическом измельчении, не приводит к изменению физико-химических свойств пластмасс и их структуры.

Отходы пластмасс бытового потребления, выделенные из ТКО, обрабатывают с использованием процессов измельчения, грохочения, рассева и смешения в сочетании с различными видами сепарации. Прошедшие обработку отходы промывают и сушат. Высушенные отходы перемалывают и направляют на устройства для гранулирования или таблетирования [59, 60].

Утилизация пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, физико-химическими способами осуществляется с применением следующих методов:

Метод деструкции пластмассовых отходов. Данная технология позволяет получать олигомеры и мономеры, которые используются для получения волокна и пленки.

Метод повторного плавления. Данный способ переработки пластмассовых отходов позволяет изготавливать гранулят, применяя технологию литья под давлением либо экструзию.

Метод переосаждения из растворов. Данный способ переработки позволяет производить композиционные материалы и получать порошки, используемые для нанесения полимерных покрытий.

Метод химической модификации. Данный способ позволяет изготавливать материалы с новыми физическими и химическими свойствами.

Наиболее распространенным из всех перечисленных выше способов переработки пластиковых отходов является метод повторного плавления (метод гранулирования или таблетирования) [63].

6.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки

6.2.1 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физических методах

В основной массе методы направлены на утилизацию пластмассовых изделий с целью получения вторичного сырья – нарезанного или гранулированного легкосыпучего полимерного материала.

Существует два основных метода гранулирования пластмассовых отходов [61, 62]:

- холодное гранулирование – расплав полимера продавливается через перфорированную пластину, в результате чего получаются стренги. Стренги охлаждают и нарезают на гранулы;

- горячее гранулирование – расплавленный материал продавливается через круглые отверстия рабочей поверхности. Полученный материал имеет вид стренги, которая в горячем виде нарезается на мелкие гранулы либо таблетки. Гранулы охлаждаются потоком воздуха.

В основу технологии утилизации положен механический рециклинг полимерных отходов с целью их вторичного использования.

Сложность утилизации заключается в необходимости тщательной сортировки и очистки отходов пластика. Переработка в «флексы» или «дроблёнку» включает в себя операции дробления, мойки, обезвоживания и сушки. При добавлении операции агломерации получают агломерат, при добавлении процесса грануляции – гранулят, который является готовым вторичным сырьём для производства пластиков.

Основное оборудование для механического рециклинга полимерных отходов включает:

1. Дробилки (ударные, ротационные, конусные, щековые) и шредеры –аппараты для измельчения, дробления отходов пластика с получением мелкофракционной дробленки (флексы).

2. Сепараторы (фотометрическое разделение, электростатическая сепарация, флотационное разделение) – оборудование для разделения пластика по плотности и другим свойствам, чтобы сгруппировать материалы с одинаковыми характеристиками.

3. Линии мойки (воздушные циклоны, гидроциклоны, центрифуги, флотационные ванны) – мойка или продувка с удалением остатков грязи, пыли, а также следов продуктов и сред, с которыми контактировал пластик. В состав линии мойки (рисунок 6.4) входит:

- отсев крупного мусора и инородных фракций на вибросите;

- промывка потоком горячей воды, на фрикционной мойке (за счет гидроудара происходит окончательное отделение примесей от ПЭТ);

- сепарация во флотационной камере, разделяющей материалы по плотности;

- мойка полимера в душевой кабине;

- сушка полимера в центробежной сушилке и обработка пластика горячим воздухом до полного высыхания.

Продуктом измельчения/дробления является нарезанный полимерный материал в легкосыпучей форме, который предназначен для использования [56].



Рисунок 6.4 – Линия мойки отходов пластика

При получении вторичного сырья в виде агломерата или гранулята используются:

Сушилки (конусного типа, центробежные) или система воздушных циклонов – сушка производится после стадии отмывки «дробленки» с целью удаления следов влаги перед подачей ее на грануляцию.

Агломераторы – повышение насыпной плотности пластика (для плёночных и тканых материалов полотнистой структуры).

Мельницы и смесители – для приготовления смесей в экструдеры.

Грануляторы (экструдеры и эксрузионные линии) – аппараты для высокотемпературного плавления обработанных отходов пластика. Расплав может охлаждаться как воздухом, так и водой. Охлажденный пластик режется ножами на мелкие частички цилиндрической или сферической формы (регранулят).

Продуктом гранулирования является гранулированный полимерный материал в легкосыпучей форме, который предназначен для использования [56].

Схема утилизации пластиковых отходов с получением гранулята «сухим» и «мокрым» методами приведена на рисунке 6.5.

Основные этапы утилизации «мокрым» методом включают:

- сортировку отходов по качеству, составу, цвету и степени загрязнения;
- предварительное измельчение отходов;
- повторную сортировку полученной субстанции;
- промывку и сушку пластиковых частиц;
- агломерацию отходов;
- пропускание вторичного сырья через металлодетектор;
- экструдирование для получения однородного полимерного расплава;
- изготовление гранулята;
- затаривание вторичного сырья и складирование.

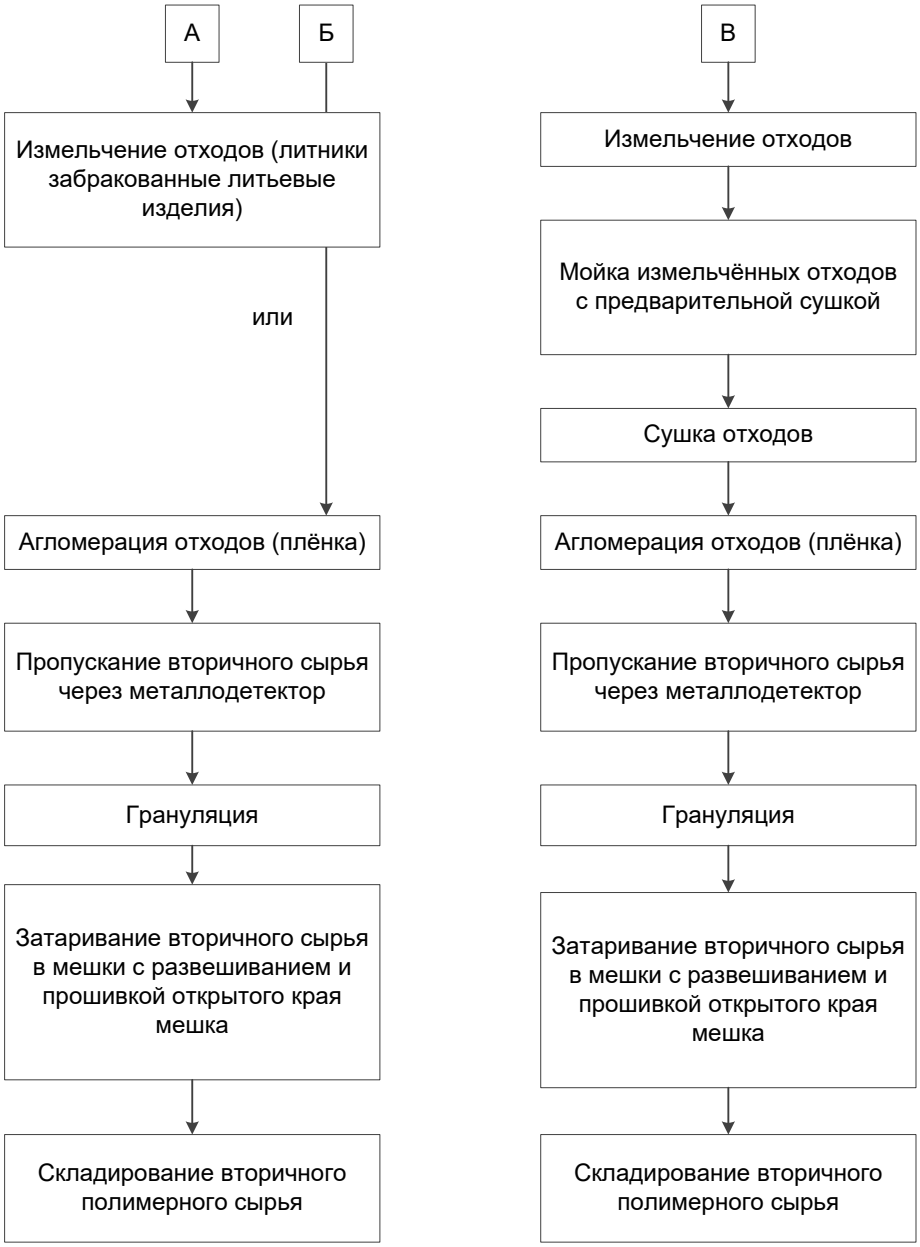


Рисунок 6.5 – Схема утилизации пластиковых отходов с получением гранулята (сухой и мокрый методы)

Основные этапы утилизации «сухом» методе включают:

- сортировку отходов по качеству, составу;
- предварительное измельчение отходов (литники забракованные и литьевые изделия) или агломерация отходов (пленка);
- повторную сортировку полученной субстанции;
- агломерацию отходов;
- пропускание вторичного сырья через металлодетектор;
- изготовление гранулята по заданным характеристикам вязкости, плотности и размера;
- затаривание вторичного сырья и складирование.

Высоким потенциалом для переработки обладают использованные полимерные пленки, генерируемые промышленными и торговыми предприятиями, это отделы отправки и получения грузов, склады, центры распределения продукции, оптовые рынки, крупные торговые центры. Схема утилизации полимерной пленки представлена на рисунке 6.6.

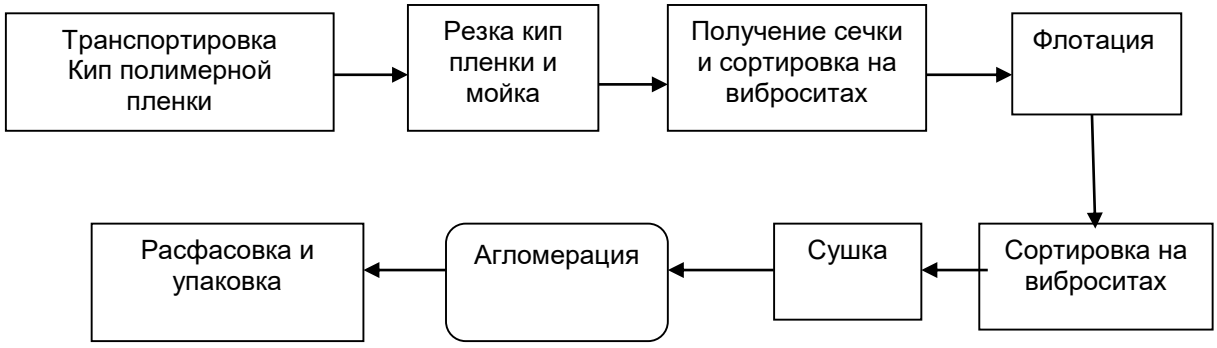


Рисунок 6.6 – Схема утилизации отходов полимерной плёнки

Переработка отходов полимерной пленки в агломерат включает следующие операции: резку кип пленки на части, мойку, получение сечки, сортировку на виброситах, флотацию тяжелых загрязнений, сортировку на виброситах, сушку, агломерацию, расфасовку и упаковку. Агломератор предназначен для формования из отходов полимерных пленок оплавленных частиц неправильной формы размером от 2 до 8 мм для обеспечения условий загрузки и переработки пленочных отходов в экструдерах и литьевых машинах [62].

Линии для утилизации отходов полимерных пленок гранулированием применяются в случае необходимости глубокой переработки исходного сырья (пленка с печатью, загрязненная пленка).

Известны способы получения гранулы из вторичного пенополистирола. Отходы пенополистирола, собранные раздельно, для уменьшения объёма и подготовки к дальнейшей переработке измельчают и переплавляют в слитки при температуре 170 ^{0}С. Слитки направляют последовательно на дробление и гранулирование. В результате получают гранулы размером от 2 до 6 мм. Допускается наличие гранул размером менее 2 мм не более 2% и от 6 до 8 мм не более 2%.

6.2.2 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физических методах с применением термоформирования

В основу технологии утилизации положен метод повторного плавления полимерных отходов для получения изделий экструзией или литьем под давлением [61, 63].

Литье под давлением – процесс, включающий следующие операции:

- измельчение отходов пленок и листов;
- формование нового изделия методом литья под давлением.

Для переработки отходов методом литья под давлением, как правило, применяют машины с постоянно вращающимся шнеком, конструкция которого обеспечивает самопроизвольный захват и гомогенизацию отходов [64].

Экструзия – метод заключается в непрерывном продавливании расплавленного полимерного сырья через специальную формирующую головку. Благодаря выходному каналу определяется профиль будущего изделия. Для осуществления экструзионного процесса используют экструдер. В экструдере материал пластицируется, гомогенизируется и при необходимости дегазируется [60, 64]. Схема переработки отходов полиэтиленовой пленки с применением экструзионного прессования представлена на рисунке 6.7.



Рисунок 6.7 – Схема переработки отходов полиэтиленовой пленки с применением экструзионного прессования

Наиболее распространенные виды оборудования для переработки полимерных отходов методом термоформования:

- червячные прессы;
- выдувные агрегаты;
- линии для производства рукавной пленки;
- трубные линии и оболочковые трубные линии;
- линии для производства гофрированных шлангов;
- термопластавтоматы;
- экструдеры.

6.2.3 Технологии утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки, основанные на физико-химических методах

В основу технологии утилизации положен метод гидролиза полимерных отходов, основанный на расщеплении пластмасс водными растворами кислот при действии высоких температур [56, 61]. Процесс гидролиза имеет множество модификаций. Их отличие заключается в применяемых катализаторах и количестве этапов гидрирования.

Продуктом утилизации является полностью очищенные от токсичных веществ гранулы пластика.

Переработка пластика осуществляется в следующем порядке:

- промывка и измельчение отходов;
- охрупчивание полученных хлопьев;
- измельчение до частиц размером в несколько сотен микрон;
- гидролизация субстанции водой в реакторе при температурах до 200 °С и небольшом вакууме;
- нейтрализация полученных растворов;
- фильтрация твердых фракций;
- дистилляция полученного водного раствора;
- полимеризация образовавшейся олигомерной смеси.

Добавление различных катализаторов на основе гликолей и метанола дали развитие способам на основе процесса гликолиза и метанолиза.

Гликолиз – способ переработки пластика основан на процессе гидролиза, где для деполимеризации отходов используются гликоли. Процесс проводится при температурах порядка 210–250 °С и при атмосферном давлении. Время реакции и ее скорость зависят от количества добавляемых трансэтерификационных катализаторов [56, 65].

Продукты, получаемые при таком способе переработки пластмасс, зависят от типа используемого гликоля и его концентрации в получаемом расплаве. Это могут быть смеси олигомеров или бис-(-оксиэтил) терефталата (БОЭТ). Дальнейшее применение они находят в получении с их использованием полиэфиров и полимеров, а также высокомолекулярных спиртов.

Метанолиз – в основу способа положен процесс глубокой полимеризации (расщепления) пластмасс с помощью метанола. Процесс метанолиза осуществля-

ется в специальных реакторах (автоклавах) при температуре свыше 150 °С и давлении 1,5 МПа. Для ускорения протекания химических реакций используются катализаторы переэтерификации. В результате получают готовое химическое соединение, например, при переработке ПТЭФ получают диметилтерефталат [65].

6.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковки

В ходе процессов утилизации полимерных отходов, основанных на физических методах, происходит потребление энергоресурсов, водных ресурсов (для охлаждения расплавленной массы), сжатого воздуха (дегазация оборудования и обрабатываемого материала).

Физические методы утилизации полимерных отходов сопровождаются образованием выбросов пыли и загрязненных сточных вод. В процессе измельчения или дробления отходов с получением мелкофракционных хлопьев производится выброс полимерной пыли. В процессе работы экструдеров, термопластавтоматов в атмосферный воздух выделяются углерода оксид, смесь углеводородов предельных.

Сточные воды в процессе утилизации образуются от мойки измельченных отходов при «мокром» методе при эксплуатации гидроциклонов, центрифуг, флотационных ванн. Это воды промывки, фугат центрифуг и загрязненные воды процесса флотации.

В ходе утилизации изделий из пластмасс образуются отходы на этапах сортировки, сепарации и мойки полимерных отходов.

Физическими факторами воздействия являются шум, вибрация и тепловое воздействие.

Раздел 7 Утилизация и обезвреживание электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

7.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

В настоящем подразделе рассматриваются:

1) электрическое и электронное оборудование, утратившее потребительские свойства, в том числе:

а) компьютерное, серверное, периферийное и офисное оборудование, утратившее потребительские свойства;

б) коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства;

в) мониторы, приемники телевизионные;

г) электронная бытовая и промышленная техника, утратившая потребительские свойства;

д) оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства;

е) электрические бытовые и промышленные приборы, утратившие потребительские свойства;

ж) неэлектрические бытовые и промышленные приборы, утратившие потребительские свойства;

з) холодильное и вентиляционное бытовое и промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства;

2) осветительное электрическое оборудование, утратившее потребительские свойства;

3) отходы оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества.

На рынок России ежегодно поступает до 70 млн единиц электронного и электротехнического бытового оборудования. Суммарная масса электронного лома в России приближается к 1 млн т [66].

Отходы электронного и электрического оборудования (ОЭЭО) - один из возможных источников загрязнения окружающей среды, обладающий высокой ресурсной ценностью: ОЭЭО, являясь поликомпонентным отходом, содержат большое количество фракций, которые возможно вернуть в экономический оборот на производственные предприятия. ОЭЭО содержат черные, цветные и драгоценные металлы, различные виды пластмасс и т.д. [67].

Утилизация ОЭЭО, содержащих озоноразрушающие вещества, входит в число обязательств, принятых Россией при подтверждении своего участия в Монреальском протоколе, вступившем в силу в 1989 году.

Профессиональной утилизацией отходов оборудования сегодня занимаются заводы по утилизации ОЭЭО, расположенные в разных регионах страны. Наибольший объем ОЭЭО утилизируется в центральном регионе. Утилизаторы данных отходов в первую очередь извлекают из отходов электронного и электрического оборудования фрагменты, содержащие драгоценные металлы [68], которые затем продаются аффинажным заводам. Кроме этого, извлекаются лом черных и цветных металлов и различные виды стекла и пластиков.

Схема расположения наиболее крупных утилизирующих ОЭЭО компаний представлена на рисунке 7.1.

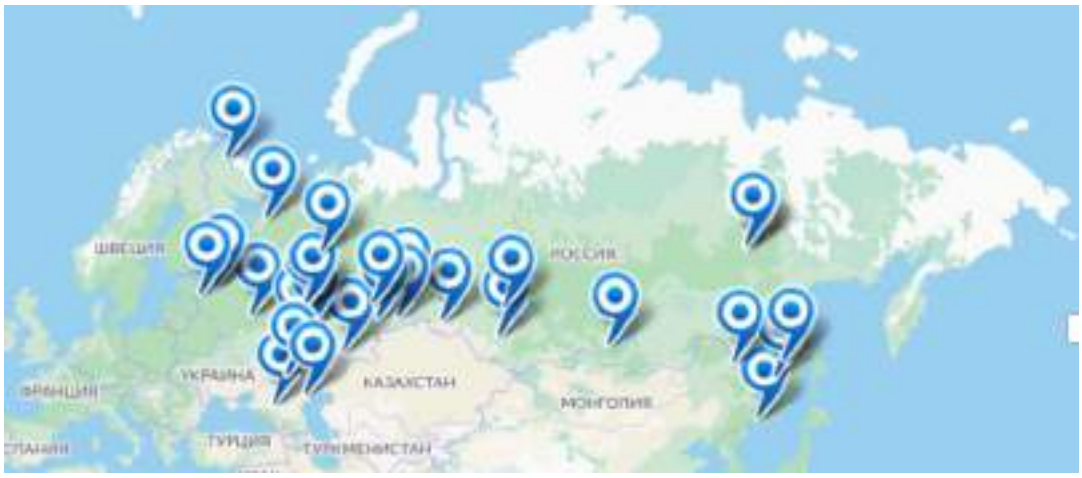


Рисунок 7.1 – Схема расположения наиболее крупных утилизирующих ОЭЭО компаний

7.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

Основным направлением утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, является их полная переработка с извлечением полезных компонентов для их повторного применения.

В рамках проведения утилизации ОЭЭО на заводах производятся:

- лом черного металла;
- лом алюминия;
- медный лом;
- лом нержавеющей стали;
- лом корпусного пластика;
- лом печатных плат.

7.2.1 Утилизация отходов компьютерной техники

Утилизация отходов компьютерной техники проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования

Описание метода. Комплектующие компьютерной техники сортируют по своей ценности: материнские платы, процессоры, блоки питания, провода. Самое ценное в компьютере – материнская плата.

Платы состоят, как правило, из двух частей: элементов монтажа (микросхем), содержащих драгоценные металлы, и не содержащей драгоценные металлы основы с наклеенной на нее входящей частью в виде проводников из медной фольги [69].

Драгоценные металлы для повторного использования извлекаются преимущественно из лома печатных плат. Общее содержание драгоценных металлов в печатных платах составляет от 25 граммов на тонну. Для извлечения драгоценных металлов из печатных плат требуются специализированные технологические линии.

Среднее содержание драгоценных металлов в печатных платах:

- золото - от 25 до 1000 граммов на тонну;
- серебро - от 250 до 5000 граммов на тонну;
- платина - от 5 до 40 граммов на тонну;
- палладий - от 5 до 100 граммов на тонну.

По своим физическим и химическим свойствам многокомпонентный электронный лом не может направляться в металлургическую плавку без механической разделки с целью выделения отдельных компонентов или групп.

Технологические процессы современной переработки радиоэлектронного лома, как правило, включают в себя ручную дифференцированную разделку, механическое измельчение (дробление), обогащение полученных концентратов и последующие виды переработки.

Дифференцированная ручная разделка предусматривает разборку блоков и узлов изделий с максимальным использованием инструмента для извлечения навесного монтажа и получения различных концентратов. Производительность таких работ до 150 ÷ 200 кг/(чел. смену), что является основным сдерживающим фактором производительности. Только после ручной разделки отдельные виды концентратов лома подвергаются измельчению в ножевых или в молотковых дробилках (мельницах). При этом текстолитовую (стеклотекстолитовую) подложку, содержащую цветные металлы с остатками драгоценных материалов, направляют на обжиг в обжиговую печь с системой дожигания и газоочистки [70].

Известна схема утилизации печатных плат, она представлена на рисунке 7.2.

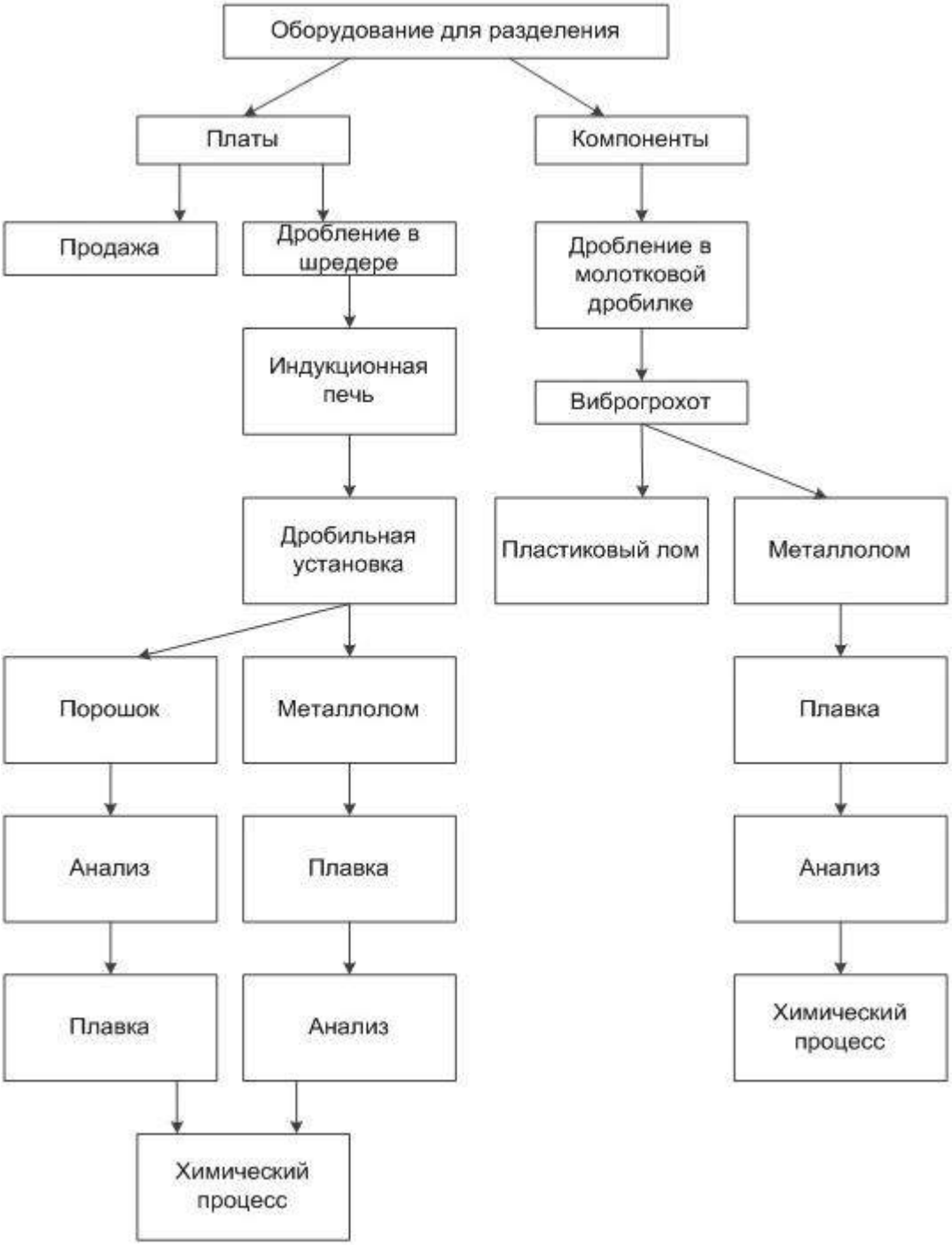


Рисунок 7.2 – Схема утилизации отходов печатных плат

В станке для отделения компонентов электронных карт используется контролируемое тепло с тем, чтобы сохранить не только компоненты карты, но и паяльное олово; таким образом, минимизируется выброс паров и токсичных веществ в атмосферу. Тепло производится при помощи воздуховодов и электросопротивлений с управлением термопарами. Компоненты платы разделяются при помощи контролируемых вибраций.

В большинстве случаев после отделения компонентов сами печатные платы, состоящие в основном из меди и текстолита, реализуются как вторичное сырье.

Следующим шагом является ручная сортировка отделенных компонентов печатных плат [71].

Однородность измельченных частиц радиоэлектронного лома по геометрическим размерам могут обеспечить ножевые измельчители и шредерные установки.

Имеется комплекс для переработки радиоэлектронного лома без предварительной ручной разделки радиоэлектронных блоков с корпусными элементами для выделения металлического концентрата.

В комплексе используются две молотковые дробилки. Первая дробилка обеспечивает первичное дробление радиоэлектронного лома, вторая – окончательное его дробление. Дробилки технологически соединены с грохотом посредством ленточного транспортера с подвесным магнитным сепаратором. Для исключения запыления производственного помещения приемные бункеры и подрешетные пространства дробилок соединены с всасывающими патрубками циклонов, в которых оседают пылевидные фракции разрушаемых материалов. Извлечение ферромагнитных материалов (стальная и чугунная крошка, крошка ферромагнитных сердечников) из раздробленного лома производится подвесными магнитными сепараторами. Грохот, входящий в состав комплекса, разделяет раздробленную массу радиоэлектронного лома без ферромагнитной составляющей на две фракции: крупную и мелкую. Для сепарации измельченного радиоэлектронного лома по крупности и плотности в комплексе применен многопродуктовый пневматический каскадно-гравитационный классификатор [70].

В дальнейшем компоненты, содержащие металлы, в том числе драгоценные металлы, поступают на переплавку.

На современных автоматизированных производствах технологические процессы переработки радиоэлектронного лома и печатных монтажных плат включают в себя предварительную обработку (измельчение, дробление) и обогащение сырьевых концентратов, пирометаллургические и гидрометаллургические процессы. Схема технологического процесса утилизации печатных монтажных плат представлена на рисунке 7.3.

К основным этапам современного высокотехнологичного способа утилизации радиоэлектронного лома печатных монтажных плат, относятся:

1 Этап. Подготовка сырья.

Основные технологические операции: разделка, разборка, прессование, измельчение и сепарация сырьевых материалов с применением специального оборудования, станков и ручного инструмента, сортировка и подготовка сырья для дальнейшей переработки в соответствии с технологическим процессом.

Установки переработки печатных плат оснащены газоочистными (пылеулавливающими) установками, все отходы (пыль) газоочистки направляются на дальнейшую переработку вместе с сырьевыми материалами в соответствии с технологическим процессом.

В результате этапа подготовки сырья для дальнейшей переработки и использования в технологическом процессе осуществляется получение обогащенного сырьевого концентрата, содержащего медь и благородные металлы, лома черных металлов и алюминия.

2 Этап. Пирометаллургическая переработка.

Основные технологические операции: плавка сырьевого концентрата, содержащего медь и благородные металлы, для получения черновой меди (в конвертере); огневое рафинирование черновой меди для получения анодной меди (в анодной печи) и изготовления медных анодов для их дальнейшей переработки. Образующиеся в пирометаллургическом процессе оборотные шлаки повторно перерабатываются в конвертере до максимального извлечения из них ценных компонентов, после чего образующийся шлак перерабатывается в печи восстановления шлака с целью получения свинцово-оловянного сплава и конечного шлака.

Из конечного шлака, по достижении необходимого качественного состава, изготавливается щебень. Технологический процесс представляет из себя следующий процесс: конечный шлак остывает, и далее осуществляется дробление охлажденного шлака до необходимой фракции с помощью щековой дробилки.

В качестве флюсов при плавке сырья в пирометаллургическом оборудовании для получения необходимых качественных показателей расплава металла и шлака используются песок кварцевый (SiO_2), стекло, известь строительная (CaO), лом и стружка стальные, чугунные (Fe).

Пирометаллургическое оборудование оснащено общей газоочистной системой, все отходы (пыль) газоочистки в соответствии с технологическим процессом возвращаются в производственный процесс для переработки.

В результате этапа пирометаллургической переработки для дальнейшей переработки и использования в технологическом процессе осуществляется получение анодной меди, в качестве готовой продукции получение свинцово-оловянного сплава и щебня из металлургического шлака.

3 Этап. Электролитическое рафинирование меди

Основные технологические операции: подготовка анодов; электролитическое рафинирование меди (анодов) для получения катодной меди; регенерация электролита; обработка (снятие катодов с основы, промывка) медных катодов.

Процесс электролиза ведется с применением укрытия ванн специальным рулонным материалом.

Поверхность пола внутри цеха электролиза меди имеет химически стойкое водонепроницаемое бетонное основание с приямками для сбора аварийных проливов технологических жидкостей.

Электролитическое рафинирование анодной меди производится путем электролиза с растворимым анодом в водном растворе H_2SO_4. При этом медные аноды растворяются, а на матрице катодов осаждается очищенная от примесей медь. Менее благородные элементы остаются в электролите, а благородные металлы переходят в анодный шлам. Электролит постоянно циркулирует между промежуточной емкостью и электролизными ваннами, часть электролита выводится на регенерацию для удаления из него меди и никеля. Не растворившиеся в процессе электролиза остатки медных анодов (скрап) возвращаются в производственный процесс на переработку.

Образованный в процессе электролиза анодный шлам извлекается из электролизных ванн и направляется на дальнейшую переработку для извлечения из него благородных металлов.

В результате этапа электролитического рафинирования меди для дальнейшей переработки и использования в технологическом процессе осуществляется получение анодного шлама, в качестве готовой продукции – получение катодной меди.

4 Этап. Производство драгоценных металлов

Основным сырьевым материалом для получения драгоценных металлов является анодный шлам электролитического рафинирования меди.

Производство драгоценных металлов осуществляется по технологии, являющейся комбинацией пирометаллургических, гидрометаллургических, электрохимических и сорбционных процессов.

Технологический процесс извлечения и рафинирования драгоценных металлов включает в себя:

- обезмеживание анодного шлама электролитического рафинирования меди (растворение Cu в H_2SO_4; возврат раствора на электролиз меди с предварительным осаждением Ag с помощью NaCl);

- плавка обезмеженного анодного шлама в конвертере с получением сплава Доре. Сплав Доре разливается в слитки для последующей переплавки в аноды или реализации;

- переплавка в аноды в индукционной печи серебра, восстановленного на стадии обезмеживания анодного шлама электролитического рафинирования меди, и из оборотных растворов;

- электролиз в водном растворе HNO_3 анодов из серебра или из сплава Доре с получением катодного серебра в виде кристаллов и анодного шлама, содержащего золото и металлы платиновой группы;

- растворение анодного шлама в «царской водке» для перевода в раствор золота и металлов платиновой группы. Образующийся осадок возвращается в производственный процесс на извлечение серебра;

- осаждение из полученного раствора чернового золота;

- переплав чернового золота в индукционной печи в аноды;

- электролиз анодов золота в водном растворе $HAuCl_4$ методом Вольвиля;

- переплавка полученных золотых катодов в слитки или в гранулы.

Извлечение платины:

- окисление оставшегося после осаждения золота раствора с помощью H_2O_2, осаждение комплексной соли платины;

- получение черновой платины в виде кека путем восстановления ее соли.

Извлечение палладия из раствора, остающегося после извлечения Pt:

- осаждение соли палладия добавлением K_2CO_3 и промывкой осадка раствором NH_4Cl;

- растворение соли палладия с образованием палладиево-аммиачного комплекса;

- осаждение соли палладия путем добавления HCl;

- повторное растворение соли палладия с образованием палладиево-аммиачного комплекса;

- повторное осаждение соли палладия добавлением HCl;

- получение чернового палладия в виде кека путем его восстановления (с доизвлечением палладия из остающихся растворов по той же схеме).

Полное извлечение драгоценных металлов из солянокислых растворов до содержания менее 1 мг/л проводят методом сорбционной очистки.

Используемое оборудование для электрохимических и гидрометаллургических процессов имеет герметичное исполнение с местными отсосами и очисткой в мокрых скрубберах; технологические газы конвертера проходят очистку в газоочистной установке с циклоном и рукавными фильтрами; аспирационные газы индукционных печей и сушильных шкафов очищаются в сухом фильтре.

Сброс стоков технологических жидкостей в канализацию не осуществляется. Образующиеся в производственном процессе стоки подвергаются очистке и нейтрализации. Для очистки технологических стоков используется установка очистки и нейтрализации технологических стоков. Очищенные технологические стоки поступают в накопительный резервуар, из которого далее подаются на подпитку водооборотных технологических циклов, а образующийся шлам возвращается в производственный процесс на переработку.

Поверхность пола внутри производственных участков цеха производства драгоценных металлов имеет химически стойкое водонепроницаемое бетонное основание с приямками для сбора аварийных проливов технологических жидкостей.

Отходы (пыль) газоочистки конвертера в соответствии с технологическим процессом возвращаются в производственный процесс для переработки.

В результате этапа производства драгоценных металлов для дальнейшей повторной переработки и использования в технологическом процессе осуществляется получение оборотных шлаков и шламов, в качестве готовой продукции – получение сплава Доре, серебра, золота, металлов платиновой группы

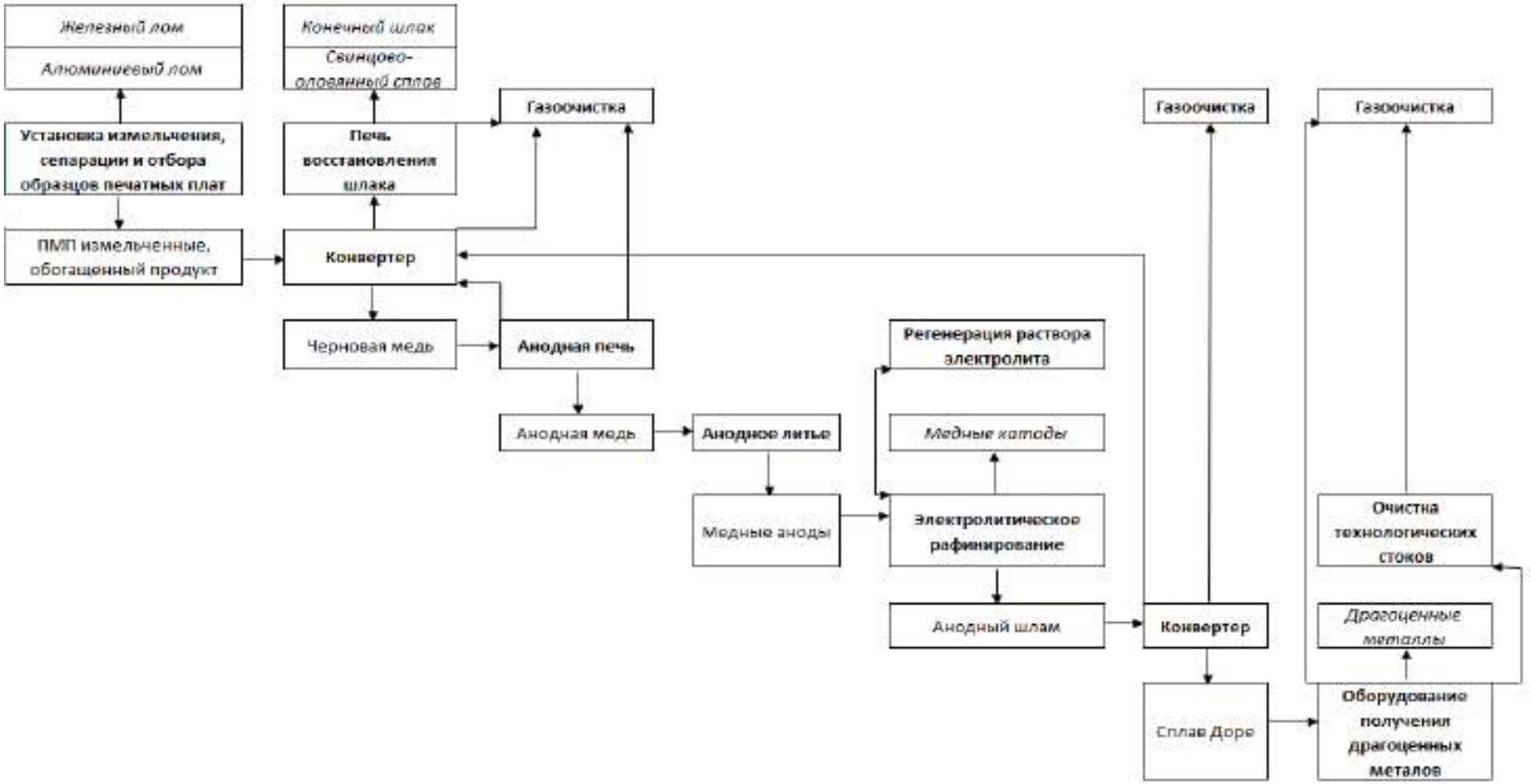


Рисунок 7.3 – Схема технологического процесса утилизации печатных монтажных плат

7.2.2 Утилизация жидкокристаллических мониторов, утративших потребительские свойства

Утилизация жидкокристаллических мониторов, утративших потребительские свойства, проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования

Описание метода. Процесс переработки мониторов начинается с ручного демонтажа составных частей. Демонтированные компоненты, как правило, сортируются на пластик, металл, печатные платы, провода, люминесцентные лампы, ЖК-дисплеи для дальнейшей переработки. На демонтаж 3-4 единиц техники уходит примерно один час.

Фракционный состав ЖК-телевизора: металл – 44%; пластик – 18,5%; стекло – 14%; печатная плата – 11%; ЖК-дисплей – 6%; провода – 1,5%; подсветка – 1%; прочее – 4%.

Особую опасность для окружающей среды представляют ЖК-дисплеи с CCFL-подсветкой (люминесцентная лампа с холодным катодом). В зависимости от характеристик люминесцентной лампы в ней может содержаться до 3,5 мг ртути. Поэтому транспортировка, прием и хранение электронной техники проводятся таким образом, чтобы избежать повреждения люминесцентных ламп. Однако очень часто телевизоры и мониторы поступают на участок по переработке с уже разбитыми лампами. На участке в связи с этим проводятся постоянный контроль и мероприятия по непревышению предельно-допустимой концентрации ртути в воздухе рабочей зоны.

Демонтированные лампы, как правило, утилизируются по той же технологии, что и обычные энергосберегающие люминесцентные лампы. ЖК-дисплеи с LED- или OLED-подсветками считаются безопасными для окружающей среды, поскольку не содержат токсичные вещества в каких-либо значительных количествах.

Между подсветкой и ЖК-дисплеем находится пакет из различных полимерных оптических пленок. Это увеличитель яркости, светорассеивающая пленка, призматическая пленка, светонаправляющая и светоотражающая пленки. Как правило, эти пленки подлежат утилизации ввиду их разнообразного состава и низкой стоимости.

Составные слои ЖК-дисплея:

- поляризационный фильтр;
- стеклянная подложка;
- электроды;
- жидкие кристаллы;
- цветовой фильтр, TFT-слой, ориентационная пленка.

Поляризационный фильтр представляет собой многослойную композицию из полимеров органического и неорганического происхождения. Он считается экологически безопасным, но при высоких температурах горения может выделять токсичные вещества [72].

Стеклянная подложка имеет толщину 0,4 - 1,1 мм и изготавливается из натриевого или из более дорогих боросиликатных и алюмосиликатных стекол. Является экологически безопасной.

Электроды покрыты оксидами индия и олова. Толщина слоя может составлять до 125 нм. Оксид индия является ценным ресурсом, и его получение представляет интерес. Известны технологии выделения оксида индия из ЖК-дисплеев гидрометаллургическим

методом. Однако экономическая эффективность данного метода все еще под вопросом по причине малой концентрации оксида индия в сырье.

Жидкие кристаллы имеют сложный состав и представляют собой смесь из 10–25 различных компонентов на основе ароматических полимеров. Количество жидких кристаллов на 1 см^2 примерно составляет 0,6 мг. Основным производителем жидких кристаллов является немецкая компания Merck, которая выполнила ряд токсикологических и экотоксикологических исследований. Согласно полученным результатам, жидкие кристаллы не являются остротоксичными, канцерогенными, мутагенными, не вредны для водных организмов и имеют низкий потенциал биоаккумуляции.

Цветовой фильтр, TFT-слой, ориентационная пленка не нуждаются в обезвреживании, поскольку не содержат какие-либо токсичные вещества.

Таким образом, материалы, которые используются в ЖК-дисплеях, не представляют опасности для окружающей среды. Имеющиеся технологии утилизации ЖК-дисплеев в основном направлены на извлечение и повторное использование основного составляющего компонента – стекла. Качество переработанного стекла зачастую очень низкое, и его крошка может использоваться как добавка в асфальт, бетон и другие строительные материалы. Более качественные стекла могут быть получены при удалении поляризационного фильтра, но это значительно усложняет и удорожает технологию [72].

Компания Merck предложила использовать стекло ЖК-дисплеев для защиты футеровки мусоросжигательных ротационных печей от агрессивных веществ или частично заменить песок в составе шихты для металлургического процесса выделения благородных металлов.

7.2.3 Утилизация отходов телевизоров с плазменными панелями жидкокристаллических мониторов

Утилизация отходов телевизоров с плазменными панелями жидкокристаллических мониторов проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования

Описание метода. Телевизоры с плазменными дисплеями составляют относительно небольшую часть среди остальных типов телевизоров. Процесс утилизации телевизоров с плазменными дисплеями начинается с демонтажа и сортировки его различных компонентов для дальнейшей переработки. В отличие от техники с жидкокристаллическим дисплеем, значительную массовую долю телевизора, кроме металла и электроники, составляет стекло.

Плазменные дисплеи бывают AC- и DC-типа. Плазменные дисплеи DC-типа содержат ртуть, количество которой может составлять до 30 мг на один дисплей.

Плазменный дисплей не содержит полимерные материалы, а основная его часть выполнена из стекла. Стекло на основе оксида свинца, из которого сделаны диэлектрик и перегородка, относится к токсичным материалам.

На сегодня ввиду отсутствия более эффективных технологий переработки, плазменные дисплеи утилизируются путем их размола на дробилках. Полученная стеклянная крошка может использоваться в производстве строительных материалов [73].

7.2.4 Утилизация отходов мониторов и телевизоров с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ-мониторов и телевизоров)

Основными компонентами компьютерного монитора или телевизора являются кинескоп, пластиковый корпус, печатные платы, провода, отклоняющая система, защитные элементы. Кинескоп составляет примерно две трети массовой доли всего монитора или телевизора. Фракционный состав кинескопа следующий: экран, конус, металл, электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), стеклоцемент.

Внутренняя поверхность экрана покрыта четырьмя слоями. Первый слой представляет собой углеродное покрытие с различными добавками поверхностно-активных веществ. Второй слой образует покрытие из люминофоров, на который нанесен воскоподобный слой для выравнивания и защиты поверхности. Покрытие из алюминия образует четвертый слой, наносимый для повышения яркости. В случае конуса кинескопа, его внутренняя сторона покрыта слоем оксида железа, а внешняя – графитом. Экран и конус кинескопа соединены между собой с помощью стеклоцемента.

Кинескоп изготовлен из стекла, химический состав которого изменяется в зависимости от выполняемых функций элементов кинескопа. Одной из основных функций стекла является защита от рентгеновского излучения. Для этого в стекло электронной пушки обычно вводят около 34 масс.% оксида свинца. Несколько меньшее количество оксида свинца содержит конус кинескопа (22 масс.%). В случае же экрана кинескопа его стекло специально сделано большей толщины для поглощения опасного рентгеновского излучения. Кроме того, данное стекло должно обладать хорошими оптическими свойствами, поэтому его изготавливают из бариево-стронциевого стекла (поглощает рентгеновское излучение примерно в полтора раза хуже, чем свинцовое стекло).

Способы утилизации кинескопов

Процесс утилизации начинается с ручного демонтажа телевизоров или компьютерных мониторов. На этой операции демонтируются корпус, печатные платы, динамики, провода, защитный металлический кожух, отклоняющая система и электронная пушка. Также в целях безопасности на этой операции из кинескопа стравливается вакуум путем проделывания отверстия на месте высоковольтного вывода или через горловину электрической пушки. Защитный железный хомут поверх соединения конуса кинескопа с экраном также срезается. Все эти компоненты отправляются на дальнейшую переработку. В итоге остается лишь кинескоп, который необходимо разделить на конус и экран ввиду их различного химического состава, что важно при их последующей утилизации.

Разделение конуса и экрана наиболее часто выполняется с помощью алмазной пилы, раскаленной нихромовой проволоки или лазера. После этого из разрезанного кинескопа извлекается внутренний магнитный экран с маской, а сам экран отправляется в камеру, в которой с помощью пылесоса собирается люминофор. Таким образом, на выходе получают два вида стекла – свинцовое и бариево-стронциевое.

Далее осуществляются следующие технологические операции:

- дробление кинескопов;
- выделение магнитной фракции;
- механическое удаление покрытий;

- промывка стекла водой;
- сушка;
- сепарация на свинцовое, бариево-стронцивое и смешанное стекла с помощью специальных анализаторов (рентгенофлуоресцентного или ультрафиолетового) и пневмопушек.

В данной технологии вода используется в замкнутом цикле, а количество отходов составляет 0,5% (стеклянная пыль, люминофор, покрытия).

Бариево-стронцивое стекло нашло применение в производстве строительных материалов в связи с низкой выщелачиваемостью ионов бария и стронция, концентрация которых не превышает допустимые нормы [73].

7.2.5 Утилизация отходов холодильников и морозильников

Утилизация холодильников и морозильников проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования

Описание метода. Основные этапы переработки холодильного оборудования (Рисунок 7.4):

1. Освобождение контура охлаждения. Сначала отделяется кабель и удаляется содержимое холодильника: выдвижные ящики, стеклянные вставки и т. п.

2. Удаление и переработка смеси масла и хладагента, которой заполнен контур охлаждения. Для этого контур охлаждения прокалывают специальной цангой, а затем за счет создаваемого разрежения воздуха отсасывается смесь масла и хладагента. С помощью дополнительного устройства осуществляется отделение хладагента от масла, что позволяет оптимальным образом утилизировать фторхлоруглеводороды, содержащиеся в хладагенте. Компрессорное масло может быть подвергнуто переработке для вторичного использования.

3. Отделение компрессора, состоящего в основном из сплава железа и меди.

4. Механическая переработка. На этой стадии удаляются содержащиеся во вспененной изоляции холодильника вспенивающие агенты (фторхлоруглеводороды). Холодильник измельчается в закрытой установке в атмосфере азота и при небольшом разрежении. В результате такой обработки происходит контролируемое выделение находящихся в пеноматериале вспенивающих агентов. Образующиеся газы отсасываются из измельчающей установки, отфильтровываются путем пропускания через батареи с активированным углем и накапливаются в специальном резервуаре. Измельченные материалы подвергаются дальнейшей рассортировке и концентрируются (рисунок 7.3). В результате происходит деление на железо, другие металлы и полистирол. Пенополиуретан подвергается размалыванию и нагреву. При этом удаляются и выделяются путем пропускания через батареи с активированным углем оставшиеся в нем вспенивающие вещества [74].

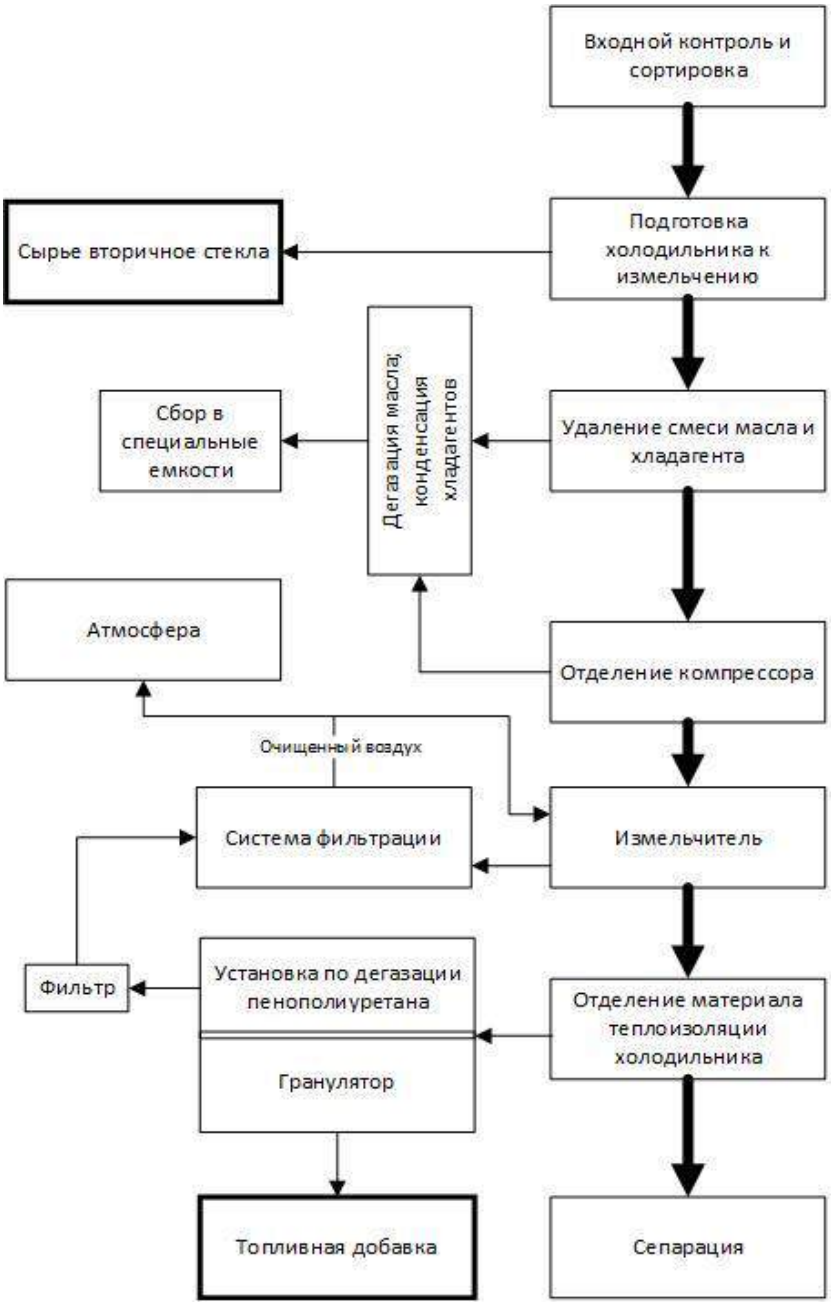


Рисунок 7.4 – Основные этапы переработки холодильного оборудования

Сбор холодильного агента

Эта операция заключается в удалении холодильного агента, в каком бы состоянии он ни находился, с накоплением его в соответствующем внешнем контейнере. Ее можно проводить без обязательного анализа состава или обработки холодильного агента. В холодильном агенте могут находиться воздух, кислоты, вода, примеси других холодильных агентов или твердые частицы, появившиеся в результате сгорания двигателя. Такой холодильный агент не должен ни при каких условиях использоваться в другом контуре, если не будет переработан или очищен в соответствии с нормативом стандарта ARI 700. В то же время он может быть снова использован в том же холодильном контуре, если

его состояние делает такое использование возможным. Для сбора холодильного агента используют два основных метода:

1) сбор в состоянии пара;

2) сбор в состоянии жидкости.

Второй способ позволяет производить сбор за меньшее время. Оба способа требуют использования соответствующих устройств для сбора. Для агрегатов малой и средней мощности могут использоваться переносные устройства.

Сбор в состоянии пара. Сбор холодильного агента производится примерно так же, как и удаление его из контура с использованием вакуумного насоса. Отдельные операции выполняются в зависимости от конструкции устройства для сбора. По существу, речь идет о соединении посредством гибкой трубки всасывающего штуцера устройства с клапаном Шредера со стороны низкого давления установки и соединении выпускного штуцера с контейнером для сбора. На входе установлен фильтр-осушитель, который должен заменяться через определенные промежутки времени при каждой смене холодильного агента.

Сбор в состоянии жидкости. Для сбора холодильного агента в жидком состоянии требуется специальное устройство по сбору и специальная схема подсоединения. Баллон для сбора холодильного агента должен иметь два штуцера, один для жидкости, другой для пара. Устройством для сбора обеспечивается накачивание парообразного холодильного агента через верхнюю часть баллона на участке низкого давления агрегата, создавая вакуум в его контуре. В результате разницы давлений между баллоном и агрегатом происходит перекачивание жидкого холодильного агента в баллон. После того, как вся жидкость удалена, производится удаление остающегося пара путем изменения схемы подсоединений.

Баллон может быть заполнен холодильным агентом только на 77–80% своего объема, необходимо, чтобы при проведении операции по сбору специалист следил за этим показателем.

Регенерация холодильного агента

При регенерации холодильного агента производится его очистка от загрязнений. Очистка проводится путем отделения масла и фильтрации самого холодильного агента через фильтры-осушители. Устройства для регенерации оснащены системами управления, позволяющими задавать тип перерабатываемого холодильного агента. В зависимости от модели некоторые устройства для регенерации могут производить операции по отделению масла или выделению кислот из холодильного агента. Эти устройства обычно оснащены гильзовыми фильтрами-осушителями, обеспечивающими удержание влаги, загрязнений, металлической стружки и кислот. Отделение масла производится посредством одного или нескольких прохождений его через устройство для регенерации. С этой точки зрения, функционирование устройств по регенерации может быть рассчитано на один или несколько циклов прогона масла.

Переработка холодильного агента может позволить восстановить его рабочие показатели на уровне заданных при изготовлении, что подтверждается путем проведения химического анализа. Для обеспечения восстановления характеристик холодильного агента устройство по регенерации должно обеспечивать удержание 100% содержа-

щихся в нем влаги и масла. На практике для восстановления начальных параметров чистоты холодильного агента устройство по переработке должно обеспечивать отделение масла, выделение кислот, частиц твердых засорений, влаги и воздуха. Во время функционирования контура холодильный агент загружается и попадает в устройство в виде пара или жидкости, подвергаясь, следовательно, кипению при высокой температуре и воздействию давления. Затем холодильный агент поступает в сепаратор, где скорость его движения заметно снижается: это приводит к поднятию вверх сильно разогретого пара, в то время как частицы загрязнений падают на дно сепаратора, откуда удаляются на определенном этапе процесса. Очищенный пар поступает в конденсатор с воздушным охлаждением и переходит в состояние жидкости; затем он попадает в одну или несколько камер охлаждения, где происходит его переохлаждение со снижением температуры до 3-4 °С. Остаточная влажность и микроскопические частицы загрязнений удаляются фильтром. Охлаждение холодильного агента облегчает его перелив во внешний баллон [75].

7.2.6 Утилизация отходов мобильных телефонов

Утилизация отходов мобильных телефонов проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования

Описание метода. Утилизация мобильного телефона начинается с сортировки телефонов по производителям и иным критериям.

На втором этапе осуществляется разборка телефонов на составные части. Далее три самые важные составляющие – аккумулятор, пластиковый корпус и печатная плата – идут на переработку. Аккумуляторы из-за большого содержания токсичных веществ (мышьяк, свинец, ртуть) поступают, как правило, на специальные заводы по переработке аккумуляторных батарей.

Печатная плата отсоединяется от элементов корпуса и направляется на извлечение драгоценных металлов.

Далее корпусы и печатные платы дробятся и в достаточно измельченном виде - практически в состоянии пыли - поступают в сортировочную камеру, где путем механических и химических процессов происходит окончательная разделение материалов. Дорогостоящие металлы экстрагируются, обрабатываются, дополнительно очищаются и поступают на соответствующие предприятия. Пластик чаще всего поступает на дорожно-строительные заводы и добавляется в дорожное покрытие.

7.2.7 Комплексная утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства

Комплексная утилизация отходов электронного и электрического оборудования проводится с целью извлечения ценных компонентов для дальнейшего использования.

Описание метода. Сущность метода заключается в отсутствии предварительной сортировки электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства. Оборудование подвергается переработке путем дробления и измельчения.

Далее методом магнитной сепарации из общей массы отделяются металлы (металлосодержащие составляющие), которые используются в дальнейшем как вторичное сырье [76].

Схема утилизации отходов электрического и электронного оборудования (далее – ОЭЭО) представлена на рисунке 7.5. Процесс утилизации осуществляется в 4 этапа.

Этап I – подготовка ОЭЭО к предварительному измельчению производится отдельно по следующим группам:

А – телевизоры и мониторы с жидкокристаллическим экраном: из ОЭЭО удаляются люминесцентные лампы, матричное стекло, световые фильтры, полиметилметакрилат (оргстекло).

Б – крупная бытовая техника (стиральные машины, газовые и электрические плиты): из ОЭЭО удаляются стекло, силовые электродвигатели, дерево.

В – остальная мелкая бытовая техника: из ОЭЭО удаляются керамика, дерево, аккумуляторные батареи, отходы бумаги и картона.

Этап II – предварительное измельчение и ручная сортировка ОЭЭО: отходы подвергаются переработке путем дробления.

Подготовленные на Этапе I отдельные компоненты ОЭЭО поступают в цепную дробилку, где происходит предварительное измельчение материалов за счет непрерывного механического воздействия путем ударов о звенья цепи.

Далее методом магнитной сепарации раздробленный материал разделяется на два потока: магнитная фракция и немагнитная фракция. Фракции поступают на ручную сортировку, в процессе которой из раздробленного материала удаляются и сортируются цветные металлы, печатные платы, черные металлы.

Этап III – доизмельчение ОЭЭО производится в шредере. Измельченные до размера 0–30 мм черные, цветные металлы и пластмассы поступают на следующий этап.

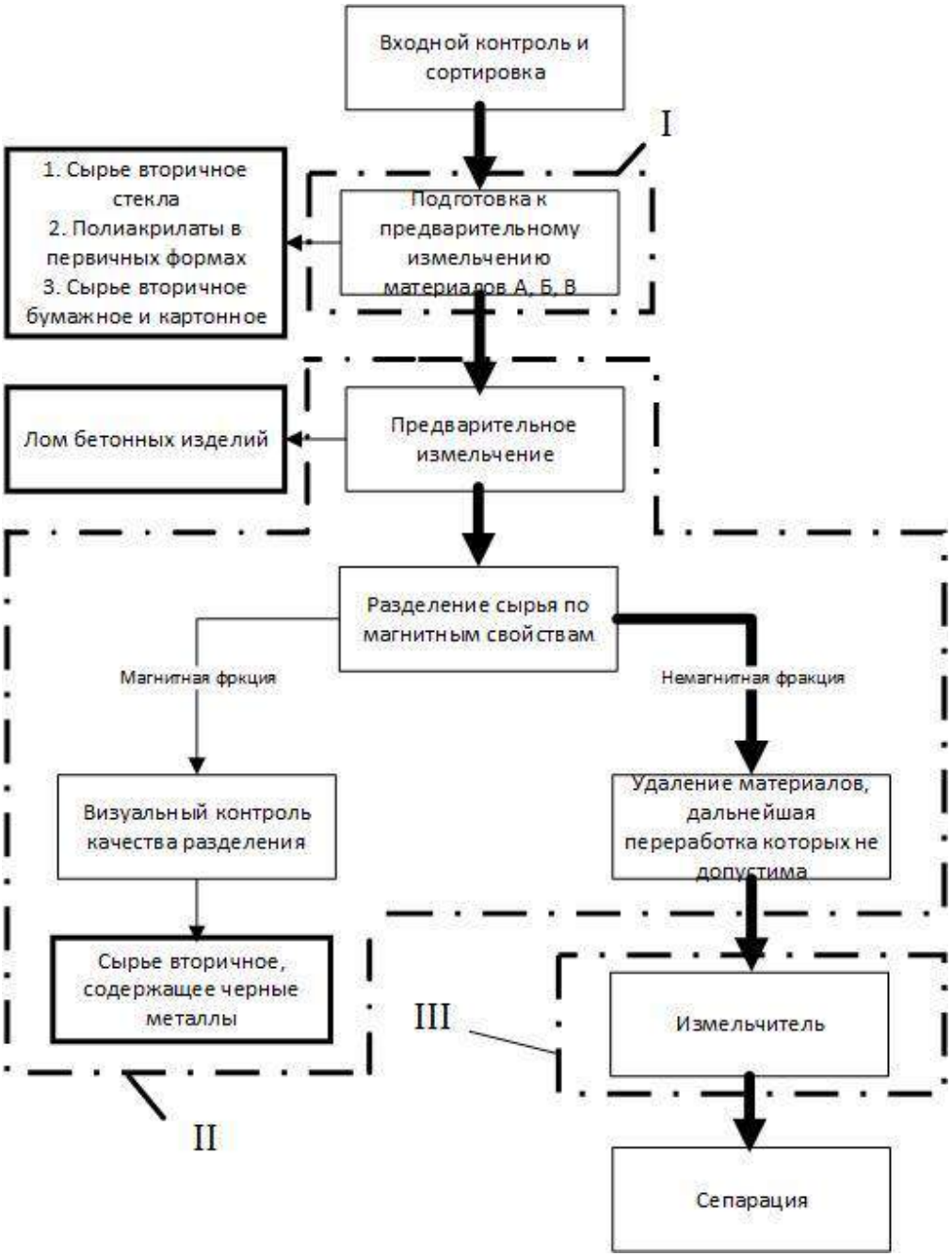


Рисунок 7.5 – Схема утилизации ОЭЭО

Этап IV – сепарация: измельченные материалы подвергаются рассортировке и концентрируются согласно схеме утилизации ОЭЭО (рисунок 7.6). В результате происходит отделение черных металлов, нержавеющих металлов, цветных металлов, пластмассы и пр.

Для достижения максимальной чистоты токопроводящие материалы и цветные металлы дополнительно сортируются на оптическом сепараторе.

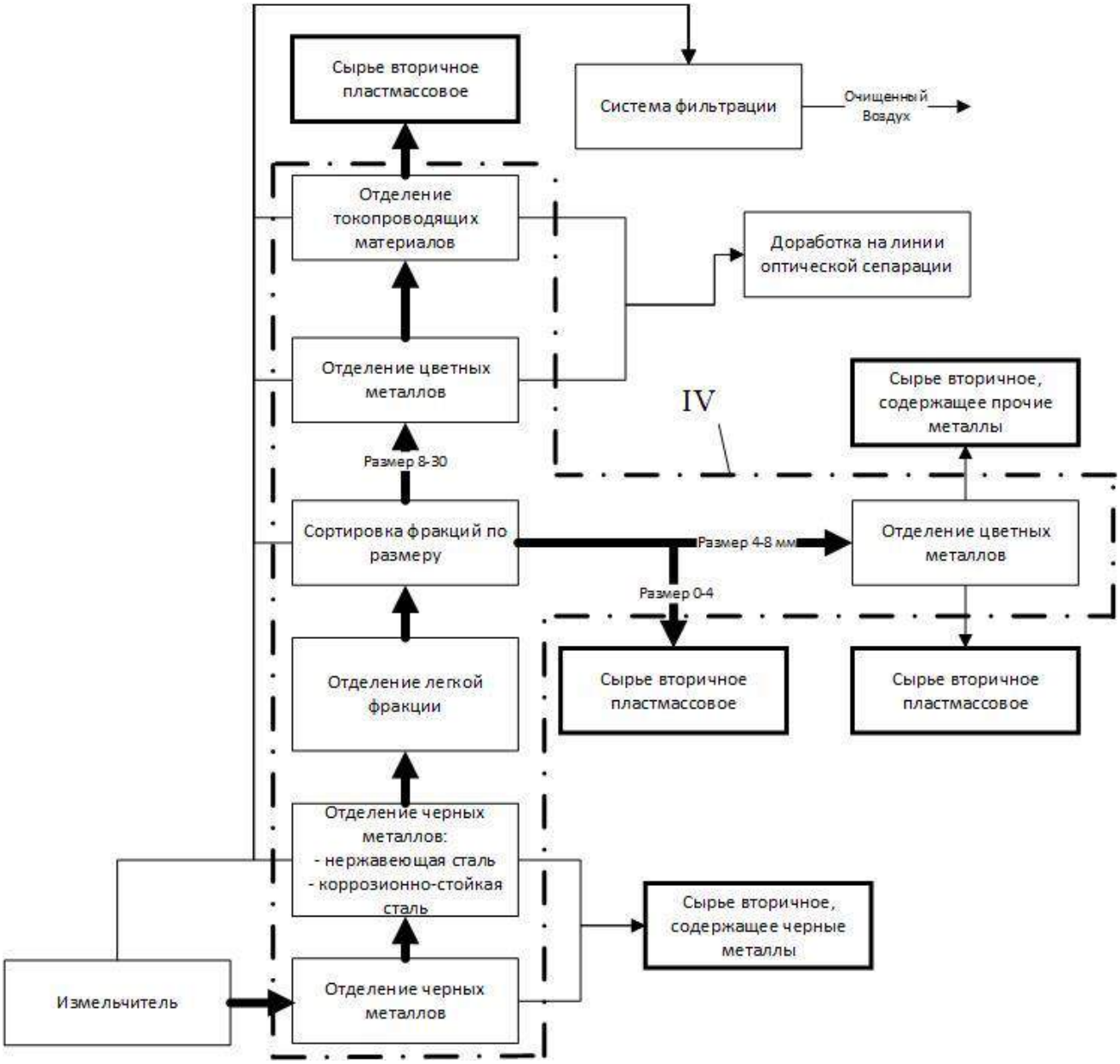


Рисунок 7.6 – Схема сепарации измельченных ОЭЭО

7.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

При утилизации или обезвреживании ЖК-дисплеев с CCFL-подсветкой следует учитывать, что одной из составных их частей является ртутьсодержащая люминесцентная лампа. Основную опасность представляют разбитые лампы, так как может происходить испарение ртути.

При утилизации или обезвреживании ЭЛТ-мониторов и телевизоров основную опасность для окружающей среды представляет оксид свинца, который входит в состав стекол кинескопа. Количество оксида свинца в одном кинескопе зависит от его размера и может варьироваться от 0,5 до 2,9 кг с увеличением его замеров от 13 до 32 дюймов, соответственно.

При утилизации или обезвреживании хладагентов основным фактором воздействия на окружающую среду будет являться утечка хладагента в случае разгерметизации оборудования по переработке данного вида отходов.

При утилизации или обезвреживании ОЭЭО эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду могут быть связаны с проливами (и возможным последующим испарением) реагентов на этапах экстракции и обогащения драгоценных металлов.

Раздел 8 Обезвреживание медицинских отходов

8.1 Общая информация о деятельности по обезвреживанию медицинских отходов

Медицинские отходы – все виды отходов, в том числе анатомические, патолого-анатомические, биохимические, микробиологические и физиологические, образующиеся в процессе осуществления медицинской деятельности и фармацевтической деятельности, деятельности по производству лекарственных средств и медицинских изделий, деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний и генно-инженерно-модифицированных организмов в медицинских целях, а также при производстве, хранении биомедицинских клеточных продуктов [77].

В соответствии со статьей 49 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» медицинские отходы разделяются по степени их эпидемиологической, токсикологической, радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания в соответствии с критериями, устанавливаемыми Правительством Российской Федерации [77, 78], на следующие классы:

1) класс «А» – эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам;

2) класс «Б» – эпидемиологически опасные отходы;

3) класс «В» – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы;

4) класс «Г» – токсикологические опасные отходы, приближенные по составу к промышленным;

5) класс «Д» – радиоактивные отходы.

В настоящем справочнике НДТ рассмотрено обезвреживание медицинских отходов классов Б и В.

Медицинские отходы опасны в эпидемиологическом отношении, так как помимо токсичных химических веществ в них присутствуют патогенные бактерии и вирусы. Всемирная организация здравоохранения указывает, что 15% отходов медико-санитарной деятельности считаются чрезвычайно опасными материалами [79]. При неправильной организации системы обращения медицинские отходы могут загрязнять атмосферный воздух, почву, грунтовые воды, способствовать размножению грызунов и переносу ими возбудителей инфекций.

В мегаполисах и крупных городах, где сосредоточены медицинские учреждения, размещены клинические базы институтов, медицинские организации, сети частных медицинских клиник, проблема ежегодного роста количества образования эпидемиологически опасных медицинских отходов представляет особую актуальность [80].

Способы и методы обеззараживания и/или обезвреживания медицинских отходов классов Б и В определены в главе X СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [81].

Основные данные по методам и технологиям обезвреживания медицинских отходов

Обезвреживание (обеззараживание) медицинских отходов заключается в уничтожении патогенных и условно патогенных микроорганизмов, содержащихся в отходах, в целях устранения их эпидемиологической опасности. Обезвреживание медицинских отходов осуществляется соответствующим физическим и/или химическим методами обработки отходов (в том числе аппаратным методом – на специализированных установках) [81].

К основным методам обезвреживания медицинских отходов относятся:

- физические методы (стерилизация под давлением водяным паром; микроволновая обработка; стерилизация ионизирующим и инфракрасным излучением);
- химическая дезинфекция [81- 83];
- сжигание в специальных печах – инсинераторах.

Термические методы обезвреживания описаны в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами», утвержденном приказом Росстандарта от 23 января 2020 года № 2181 [84].

Физические методы обеззараживания медицинских отходов классов Б и В, включающие воздействие водяным насыщенным паром под избыточным давлением, радиационным, электромагнитным излучением, применяются при наличии специального оборудования – установок для обеззараживания медицинских отходов [81-83].

Химический метод обеззараживания медицинских отходов классов Б и В включает воздействие растворами дезинфицирующих средств, обладающих бактерицидным (включая туберкулоцидное), вирулицидным, фунгицидным (спороцидным – по мере необходимости) действием в соответствующих режимах, применяется с помощью специальных установок или способом погружения отходов в промаркированные емкости с дезинфицирующим раствором в местах их образования. Комбинация метода химической дезинфекции медицинских отходов с механическим измельчением способствует более полному проникновению дезинфектанта в толщу отходов, повышая надежность и эффективность дезинфекции и существенно уменьшая объемы потребляемого дезинфектанта и удаляемых обработанных отходов [81, 83].

Обработка с помощью микроволн – это сравнительно новый способ дезинфекции, который основывается на излучении, которому подвергаются обеззараживаемые объекты. В результате этого процесса уничтожаются микроорганизмы на потенциально инфицированных и инфицированных опасных медицинских отходах. Данный метод, кроме обезвреживания отходов, дает уменьшение их веса [82].

Экологические проблемы, возникающие при обезвреживании медицинских отходов

При обезвреживании медицинских отходов химическим методом (химическая дезинфекция) потенциальную опасность представляют химические реагенты, поскольку сами они являются токсичными веществами.

Обезвреживание медицинских отходов физическими методами (микроволновая обработка, стерилизация ионизирующим и инфракрасным излучением) – с экологической точки зрения наиболее безопасный вариант, но только в том случае, если процесс ведется на исправном, герметичном оборудовании. Большую экологическую

опасность представляет использование неисправного оборудования, выделяющего радиоактивное излучение.

8.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области обезвреживания медицинских отходов

Основными технологиями обезвреживания медицинских отходов являются химические и физические методы [85].

8.2.1 Технологии обезвреживания медицинских отходов, основанные на химических методах

Технологии обезвреживания, основанные на химических методах химическими растворами (стерилянтами) или газами, направлены на обеззараживание медицинских отходов.

Химическая стерилизация

Область применения. Химический метод обезвреживания медицинских отходов включает воздействие растворами средств дезинфекции, обладающими бактерицидными (включая туберкулоцидное), вирулицидными, фунгицидными действиями. Применяются в установках или способах погружения отходов в промаркированные баки с дезинфицирующими растворами. Способ чаще применяется с добавлением хлорсодержащих веществ. Химическая дезинфекция происходит с процессами измельчения или растворения отходов, для того чтобы обеспечить максимальное воздействие на отходы. Для этого метода требуется большой объем воды, чтобы полностью растворить дезинфицирующие средства [85,86]

Описание метода. Группы средств химической дезинфекции [85]:

- галогенсодержащая группа, активными действующими веществами являются хлор, бром, йод;
- в кислородсодержащей группе действующим веществом является кислород, выделяющийся из перекиси водорода, перекисных соединений, надкислот;
- поверхностно-активные вещества (ПАВы);
- гуанидсодержащие средства на основе сложных органических соединений;
- состав альдегидсодержащих средств состоит из формальдегида, сайдекса, гигасепта;
- спирты (этанол, пропанол, изопропанол);
- фенолсодержащие средства.

Химический метод дезинфекции медицинских отходов имеет ряд особенностей [85]:

- не гарантируется полное уничтожение возможного инфекционного начала из-за различной чувствительности микроорганизмов к различным дезинфицирующим средствам, а также в связи с неравномерностью проникновения дезинфицирующего средства в толщу отходов;

- часто приводит к возникновению аллергических реакций и поражению кожного покрова на руках у медперсонала;

- не изменяется внешний вид отходов, что не исключает вероятности их повторного использования;

- при захоронении отходов, обработанных хлорсодержащими препаратами, возникает большой риск загрязнения окружающей среды (особенно водоемов) соединениями хлора;

- при сжигании обеззараженных отходов в печах образуются диоксины, являющиеся канцерогенами;

- удельные затраты дезинфицирующих средств (на тонну отходов), а также затраты на предотвращение возможного экологического ущерба существенно превышают аналогичные затраты для других способов обеззараживания.

Стерилизация газами [86, 87]

Основные действующие вещества: окись этилена, смесь окиси этилена с бромистым метилом.

Объекты стерилизации: термолабильные изделия из резины, полимерные материалы (тюбик-капельницы для глазных капель) и др.

Описание метода. Для **газовой (холодной)** стерилизации используют герметичные контейнеры или специальные аппараты с камерами типа автоклава. Герметично закрывающееся оборудование присоединяют к баллону с газом и заполняют парами окиси этилена, формальдегида или специализированными многокомпонентными системами.

Газовую стерилизацию используют при обработке приборов, аппаратов, сложных оптических систем, крупногабаритных изделий или изделий из титана, полимерных смол, резин.

По окончании процесса газовой стерилизации проводится дегазация. Способы дегазации:

- активная – продувание стерильной продукции стерильным воздухом;

- пассивная – выдерживание в вентилируемом помещении в течение длительного (до 20 суток) промежутка времени.

8.2.2 Технологии обезвреживания медицинских отходов, основанные на физических методах

Технологии обезвреживания, основанные на физических методах, направлены на обеззараживание медицинских отходов.

Стерилизация водяным паром под давлением [88]

Область применения. Метод используется с применением специального аппарата автоклава. Автоклав – аппарат для стерилизации водяным паром под давлением и при температуре более 100 °С. Автоклав применяют для стерилизации медицинских отходов, (перевязочный материал, бельё, инструмент, посуда и др.)

Описание метода. В автоклаве происходит дезинфекция медицинских отходов паром. Медицинские отходы, подвергшиеся такой дезинфекции, необходимо дополнительно обработать – спрессовать, измельчить или раздробить, так, чтобы отходы были неидентифицируемы и не могли быть повторно использованы в других целях. Процесс дополнительной обработки существенно уменьшает объем медицинских отходов.

Достоинством автоклавов является то, что они могут быть использованы для обработки до 90% медицинских отходов, размеры автоклава легко подобрать для удовлетворения потребностей любой медицинской организации, использование автоклавов эффективно, стоимость их относительно невелика.

Микроволновая обработка [86, 89]

Область применения. Микроволны используются для медицинских отходов, содержащих микробиологические компоненты.

Описание метода. Микроволновая обработка может быть осуществлена как стационарно, так и на передвижных объектах. Для этого типа дезинфекции отходы измельчаются, затем орошаются водой и подвергаются микроволновому излучению. Тепло и пар, образующиеся в ходе обработки, обеспечивают равномерный нагрев всех отходов и эффективно нейтрализуют все инфекционные агенты. Измельчение уменьшает объем отходов до 80%. Весь процесс может происходить в одном резервуаре, привлечение квалифицированного персонала не требуется, достаточно только пройти соответствующий инструктаж. Обработка медицинских отходов микроволновым излучением дешевле, чем сжигание.

Стерилизация ионизирующим излучением [86, 88]

Область применения. Стерилизация медицинской техники, материалов и медицинских отходов.

Описание метода. Стерилизационный эффект ионизирующего излучения является результатом воздействия на обменные процессы клетки, тогда как радиоактивное и инфракрасное излучение, высокочастотные колебания оказывают свое бактерицидное действие с помощью тепла, развиваемого в обрабатываемом предмете.

Применение ионизирующей радиации имеет ряд преимуществ перед тепловой стерилизацией. При стерилизации с помощью ионизирующего излучения температура стерилизуемого объекта поднимается незначительно, в связи с чем такие методы называют холодной стерилизацией.

Для обработки медицинских отходов необходимы создание выделенных зон, приобретение специальных установок и наем специально подготовленного персонала, так что этот способ является достаточно затратным по сравнению с другими способами (кроме сжигания). Риск облучения персонала, хотя и минимальный, также является недостатком этого способа.

Любая форма облучения вызывает изменения в белках, нуклеиновых кислотах и других составных элементах клетки, обусловливающих ее жизнедеятельность. Существует много факторов, снижающих и увеличивающих чувствительность микроорганизмов к ионизирующему облучению: наличие влаги, кислорода, сульфгидрильных и других защитных соединений, высушивание, свойства субстрата, pH среды, температура и др. [88, 90].

Плазменная стерилизация [86, 89]

Метод плазменной стерилизации основан на действии плазмы, частично или полностью ионизированного газа или пара, состоящего из нейтральных атомов (молекул) и заряженных частиц (ионов и электронов). Положительно и отрицательно заряженные

частицы в нем находятся в равновесии. Наибольшей антимикробной активностью обладает плазма из хлора, перекиси водорода, глутарового альдегида. При данном методе после впрыскивания раствора вещества в стерилизационную камеру включается источник электромагнитного излучения, под воздействием которого одновременно происходит деление молекул, сопровождающееся выделением видимого и ультрафиолетового излучения. В результате создается биоцидная среда, состоящая из молекул вещества (хлора, перекиси водорода или глутарового альдегида, свободных радикалов и ультрафиолетового излучения. При отключении электромагнитного поля свободные радикалы преобразуются в молекулы воды и кислорода, не оставляя никаких токсичных отходов.

Плазменная стерилизация является экономически эффективным методом стерилизации медицинских отходов из материалов, чувствительных к действию высокой температуры и влаги. В плазменном стерилизаторе допускается обрабатывать изделия, потерявшие потребительские свойства, из полимеров, электроинструменты и кабели, оптоволоконные, световодные системы, электронные устройства, изделия из оптического стекла и др.

8.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при обезвреживании медицинских отходов

В ходе химического обезвреживания медицинских отходов потребляются химические вещества (стерилянты) или газы (окись этилена, формальдегид или специализированные многокомпонентные системы). При использовании стерилянтов требуется значительный расход воды.

При использовании физических методов обезвреживания медицинских отходов потребляются электроэнергия, пар, вода (для орошения измельченных отходов).

Эмиссии в окружающую среду при использовании химических методов обезвреживания/обеззараживания медицинских отходов

При проведении процессов, основанных на химических методах обезвреживания отходов с использованием химикатов, возможно образование опасных для окружающей среды химических соединений. Все методы низкотемпературной стерилизации используют химические вещества (стерилянты) 1 или 2 класса опасности. Поэтому все процессы должны происходить в замкнутом цикле при герметичной камере стерилизаторов.

Данный вид обеззараживания (дезинфекции) требует использования большого объема воды для растворения дезинфицирующих средств.

В ходе дегазации по окончании процесса газовой стерилизации возможно выделение загрязняющих веществ в атмосферный воздух [87].

Эмиссии в окружающую среду при использовании физических методов обезвреживания медицинских отходов

Ограничением использования метода стерилизация водяным паром под давлением является то, что в процессе стерилизации в автоклаве может произойти выделение химических веществ, присутствующих в отходах. В зависимости от конструкции автоклава, эти химические вещества могут попасть в воздух при открывании автоклава.

Также необходимы дальнейшие расходы на дополнительную обработку медицинских отходов и их транспортировку к месту захоронения или сжигания.

В рассмотренных материалах по микроволновому обезвреживанию медицинских отходов сведений о текущих уровнях эмиссии в окружающую среду не содержится. В то же время в ходе микроволновой обработки образуются тепло и пар.

При использовании данного метода возможно воздействие ионизирующего излучения.

Преимуществом плазменной стерилизации является высокая степень экологичности данного метода. При проведении плазменной стерилизации выделяются кислород и пары воды.

Раздел 9 Утилизация и обезвреживание биологических отходов

9.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию биологических отходов

Согласно Закону Российской Федерации от 14.05.1993 года (ред. от 02.07.2021) «О ветеринарии» биологическими отходами являются: трупы животных и птиц, абортированные и мертворожденные плоды; ветеринарные конфискаты, другие отходы, непригодные в пищу людям и на корм животным [90]. Биологические отходы образуются одним из следующих способов:

- естественным;
- лабораторным;
- ветеринарным;
- промышленным.

Ветеринарные правила перемещения, хранения, переработки и утилизации биологических отходов, утвержденные Минсельхозом России 26 октября 2020 года № 626, устанавливают требования при перемещении, хранении, переработке и утилизации биологических отходов, за исключением радиоактивных биологических отходов [90].

Как указано в пункте 24 Ветеринарных правил «обезвреживание умеренно опасных биологических отходов должно осуществляться путем сжигания в печах (крематорах, инсинераторах). Под открытым небом в траншеях (ямах) допускается сжигать биологические отходы, образующиеся только при отгонном животноводстве, включая оленеводство, в районах Крайнего Севера, перечень которых устанавливается Правительством Российской Федерации» [90].

Термические методы обезвреживания описаны в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами», утвержденном приказом Росстандарта от 23 января 2020 года № 2181 [84].

Согласно пункту 19 Ветеринарных правил утилизация умеренно опасных биологических отходов допускается в целях производства кормов и кормовых добавок для животных, удобрений, биогаза и другой продукции технического назначения [91]. Утилизация умеренно опасных биологических отходов направлена на получение товарной продукции в результате переработки отходов.

Утилизации подвергаются биологические отходы, допущенные ветеринарной службой к переработке на кормовые цели. Наиболее широкое применение получил метод утилизации с получением мясокостной муки [90, 91]. Утилизации подлежат биологические отходы, кроме биологических отходов, зараженных или контаминированных возбудителями. В результате получают

следующие виды продукции:

- мясокостная мука (из мягкого сырья, отходов внутренних органов, костей и пр.);
- мясокостная мука (из туш животных, различных отходов, внутренних органов, рядовой кости и пр.).

Мясокостная мука производится путем последовательного измельчения биологических отходов, термической обработки (варка со стерилизацией), разделением муки и жира, прессованием.

Также изготавливают другие белковые добавки из измельченного сырья, используя метод экструзии, сушку [92, 93].

Часть биологических отходов перерабатывается в технические продукты:

- черный (технический) альбумин (применяется в производстве клея для столярных работ в деревообработке);

- технический жир (предназначен для мыловарения, производства глицерина, смазок, жирных кислот);

- пенообразователь (применяется при тушении горящих жидкостей и нефтепродуктов);

- ингибитор кислотной коррозии (применяется в металлообработке для снижения расхода очищающих металлы кислот).

Информация о методах переработки умеренно опасных биологических отходов, образующихся при убое животных, представлена в справочнике НДТ ИТС 43-2017 «Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства», утвержденный приказом Росстандарта от 13 января 2017 года № 2820 [94].

На территории Российской Федерации имеются специализированные заводы по производству мясокостной муки, сырье на которые ввозится, и относительно небольшие мясокомбинаты, перерабатывающие собственные биологические отходы.

Концентрация производств по регионам неравномерна, но отражает наличие сырьевой базы. Наиболее модернизированные предприятия, работающие с большими объемами сырья и выпускающие мясокостную муку с высоким содержанием протеина, расположены в Центральном и Приволжском федеральных округах [93, 95].

Экологические проблемы, возникающие при утилизации и обезвреживании биологических отходов

При обезвреживании биологических отходов возникает ряд экологических проблем, связанных с выбросами загрязняющих веществ от сжигания отходов [92].

При утилизации биологических отходов с получением мясокостной муки одним из важных экологических факторов является выделение загрязняющих веществ в атмосферный воздух и запах. При получении кормовых добавок и прочих органических продуктов методом сушки в герметичной камере с замкнутым контуром исключаются эмиссии в атмосферный воздух. Процесс сопровождается образованием сточных вод за счет испарившейся из отходов воды.

9.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации биологических отходов

Утилизация биологических отходов производится для широкого спектра биологических отходов, за исключением отходов контаминированных возбудителями ряда особо опасных болезней животных, при которых отходы подлежат уничтожения, согласно ветеринарному законодательству.

Технологии утилизации биологических отходов, с получением мясокостной муки

Область применения. Метод используется на ветеринарно-санитарных утилизационных заводах и в утилизационных цехах путем термической обработки.

Переработка непищевых биологических отходов предполагает получение ценного, безопасного и стойкого при хранении корма. Необходимым условием является термообработка биологических отходов, в ходе которой происходит обеззараживание и обезвоживание сырья.

Описание метода. Основные стадии технологического процесса (рисунок 9.1) включают: применение тепловой обработки; удаление влаги и удаление жира. Процессы проводят в варочных котлах непрерывного либо порционного действия. Такие технологические параметры, как температура и длительности варочного процесса, являются важнейшими показателями обеззараживания биологических отходов и качества готовых кормовых продуктов животного происхождения [96, 97].

Технология утилизации – варка в вакуумных котлах при повышенном давлении сухим (без контакта с острым паром или водой) или мокрым способом, при которой выход мясокостной муки, содержащей 30–60% белка, составляет 40–45% [96].



Рисунок 9.1 – Основные стадии технологического процесса утилизации биологических отходов на ветеринарно-санитарных утилизационных заводах и в утилизационных цехах

Утилизация и обезвреживание биологических отходов экструзионным способом

Утилизация и обезвреживание отходов экструзионным способом направлены на получение кормовых продуктов для животных.

Область применения. Может быть использован для всего спектра биологических отходов.

Описание метода. В основе технологии лежит способ сухой экструзии, при котором нагрев экструдируемого материала происходит за счет трения как внутри его, так и

в стволе экструдера. Основную проблему представляет высокая влажность отходов (до 85%). Для ее решения измельченные отходы животного происхождения предварительно смешивают с растительным наполнителем.

В качестве наполнителя могут быть использованы зерно, зерноотходы, отруби, шроты. Объем наполнителя в 3–5 раз больше отходов животного происхождения и определяется их влажностью [98, 99].

Таким путем уменьшают влажность массы, подаваемой в экструдер. Полученную смесь подвергают экструзионной переработке, получая продукт, пригодный для кормления крупного рогатого скота (далее КРС), свиней, кроликов; для кошек, собак, домашних грызунов, а также кормов для промысловых и аквариумных рыб (рисунок 9.2).



Рисунок 9.2 – Экструдированные корма [98]

Полный технологический процесс [99] состоит из:

- измельчения;
- смешивания измельченной массы в определенной пропорции с растительным наполнителем;
- экструзии смеси;
- охлаждения;
- затаривания.



Рисунок 9.3 – Основные стадии технологического процесса экструдирования биологических отходов [99]

Содержание сырого протеина 20–25% – при экструдировании отходов от переработки КРС и свиней; до 30–35% – при экструдировании отходов птицы. Экструдированный продукт характеризуется высокой степенью усвояемости (более 90%) и бактериальной чистотой (ОМЧ в 1 г продукта – 20–25 тыс. ед. при норме 500 тыс. ед.) [98, 99].

Утилизация биоэнергетическим методом сушки в замкнутом контуре

Известна технология утилизации биологических отходов с получением кормовых добавок, биотоплива, удобрений методом сушки в герметичной камере с обогревом через стенку. В процессе сушки загруженная масса отходов перемешивается и нагревается для испарения влаги. Образовавшийся пар возвращается в камеру. Избыток влаги выводится из системы через конденсатор. При достижении влажности продукта от 5 до 10%, установка автоматически отключается. Температура в реакторе и длительность пребывания в нём отходов (8–10 часов) обеспечивает стерильность получаемого продукта.

9.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации и обезвреживании биологических отходов

При проведении варочного процесса образуются токсичные, дурнопахнущие выбросы, требующие очистки и обеззараживания, а также сточные воды, содержащие жиры. Сведения об уровнях эмиссии в окружающую среду отсутствуют.

При проведении экструзионного процесса происходит выброс в атмосферный воздух токсичных веществ (сероводорода, сернистого газа, меркаптанов). Требуется очистка газовых выбросов [99].

При проведении процесса сушки биологических отходов в замкнутом контуре выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух отсутствуют. Процесс сопровождается образованием сточных вод.

Раздел 10 Утилизация и обезвреживание отходов органических растворителей

10.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов органических растворителей

В настоящем подразделе рассматриваются отходы органических растворителей, в том числе отходы галогенированных органических растворителей и их смесей.

Растворители объединяют разнообразные группы жидких, органических летучих соединений, которые обладают способностью переводить нелетучие или труднолетучие пленкообразующие вещества в растворы, не подвергая их химическим изменениям. Если растворители не растворяют непосредственно пленкообразующий материал, а разбавляют раствор до нужной рабочей консистенции, они называются разбавителями. Лучшими растворителями являются ароматические (толуол, ксилол, сольвент) и хлорированные углеводороды (хлорбензол, дихлорэтан), которые применяются в смеси со спиртами и уайт-спиритом.

Растворители для химических соединений необходимы в различных сферах производств. Отходы органических растворителей образуются на предприятиях по производству лакокрасочных материалов (ЛКМ); ремонтных заводах; лифтостроительных предприятиях, автомобильных производствах, типографиях, мебельных фабриках, институтах, автосервисах и других организациях.

Рынок растворителей в России ежегодно увеличивается на 2,5%. Наиболее активными регионами в плане развития отрасли производства растворителей являются: Омская, Саратовская и Самарская области, а также Татарстан и Башкортостан [100].

Общее количество растворителей, ежегодно расходуемых предприятиями страны, около 0,5 млн т [101]. Россия закупает растворители и разбавители, а также готовые составы для удаления красок или лаков (согласно ТН ВЭД они относятся к группе 3814 «Растворители и разбавители сложные органические, в другом месте не поименованные; готовые составы для удаления красок или лаков»). Импорт товаров группы 3814 в Россию в 2019 году по сравнению с 2018 годом сократился на 2,34% (в стоимостном выражении) [102].

Основными импортерами товаров данной группы в Россию в 2019 году были: Германия (с долей 22%), Италия (с долей 12%); Великобритания (с долей 11,5%) и Нидерланды (с долей 9,97%) [102].

Ежегодно в Российской Федерации, по данным статистического наблюдения, утилизируют и обезвреживают более 80% отходов растворителей [103].

При обращении с растворителями, потерявшими потребительские свойства, различают содержащие галогены и не содержащие галогены растворители.

К галогенсодержащим растворителям относятся: хлорфторуглеводороды; хлорированные углеводороды; галогенированные углеводороды. Галогенсодержащие растворители (особенно хлорсодержащие) отличаются высокой растворяющей способностью и пониженной горючестью, совмещаются со многими органическими растворителями, однако из-за высокой токсичности они находят ограниченное применение. Вредное воздействие данных веществ вызвало принятие правил регулирования их использования:

- 1980 год – Венская конвенция по сокращению выпуска хлорфторуглеводородов;

- 1987 год – Монреальский протокол по замораживанию производства и потребления хлорфторуглеводородов;

- 1990 год – Лондонский протокол о 50-процентном сокращении производства и потребления хлорфторуглеводородов к 1995 году и полном прекращении к 2000 году.

Не содержащие галогенов органические растворители можно подразделить на следующие группы: алифатические и алициклические углеводороды; ароматические углеводороды; спирты; кетоны; сложные эфиры; простые эфиры и эфиры гликолей. Кроме этих чистых растворителей и неизбежных смесей, существуют также специальные смеси растворителей для технических применений, например, разбавители для красителей, смол, металлов и т. д.

Отходы органических растворителей по степени возможного риска для здоровья человека разделены на 3 класса.

Класс 1: высокотоксичные растворители. К ним относятся вещества с известной канцерогенностью для человека; высокой вероятностью ее наличия и опасные для окружающей среды.

Класс 2: негенотоксичные растворители. К ним относятся вещества, обладающие негенотоксичной канцерогенностью для животных, или растворители, являющиеся возможной причиной таких необратимых явлений, как нейротоксичность или тератогенность. К данному классу относятся также растворители, предположительно оказывающие значительное, но обратимое токсическое действие.

Класс 3: малотоксичные растворители. К ним относятся растворители с низким потенциалом токсичности для человека; для них не требуется устанавливать предельное содержание, обусловленное информацией о риске для здоровья человека. Растворители класса 3 имеют ДСВ от 50 мг/сут и выше [103].

Регенерации (восстановлению) подлежат следующие виды растворителей [104], утративших потребительские свойства:

- спирты (метанол, этанол, пропанол, бутанол, пентанол, гексанол, гептанол, октанол, нонанол, деканол, этиленгликоль);

- эфиры (метилацетат, этилацет, н-пропилацетат, изопропилацетат, бутилацетат, н-амилацетат, изоамилацетат, н-октилацетат);

- ароматические углеводороды (толуол, диметилбензолы, этилбензол, пропилбензол, кумол, стирол, фенилацетилен, индан, циклобутадиен, дифенил, дифенилметан, трифенилметан, тетрафенилметан);

- прочие химические растворители: нефрасы, ацетон, ксилолы, а также загрязненные многокомпонентные растворители: 645, 646, 647, Р-4 Р-10, Р-12, Р-14 и др.

Многие предприятия самостоятельно не утилизируют растворители. Это обусловлено экономическими соображениями, а также отсутствием заинтересованности в их повторном использовании [105, 106]. На рынке представлен широкий выбор оборудования для регенерации, как легко воспламеняемых растворителей, так и растворителей на водной основе. Ряд фирм специализируется на продвижении в России и странах Таможенного союза как импортных, так и отечественных высокопроизводительных установок регенерации растворителей [107, 108]. Установки регенерации растворителей позволяют вернуть в производство широкий спектр отработанных органических растворителей с температурой кипения до 200 °С: ацетон, толуол, ксилол, смесевые сольвенты, бензин, уайт-спирит, перхлорэтилен и др. [109] Степень очистки растворителей составляет до 99,7%. Срок службы оборудования – от 12 до 15 лет.

Установки успешно работают более чем на 70 крупных российских предприятиях (рисунок 10.1) [109]. Органические растворители перерабатываются с восстановлением их до приемлемых потребительских свойств.



Рисунок 10.1 – Регионы России, где внедрены установки регенерации растворителей

Утилизацией и обезвреживанием органических растворителей занимается несколько десятков компаний, расположенных в основном в крупных промышленных центрах, где имеется спрос на их деятельность.

Основные данные по методам и технологиям утилизации и обезвреживания отходов органических растворителей

Основными технологиями утилизации и обезвреживания органических растворителей являются их регенерация и сжигание.

Некоторые виды растворителей и других летучих продуктов можно сжигать только на установках с полной очисткой дымовых газов. К ним относятся соединения, содержащие ртуть, свинец, мышьяк, кремний, марганец, фосфор, галогены (хлор, бром, иод, фтор), нитросоединения, амины, цианиды и др. [110].

Сведения о технологиях обезвреживания отходов путем сжигания представлены в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» [84]. Небольшие объемы органических растворителей передают на захоронение в специальных контейнерах на специально оборудованные для данных целей полигоны промышленных отходов.

10.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов органических растворителей

Основными направлениями утилизации отходов растворителей является регенерация.

Обезвреживание органических растворителей проводится методом сжигания. Сведения о технологиях обезвреживания органических растворителей путем сжигания представлены в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» [84].

Для утилизации отходов органических растворителей используются физические и физико-химические методы – дистилляция и реэкстракция.

Дистилляция

Область применения. Используется для утилизации растворителей, не содержащих галогены, утративших потребительские свойства [111, 112].

Описание метода. Дистилляция (регенерация) предназначена для разделения отработанных растворителей на растворители, подлежащие повторному использованию, и остатки, не подлежащие повторному использованию. Дистилляция применима для всех растворителей и хладагентов, подлежащих регенерации.

Дистилляторы (регенераторы) растворителей – оборудование, обеспечивающее очистку загрязненных растворителей без потери их свойств.

Если отработанные растворители содержат воду, то предварительное обезвоживание производится с помощью фильтров-отстойников [111].

Загрязненный растворитель (органический или водный) в ходе процесса дистилляции испаряется и затем конденсируется. Грязный растворитель закачивается насосом в так называемую рабочую камеру [113]. Нагревание потока, подаваемого на дистилляцию, происходит с помощью нагревательных элементов (теплообменников) обеспеченных надлежащей теплоизоляцией или электрическим нагревателем. При достижении точки кипения растворитель начинает испаряться. Пары растворителя проходят через конденсатор. Конденсат – прозрачный и очищенный растворитель – вытекает из установки. Загрязненный остаток (твердые примеси) удаляется [113].

Эффективность утилизации отработанных растворителей возможно повысить [111] за счет:

а) применения азеотропной дистилляции;

б) применения вакуумной дистилляции;

в) использования пленочных испарителей.

Вакуумная дистилляция предназначена для обработки растворителей с высокими температурами кипения (выше 200 °С).

Азеотропная дистилляция обычно используется для улучшения качества регенерации растворителей. Азеотропная дистилляция состоит в добавлении вещества

(обычно пара) для формирования азеотропной смеси с растворителем, который подлежит последующей регенерации. Азеотропная смесь имеет более низкую температуру кипения, чем исходный растворитель, и извлечение растворителя таким образом облегчается.

Применение вакуумной дистилляции и предварительный нагрев растворителя снижают энергопотребление при дистилляции [109].

Реэкстракция

Область применения. Используется для утилизации растворителей, не содержащих галогены, утративших потребительские свойства [112, 114].

Описание метода. Реэкстракция представляет собой процесс обратного извлечения вещества из экстракта путем обработки специальным раствором, который называют реэкстрагентом. В качестве реэкстрагента используют воду, водные растворы, нерастворимые в экстрагенте органические вещества [112, 114]. Получаемый продукт – реэкстракт.

Реэкстракция осуществляется одним из следующих способов:

1) промывка органической фазы;

2) осаждение компонента непосредственно из органической фазы;

3) селективное извлечение компонента.

При реэкстракции достигаются следующие цели:

- выделение вещества из экстракта;
- разделение веществ (избирательная реэкстракция);
- концентрирование извлекаемых веществ;
- регенерация экстрагента для повторного использования.

Выбор реэкстрагентов зависит от механизма экстракции.

Регенерация экстрагента может быть осуществлена также ректификацией, выпариванием и т. д.

Существует ряд способов утилизации хлорсодержащих растворителей, таких как адсорбция на углях, ректификация, ионный обмен, адсорбция на молекулярных ситах. Но все данные методы являются сложными, малопроизводительными и экономически нецелесообразными [101].

10.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов органических растворителей

В процессе утилизации и обезвреживания отходов органических растворителей потребляются водные ресурсы (в процессе конденсации и нагрева потока, подаваемого на дистилляцию), энергоресурсы, реэкстрагенты (вода, растворы реэкстрагентов), уголь, ионообменные смолы и т. п.

Текущие уровни потребления в процессах утилизации и обезвреживания органических растворителей зависят от применяемых технологических процессов и мощности используемого оборудования и установок.

При дистилляции отработанных растворителей возможны выбросы углеводородов в атмосферу и образование сточных вод, которые подлежат очистке [109].

В ходе утилизации отходов растворителей возможно повышение концентрации вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе. Причинами загрязнения атмосферы, как правило, являются потери легколетучих веществ через возможные неплотности в герметичном оборудовании (малое дыхание) и выбросы во время опорожнения оборудования (большое дыхание) [115].

В процессе регенерации отходов растворителя образуются отходы – кубовые остатки. Объем образования данного отхода зависит от «чистоты» отхода растворителя и содержания в нем различных примесей (остатки лакокрасочных материалов, взвешенные вещества, масла и т. п.).

Раздел 11 Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

11.1 Общая информация о деятельности по утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

Существует несколько типов автомобильных аккумуляторов, отличающихся материалом электродов и электролита.

Из всего разнообразия в автомобилях в качестве стартерных используются только свинцовые. Корпуса всех свинцовых аккумуляторов делаются из прочной кислотостойкой пластмассы, чтобы обеспечить максимальную безопасность во время транспортировки и эксплуатации.

В настоящее время в качестве материала для электродов используется свинец не в чистом виде, а с разнообразными добавками, в зависимости от которых аккумуляторы автомобильные делят на несколько типов.

По итогам 2019 года объем первичного рынка аккумуляторов в Российской Федерации составил 1,4 млн ед., а объем вторичного рынка аккумуляторов в Российской Федерации (общее количество поставленных аккумуляторов российскими аккумуляторными заводами и иностранными дистрибьюторами для свободной продажи автолюбителям или корпоративным клиентам) – примерно 10,7 млн [116].

Если рассматривать производство аккумуляторов российскими заводами, то в 2019 году их выпуск увеличился на 19% по сравнению с 2014 годом и составил примерно 7,9 млн ед. В то же время экспорт аккумуляторов превысил 824 тыс. шт. А вот импорт аккумуляторов автомобильных в Россию увеличился на 16% по сравнению с 2014 годом и составил 5,08 млн экземпляров [116].

Заводы, осуществляющие деятельность по производству аккумуляторов, в том числе с использованием вторичного сырья, а также предприятия, осуществляющие утилизацию аккумуляторов в Российской Федерации, представлены в источнике [117], а их месторасположение на территории Российской Федерации – на рисунке 11.1.

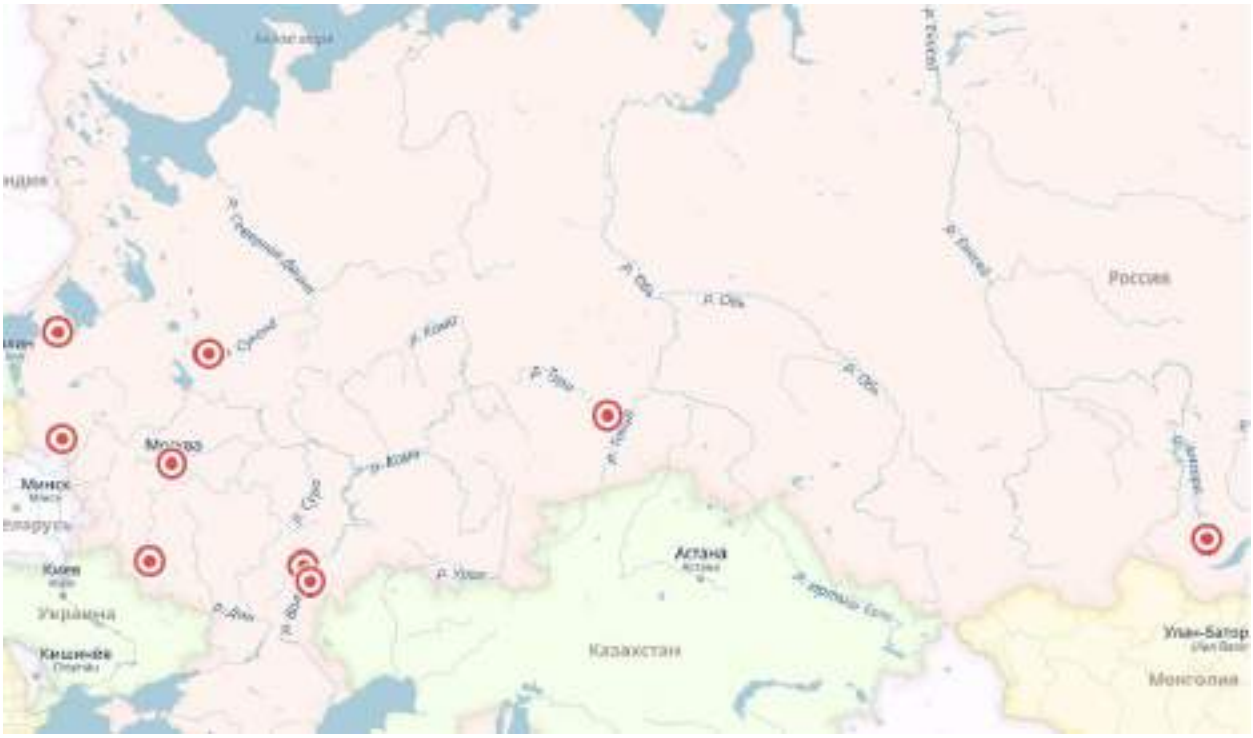


Рисунок 11.1 – Месторасположение крупных предприятий по производству аккумуляторов и утилизации отходов автомобильных аккумуляторов на территории Российской Федерации

Основные данные по методам и технологиям утилизации аккумуляторов автомобильных, утративших потребительские свойства.

В настоящем справочнике утилизация аккумуляторов автомобильных, утративших потребительские свойства, рассмотрена только в части выделения лома свинца, свинцовой пасты, полипропилена, электролита или кристаллического сульфата натрия. Вторичное производство свинца из различных продуктов, содержащих свинец, например, аккумуляторов, листового свинца, представлено в ИТС 13-2020 «Производство свинца, цинка и кадмия».

Метод утилизации аккумуляторов автомобильных включает следующие этапы:

- Слив электролита. Может выполняться на технологической линии, которая осуществляет весь процесс автоматически.

- Измельчение корпуса отхода аккумулятора. Осуществляется в дробилке.

Отделение металлосодержащей фракции. Раздробленное сырье поступает в электромагнитный сепаратор, где происходит отделение металлосодержащей фракции.

- Сортировка остатка. Вибрационный грохот с ячейками различного размера сортирует крупные элементы и отправляет их на повторное измельчение.

- Разделение на фракции. Измельченные отходы поступают в сепаратор для разделения на фракции.

- Обезвоживание и сепарация. В результате получают сырье – металл и полимерную фракцию (полипропилен и поливинилхлорид).

В результате утилизации свинцовых аккумуляторов можно получить такие материалы, как:

- Свинец и сплавы на его основе;

- стальной лом;

- медь;
- электролит или натрия сульфат кристаллический;
- полимерные гранулы, например, из полипропилена.
-

Экологические проблемы, возникающие при утилизации аккумуляторов автомобильных, утративших потребительские свойства. Опасность переработки автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, обусловлена наличием в их составе таких опасных компонентов, как свинец, щелочь, серная кислота.

Содержание свинца в автомобильных аккумуляторах составляет около 50% от общей массы аккумулятора, присутствует также около 2% сурьмы, 15% различных видов пластмасс, примерно 15% электролита, который может быть представлен раствором серной кислоты или щелочи.

11.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, рассмотрены только в части выделения лома свинца, свинцовой пасты, полипропилена, электролита или кристаллического сульфата натрия. Производство вторичного свинца из различных продуктов, содержащих свинец, например, аккумуляторов, листового свинца, представлено в ИТС 13-2020 «Производство свинца, цинка и кадмия».

11.2.1 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторов методом ручной разборки и сортировки

Область применения. Используется для автомобильных аккумуляторных батарей всех видов.

Описание метода. Ручная сортировка сопровождается четырьмя этапами.

Первоначально производится слив электролита с соблюдением всех правил техники безопасности.

После этого аккумулятор тщательно промывают, применяя содовый раствор.

Далее специалисты приступают к разборке устройства на составляющие, используя слесарный инструмент.

После проведения ручной разборки остается производится сортировка полученных составных элементов. Свинец и пластик подвергаются дальнейшей специальной технологической переработке с получением товарной продукции.

11.2.2 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторов методом разделки

Область применения. Используется для автомобильных аккумуляторных батарей всех видов.

Описание метода. Какие-то отдельные моменты переработки могут отличаться, но в целом технология утилизации аккумуляторов включает следующие этапы:

Слив и переработка электролита. На начальном этапе разрушается корпус аккумуляторной батареи и сливается электролит. Аккумуляторы могут просто разбиваться в результате сброса их в определенную емкость. На некоторых предприятиях есть дисковые пилы, которыми они разрезаются. Слитый электролит подвергают нейтрализации. Эта операция проводится в герметичных камерах при высокой температуре. На некоторых предприятиях есть специальное оборудование, которое позволяет переработать электролит и запустить его в основное производство.

Дробление. Далее проводится дробление аккумуляторов в мощных дробилках. В результате происходит полное разрушение аккумуляторов.

Фильтрация. После дробилок получившаяся масса пропускается через фильтры, где отсеивается свинцово-кислотная паста. Ее отсеивают и отправляют на дальнейшую переработку.

Разделение металлов и пластика. Оставшаяся смесь дробленого пластика и свинцовых элементов подается в установку гидродинамической сепарации. Цель этой операции – разделить пластиковый бой и металлические элементы.

Переработка пластика. Отделенный пластик собирается и отправляется на предприятия, занимающиеся выпуском пластиковых гранул. В дальнейшем их используют в качестве исходного сырья при производстве корпусов аккумуляторов автомобильных.

Очистка металлов. Полученная смесь металлических элементов смешивается с отфильтрованной ранее пастой. Все это заливается водой с добавлением химикатов, которые нейтрализуют кислоту. В результате получается нейтрализованный осадок. Вода очищается и снова запускается в цикл. Полученная металлическая смесь подвергается сушке. На некоторых линиях отделяют стальной лом при помощи магнитной сепарации.

11.2.3 Утилизация отходов автомобильных аккумуляторных батарей

Область применения. Используется для отходов автомобильных аккумуляторных батарей всех видов, а также стационарных аккумуляторов, батарей источников бесперебойного питания свинцово-кислотных, компьютерных свинцово-кислотных аккумуляторов, аккумуляторов компьютерных кислотных и других свинецсодержащих отходов.

Описание метода.

Технология утилизации основана на сочетании следующих операций.

Слив электролита. На первоначальном этапе осуществляется слив электролита перед дроблением отходов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Слитый электролит в дальнейшем используется для нейтрализации избыточного карбоната натрия, образованного при десульфуризации свинцовой пасты. Нейтрализация осуществляется с образованием сульфата натрия, который в последующем очищается, выпаривается, кристаллизуется, усредняется и сушится с получением продукта – кристаллического сульфата натрия.

Дробление отходов аккумуляторов. На следующем этапе осуществляется дробление отходов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в мощных дробилках.

Грохочение с отмывкой. Дробленая масса пропускается через вибросито с выделением свинцовой пасты содержанием серы 6–7% и смеси крупных частиц лома свинца, пластмасс.

Сепарация смеси крупных частиц лома свинца, пластмасс. Смесь крупных частиц лома свинца и пластмасс подается на гидродинамическую сепарацию для разделения смеси и получения следующих продуктов:

- вторичного сырья – полипропилена;
- вторичного сырья – лома свинца.

Десульфуризация свинцовой пасты. Выделенная свинцовая паста с содержанием серы 6–7% подвергается десульфуризации до содержания в ней серы менее 1%. Свинцовая паста в дальнейшем используется в качестве вторичного сырья при производстве вторичного свинца.

11.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду зависят от применяемой технологии утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства.

Утилизация отходов автомобильных аккумуляторных батарей сопровождается выбросами загрязняющих веществ, номенклатура которых зависит от сочетания выполняемых при утилизации операций. Текущие уровни эмиссий в атмосферный воздух при утилизации отходов автомобильных аккумуляторных батарей представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Текущие уровни выбросов при утилизации отходов автомобильных аккумуляторных батарей

Загрязняющее вещество	Единица измерения	Текущие уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
Кислота серная	мг/м^3	2,797
Свинец	мг/м^3	0,567
Взвешенные вещества (пыль сульфата натрия)	мг/м^3	1,958

Сточные воды в процессе утилизации отходов автомобильных аккумуляторов, как правило, не образуются.

Утилизация отходов автомобильных аккумуляторных батарей может сопровождаться образованием отходов, перечень которых зависит от способа утилизации. Возможно образование отходов разнородных пластмасс в смеси в случае, если они не подвергаются дополнительной переработке, отходов нейтрализации электролита, если он не используется для производства товарной продукции.

В Европейском союзе отходы свинцовых аккумуляторов и аккумуляторных батарей согласно Директиве Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2012/19/EU «Об отходах электрического и электронного оборудования (WEEE)» относятся к отходам электрического и электронного оборудования.

Сведения о текущих уровнях выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при обработке в шредерах металлических отходов, в том числе отходов электри-

ческого и электронного оборудования, по данным справочника ЕС по наилучшим доступным технологиям Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, 2018 [118] приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Текущие уровни выбросов при обработке в шредерах металлических отходов, в том числе отходов электрического и электронного оборудования

Метод очистки применяемый на заводе	Пыль (мг/н.м^3)	Ni (мг/н.м^3)	Pb (мг/н.м^3)	Cd (мг/н.м^3)	As (мг/н.м^3)	Cu (мг/н.м^3)	Zn (мг/н.м^3)
Только циклон	5,3 - 33([1])	0,08([1])	0,15([1])	0,013([1])	0,007([1])	0,056([1])	1,5([1])
Тканевый фильтр	1,1 - 2	0,008	0,003	0,0006	0,0006	0,003	0,6
Скруббер Вентури	9,4 - 24,1	0,02 -0,03	0,007 - 0,02	0,0006 - 0,14	0,001 - 0,02	0,001 - 0,29	0,2
Циклон и мокрый скруббер	2,7 - 36,3([2])	0,004 -2,4	0,002 - 0,02	0,00004 - 0,001	н/д	0,02	н/д
Циклон и тканевый фильтр	0,1 - 5	0,8	0,006	н/д	н/д	0,12	18
Циклон, скруббер Вентури, адсорбция углем	< 2,4	н/д	< 0,007	< 0,0003	н/д	0,008	0,16
Циклон, скруббер Вентури	0,1 - 12,8	н/д	0,0044	0,0003	н/д	0,002 - 0,008	н/д
Тканевый фильтр, скруббер Вентури, адсорбция углем	2,1	Н/д	0,02	н/д	0,0008	0,02	0,6
Тканевый фильтр, скруббер Вентури	6,2 - 7,2	0,007	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Циклон, впрыск воды	1,1	0,0006	0,003	0,00005	н/д	0,002	0,02

Выбросы завода, оснащенного только циклоном.

Измерение до снижения выбросов в атмосферу. Значение концентрации после удаления составляет 4,4 мг/н.м^3.

Значения концентрации являются средними за три учетных года.

Максимальная нагрузка, указанная в таблице, является максимальной нагрузкой, рассчитанной для каждого из учетных годов

Раздел 12 Утилизация батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

12.1 Общая информация о деятельности по утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

В настоящее время используются различные виды первичных и аккумуляторных батарей. Они имеют разную сферу применения, отличаются параметрами размеров, внешнего вида, циклов перезарядки, емкости, сроков хранения и химического состава [119].

Наиболее распространенными разновидностями первичных и аккумуляторных батарей являются следующие:

- марганцево-цинковые (ZnMn) – являются самыми распространенными видами батареек; популярные названия – щелочные и алкалиновые;
- никель-кадмиевые (NiCd) – используются для автономной работы электроинструмента, радиостанций;
- никель-цинковые (NiZn) – используется как стандартный гальванический элемент;
- никель-металлогидридные (NiMH) – используются как замена стандартного гальванического элемента, в электромобилях, радиоаппаратуре, осветительной технике;
- литий-ионные (Li-ion) – применяются в современных бытовых и строительных приборах, а также в мобильных устройствах;
- литий-полимерные (Li-pol) – используются в мобильных устройствах и цифровой технике;
- литий-тионилхлоридные (Li-$SOCl_2$) – являются первичными источниками тока, используются в автономных системах телеметрии и передачи данных в нефтегазовой промышленности, военной промышленности, космической и др.;
- свинцово-кислотные и свинцово-щелочные – применяются в транспортных средствах, вычислительной технике, бытовых и специальных приборах, связном оборудовании, военной промышленности;
- ртутно-цинковые батарейки (тип РЦ) – применяются в медицине, радиоаппаратуре, военной промышленности;
- серебряно-цинковые (AgZn) – используются в наручных часах, материнских платах ноутбуков и компьютеров, калькуляторах и иной технике, а также в авиационной, космической, военной промышленности.

Основные данные по методам и технологиям утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Утилизация отходов первичных и аккумуляторных батарей зависит от типа батарей и может включать такие операции, как сортировка, дробление, магнитную сепарацию, нейтрализацию электролита, гидрометаллургический передел.

Экологические проблемы, возникающие при утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства. Опасность утилизации первичных и аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в настоящее время обусловлена содержанием практически во всех батареях токсичных веществ

в виде различных металлов и химикатов, которые при разрушении корпусов батарей попадают в окружающую среду. Компонентами первичных и аккумуляторных батарей являются такие элементы, как свинец, никель, кадмий, цинк, ртуть, оксид серебра, кобальт, литий.

При утилизации первичных и аккумуляторных батарей существует риск загрязнения почвы тяжелыми металлами и загрязнение атмосферного воздуха выбросами в атмосферу паров ртути, хлор- и серосодержащих соединений.

12.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Методы переработки и применяемые технологические процессы в области разных типов батарей первичных и аккумуляторных различаются.

Основные методы утилизации отходов первичных и аккумуляторных батарей направлены на восстановление различных металлов:

- Свинец может быть восстановлен отделением до переработки различных материалов, из которых сделана батарея (свинец, пластик, кислота и т. д.); либо батареи могут быть переработаны целиком в специальной металлургической печи, где металлы выделяются в конце процесса.

- Никель-кадмиевые батареи могут быть переработаны похожим способом, при котором восстанавливается кадмий и железо-никелевый сплав для производства стали; для извлечения кадмия используются пирометаллургические и гидрометаллургические методы. Наибольшее распространение из пирометаллургических методов, основанных на отгонке газообразных соединений кадмия, получила вакуумная дистилляция, которая характеризуется получением оксида кадмия низкого качества и вторичных отходов, использование которых в других отраслях проблематично.

- Батареи, содержащие ртуть, чаще всего перерабатываются вакуумно-температурным способом, при котором ртуть испаряется с последующей конденсацией. Вторичная ртуть может быть снова введена в производственный цикл.

- Никель-металлгидридные батареи перерабатываются механическим разделением материалов (пластика, водорода и никеля) в вакуумной камере для предотвращения утечки водорода.

- Литий-ионные батареи в настоящее время перерабатывают механическим разделением материалов с последующим восстановлением содержащихся металлов.

- Цинк-карбоновые (воздушные) и щелочно-марганцевые батареи могут быть переработаны методом механического разделения материалов или различными методами, включающими в себя плавку и другие металлургические процессы нагревания, приводящие к восстановлению металлического содержимого (в частности, цинка).

Более подробное описание методов утилизации отходов батарей первичных и аккумуляторных представлено в разделах 12.2.1-12.2.4 настоящего справочника НДТ.

12.2.1 Гидрометаллургический метод (сернокислотный способ)

Область применения. Используется для переработки кадмий- и свинецсодержащих аккумуляторных батарей.

Описание метода. Метод основан на использовании для утилизации растворов серной кислоты, аммиака, солевых композиций.

Применение гидрометаллургических операций позволит как решить экологические проблемы по утилизации кадмийсодержащих отходов, так и обеспечить потребности машиностроения и металлургии в качественном оксиде кадмия.

Процесс утилизации и переработки батареек и аккумуляторов обычно состоит из нескольких этапов. Например, процесс переработки батареек с извлечением свинца состоит из следующего.

Вначале батареи и аккумуляторы загружаются в специальную емкость больших размеров. Далее отходы по конвейерной ленте попадают в бетонный колодец с электромагнитом над ним (который притягивает лишний металлолом) и с сеточным дном, куда в специальную емкость вытекает электролит из «потекших» батареек, после чего батареи размалываются дробилкой на мелкие куски.

Далее происходит процесс разделения материалов с помощью водяной пыли, подаваемой при высоком давлении. Самые мелкие части и пластик оседают в отдельном резервуаре для последующего концентрирования, а более крупные части попадают на дно резервуара, откуда их механический ковш вытаскивает в резервуар с каустической содой. Там этот металлолом превращается в свинцовую пасту.

Получившуюся свинцовую пасту по конвейерной ленте передают в бункер для плавки, где она расплавляется до жидкого состояния. Выделяющиеся пары быстро охлаждаются и сбрасываются в отдельные контейнеры (впоследствии свинец пойдет на очередной этап переработки).

В процессе рафинирования образуются два компонента – рафинированный твердый и мягкий свинец и сплавы свинца. Сплавы отправляются на заводы для использования, а рафинированный свинец нагревают и отливают из него слитки.

Недостатками сернокислотного способа являются: низкая степень извлечения кадмия за счет потерь его с железосодержащим промпродуктом, технологические трудности очистки промышленных растворов.

12.2.2 Механический метод утилизации первичных и аккумуляторных батарей

Область применения. Метод используется для утилизации различных типов первичных и аккумуляторных батарей (марганцево-цинковых, литий-ионных и других).

Описание метода. Метод заключается в превращении твердых элементов, содержащихся во внутренней части первичной и аккумуляторной батареи, в порошок.

На первоначальном этапе происходит ручная сортировка батарей по типам с целью исключения попадания других типов первичных и аккумуляторных батарей.

Отходы литиевых первичных и аккумуляторных батарей для их безопасной утилизации необходимо подготовить путем ее разряжения, криогенной обработки, иными способами с целью исключения возгорания или взрыва.

Отсортированные по типам первичные и аккумуляторные батареи подвергаются дроблению с последующим просеиванием на многочастотном вибросите сверхтонкого рассева и аэродинамическим сепарированием в воздушной колонне.

В результате утилизации образуются следующие продукты:

- лом черных и цветных металлов;
- резиновые изоляторы и полимерные оболочки элементов питания;
- порошкообразные компоненты, например, смесь оксида цинка, металлического цинка, диоксида марганца, графита.

Внутренние составляющие элементов питания становятся пригодными для обработки с помощью различных химических процессов, результатом которых является извлечение металлов.

Одно из преимуществ данной технологии заключается в том, что с ее помощью можно заменить традиционные системы измельчения на компактные, высокопроизводительные блоки.

12.2.3 Утилизация отходов литиевых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов

Область применения. Метод используется для утилизации различных типов литиевых первичных и аккумуляторных батарей (литий-ионных, литий-полимерных, литий-тионилхлоридных).

Описание метода. Метод заключается в превращении твердых элементов, содержащихся во внутренней части первичной и аккумуляторной батареи, в солевой концентрат.

На первоначальном этапе происходит ручная сортировка батарей по типам с целью исключения попадания других типов батарей.

Для литиевых первичных или аккумуляторных батарей перед дроблением необходима предварительная подготовка, которая позволяет подготовить батарею путем ее разряжения, криогенной обработки, иными способами с целью исключения возгорания или взрыва.

Отсортированные по типам батареи и прошедшие предварительную подготовку подвергаются дроблению с последующей нейтрализацией кислотного содержимого щелочным раствором.

В результате дробления и нейтрализации образуются:

- твердая фракция, которая подвергается магнитной сепарации с выделением лома металлов и угольных катодов;
- жидкая фракция (слабощелочной раствор солей лития, натрия), которая очищается с получением очищенной воды для повторного использования и получением солевого (литиево-натриевый) концентрата.

12.2.4 Утилизация алкалиновых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов

Область применения. Метод используется для утилизации различных типов алкалиновых первичных и аккумуляторных батарей (марганцово-цинковых, никель-металлгидридных и других).

Описание метода. Метод заключается в превращении твердых элементов, содержащихся во внутренней части первичной и аккумуляторной батареи, в солевой концентрат.

На первоначальном этапе происходит ручная сортировка батарей по типам с целью исключения попадания других типов батарей.

Отсортированные по типам батареи подвергаются дроблению с последующей нейтрализацией щелочного электролита кислым раствором.

Полученный раствор очищается с последующим выделением:

- очищенной воды для повторного использования;
- сухого остатка.

12.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду зависят от применяемой технологии утилизации отходов первичных и аккумуляторных батарей.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации гидрометаллургическим методом (сернокислотный способ) первичных и аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства

Использование растворов серной кислоты сопровождается выделением в атмосферу сернистых газов, а использование аммиака – осложняется его летучестью и проблематичностью регенерации.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации механическим методом первичных и аккумуляторных батарей

Сведения об эмиссиях в окружающую среду при утилизации механическим методом первичных и аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в открытых источниках не выявлены.

При этом отмечается, что данный метод отличается низким потреблением электроэнергии и идеально подходит для измельчения твердых материалов.

Исходя из особенностей процесса можно ожидать образование выбросов взвешенных веществ различного происхождения и различного фракционного состава.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации литиевые первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов

Сведения об эмиссиях в окружающую среду при утилизации литиевые первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов, в открытых источниках не выявлены.

Эмиссии в окружающую среду при утилизации алкалиновых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов

Сведения об эмиссиях в окружающую среду при утилизации алкалиновых первичных и аккумуляторных батарей комбинацией механических, физических, физико-химических, химических методов, в открытых источниках не выявлены.

В Европейском союзе отходы свинцовых аккумуляторов и аккумуляторных батарей согласно Директиве Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2012/19/EU «Об отходах электрического и электронного оборудования (WEEE)» относятся к отходам электрического и электронного оборудования.

Сведения о текущих уровнях выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при обработке в шредерах металлических отходов, в том числе отходов электрического и электронного оборудования, по данным справочника ЕС по наилучшим доступным технологиям Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, 2018 [118] приведены в таблице 11.2 настоящего справочника НДТ.

Раздел 13 Утилизация и обезвреживание отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных

13.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных

Фильтры и фильтровальные материалы широко используются в технологическом оборудовании в системах очистки газовых выбросов и жидкостей для нужд промышленности, сельского хозяйства и отдельных домохозяйств, в автотранспортных средствах.

Для фильтрации могут использоваться следующие материалы:

Металлические проволочные сетки

Отличаются по конструкции, способу изготовления и конфигурации отверстий. По способу изготовления выделяют тканые, сварные, крученые, плетеные и щелевые фильтры. По конфигурации отверстий бывают фильтры с прямоугольными, ромбическими, квадратными и другими формами ячеек. Для изготовления проволоки чаще всего используют бронзу, сталь, латунь, никель.

Неметаллические сетки

Производят из синтетических полимерных материалов типа полипропилена, лавсана, капрона, фторлона. Структура неметаллических фильтров напоминает структуру фильтров металлических. Среди преимуществ фильтрующих устройств данного типа можно выделить высокую коррозионную стойкость. Средняя тонкость фильтрации составляет 10 мкм, но есть возможность изготовления сеток с размерами в десятые доли микрометра.

Фильтровальные ткани

Достаточно часто используются при очистке жидкостей. Среди них наибольшее применение находят хлопок, шерсть, натуральный шелк, лен, асбест и т. д.

В настоящее время существует большое количество видов тканых материалов, используемых в качестве фильтровального материала. Наиболее распространенными являются: ткань бельтинг, полиамидная, полиэфирная нить, фильтромиткаль, серпянка. Данные материалы изготавливают в основном из натуральных, синтетических или комбинированных волокон.

Нетканые текстильные фильтровальные материалы

Производятся из натуральных, химических волокон, а также их смесей. Основное преимущество таких материалов в сравнении с натуральными тканями заключается в более низкой стоимости и лучшей фильтрационной способности.

Бумага и картон

Применяются в том случае, когда фильтруются неагрессивные жидкости, например, нефтепродукты. Для изготовления фильтровальной бумаги используется древесная целлюлоза или хлопковые волокна. Технические фильтровальные картоны получают из смеси хлопковых волокон с отходами прядения типа циклонного пуха и хлопчатобумажного очеса.

Мембранные фильтрующие материалы

Производятся из нитрата и ацетата целлюлозы, полиамида, поливинилхлорида, фторуглеродных соединений и т. п. Чтобы повысить механическую прочность, применяется армирование материалов ультратонкой проволокой или синтетическими тканями (тефлон, нейлон и другие).

Металлокерамические материалы

Являются продуктом спекания или прессования металлических порошков бронзы, алюминия, нержавеющих сталей, вольфрама.

Керамические материалы

Производятся на основании спекания зернистых минеральных частиц и последующего добавления связующего вещества (но не обязательно).

Полимерные фильтрующие материалы

Это пористые пластмассы. Они достаточно экономичны, что обусловлено невысокой стоимостью исходного сырья для их производства. Среди недостатков пенопластовых материалов чаще всего упоминается неравномерность поровой структуры (трудность обеспечения стабильного размера пор) [120].

Фильтровальные материалы применяются в горной металлургии, химической отрасли, машиностроительной отрасли, обрабатывающей и перерабатывающей промышленности, а также в медицине и пищевой промышленности. Фильтровальные материалы широко используют для очистки топлива авиационной техники, автотранспорта, железнодорожного транспорта и водного транспорта.

Согласно данным федерального статистического наблюдения практически треть от общего объема образования отходов фильтров составляют фильтры автотранспортных средств, в том числе фильтры очистки топлива и масла автотранспортных средств, фильтры воздушные. Более половины (до 60%) от общего количества ежегодно продаваемых автомобильных фильтров приходится именно на масляные. Принимая во внимание, что статистическим наблюдением не учитываются отходы фильтров, образующихся при эксплуатации личных автотранспортных средств, можно предполагать, что реальное количество образующихся отходов фильтров автомобильных значительно выше статистических данных.

В настоящем Справочнике рассматриваются технологии утилизации масляных фильтров, отработанных при эксплуатации автотранспортных средств.

Фильтры могут быть разных типов: проточные, частично-проточные, комбинированные, а также центробежные. Соответственно, названые варианты отличаются конструкцией. Однако выделяют несколько элементов, которые присутствуют в фильтрах всех видов:

- корпус: может быть с крышкой или без нее, что зависит от вида изделия (для одно- или многоразового использования);
- фильтрующий элемент: изготавливается из бумаги или пластика, образует складчатую конструкцию, что способствует увеличению полезной площади;
- обратный клапан: препятствует попаданию масла из системы смазки в фильтр;
- перепускной клапан: обеспечивает возможность подачи масла напрямую, в обход фильтра, что необходимо для работы системы при низких температурах или в случае, когда фильтрующий элемент забивается, перестает выполнять свою функцию;
- уплотнители (снижают вероятность образования течи);
- прижимная пружина (фиксирует обратный клапан, когда машина не работает).

В центробежных фильтрах дополнительно предусматриваются ротор и ось [121].

Отработанный автомобильный масляный фильтр конструктивно представляет собой металлическую капсулу, в которой находятся резиновые и полимерные клапаны, фильтрующий элемент (бумага, текстиль, натуральные и синтетические волокна), стальные детали и отработанное моторное масло.

В настоящее время современными предприятиями производятся разборные и неразборные масляные фильтры.

В каждом отработанном автомобильном масляном фильтре сосредоточено от 200 до 500 г отработанного автомобильного масла. В результате в системе обращения масляных фильтров оборачивается свыше 14 000 м^3 отработанного масла [122].

Основные данные по методам и технологиям утилизации и обезвреживания отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных.

Фильтры и фильтровальные материалы, образующиеся в технологическом оборудовании, в основном подлежат утилизации и обезвреживанию на промышленных предприятиях, образующих данные отходы, или сжигаются. Сведения о технологиях обезвреживания отходов путем сжигания представлены в справочнике НДТ ИТС 9-2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)».

Фильтры масляные автомобильные традиционной конструкции имеют металлические днища и стержень, гарантирующие высокую механическую прочность, фильтрующую перегородку, изготовленную из специального фильтрующего материала, а также резиновые прокладки. Таким образом, отходы масляных фильтров представляют ресурсную ценность как по причине содержания в них масла, так и по высокому содержанию в них ресурсоемких материалов.

Утилизация разборных масляных фильтров осуществляется путем разделки фильтров с дальнейшей утилизацией ее составных частей.

Неразборные масляные фильтры (spin-on) чаще всего используются в грузовых автомобилях. Достоинством этого типа фильтров является высокая устойчивость к механическим повреждениям, а также легкая замена, практически лишенная риска внесения загрязнений в систему смазки двигателя. Однако серьезным недостатком является сложный и дорогостоящий процесс утилизации использованных фильтров [123].

Неразборные масляные фильтры образуют единый узел, состоящий из корпуса и фильтрующего элемента. Во время проведения работ по техническому обслуживанию заменяется весь узел. Поэтому его утилизация остается проблемой. В настоящее время существуют линии и оборудование, осуществляющее утилизацию отработанных масляных фильтров.

Экологические проблемы, возникающие при утилизации и обезвреживании отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных, в первую очередь, связаны с необходимостью организации сбора этих отходов, необходимостью применения термических методов для обезвреживания отдельных деталей фильтров и низким качеством выделяемого металла в связи с загрязнением фильтров.

13.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных

13.2.1 Технология утилизации автомобильных масляных фильтров с предварительной разборкой

Область применения. Применяется для утилизации разборных автомобильных масляных фильтров.

Описание метода. Корпус фильтра распаковывается с последующей сортировкой компонентов. Технология утилизации состоит в быстром разрезании корпуса фильтра, отделении и сборе отработанного масла, разборке фильтроэлемента, отделении и отжиме промасленной шторы, отделении стального лома, резинотехнических изделий, отсортировки деталей, подлежащих рециклингу при производстве новых фильтров. Масло поступает на регенерацию, сталь – в металлолом и в мартен, резина – в переработку, брикетированная бумажная штора – в печь.

13.2.2 Технология утилизации автомобильных масляных фильтров без предварительной разборки

Область применения. Применяется для утилизации автомобильных масляных фильтров. Линия используется для переработки от 1000 до 1200 кг/ч фильтров размером 100 × 140 мм от легковых автомобилей и размером 150 × 200 мм от грузовиков.

Описание метода. Процессом утилизации предусмотрено следующее:

- загрузка материала;
- удаление вручную посторонних включений;
- первая стадия измельчения;
- заключительная стадия измельчения с просеиванием;
- удаление остатков масла с материалов;
- отделение ферромагнитных материалов от бумаги.

Процесс позволяет получить железо (с остаточным содержанием масла не более 3%), которое продается как металлолом. Отходы бумаги могут быть использованы в составе альтернативного топлива или направлены на обезвреживание термическим способом.

13.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов фильтров и фильтровальных материалов отработанных

В процессе утилизации автомобильных масляных и топливных фильтров основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы. Уровень потребления энергетических ресурсов зависит от применяемой технологии утилизации.

Применение технологии утилизации масляных и топливных фильтров может сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух при разборке фильтров или в процессе отжима фильтрующей шторы.

При наличии процессов утилизации вторичных отходов, таких как брикетированная бумажная штора, методом сжигания, также образуются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Раздел 14 Утилизация и обезвреживание отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов

14.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители

Данная группа отходов включает:

- отходы продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители;
- отходы органических пестицидов и агрохимикатов.

Все рассматриваемые в данном разделе отходы содержат в своем составе стойкие органические загрязнители (СОЗ).

Согласно Стокгольмской конвенции, стойкие органические загрязнители – это вещества, которые обладают токсичными свойствами, проявляют устойчивость к разложению, характеризуются биоаккумуляцией и являются объектом трансграничного переноса по воздуху, воде и мигрирующими видами, а также осаждаются на большом расстоянии от источника их выброса, накапливаясь в экосистемах суши и водных экосистемах [124].

Спектр токсического воздействия СОЗ включает в себя летальность, вредное влияние на репродуктивность и развитие, подавление иммунной системы, дерматологические заболевания, мутагенный и канцерогенный эффект.

Основными целями Стокгольмской конвенции являются сокращение использования, прекращение производства и последующая полная ликвидация промышленно-производственных СОЗ, а также уменьшение непреднамеренно образующихся выбросов СОЗ.

По условиям Стокгольмской конвенции, ратифицированной Россией 27 июня 2011 года, в перечень наиболее опасных стойких органических загрязнителей биосферы включено 12 соединений – альдрин, хлордан, ДДТ, дильдрин, эндрин, гептахлор, мирекс, гексахлорбензол, токсафен, ПХБ, ПХДД, ПХДФ. При этом только ПХДД и ПХДФ не используют в промышленности и сельском хозяйстве; они образуются как примеси при производстве хлорсодержащей химической продукции, в процессах термического обезвреживания промышленных и коммунальных отходов, при производстве целлюлозы и др.

В настоящее время производство и применение практически всех СОЗ запрещены.

Основные данные по технологиям утилизации и обезвреживания отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов.

Большинство отходов продукции, содержащей стойкие органические загрязнители и отходы органических пестицидов и агрохимикатов, обезвреживается термиче-

скими методами. Сведения о технологиях обезвреживания отходов термическими способами представлены в ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

Известны технологии обезвреживания СОЗ, альтернативные термическим методам обезвреживания отходов и примененные на действующих промышленных предприятиях. Данные технологии характеризуются высокой степенью деструкции (СД) СОЗ-составляющих – от 99,999% до 99,9999% и более. К таким технологиям относится дехлорирование оксидами металлов. К химическим процессам, приводящим к удалению хлора, относятся, в том числе:

- электрохимическое восстановление – дехлорирование металлическим натрием;
- дехлорирование щелочными системами;
- дехлорирование в присутствии полиэтиленгликоля;
- восстановление алкоксидом натрия;
- восстановление высокотемпературной гидрогенизацией;
- каталитическое дехлорирование;
- каталитическая гидрогенизация;
- технология сольватированного электрона;
- биологический метод обезвреживания.

На стадии разработки находятся также фотохимический и радиолизный методы.

14.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов

Сведения о технологиях обезвреживания отходов термическим способом путем сжигания представлены в ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

В настоящем подразделе рассмотрены технологии обезвреживания СОЗ, альтернативные термическим способам и примененные на действующих промышленных предприятиях.

14.2.1 Метод щелочного дегидрохлорирования СОЗ

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ, в том числе ПХДД.

Описание метода. Щелочное дегидрохлорирование загрязненных ПХДД/ПХДФ считается наиболее перспективным среди химических методов как для жидких, так и для твердых материалов. Дегалогенирование можно осуществить с помощью смесей водных растворов солей щелочных металлов и полиспиртов. Реакционная смесь выдерживается при температуре 140–220 °С, степень деструкции диоксина достигает 99,95%. Высокая эффективность дегазации ПХДД/ПХДФ отмечена при применении полиэтиленгликолята калия, который позволяет провести дехлорирование до образования KCl и других относительно нетоксичных продуктов. В зависимости от температурного режима и времени реакции эффективность деструкции ПХДД и ПХДФ может достигать 99,9% [125].

14.2.2 Химическое восстановление в газовой фазе (Gas Phase Chemical Reduction (GPCR))

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ.

Описание метода. Данная технология обеспечивает наилучшие результаты среди всех технологий обезвреживания СОЗ, отличных от сжигания. В процессе GPCR реакция разложения СОЗ проходит в разряженной газовой среде в отсутствие кислорода, что предотвращает образование диоксинов и способствует разложению диоксинов, присутствующих в отходах. Процесс основывается на реакции газо-фазного термохимического восстановления, заключающейся во взаимодействии водорода с органическими и хлорорганическими соединениями. При температурах в диапазоне от 800 до 900 °С и низком давлении водород вступает в реакцию с такими соединениями, как полихлорированные бифенилы, ДДТ, гексахлорбензолы и смесями пестицидов, разлагая эти вещества в основном на метан и галогеноводород и некоторое количество легких углеводородов. Галогеноводороды нейтрализуются гидроксидом натрия и восстанавливаются до хлорида натрия. Так как реакция с водородом происходит в газовой фазе,

необходима предварительная обработка как твердых, так и жидких отходов. Разработаны и широко используются технологии предварительной обработки. Твердые отходы перерабатываются непосредственно, без какого-либо измельчения или уменьшения размеров фракций отходов.

В зависимости от количества отходов и производительности установки, с помощью данной технологии можно переработать до 100 т отходов в сутки. Данная технология обезвреживания может применяться для всех СОЗ, в том числе отходов с высокими концентрациями СОЗ, ПХБ содержащих трансформаторов, батареек и использованных масел.

В процессе GPCR все выбросы и твердые частицы могут быть уловлены для их анализа и дальнейшей переработки, если необходимо. Остатки, образовавшиеся в процессе, состоят из получаемого газа, воды газопромывателя, песка и шламов от переработки (очистки) получаемого газа. Данная технология прошла промышленные испытания, лицензирована и используется в Австралии, Японии и Канаде [125].

14.2.3 Каталитическое разложение (BCD)

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ, в том числе ДДТ, ПХБ, диоксинов и фуранов.

Описание метода. Технология используется для переработки больших объемов отходов с высоким содержанием СОЗ, таких как ДДТ, ПХБ, диоксины и фураны. Технология BCD является усовершенствованным вариантом разработанного ранее Агентством по охране окружающей среды США процесса каталитического дехлорирования для восстановления почв и осадков, загрязненных хлорсодержащими органическими веществами.

В технологии BCD твердые или жидкие отходы подвергаются переработке путем нагревания до 300–350 °C в водородной среде при нормальном давлении и присутствии смеси углеводородов с высокой точкой кипения, гидроокиси натрия и катализатора. Во время процесса высокореактивный атомарный водород, образующийся в подогретой смеси, разлагает хлорорганические и другие отходы с образованием неорганических солей, инертных остатков и воды. Затем катализатор, использованный в BCD, отделяется от осадка, восстанавливается и используется повторно.

Технология BCD позволяет утилизировать до 20 т загрязненных твердых отходов в час и до 9000 л жидкости за один раз. На основании процесса BCD можно разработать установки меньшей производительности.

Мониторинг сбросов и выбросов от устаревших установок, использующих технологию BCD, показывали наличие хлорорганических соединений и диоксинов. В процессе BCD все выбросы и осадки могут улавливаться для проведения анализа и повторной очистки, если необходимо.

Усовершенствованное оборудование позволяет достичь разложения > 99,99999% для 30-процентного ДДТ и > 99,999999% для 90% ПХБ.

Технология BCD была использована для обезвреживания 42 000 т загрязненных ПХБ почв [125].

14.2.4 Окисление в сверхкритической воде (СКВО)

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ.

Описание метода. Технология представляет собой низкотемпературное окисление нитратом кальция в реакторе псевдосжиженного слоя. Метод позволяет минерализовать такие химические элементы, как фтор, фосфор, сера, азот в соединения типа фторапатитов, гидроксиапатитов, гидроксил-карбонатапатитов и сульфата кальция. Происходит исчерпывающее окисление органической части перерабатываемых продуктов в основном до углекислого газа и азота. Таким образом, образующиеся газообразные продукты по своему составу близки к составу воздуха.

Технология предусматривает мобильность установок и является более энергосберегающей по сравнению с термическими способами обезвреживания ядовитых веществ. Для процесса СКВО характерна более низкая температура процесса, чем у термических способов, более высокая устойчивость процесса, малый конечный выход окислов азота и серы. Окисление достигается в гомогенных однофазных условиях, которые обеспечивают условия для смешения компонентов и высокие скорости тепло- и массопереноса; высокая эффективность разрушения токсичных компонентов достигается сравнительно быстро и в относительно малых по объему реакторах, процесс происходит в полностью замкнутой системе, позволяющей изоляцию от окружающей среды токсичных и опасных уничтожаемых материалов до проведения процесса, а также сбор и анализ обезвреженных продуктов окисления до их контролируемого сброса в окружающую среду.

Процесс СКВО использовался для обезвреживания широкого спектра материалов, в том числе СОЗ, промышленных органических химикатов, химикатов, используемых в сельском хозяйстве, взрывчатых веществ, а также очистки широкого спектра загрязненных объектов, таких как промышленные стоки, илы (шламы), хозяйственно-бытовые сточные воды, загрязненные ПХБ, пестицидами, алифатическими и ароматическими галогенсодержащими веществами.

Зарегистрированная эффективность обезвреживания и удаления для технологии СКВО составляет > 99,99994% для переработки диоксинсодержащих отходов и > 99,999% для обезвреживания различных опасных органических соединений (в том числе хлорсодержащих растворителей, ПХБ и пестицидов) [125].

14.2.5 Восстановление натрием (SR)

Область применения. Используется для переработки отработанных масел с содержанием СОЗ, в том числе ПХБ.

Описание метода. Данная технология считается хорошо проработанной, использовалась в промышленном масштабе в течение ряда лет для переработки отработанных масел с низкими и высокими концентрациями ПХБ. Технология является передвижной и широко может использоваться для обезвреживания ПХБ на производственных участках, где располагаются работающие трансформаторы.

По данным [125] в процессе SR хлор, входящий в состав ПХБ, полностью восстанавливается щелочным металлом при рассеивании натрия в минеральных маслах. Процесс дехлорирования осуществляется путем перемешивания реакционной смеси в су-

хой азотной среде при нормальном давлении. В конце реакции избыток натрия удаляется путем добавления воды. Предварительная обработка заключается в удалении влаги из реагентов. При использовании процесса SR образуется минимальное количество твердого осадка. Побочные продукты реакции: вода, хлорид натрия, гидроокись натрия и бифенилы.

14.2.6 Катализируемое основанием разложение (КОР)

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ.

Описание метода. Растворы или суспензии СОЗ в высококипящих углеводородах (нефтепродуктах) нагревают в присутствии каустической соды и катализатора. В этих условиях нефтепродукты служат источником водорода, который отщепляется и вступает в реакцию со связанным хлором в составе СОЗ. В присутствии щелочи главными продуктами переработки являются пары воды и хлорид натрия [125].

14.2.7 Биологические методы

Область применения. Используется для обезвреживания СОЗ, в том числе ПХБ.

Описание метода. Данные методы ограниченно пригодны для обезвреживания СОЗ. В первую очередь подвергаются обезвреживанию низкохлорированные ПХБ (моно-, ди-, три- и некоторые тетрахлорбифенилы). Высокохлорированные соединения остаются неизменными в условиях биоразложения и негативно влияют на все виды штаммов бактерий. Микроорганизмы способны разлагать хлорорганические вещества. Деструкция проходит по схеме действия окислительно-восстановительных ферментов в три стадии:

- образование фермент-субстратного комплекса;
- процесс подготовительного метаболизма;
- стадия дегалогенизации.

Интенсификация механизма обезвреживания отходов обеспечивается за счет применения специально адаптированной анаэробной микрофлоры [125].

14.2.8 Химическая утилизация отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители

Область применения: отходы масел трансформаторных, содержащих полихлорированные дефинилы и терфинилы.

Краткое описание технологии.

Метод заключается в последовательной обработке совтола олеумом и триэтаноламином. Продукт утилизации совтола представляет собой триэтаноламинную соль сульфированного совтола и является смесью органических веществ.

Полученная в результате утилизации отходов масел трансформаторных, содержащих полихлорированные дефинилы и терфинилы, антисептическая паста, по мнению авторов технологии, может быть использована для обработки древесины.

14.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов

Эмиссии при обезвреживании стойких органических загрязнителей зависят применяемых методов. В источнике [125] отсутствует подробное описание возможных эмиссий для каждой технологии, изложенной в разделе 14.2 настоящего справочника НДТ.

Сведения о текущих уровнях выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при физико-химической переработке отходов или оборудования, содержащего стойкие органические загрязнители (СОЗ), по данным справочника ЕС по наилучшим доступным технологиям Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, 2018 [118] приведены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Текущие уровни выбросов при физико-химической переработке отходов или оборудования, содержащего стойкие органические загрязнители (СОЗ)

Параметр	Тип измерения	Среднее значение
Поток ($м^3$/ч)	Периодический	55 825
Неметановые летучие органические соединения (мг/$м^3$)	Непрерывный	74
ПХБ (мкг/$м^3$)	Периодический	0,5
Диоксиноподобные ПХБ (нг I-TEQ /$м^3$)	Периодический	0,06

Эмиссии в окружающую среду при химической утилизации отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители представлены выбросами загрязняющих веществ, перечень и значения которых представлены в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Текущие уровни выбросов загрязняющих веществ при химической утилизации отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители

Загрязняющее вещество	Единица измерения	Текущие уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
Оксид серы (VI)	г/сек	0,00502
Толуол	г/сек	0,000356
Триэтаноламин	г/сек	0,0000059
Трихлорбензол	г/сек	0,0002

Утилизация отходов масел трансформаторных, содержащих полхлорированные дефинилы и терфинилы, сопровождается образованием отработанного сорбента.

Раздел 15 Утилизация и обезвреживание твердых коммунальных отходов

15.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию твердых коммунальных отходов

Твердые коммунальные отходы – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1].

Твердые коммунальные отходы (далее – ТКО) могут содержать следующие компоненты: бумагу, картон; пищевые отходы; дерево; металл (черный и цветной); текстиль; кости; стекло; кожа; резина; камни; полимерные материалы, прочие (неклассифицируемые части); отсев (менее 15 мм). Сведения о морфологическом составе ТКО различных климатических зон представлены в таблице 15.1 [126, 127].

Таблица 15.1 – Морфологический состав ТКО для различных климатических зон,% массы

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Пищевые отходы	30–37	37–45	29–36
Бумага, картон	37–41	23–32	26–36
Дерево	1-2	1-2	2–6
Черный металл	3-4	2-3	3-4
Цветной металл	1-2	1-2	1-2
Текстиль	3–5	3–5	4–6
Кости	1-2	1-2	1-2
Стекло	2-3	2-3	4–6
Кожа, резина	0,5–1	1	2-3
Камни	0,5–1	1	1–3
Пластмасса	5-6	5-6	5-6
Прочее	1-2	3-4	1-2
Отсев (менее 15 мм)	5–7	6–8	4–6

Морфологический состав ТКО постоянно изменяется, появляется больше твердых, неразлагаемых составляющих: стекло, керамика, металлы, резина, пластмассы; содержание легкоразлагаемой органики (пищевых отходов) в общей массе ТКО снизилось. Состав ТКО крупных городов России отличается большим содержанием упаковочных материалов (бумага, пластик, цветной металл) [126, 127].

В настоящее время ТКО в Российской Федерации преимущественно направляются на захоронение, которое может предваряться сортировкой с выделением утильных фракций и последующей их утилизацией.

Вовлечение утильных фракций твердых коммунальных отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных источников сырья и энергоресурсов дает экологический и экономический эффект, позволяет существенно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду в условиях продолжающегося необратимого сокращения природных ресурсов [127].

Наиболее высокое качество утильных фракций достигается при организации раздельного накопления.

Основные данные по методам и технологиям утилизации твердых коммунальных отходов

Твердые коммунальные отходы перед их утилизацией и обезвреживанием как правило подвергаются сортировке, в том числе применяются баллистическая сепарация, воздушная, магнитная и электродинамическая сепарация.

Баллистическая сепарация позволяет разделять ТКО на три потока: легкие плоские фракции (пакеты, листы бумаги), тяжелые объемные фракции (пластиковые бутылки и т.п.) и отсев.

Воздушная сепарация позволяет отделить легкие фракции за счет их скорости перемещения в потоке воздуха.

Магнитная сепарация используется для удаления из смеси материалов, проявляющих магнитные свойства.

Электродинамическая сепарация используется для отделения цветных металлов [130]. Метод обработки измельчением ТКО, как правило, применяется перед компостированием или пиролизом отходов. Для измельчения ТКО, учитывая наличие в отходах частиц разного размера и твердости, используется универсальное оборудование типа шредера [129, 131].

Ручная сортировка отходов осуществляется с целью отбора определенных фракций, пригодных для последующей утилизации. При ручной сортировке со стола конвейера изымаются «полезные» компоненты. В итоге на конвейере остаются отходы, не подлежащие сортировке. При сортировке раздельно собранных отходов, представленных главным образом однородными материалами, удаляются примеси, и на конвейере остается только отсортированное вторичное сырье [127, 128].

При оптико-механической сортировке – компоненты ТКО распознают при помощи рентгеновского или инфракрасного излучения. Такой метод сортировки целесообразно применять для систем раздельного накопления отходов. В этом случае он позволяет обеспечить высокий процент отбора фракций, высокую степень чистоты извлечения материалов с высокой производительностью [129, 130].

Прессование (сжатие, укатывание, трамбование, виброуплотнение или сочетание перечисленных методов) используется при обработке ТКО как непосредственно в местах их сбора, так и в процессе их транспортировки и переработки.

Сушка – процесс удаления влаги из отходов путем ее испарения и отвода образующихся паров. При сушке в виде пара удаляется легколетучий компонент (вода, органический растворитель и т. д.), что обеспечивает более высокие физико-механические характеристики получаемых продуктов [129, 131].

Сведения о термических методах (технологиях утилизации и обезвреживания ТКО путем сжигания) представлены в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» [84].

Одним из методов утилизации ТКО является производство твердого топлива из ТКО. Твердое топливо из ТКО используется в качестве полного или частичного замещения основного вида топлива, например, для цементной промышленности, в энергетических установках.

Твердое топливо из ТКО получают путем измельчения, сепарации и обезвоживания предварительно отсортированных твердых коммунальных отходов. Твердое топливо из ТКО может использоваться в измельченном состоянии или в виде спрессованных брикетов.

Содержание опасных веществ (хлор, ртуть) в твердом топливе из ТКО должно строго контролироваться и не превышать допустимых норм [132, 133].

ГОСТ Р 55133-2012 «Системы менеджмента качества. Частные требования для их применения при производстве топлива твердого топлива из бытовых отходов» устанавливает требования к системе менеджмента качества для производства твердого топлива из бытовых отходов от получения отходов до поставки твердого топлива из бытовых отходов [134].

15.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания твердых коммунальных отходов

Основным направлением утилизации и обезвреживания ТКО, представляющих собой смесь материалов является метод сжигания или пиролиза. Сведения о технологиях утилизации и обезвреживания ТКО путем сжигания представлены в справочнике НДТ ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами».

Утилизация ТКО с целью получения твердого топлива из ТКО базируется на физических методах [84, 133].

Утилизация отдельных фракций ТКО базируется на сортировке ТКО.

15.2.1 Методы сортировки твердых коммунальных отходов

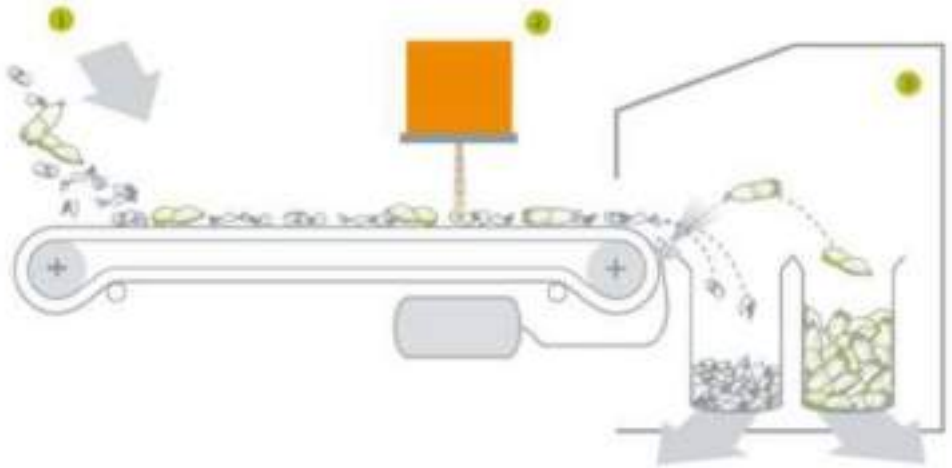
Различают ручную и автоматизированную сортировку.

При ручной сортировке распознавание нужных материалов производится персоналом визуально, а отбор осуществляется вручную. Традиционная схема сортировки отходов выглядит следующим образом: отходы по подающему конвейеру поступают в кабину сортировки, где при их движении по сортировочному конвейеру рабочие постов отбора выделяют тот или иной вид вторичного сырья. В качестве механической подготовки

отходов могут использоваться вращающийся грохот, динамический сепаратор и другие устройства, обеспечивающие предварительный разрыв и ворошение пакетов, отделение мелкой фракции. При помощи магнитного и электродинамического сепараторов отделяются черные и цветные металлы соответственно.

Линии автоматизированной сортировки значительно облегчают ручной труд, однако распознавание интересующих компонентов, как правило, выполняется человеком. На линиях полностью автоматической сортировки материалов весь процесс сортировки отходов, а именно идентификация отбираемых материалов и их выделение из общего потока, происходит без участия персонала. Как правило, в основе технологии линий автоматической сортировки лежит использование сенсоров оптического определения материалов путем облучения потока излучением с определенными длинами волны и последующего спектрального анализа отраженного от поверхности материала излучения или интенсивности и спектра рентгеновских лучей, прошедших сквозь образец.

ТКО равномерно подается по транспортеру к области работы сенсоров. На поверхность отходов воздействуют излучением с определенной длиной волны. Распознавание производится с помощью сравнения спектра отраженного от поверхности отхода светового сигнала с уже имеющимся спектром в базе данных системы [130], [135, 136]. В конце транспортера расположены пневмомодули, снабженные рядом пневмодюз. После распознавания определенного компонента через расчетное время открываются необходимые дюзы, и компонент отстреливается из потока с помощью сжатого воздуха. Таким образом, из потока материалов можно выделить две или три фракции [130, 136]. Принцип работы оборудования представлен на рисунке 15.1.



1 – подача несортированных материалов; 2 – спектросканер;
3 – разделительная камера

Рисунок 15.1 – Сортировка материалов с помощью сенсоров [135]

Утильные фракции подвергают механической обработке, включающей измельчение, прессование, брикетирование и другие методы и их комбинации.

Измельчение – процесс уменьшения размеров частиц твердого тела до требуемых размеров путем механического воздействия. При дроблении ТКО используют только ударную технологию и технологию среза. Ударная технология реализована в конструкциях молотковых и роторных дробилок, технология среза – в конструкциях шредеров.

Прессование – процесс обработки отходов давлением, производимый с целью увеличения их плотности и уменьшения объема. Прессование отходов обычно выполняется с использованием мобильных пресс-компакторов или пресс-контейнеров.

Брикетирование – прессование отходов в куски однородного состава и геометрически правильной формы, так называемые брикеты. Для брикетирования обычно применяются специальные механизированные комплексы, состоящие из измельчителей (дробилок), уплотнителей – брикетирующих установок и, в отдельных случаях, упаковочных машин [130, 136].

15.2.2 Технология производства твердого топлива из ТКО

Согласно «ГОСТ 33564-2015 Топливо твердое из бытовых отходов. Термины и определения» топливо твердое из бытовых отходов определено как твердое топливо, подготовленное из неопасных отходов и предназначенное для выработки энергии на мусоросжигательных фабриках (установках) или фабриках (установках) попутного мусоросжигания. Подготовленное – здесь значит переработанное, гомогенизированное и улучшенное до показателей качества, принятых у изготовителей и потребителей.

Технология производства твердого топлива из ТКО может включать следующие технологические операции:

- сортировка;
- измельчение, дробление;
- сепарация (немагнитных материалов и сепарация магнитных материалов, гравитационная сепарация или оптическая сепарация);
- просеивание;
- сушка;
- гомогенизация и уплотнение (грануляция, брикетирование).

На рисунке 15.2 схематично представлена технология производства твердого топлива из ТКО [132, 133].

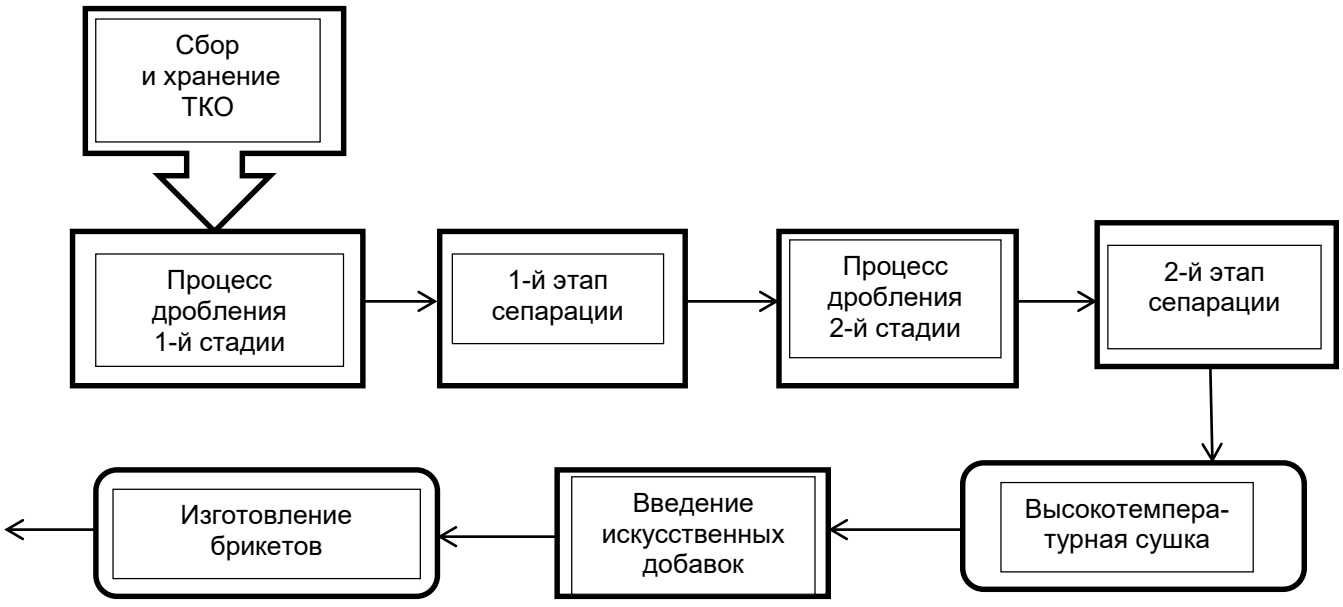


Рисунок 15.2 – Схема технологии производства твердого топлива

Классификация твердого топлива из ТКО и его основные технические характеристики установлены ГОСТ 33516-2015 «Топливо твердое из бытовых отходов. Технические характеристики и классы» [137]. Классификация твердого топлива из ТКО производится в зависимости от значений следующих показателей:

- среднеарифметическое значение низшей теплоты сгорания (*Q*);
- среднеарифметическое значение содержания хлора (Cl);
- среднеарифметическое и 80-процентильное значение содержания ртути (Hg).

Потребители твердого топлива из отходов могут устанавливать дополнительные и/или более жесткие требования, чем указаны в ГОСТ 33516-2015.

15.2.3 Технология компостирования

Компостирование – аэробный процесс, в ходе которого кислород реагирует при определенных условиях с органическими материалами, образуя CO_2, воду и гумусовые соединения.

Существуют две системы компостирования:

- открытое (буртовое) компостирование;
- закрытое компостирование.

Открытое буртовое компостирование предусматривает укладку отходов в бурты высотой от 1,80 до 3,00 м. Возможная форма буртов: треугольная, трапецеидальная или плоская. Средняя длительность процесса гниения органических отходов около 10–60 недель.

Известны технологии компостирования отсева, полученного при сортировке ТКО, и иных органических биоразлагаемых отходов в климатической камере, которая проводится с использованием специального укрывного материала -полупроницаемой мембраны из многослойного пластика. Мембрана позволяет существенно снизить эмиссии продуктов разложения органических отходов в окружающую среду. Типичный процесс под укрывным материалом длится восемь недель, разделенных на три фазы. Вылеживающийся материал на четыре недели остается в фазе I («интенсивное компостирование»), затем две недели в фазе II («созревание») и две недели в фазе III («дозревание»). В течение этих восьми недель три раза проводится ворошение. Покрытие буртов присутствует в фазах I и II. Установленные в бурте измерительные зонды контролируют снабжение кислородом и температуру реакции и регулируют продолжительность вентиляции. Условия компостирования обеспечивают защиту окружающей среды от механического распространения компонентов компостируемого субстрата по прилегающей территории и обеспечивает независимость компостирования от климатических факторов.

Благодаря мембране исключается доступ к компостируемому субстрату насекомых, животных и т.п. Технологией предусмотрен контроль и автоматизация принудительной аэрации, обеспечивающей поддержание уровня кислорода в компостируемой смеси. Равномерное распределение кислорода и влаги по объему бурта обеспечивается избыточным парциальным давлением кислорода за счет полупроницаемой мембраны и регулярного нагнетания воздуха.

Технологией также предусмотрен автоматический контроль температуры, для подтверждения достижения и поддержания температуры 80 °C для обеззараживания компостируемой массы.

Производственный цикл обезвреживания отходов определяется температурными условиями проведения процесса и может составить для целей обезвреживания 28-56 дней. Для получения качественного компоста требуется более длительный период времени.

Закрытое компостирование

Цеховое компостирование (в плоских буртах) проводится в помещениях. Отходы закладываются на компостирование в виде непокрытых плоских буртов в закрытых помещениях. Увлажнение происходит непрерывно через спринклерные системы и/или периодически при перемешивании. Аэрация буртов производится вытяжным способом. Воздух из цеха очищается в биологическом фильтре.

Туннельное компостирование. Разложение органических отходов происходит в полностью закрытом туннеле с подвижным днищем. Отходы непрерывно перемешиваются с деаэрацией и увлажнением в зависимости от степени гниения. Отработанный воздух отводится и очищается.

Боксы / контейнеры. Система работает в режиме загрузки-разгрузки со стационарным или передвижным днищем. Аэрация происходит через перфорированное днище, отработанный воздух отсасывается и очищается. По аналогии с туннельным способом интенсивный процесс длится 8–10 суток.

Горизонтальные вращающиеся барабаны (биобарабаны). В системе используются перфорированные вращающиеся чаны или барабаны. Данный метод обеспечивает хорошую гомогенизацию и механическое расщепление отходов.

Для получения компоста высокого качества необходимо устранить попадание в готовый продукт вредных веществ из состава ТКО. Для этого органические биоразлагаемые отходы следует собирать раздельно и подвергать предварительной механической обработке перед компостированием (отделение примесей и металлов, измельчение).

В результате компостирования происходит стабилизации отходов, что позволяет уменьшить вес и объем обезвреженных органических отходов из отсева ТКО. При использовании закрытых и утепленных вертикальных биореакторов объем органической части отходов уменьшается до 70% от изначального, а в случае использования полевого компостирования – до 40% [138].

15.2.4 Технология сбраживания органических отходов, собранных раздельно или выделенных при сортировке ТКО

Сбраживание органических отходов представляет собой анаэробный процесс разложения органических веществ.

Различают два основных температурных режима сбраживания: мезофильное (диапазон температур до +35 °С) и термофильное (диапазон температур до +55 °С). Сбраживание может осуществляться в накопительных установках (длительность процесса от 18 до 21 дня) и в проточных установках (время процесса1-5 дней).

Установки для сбраживания органических отходов подразделяются на мокрые (содержание сухих веществ до 15%) и сухие (содержание сухих веществ от 20 до 40%) процессы ферментации, мезофильные (диапазон температур до +35 °С) и термофильные процессы (диапазон температур до +55 °С). Установки для сбраживания органических отходов также подразделяются на накопительные и проточные, время осуществления процессов сбраживания в которых составляет от 18 до 21 дня для накопительных и 1–5 дней для проточных установок.

В результате процесса сбраживания получается биогаз и остатки брожения.

Свойства биогаза: плотность 1,22 кг/м³; теплотворная способность 4,5 - 6,5 кВт·ч/м³; содержание метана 55 - 65% (55-75% в случае проточных установок); содержание углекислого газа 35 - 45%.

Остатки сбраживания возможно использовать в сельскохозяйственных целях как удобрение при подтверждении соответствия установленным требованиям, установленным, например, ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюэнт.Технические условия».

15.2.5 Технология сушки органических отходов, собранных раздельно

Собранные раздельно органические отходы (пищевые отходы) подвергаются сушке с получением продукции (кормовые добавки, удобрение, биотопливо). Сушка осуществляется в герметично закрытой камере, в которой производится одновременно перемешивание и нагрев загруженных отходов до 100 С. Образующийся пар удаляется из камеры в конденсатор, где происходит его частичная конденсация, избыток пара возвращается в камеру для поддержки влажности отходов, конденсат выводится из конденсатора. При остаточной влажности продукта от 5 до 10% происходит прекращении поступления пара в конденсатор, установка автоматически отключается. Время обработки (8-10 часов или 24ч в зависимости от модели оборудования, влажности отходов), температура обеспечивают стерилизацию продукции.

По окончании процесса сухая стерильная масса выгружается из камеры. Выгрузка продукции осуществляется через окно выгрузки, при запуске соответствующего автоматического режима, в любую подходящую емкость/мешок. Одновременно можно взять образцы отработанного остатка для проведения лабораторных исследований.

Герметичная камера и замкнутый контур циркуляции паровоздушной смеси обеспечивают отсутствие выбросов, испарений и запаха. В течение процесса выводится конденсированная вода, которую можно собирать в емкость или отводить в систему канализации.

15.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании твердых коммунальных отходов

Текущие уровни потребления в процессах обезвреживания и утилизации ТКО определяются применяемыми технологическими процессами. Уровень потребления энергоресурсов и водных ресурсов также зависит от морфологического состава ТКО.

Основными экологическими проблемами, возникающими при утилизации ТКО, являются:

- обращение с веществами, опасными для окружающей среды;
- санитарно-эпидемическая опасность ТКО;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на всех этапах утилизации;
- пожароопасность (для отходов, обладающих пожароопасными свойствами, или выделяющими пожароопасные вещества при хранении).

В ходе механических и физических методов обработки ТКО производится выброс

загрязняющих веществ в атмосферный воздух от дробилок и измельчителей. Физическими факторами воздействия являются шум измельчителей и дробилок.

В ходе биологической утилизации ТКО и его органической фракции (компостирование) возможны выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод и образование отходов. Применение закрытого компостирования позволяет обеспечить организацию выбросов загрязняющих веществ с последующей очисткой отходящих газов. Применение «климатической камеры» позволяет снизить эмиссии в атмосферный воздух.

Процесс сбраживания отходов направлен на аккумуляцию и использование образующегося биогаза и использование остатков сбраживания в качестве удобрения. При этом эмиссии в атмосферный воздух минимизированы, возможность использования остатка сбраживания определяется качеством собранных отходов.

Процесс сушки раздельно собранных пищевых отходов характеризуется отсутствием эмиссий в атмосферный воздух, образованием конденсата, который в виде сточных вод подлежит сбросу в канализацию. Образование отходов при сушке зависит от качества собранных отходов, наличия в них непищевых компонентов.

Раздел 16 Утилизация и обезвреживание зол и шлаков от сжигания твердого топлива

16.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию зол и шлаков от сжигания твердого топлива

К отходам от сжигания твердого топлива относятся золы, топливные шлаки и золошлаковая смесь.

Зола – несгорающий остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при полном его сгорании и осажденный из дымовых газов золоулавливающими устройствами. В зависимости от вида топлива зола подразделяется на антрацитовую, каменноугольную, буроугольную, сланцевую, торфяную и др. Химико-минералогический состав золы отвечает составу минеральной части сжигаемого топлива.

Содержание золы при сгорании топлива различно: в каменных и бурых углях – от 1 до 45%, в горючих сланцах – от 50 до 80%, в топливном торфе – от 2 до 30% [140]. По способу удаления различают золу сухого отбора (зола-уноса) и мокрого (зола гидроудаления). Важными показателями качества золы являются ее дисперсность и гранулометрический состав. По степени дисперсности зола-уноса различается на низкодисперсную с величиной удельной поверхности (по воздухопроницаемости) менее 150 м/кг, среднедисперсную – от 150 до 300 м/кг и высокодисперсную – более 300 м/кг. Гранулометрический состав золы колеблется в широких пределах: размеры зерен – 1–200 мкм [141, 142, 143]. Топливный шлак – это материал, скапливающийся в нижней части топочного пространства тепловых агрегатов и удаляемый в жидком или спекшемся состоянии. Гранулированные шлаки представляют собой механическую смесь зерен 0,14–20 мм[143].

При совместном удалении золы и шлака гидротранспортом на тепловых электростанциях образуется золошлаковая смесь [140]. Золошлаковые смеси в зависимости от зернового состава делятся на крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые (рисунок 16.1). К шлаковой составляющей в золошлаковой смеси относят шлаковый щебень (частицы размером более 5 мм) и шлаковый песок (частицы размером от 0,315 до 5 мм) [143].

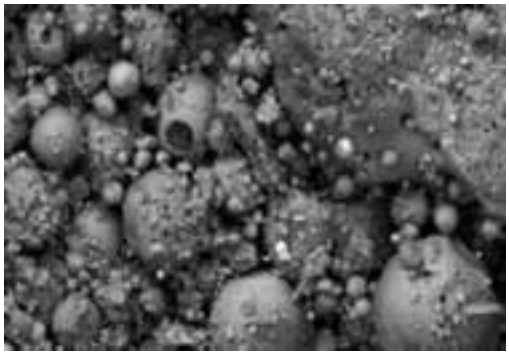


Рисунок 16.1 – Золошлаковый отход

Согласно «Энергетической стратегии до 2035 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 09 июня 2020 года № 1523-р, к 2035 году объем полезного использования золошлаков тепловых электростанций должен составлять не менее 50% [144, 145].

Доля утилизации золошлаковых отходов ТЭС от совокупной ежегодной выработки в период с 2019 по 2020 год по оценкам экспертов в среднем составляет более 15% (рисунок 16.2).



Рисунок 16.2 – Доля утилизации золошлаков от совокупной ежегодной выработки [146]

В основном отходы золошлаков образуются при эксплуатации угольных ТЭС. Объем накопления зол и шлаков от сжигания твердого топлива оценивается от 1,1 до 1,7 млрд т. По данным Национальной ассоциации производителей и потребителей золошлаковых материалов, на конец 2014 года в Российской Федерации работало 135 угольных ТЭС, у которых в эксплуатации находились 238 секций золоотвалов (рисунок 16.3) [146].В настоящее время значительно расширилась область применения золошлаковых отходов (рисунок 16.4) [141, 142]. Преимущество использования золошлаков заключается в значительной экономии первичного сырья и ресурсов. Кроме того, конечный продукт обладает улучшенными свойствами.



Рисунок 16.3 – Основные направления утилизации золошлаков ТЭС [147]

Основным направлением утилизации является применение золошлаков ТЭС в производстве строительных материалов, в дорожном строительстве, кроме того, из зо-

лошлаков можно извлекать благородные металлы, редкие и рассеянные элементы, получать вторичный уголь, алюмосиликатные полые микросферы, инертную массу алюмосиликатного состава и другие продукты [147, 148].

Золы сухого улавливания используются в качестве самостоятельного вяжущего, а также как активная добавка к неорганическим и органическим вяжущим веществам [141, 142].

Золошлаковые отходы применяются для упрочнения слабых грунтов, вертикальной планировки и исправления неудобий (осушение болот, засыпка оврагов), а также в качестве удобрений в сельском хозяйстве [141, 142].

Получило развитие направление использования золошлаковых отходов в металлургии с целью получения алюминия, извлечения редкоземельных металлов, извлечения галлия в качестве галлийсодержащего сырья.

В сельском хозяйстве высококальциевая зола находит применение в раскислении почв сельхозугодий.

Наряду со спросом на золошлаки для крупнотоннажных направлений переработки золошлаков имеется спрос и на отдельные фракции летучей золы для малотоннажных технологий производства высокотехнологичной продукции различными отраслями промышленности. К таким узким фракциям можно отнести легкую фракцию золы (ЛФЗ) [149].

В 2010 году создана «Национальная ассоциация производителей и потребителей золошлаковых материалов» (НАППЗШМ) [150, 151].

Основные данные по методам и технологиям утилизации зол и шлаков от сжигания твердого топлива

Предпочтительным с точки зрения дальнейшего превращения отходов в товарные продукты является раздельный отбор золы и шлаков непосредственно после сжигания. Размер частиц золы-уноса колеблется от 3–5 до 100–150 мкм. Количество более крупных частиц обычно не превышает 10–15%.

Шлак удаляется из котла, попадая в шлаковые ванны и охлаждаясь, а зола-унос – из сборных бункеров очистного оборудования (циклонов и электрофильтров). Кусковые шлаки представляют собой агрегированные и сплавившиеся частицы золы размером от 0,15 до 30 мм [148].

Смешанные зола и шлаки образуют золошлаковую смесь.

Для использования золошлаковых отходов в производстве компонентный состав отхода должен соответствовать определенным техническим требованиям. Применение зол и шлаков как добавок при производстве строительных материалов и изделий включено в ряд действующих национальных стандартов (ГОСТ) и методических документов. Перечень ряда документов представлен в таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Перечень нормативных документов по использованию золошлаковых отходов [142]

№ п/п	Наименование документа	Область применения
1	ГОСТ 26644-85 «Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия». Введ. 1 января 1987 г. М.: Изд-во стандартов, 1986	Распространяется на щебень и песок из шлаков, образующихся при сжигании углей на тепловых электростанциях в топках котлов с жидким и твердым шлакоудалением. Устанавливает требования к щебню и песку из шлаков (далее – щебню и песку), применяемым в качестве заполнителя для тяжелых и легких бетонов сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений
2	ГОСТ 25818-2017 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетона. Технические условия». Введ. 01 марта 2018 г. М.: Стандартинформ, 2017	Распространяется на золы-уноса сухого отбора, образующиеся на тепловых электростанциях в результате сжигания углей или смесей углей в пылевидном состоянии и применяемые в качестве компонента для изготовления тяжелых, легких, ячеистых бетонов и строительных растворов, сухих строительных смесей, а также в качестве тонкомолотой добавки для жаростойких бетонов и минеральных вяжущих для приготовления смесей и укрепленных грунтов в дорожном строительстве
3	ГОСТ Р 57789-2017 «Золы, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей». Введ. 01 марта 2018 г. М.: Стандартинформ, 2019	Распространяется на золы-уноса (далее – золы), шлаки и золошлаковые смеси тепловых электростанций (ТЭС), применяемые в качестве сырья для производства искусственных пористых заполнителей: зольного и шлакозитового гравия, глинозольного и глиношлакового гравия и щебня, зольного аглопоритового гравия и щебня, глинозольного и глиношлакового песка, зольного аглопоритового песка, по ГОСТ 33928 применяемых при изготовлении легких бетонов по ГОСТ 25820 и силикатных бетонов по ГОСТ 25214
4	ГОСТ 25485-2019 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия». Введ. 01 января 2020 г. М.: Стандартинформ, 2019	в качестве кремнеземистого компонента применяют вторичные продукты промышленности и энергетики, в том числе золы-уноса теплоэлектростанций
5	ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия». Введ. 01 июля 2013 г. М.: Стандартинформ, 2013	В качестве кремнеземистого компонента применяют вторичные продукты промышленности и энергетики, в том числе золы-уноса теплоэлектростанций
6	ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные. Технические условия». Введ. 01 марта 2017 г. М.: Стандартинформ, 2019	В качестве минеральных добавок –- основных компонентов цемента применяют гранулированный шлак по ГОСТ 3476, активные минеральные добавки – микрокремнезем, золы-уноса

Окончание таблицы 16.1

№ п/п	Наименование документа	Область применения
7	ГОСТ 25592-2019 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов». Введ. 01 июня 2020 М.: Стандартинформ, 2019	Распространяется на золошлаковые смеси (далее – ЗШС), образующиеся на тепловых электростанциях при совместном гидроудалении золы и шлака или механическим способом (пневмотранспортом) в золоотвал в процессе сжигания углей в пылевидном состоянии и представляющие собой вторичные минеральные ресурсы (ВМР), применяемые в качестве компонентов для изготовления бетонов для всех видов строительства в соответствии с ГОСТ 25192, ГОСТ 26633, строительных растворов по ГОСТ 28013, сухих строительных смесей по ГОСТ 31357, минеральных вяжущих, смесей щебеночно-гравийно-песчаных для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов по ГОСТ 25607 и материалов, обработанных неорганическими вяжущими для дорожного и аэродромного строительства по ГОСТ 23558, а также для получения минерального порошка
8	ГОСТ 26644-85 «Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия»	Распространяется на щебень и песок из шлаков, образующихся при сжигании углей на тепловых электростанциях в топках котлов с жидким и твердым шлакоудалением
9	ОДМ 218.2.031-2013 Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве	Методический документ содержит рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях при строительстве, реконструкции, ремонтах земляного полотна и дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования

Утилизация золы-уноса, золошлаков и шлаков проводится путем их использования как добавок при производстве строительных материалов с различными потребительскими свойствами, таких как:

производство строительных изделий из тяжелого и ячеистого бетона;

производство гидротехнических бетонов;

производство цементов;

производство сухих строительных смесей;

Пригодность золы и шлака в качестве заполнителя или взамен части вяжущего материала при производстве строительных материалов и бетонов различного назначения определяется отсутствием или ограниченным содержанием в них вредных компонентов, ухудшающих физико-механические характеристики строительных материалов и бетонов или затрудняющих технологические процессы производства и ограничивающих область их применения.

Использование золошлаков вместо традиционных песчано-гравийных смесей, а также в качестве вяжущего компонента бетонной смеси потенциально имеет возможность снижения себестоимости строительной продукции на 10–20 % при условии нахождения источника золоотвала угольной ТЭС в пределах эффективного радиуса [142].

Утилизация легких фракций золы производится путем их переработки в полые зольные микросферы, которые используются для производства различных видов высокотехнологичной продукции.

Микросферы золы-уноса представляют собой полые силикатные шарики с гладкой поверхностью диаметром от 10 мм до нескольких сотен микрометров и могут использоваться для снижения плотности и повышения тепло-, электро- и звукоизоляционных свойств различных материалов [152].

Основными потребляющими микросферы отраслями являются:

- нефтедобывающие и нефтесервисные компании;
- производители сухих строительных смесей и стройматериалов;
- производители синтактных композитов;
- производители огнеупоров;
- производители продукции для автомобилестроения;
- производители лакокрасочных материалов;
- производители композиционных материалов для микроэлектроники;
- производители эмульсионных взрывчатых веществ.

Экологические проблемы при утилизации и обезвреживании зол и шлаков, утративших потребительские свойства, возникают при производстве строительных материалов, в которых применяются золы и шлаки: есть вероятность загрязнения атмосферного воздуха за счет пыления.

Для минимизации пыления золошлаковых отходов проводятся постоянные и временные оперативные мероприятия по предотвращению пыления (пылеподавление орошение водой или закрепляющими химикатами (коркообразование), защита от ветра, снижение высоты падения при перевалке и т. д.)

16.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания зол и шлаков от сжигания твердого топлива

16.2.1 Утилизация зол и шлаков в качестве добавок при строительстве автодорог и производстве строительных материалов

Отходы от сжигания твердого топлива на ТЭС широко используются при строительстве автомобильных дорог в России. Ниже приведены следующие области их применения [153]:

1) золы сухого отбора:

- медленно твердеющее, самостоятельное вяжущее для устройства оснований дорожных одежд;

- активная гидравлическая добавка в сочетании с цементом или известью для устройства оснований;

- активная гидравлическая добавка в сочетании с битумными или полимерно-битумными вяжущими;

- составная часть минерального порошка или для его замены при приготовлении асфальтобетонной смеси;

-добавка взамен части цемента и заполнителя при приготовлении тяжелого бетона и раствора;

2) отвальные золошлаковые смеси гидроудаления:

- техногенный грунт для сооружения дорожных насыпей;

- материал, укрепленный цементом или другими вяжущими,

- для устройства оснований и дополнительных слоев дорожных одежд;

- малоактивная гидравлическая добавка к извести при приготовлении золоизвестковых вяжущих для укрепления грунтов и каменных материалов;

- взамен минерального порошка и частично песка при приготовлении асфальтобетона;

- заполнитель при приготовлении тяжелого песчаного бетона.

Производство цемента: зола-унос используется в производстве цемента в качестве алюмосиликатного компонента сырьевой смеси порталцементного клинкера и активной минеральной добавки при его помоле. Требования к качеству золы-уноса, шлака и золошлаковой смеси, используемых в производстве цемента, указаны в ТУ 3470-10347-82 и ГОСТ 31108-2016 [153].

Производство бетонов и растворов: зола-унос и золошлаковая смесь, образующаяся на ТЭС при пылевидном сжигании твердого топлива, применяется в качестве минеральной добавки, частично заменяющей цемент, при производстве бетонных смесей и строительных растворов. Количество золы колеблется от 30 до 90 кг 1 $м^3$ бетонной смеси. Требования к качеству золы-уноса установлены в ГОСТ 25592-2019 ≪Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов≫ [153].

Производство ячеистых бетонов: при производстве ячеистого бетона золу-унос используют в качестве вяжущего вещества и кремнеземистого компонента бетонной смеси. Согласно ГОСТ 25485- 2019, для производства ячеистого бетона может применяться зола-унос, содержащая общего CaO не менее 40%, в том числе свободного CaO – не менее 16%, SO_3 – не более 6%, сумму оксидов K_2O и Na_2O – не более 3,5%.

Производство фракционированного щебня: по «ГОСТ 26644-85 Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций» шлаки сжигания твердого топлива используются для получения фракционированного щебня с размером зерен: 5–10; 10–20 и 5–20 мм и шлаковый песок с размером до 5 мм.

16.2.2 Утилизация легких фракций золы с получением полых зольных микросфер

Метод состоит из извлечения легких фракций летучей золы (ЛФЗ) и утилизации ЛФЗ физико-химическим методом с получением полых зольных микросфер (ПЗМ) [152, 154].

Описание метода. Требования к процессу извлечения из легких фракций золы полых зольных микросфер определяются условиями дальнейшего применения ПЗМ,

требованиями к физико-химическим свойствам и гранулометрическому составу микросфер со стороны потребителей (рисунок 16.5).



Рисунок 16.5 – Классифицированные полые зольные микросферы и исходное сырье (фракции летучей золы)

Первым этапом является извлечение легких фракций золы с поверхности карт гидрозолошлакоотвалов как ручным, так и механизированным способом.

Легкие фракции золы возможно получить фракционированием отвальной золы золошлакохранилищ методом пенной флотации.

Качество добываемой ЛФЗ существенно влияет на стоимость дальнейшей переработки и потребительские свойства кондиционных полых зольных микросфер. В некоторых случаях выделение полых зольных микросфер из добытой ЛФЗ является неприемлемым по цене либо фракции не обладают требуемыми потребительскими свойствами.

Вторая стадия – получение полых зольных микросфер из летучей фракции золы.

Известно несколько технологических схем переработки ЛФЗ с получением полых зольных микросфер, основанных на разных технических подходах.

Полые зольные микросферы извлекаются из легкой фракции летучей золы путем ее поэтапного процессинга. Процессинг утилизации ЛФЗ с получением кондиционных ПЗМ включает в себя несколько стадий [154]:

- удаление органических примесей и недожога;
- неразрушающая сушка и отделение мусора;
- классификация материала по крупности частиц, по плотности, по прочности;
- магнитная сепарация продукта, удаление железосодержащих частиц;
- прокаливание материала (при необходимости);
- обезвоживание материала до влажности менее 0,25% и обеспечение его свободной текучести;
- регулирование кислотно-щелочных свойств материала (уровень pH);
- стерилизация материала (при необходимости – для производителей ЛКМ).

Наиболее значимой частью процесса утилизации ЛФЗ является классификация промежуточного продукта с целью получения товарных ПЗМ различных сортов, соответствующих требованиям потребителей.

Микросферы широко используются как добавки для производства облегченных бетонов, тампонажных цементов, сухих строительных смесей, огнеупорных материалов, полимерных композиций. На основе модифицированных микросфер создан облегченный теплоизоляционный конструкционный материал – сферобетон, а также синтезированы сферосорбенты, которые могут использоваться для очистки жидких радиоактивных отходов различного происхождения [152].

Алюмосиликатные полые микросферы (АСПМ) – стеклокристаллические алюмосиликатные шарики, которые образуются при высокотемпературном факельном сжигании угля, являются ценными компонентами зольных отходов ТЭС. Высокая механическая прочность, термостабильность и химическая инертность АСПМ обеспечивают широкий спектр применения микросфер при производстве теплоизоляционных материалов, радиопрозрачных керамик, наполнителей композиционных материалов и специальных видов цемента [152].

Микросферы также являются перспективным сырьем для получения на их основе катализаторов, адсорбентов, способных функционировать в условиях воздействия агрессивных сред и высокой температуры.

16.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при утилизации и обезвреживании зол и шлаков от сжигания твердого топлива

Текущие уровни потребления золошлаковых отходов, а также водных ресурсов и электроэнергии зависят от применяемой технологии производства строительных материалов.

Раздел 17 Утилизация и обезвреживание катализаторов и сорбентов

17.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию катализаторов и сорбентов

17.1.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию катализаторов

В настоящее время во многих сферах промышленности применяются катализаторы: в металлургии, нефтеперерабатывающей отрасли, нефтехимической и химической отраслях. Катализаторы успешно применяются в сфере экологии и защиты окружающей среды.

Большинство твердых промышленных катализаторов представляют собой частицы, распределенные в порах инертных носителей. Нанесенные катализаторы получают двумя основными методами: введением активной фазы в предварительно подготовленный носитель путем пропитки; соосаждением каталитически активного материала и носителя. Также практикуется получение твердых катализаторов по замесной технологии. Данные катализаторы получают смешением активных компонентов. В качестве носителей наиболее часто применяют оксиды алюминия, кремния, титана, магния, цинка, циркония, алюмосиликаты, активированный уголь. Особое место среди гетерогенных катализаторов занимают катализаторы на основе цеолитов [155].

Катализаторы в своем составе содержат как цветные металлы, так и драгоценные металлы. Основная часть отходов катализаторов, содержащая драгоценные металлы, имеет в своем составе платину и палладий. К отходам катализаторов, как правило, относят отработанные катализаторы, содержащие в своем составе металлы и их соединения, такие как: никель, молибден, хром, цинк, кобальт, ванадий, свинец, медь, титан. В том числе в промышленности активно используют катализаторы на основе оксидов кремния и алюминия, а также содержащие редкоземельные металлы и катализаторы на полимерной основе [156].

В разделе 4 ИТС 33-2020 «Производство специальных неорганических химикатов» (далее – ИТС 33-2020) рассмотрено производство твердых гетерогенных катализаторов для процессов нефтепереработки, нефтехимии, газоочистки и неорганического синтеза, которые производятся на российских предприятиях (см. таблицу 17.1) [154].

Таблица 17.1 – Производство основных катализаторов нефтепереработки, нефтехимии, неорганического синтеза и очистки технологических газов в России

Назначение катализатора		Тип (компоненты) катализатора
Нефтепере-работка	Изомеризация	Pt на цирконийсодержащем носителе Pt на носителе – активном оксиде алюминия Pt на цеолитсодержащем носителе
	Гидроочистка бензина	Ni-Co-Mo-W на носителе – активном оксиде алюминия Ni-Mo на носителе – активном оксиде алюминия
	Гидроочистка средних дистиллятов	
	Гидроочистка вакуумного газойля	
	Гидрокрекинг	Co-Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo на носителе – активном оксиде алюминия
	Гидродепарафинизация	Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo
	Каталитический риформинг	Pt-Re композиция на носителе – активном оксиде алюминия
	Каталитический крекинг	Микросферический цеолитсодержащий
		Шариковый цеолитсодержащий
	Селективное окисление сероводорода	Al_2O_3
	Цеолиты	KA, NaA, CaA, NaX
		Бета, ЦВМ, ЦВН
Нефтехимия	Дегидрирование углеводородов C_4-C_5	Микросферический Cr/Al_2O_3
	Оксихлорирование этилена	$CuCl_2/Al_2O_3$
	Синтез метанола	Zn-Cr, Zn-Cu
	Селективное гидрирование (очистка от этилена и дивинила)	Pd на углеродсодержащем носителе Pd на носителе – оксиде алюминия
	Гидрирование бензола	Pd, Ni, Cr на носителе – активном оксиде алюминия
Неорганический синтез	Конверсия углеводородов в синтез-газ	Ni/Al_2O_3
	Низкотемпературная конверсия CO	Zn-Cu
	Среднетемпературная конверсия CO	Fe-Cr-Cu; Fe-Cr
	Окисление NH_3 до NO	Fe-Cr
Очистка технологических газов	Очистка отходящих газов от CO и ЛОС	Pt, Pd, Ni, Cr, Cu/Al_2O_3
	Очистка от NOx отходящих газов	Pd/Al_2O_3
	Окисление SO_2 в производстве серной кислоты	V/SiO2, промотированный пиросульфатами K, Na, Cs

Также в последнее время широкое применение получили автомобильные катализаторы (каталитические нейтрализаторы) выхлопных газов в автомобилях [156].

Применение таких катализаторов значительно снижает количество выбросов в атмосферу.

В своей массе все катализаторы представлены утолщенным металлическим бочонком с двумя патрубками (входным и выходным), с помощью которых деталь монтируется в выхлопную систему современных автомобилей. Место расположения каталитического преобразователя обусловлено его предназначением. Бочонок, именуемый защитным кожухом, изготавливается из стали и предохраняет внутренний наполнитель от внешних воздействий (рисунок 17.1).

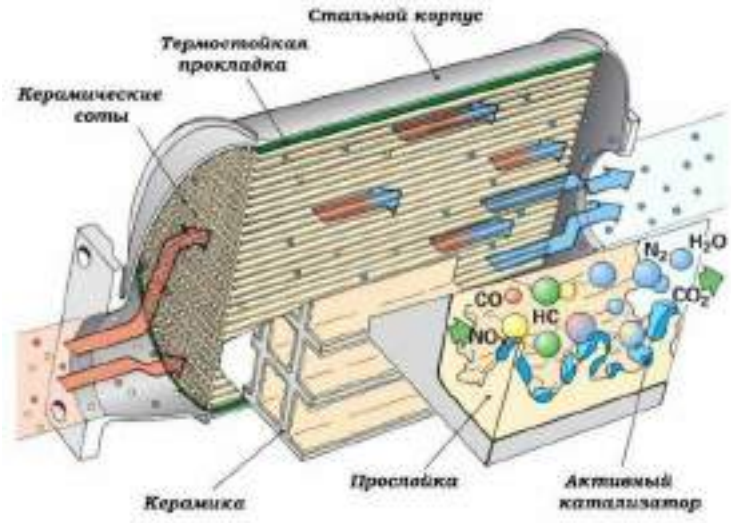


Рисунок 17.1 – Автомобильный катализатор

Учитывая, что главная задача катализатора заключается в перехвате отработанных газов и обезвреживании их еще до попадания в атмосферу, монтаж осуществляется сразу за выходным коллектором. Вышедшие из него отработанные газы еще имеют температуру, необходимую для качественной работы фильтра.

Работа катализатора в автомобиле заключается в обеспечении протекания химической реакции, в результате которой вредные составляющие разлагаются на безвредные. Осуществляется реакция с помощью особого слоя (каталитического), который наносится на поверхность внутреннего наполнителя катализатора – монолита.

Монолит, в свою очередь, изготавливается из двух основных материалов: огнеупорной керамики и стальных листов. Поэтому все катализаторы делятся на два типа: керамические и металлические. Именно на поверхность монолита наносится каталитический слой, содержащий ценные металлы: платину, палладий, родий [157].

В Европейском союзе действует справочный документ по наилучшим доступным технологиям по обращению с отходами («Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment») (далее – Справочник ЕС), в котором рассмотрены вопросы обращения с отходами катализаторов [118].

Примеры использования катализаторов в зависимости от сферы промышленности в Европейском союзе приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2 – Примеры промышленных секторов, в которых используются катализаторы

Промышленный сектор	Примеры
Производство неорганических химических веществ	Водород, аммиак, серная кислота
Производство органических химических веществ	Органический синтез, гидрирование, дегидрирование, кислотно-катализируемые реакции дегидратации, оксихлорирование
Нефтепереработка	Риформинг, десульфуризация, гидрокрекинг, крекинг, изомеризация, гидроочистка смазочных масел
Методы борьбы с загрязнением окружающей среды	Борьба с NOX с использованием SCR, очистка отходящих газов от сжигания

В том числе в Справочнике ЕС приведены сведения по типу соединений, используемых в качестве катализаторов, данные представлены в таблице 17.3.

Таблица 17.3 – Виды катализаторов, используемых в промышленных целях

	Важность	Примеры
Металлы	Металлы являются одними из наиболее важных и широко используемых промышленных компонентов катализаторов	Ag, Au и металлы платиновой группы. Переходные металлы: Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Rh, Pd, W, Re, Os, Ir и Pt. Непереходные металлы: Cu, Zn, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Au, Hg, Pb и Bi
Оксиды металлов	Оксиды металлов являются общими носителями катализаторов и катализаторами	Al_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, V_2O_5, ZnO, NiO, MoO_3, CoO, WO_3
Сульфиды металлов	Гидроочистка нефти	MoS_2 , WS_2
Кислоты	Изоляторы, проявляющие переход от основного к амфотерному и кислотному характеру	Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2 и P_2O_5
Основания	Ограниченное промышленное применение	$Ba(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, Na
Много-функциональные катализаторы	Многостадийные окислительно-восстановительные и/или кислотно-щелочные реакции, например изомеризация с последующим дегидрированием алканов с последующим гидрированием олефина	Bi_2O_3, MoO_3
Ионообменники	Конденсация альдолов, образование ацеталей, эпоксидирование, гидратация	Катионные (содержат, например, сульфокислотные группы) и анионные (содержат, например, четвертичные аммониевые группы)

Окончание таблицы 17.3

	Важность	Примеры
Металлоорга-нические ком-плексы	Реакции гидрирования, гидро-формилирования и полимериза-ции	Гетерогенные комплексы металлов (например, комплекс $[Rh(CO)X(PPh_3)X]$
Другие	Полимеризация, окисление аро-матических веществ, синтез раз-личных ароматических соедине-ний	Co (ацетат)$_2$, амины, пероксид бензо-ила, перкарбонаты и переэфиры

Теоретически катализатор остается неизменным после его использования. Однако катализатор может потерять свою активность из-за дезактивации (например, отравления P, S, As, Se, Te, Bi, C, обрастания или спекания) и редисперсии активных центров катализаторов. Как следствие, отработанные катализаторы в основном состоят из тех же материалов, что и исходный катализатор, но загрязнены некоторыми дополнительными компонентами [118].

Согласно ИТС 33-2020 в настоящее время производят большое количество разного вида катализаторов, таких как:

- алюмоникелевые катализаторы конверсии метана и углеводородных газов;
- алюмопалладиевые катализаторы;
- алюмоплатиновые (платино-рениевые) катализаторы на основе активного оксида алюминия;
- никель-вольфрам-сульфидные катализаторы с добавкой оксида алюминия;
- сульфокатионитные катализаторы;
- железокалиевые катализаторы;
- катализаторы «серебро на пемзе»;
- катализаторы «палладий на угле»;
- алюмоникелькобальтмолибденовые катализаторы;
- цинкхроммедные катализаторы;
- алюмоцинкхромовые катализаторы;
- цинкхромовые катализаторы;
- алюмохромовые катализаторы;
- железохромовые катализаторы;
- цеолитсодержащие катализаторы;
- катализаторы «силилхромат на силикагеле» (S-2);
- катализаторы «хромоцен на силикагеле» (S-9);
- катализаторы каталитического крекинга, катализаторы гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторы гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированные катализаторы гидроочистки в составе единого комплекса.

В Российской Федерации действуют специализированные опытно-экспериментальные участки по утилизации катализаторов и объекты, принимающие катализаторы с последующей утилизацией и/или обезвреживанием.

Основные сведения о методах и технологиях утилизации отходов катализаторов

Технологии утилизации отработанных катализаторов зависят от типа катализатора (каталитическое активное вещество и несущая структура или носитель), а также от включенных побочных продуктов каталитического процесса. Эти процедуры включают в себя: регенерацию катализаторов для повторного использования в качестве катализаторов, переработку компонентов катализаторов.

В промышленных масштабах часто применяется пирометаллургический способ переработки катализаторов. Плазменно-духовые печи нагреваются до высоких температур, при которых происходит сжигание катализатора. Благородные металлы остаются в получившейся золе. Зола подвергается химическим процессам, в ходе которых можно отделить каждый из них.

Драгоценные металлы из автомобильных катализаторов можно получить, используя два основных способа. Гидрометаллургический способ – использование щелочей и кислотных сред. Пирометаллургический способ – выплавление металла при очень высоких температурах [158].

Регенерация катализаторов из драгоценных, платиновых и благородных металлов для удаления коксовых отложений позволяет успешно восстановить активность, селективность и стабильность исходного свежего катализатора. Коксовые отложения удаляются контролируемым сжиганием.

Катализаторы нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, такие как катализаторы, используемые при гидроочистке, гидрокрекинге, риформинге и изомеризации, обычно регенерируются. Катализаторы из благородных металлов также регенерируются.

Металлы, которые целесообразно извлекать по экономическим причинам, – это родий, кадмий, платина, иридий, никель, рений, а также никель-кобальт, кобальт-молибден и кобальт из нефтяных катализаторов.

Металлические катализаторы

К металлическим катализаторам относятся катализаторы риформинга платиноглинозема, которые могут быть регенерированы путем удаления углеродистых отложений с поверхности катализатора, с использованием тщательно контролируемой процедуры сжигания с последующей повторной дисперсией платины и повторным хлорированием носителя катализатора.

Катализаторы из благородных металлов

Катализаторы из благородных металлов могут быть регенерированы путем удаления отложений кокса для лучшего восстановления активности, селективности и стабильности исходного катализатора. Отложения кокса удаляются путем контролируемого сжигания.

Катализаторы из неблагородных металлов

Катализаторы гидроочистки могут быть регенерированы с использованием различных методов, таких как регенеративная окислительная обработка для удаления кокса или повторное диспергирование металлов в случае отравления спеканием металлов.

Цеолиты

Они могут быть относительно легко регенерированы с помощью таких методов, как нагрев с целью удаления адсорбированных материалов, ионный обмен с натрием

для удаления катионов или перепад давления с целью удаления адсорбированных газов.

17.1.2. Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию сорбентов

Сорбенты – твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие и среды, в которую они помещены, определенные вещества. Сорбенты применяются для очистки газов и жидкостей от нежелательных примесей, а также для удаления жидкостей из среды. Они нашли широкое применение в таких отраслях промышленности как металлургия, нефтепереработка, теплогенерация и химическая промышленность. В том числе, сорбенты применяют для очистки сточных вод на производстве и для осушения воздуха на складах или в лабораториях.

В настоящее время насчитывается большое количество разного вида сорбентов, различающихся по составу материала, из которого они изготовлены (природные органические и минеральные вещества, синтетические материалы), способу применения (наносимые на поверхность воды, наносимые на поверхность почвы, загружаемые в фильтры для очистки стоков), принципу действия (адсорбция/абсорбция, волокнистые/объемно-пористые), способу применения (одноразовые/многоразовые, требующие /не требующие утилизации, плавучие/не плавучие обладающие/не обладающие биологической активностью, содержащие/не содержащие питательные элементы), способу утилизации (сжигание, захоронение, реагентное обезвреживание).

Основным критерием, по которому разделяют сорбенты, это принцип действия. Как правило, сорбенты разделяют на адсорбенты и абсорбенты [159].

Адсорбенты – это материалы, для которых характерен процесс поглощения, или «связывания», других соединений путем физической поверхностной адсорбции. Явление адсорбции возникает из-за наличия взаимного притяжения между молекулами адсорбента и другого соединения на границе раздела соприкасающихся фаз. В связи с этим количество поглощаемого данными материалами вещества прежде всего зависит от их свободной площади и свойств поверхности.

Абсорбенты – это материалы, для которых характерен диффузионный процесс поглощения других соединений всем своим объемом. Эффективность данного процесса зависит от химического родства материалов сорбентов и впитываемой жидкости, а также от структуры вещества абсорбента.

В том числе, существует также такой вид сорбентов, как ионообменные сорбенты (иониты, ионообменные смолы) – это вещества, которые не поглощают другие вещества, но обмениваются с ними ионами. Они поглощают из растворов ионы одного типа и выделяют в раствор эквивалентное количество ионов другого типа.

По структурообразующему материалу все абсорбенты разделяются на волокнистые и объемно-пористые. Общим для этих материалов является наличие у них объемной структуры, а их пористость обусловлена прежде всего пустотами структуры. При этом стенками, ограничивающими данные пустоты, является собственно материал абсорбентов. Макро- и микропоры по отношению к данному объему составляют не более 1%, в связи с чем практически не сказывается их воздействие на уровень процесса абсорбции. Пористая структура волокнистых абсорбентов хаотична и может быть изменена в результате уплотнения, перемещения или другого внешнего воздействия. Объемно-пористые сорбенты имеют устойчивую и упорядоченную структуру. Общим для

всех структурообразующих материалов абсорбентов является гидрофобность и олеофильность их поверхности [160].

По исходному сырью сорбенты классифицируют на неорганические сорбенты (естественные минералы, искусственные минералы) и на органические сорбенты (каустобиолиты; органоминеральные; синтетические).

По дисперсности сорбенты классифицируют на дисперсные (мелкодисперсные и крупнодисперсные) и формованные (волокнистые, прессованные и комбинированные).

Сорбенты также классифицируются **по пористой структуре** и **по способности впитывать воду и масло** (гидрофильные и гидрофобные (олеофильные)). В том числе сорбенты классифицируют по плавучести:

- высокой плавучести;
- ограниченной;
- неплавучие.

По назначению сорбенты можно разделить на:

- наносимые на поверхность для удаления поверхностных загрязнений воды и почвы;
- загружаемые в фильтры для удаления объемных загрязнений воды.

Материал, на поверхности или в объеме пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, называют сорбентом, а само вещество – сорбатом. Качества и свойства, которыми должен обладать универсальный сорбент, следующие:

- высокая сорбционная способность по отношению к нефти и нефтепродуктам;
- высокая удерживающая способность;
- минимальное время поглощения основной массы разливов;
- возможность регенерации поглощенного продукта;
- экономичность;
- экологичность;
- технологичность изготовления и утилизации сорбента [161].

В последнее время в качестве сорбентов, используемых в промышленности, используют:

- уголь активированный;
- силикагели;
- цеолиты;
- алюмогели;
- алюмосиликаты;
- другие неорганические сорбенты;
- ионообменные материалы;
- органоминеральные и композиционные сорбенты;
- жидкие абсорбенты (вода, масла);
- органические синтетические и природные сорбенты (полисорбы, энтеродез, энтеросорб; лигнины в различных модификациях – полифепан; хитин, хитозан; целлюлоза), пектины.

Примеры промышленного применения сорбентов:

1. Ликвидация разливов нефтепродуктов на АЗС или нефтеперерабатывающих заводах.
2. Опреснение морской воды с помощью ионообменных смол.

3. Выпуск средств индивидуальной защиты: респираторов и противогазов.

Применение сорбентов позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду. В том числе сорбенты применяют для очистки технической воды, применяемой в промышленности [162].

Наиболее важное место занимают сорбенты, которые используют в качестве поглотителя нефтепродуктов, особенно сорбенты, используемые при разливах нефтепродуктов на предприятиях и в водных объектах.

Как правило, сорбенты наиболее эффективны на заключительных стадиях очистки береговой линии, а также для удаления небольших луж нефти, которые не могут быть легко удалены другими методами очистки. Сорбенты не пригодны для применения в открытом море и обычно менее эффективны для более вязких нефтепродуктов, таких как тяжелая топливная нефть, и нефтепродуктов, подвергшихся выветриванию и эмульгированию, хотя разработаны специальные сорбенты и для вязких нефтепродуктов [163].

Основная часть сорбентов используется в промышленности и, как правило, там же утилизируется и/или обезвреживается.

Основные сведения о методах и технологиях утилизации отходов сорбентов

Основным способом утилизации сорбентов является их регенерация. Однако количество циклов регенерации ограничено, что приводит к необходимости применения иных способов утилизации отходов сорбентов.

Одним из способов утилизации отработанного сорбента в виде цеолита является его применение в качестве добавки к строительным материалам различного назначения. Например, известны технологии изготовления силикатного кирпича с небольшими дозировками (до 3 - 5%) цеолита в традиционную силикатную массу с целью повышения сырцовой и марочной прочности; полная замена кварцевого песка на цеолит в составе известково-кремнеземистого вяжущего; получение известково-цеолитового безавтоклавного силикатного кирпича в пропарочных камерах, использования природных цеолитов в цемент. Показана возможность применения цеолитов в технологии производства бетонов [164].

В настоящее время применяются следующие способы утилизации нефтезагрязненных сорбентов (кроме термических способов).

Повторное использование

В теории некоторые типы сорбентов могут быть пригодны для повторного использования, если из них удается извлечь собранную нефть. Это можно достичь сжатием с помощью отжимного катка или отжимной машины (как в системах скиммеров по типу швабры) либо центрифугированием или экстракцией растворителем. Сжатие обычно представляет собой самый практичный вариант и осуществимо для некоторых синтетических продуктов. При этом необходимо принять во внимание количество циклов повторного использования, которое сорбент может выдержать до потери своей пригодности в результате разрыва, разрушения или общего износа.

Другими факторами, которые нужно принять во внимание в связи с повторным использованием сорбентов, являются загрязнение потока нефтяных отходов частицами сорбента, отделившимися во время сжатия, степень снижения адсорбционной способности и процентное количество нефти, которое может быть удалено при разумных за-

тратах рабочей силы и оборудования. С другой стороны, для некоторых сорбентов характерен рост сорбционной способности при неоднократном повторном использовании, особенно в отношении более вязких нефтепродуктов.

Биоразложение

Преимуществом органических сорбентов является их способность к биоразложению [163].

17.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания катализаторов и сорбентов

17.2.1 Описание технологических процессов в области утилизации и обезвреживания катализаторов

Технология утилизации автомобильных катализаторов (нейтрализаторов) с предварительной разборкой

Прежде чем отработанное устройство попадет в переработку, катализаторы сортируют по группам, на те, в которых содержат больше платины, и на те, в которых преобладает палладий. Третий элемент - родий - редко оказывает влияние на процесс сортировки, так как его концентрация в общем объеме сырья ничтожно мала, и чтобы его добыть, нужно обеспечить температуру 1 960 градусов, что усложняет работу с родием.

Затем проводят процесс гомогенизации. Материал превращают в единую массу путем измельчения, дробления и смешивания, после чего обработанный катализатор проходит контрольное взвешивание, отбираются пробы перемолотого материала для проведения химического анализа, с целью определения концентрации определенных драгоценных металлов и примесей.

Так как автомобильный катализатор (нейтрализатор) содержит различные драгоценные металлы, чтобы выявить точное содержание используют современное оборудование и надежные технологические методы.

В отработанных катализаторах типичная концентрация элементов составляет:

- до 2,5% палладия;
- до 1,3% платины;
- до 0,15% родия.

В результате переработки отработанного катализатора получают материал, который в последующем поступает на дальнейшие стадии технологического процесса с целью извлечения драгоценных металлов. Основные методы добычи драгметаллов из отработанных катализаторов представлены несколькими приемами.

Аффинаж в утилизации катализаторов и добыче драгоценных металлов имеет такую же последовательность, как и при получении золота из микросхем. В емкость с концентрированной азотной кислотой помещаются металлические основы части катализатора с содержанием платины – через несколько дней кислота растворит абсолютно все, не остается ничего, кроме самих ценных металлов.

Гидрохлорирование доступно только на производстве и подразумевает разделение сырья на металлы при помощи хлора с водой или диспергированного раствора. Палладий и платина при этом формируют стойкие кислоты, а из них потом извлекаются металлы.

Электромеханическая переработка базируется на использовании травления и оксидирования. Обработка дает максимальное содержание веществ при минимальных затратах. Деталь помещают в емкость с раствором, проводником передается напряжение от питающего источника. Это приводит к уничтожению цветных металлов и сохранению платины, но при этом способе попутно уничтожаются олово, хром, свинец и алюминий, также входящие в состав катализатора.

При промышленной переработке катализаторов чаще всего применяют способ сжигания сырья в плазменно-дуговых печах при высокой температуре.

Метод фторирования подходит для добычи палладия. При фторировании деталь нагревается до 500 градусов, а после этого проходит обработку фтором. На выходе образуется палладий с незначительной примесью фтора.

Метод «Царской водки». При использовании этого способа потери платины и палладия минимальны. Концентрат с ценными металлами обрабатывается царской водкой, а потом образуется осадок в виде солей, которые обрабатываются хлористым аммонием. Выпавший осадок отфильтровывается и восстанавливается до металла посредством обработки раствором муравьиной или соляной кислоты. Промывка и сушка при 100 градусах позволяет получить чистый драгметалл [165, 166].

Технология переработки отработанных молибденсодержащих катализаторов

Пирогидрометаллургическая технология. Основными компонентами, присутствующими в отработанных катализаторах, являются: молибдаты никеля и алюминия $Al_2(MoO_4)_3$ и $NiMoO_4$, оксиды и восстановленные формы основных компонентов катализатора: MoO_2, MoO_3, Al_2O_3, NiO или CoO, Ni или Co, образующиеся в результате разрушения активных фаз исходного катализатора в условиях промышленной эксплуатации катализаторов по реакциям:

$$NiMoO_4=MoO_3+Ni+½O_2 \quad (1)$$

$$NiMoO_4=MoO_2+Ni+O_2 \quad (2)$$

$$Al_2(MoO_4)_3=3MoO_2+Al_2O_3+1{,}5O_2 \quad (3)$$

$$Al_2(MoO_4)_3=3MoO_3+Al_2O_3 \quad (4)$$

Молибден в форме сульфидов (MoS_2, MoS_3 – продукты процессов обессеривания нефтепродуктов), диоксида и в виде солей с никелем, кобальтом и алюминием являются упорными формами, затрудняющими выщелачивание молибдена. Критический анализ предлагаемых способов утилизации отработанных молибденсодержащих катализаторов показывает, что наиболее эффективна комбинированная пирогидрометаллургическая технология переработки (рисунок 17.2). Пирометаллургическая стадия этой технологии предусматривает перевод трудновыщелачиваемых форм молибдена отработанных катализаторов в водорастворимую соль молибдата натрия путем спекания с кальцинированной содой. Спек выщелачивают водой, после чего раствор подвергают очистке от примесей, концентрируют молибден в растворе, осаждают термогидролизом в виде гидратированной молибденовой кислоты (или полимерных форм молибдена), осадок сушат и прокаливают с получением кондиционного триоксида молибдена.

Известен пирогидрометаллургический способ с применением для выщелачивания раствора аммиака. При окислительном обжиге сульфидных молибденовых концен-

тратов образуется огарок, содержащий в основном MoO_3, а также MoO_2 и MoS_2. Выщелачивание молибдена из огарка проводят растворами аммиака, при этом триоксид молибдена переходит в раствор с образованием молибдата аммония. Для выщелачивания используют 8 - 10%-ный раствор аммиака, процесс осуществляют на холоде или при температуре 50 - 70°С и отношении Ж:Т=3:4. Расход аммиака при этом составляет 120 - 140% от стехиометрии. Степень извлечения молибдена из-за присутствия в огарке диоксида и сульфида молибдена, которые не взаимодействуют с аммиаком, незначительная и составляет около 80% [168].



Рисунок 17.2 – Технологическая схема переработки отработанных молибденсодержащих катализаторов [167]

17.2.2. Описание технологических процессов в области утилизации и обезвреживания сорбентов

Технология регенерации отработанного активированного угля методом термической обработки

Принцип действия основан на термической обработке отработанного активированного угля. В ходе процесса осуществляются сушка, термодесорбция и термическая обработка. Данный метод не используется для порошкообразного угля.

Активированный уголь выпускается в трех формах: экструдированный, гранулированный и порошкообразный. Поскольку порошкообразный углерод чрезвычайно трудно регенерировать, то эта деятельность для него не рассматривается.

Регенерация обычно осуществляется термически и обычно состоит из следующих операций.

Прием, обработка и обезвоживание

Отработанный активированный уголь обычно получают на месте в виде осушенного твердого вещества в танкерах. Вода добавляется в месте регенерации, чтобы превратить углерод в суспензию, которая подается в резервуар, где она обезвоживается и загружается в печь для регенерации.

Термическая регенерация

После отделения от воды влажный углерод подается в печь для регенерации. При термической регенерации, сушке, термической десорбции (т. е. удалении органических веществ) и проводят высокотемпературную (650–1000 °С) термообработку в слабоокисляющейся контролируемой атмосфере.

Обычно используется оборудование с несколькими подовыми печами, вращающимися печами прямого обжига и вращающимися печами косвенного обжига (где отсутствует контакт между содержимым печи и дымовыми газами, образующимися горелкой). Можно также использовать печи с кипящим слоем и инфракрасные печи [118].

Технология регенерации отработанного активированного угля (десорбция нагретым инертным газом)

Процесс предполагает десорбцию адсорбированных на поверхности угля веществ нагретым инертным газом.

Температура перегретого пара при избыточном давлении 0,3–0,6 МПа составляет 200–300 °С. Температура нагретых инертных газов – 120–140 °С. При отгонке легколетучих веществ расход перегретого пара составляет 2,5–3 кг на 1 кг отгоняемого вещества. Для высококипящих веществ расход пара принимают в 5–10 раз больше. Пары после процесса десорбции конденсируют, и поглощенное вещество выделяют из конденсата.

Технология регенерации отработанного активированного угля (метод экстракции или жидкофазной десорбции низкокипящими растворителями)

Для регенерации активированного угля может быть использован метод экстракции или жидкофазной десорбции сорбированных на поверхности угля веществ низкокипящими растворителями. Органические растворители – метанол, бензол, толуол, дихлорэтан – используются для регенерации в нагретом состоянии или без нагревания.

После окончания регенерации остатки растворителей из угля удаляют при помощи острого пара или инертного газа. В случае десорбции из адсорбента слабых органических электролитов их предварительно диссоциируют. Диссоциированные ионы электролитов переходят в раствор, находящийся в порах активированного угля. Ионы из пор удаляются горячей водой, растворами кислот или щелочей (в зависимости от вида электролита).

Иногда для эффективной регенерации адсорбированное вещество путем химической реакции переводят в другое вещество, которое легче извлечь из сорбента. Если вещество не имеет ценности, его разрушают деструктивными окисляющими реагентами – хлором или озоном либо методом нагревания [169].

Технология регенерации ионообменных смол

Принцип действия основан на термической регенерации, которая может быть осуществлена с помощью горячей воды или пара.

Регенерация паром

Регенерация паром возможна только в том случае, если температурные пределы смол находятся в пределах доступного давления пара. Например, полимерные адсорбенты на основе стирола обычно устойчивы к 200 °C, в то время как акриловые смолы стабильны только до 150 °C. Адсорбированный растворитель и другие органические компоненты могут привести к набуханию и ослаблению полимерной матрицы. Поэтому важно, чтобы удаление этих компонентов путем пропаривания не приводило к разрушению полимерной матрицы.

Регенерация горячей водой

Регенерация горячей водой возможна только для термически стабильных смол. Регенерация горячей водой увеличивает скорость регенерации смолы. Использование горячей воды для регенерации смол потенциально обеспечивает сокращение объема сточных вод и требует меньше энергии, особенно там, где рекуперация тепла используется на регенерированной жидкости.

Основной метод, используемый для контроля выбросов в воду, - это система балансировки pH.

Химическая регенерация с использованием регенерирующих растворов

Регенерирующий раствор наносят на отработавшую смолу для возврата ее в исходную ионообменную форму (слабый- /сильный-, анион-/катион-). Регенерат представляет собой концентрированный раствор, способный по принципу массового действия обратить ионообменное равновесие вспять. Тип используемого регенерирующего раствора зависит от типа ионообменной смолы: кислые растворы (например, соляная или серная кислоты и их соли) для катионных смол и щелочные/основные (например, каустическая сода) - для анионно-ионообменных [118].

17.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании катализаторов и сорбентов

17.3.1 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании катализаторов

Знание источника отработанного катализатора часто может дать информацию о потенциальных выбросах. Присутствие в катализаторе кислот, масел, органических загрязнителей (они могут генерировать ПХДД в процессе плавки) напрямую влияет на потенциальные выбросы в атмосферу, воду и землю.

Физическое состояние отработанного катализатора также может влиять на выбросы (например, выбросы твердых частиц зависят от размера частиц отработанного катализатора, содержания масла).

Эмиссии от различных установок регенерации катализаторов могут быть представлены следующими веществами:

- загрязнители воздуха: SO_2, NO_X, ЛОС, диоксины, металлы;
- загрязнители воды: взвешенные твердые вещества, нефть, ТОС, металлы;
- отходы: например, из систем очистки отходящих газов или сточных вод).

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации автомобильных катализаторов с предварительной разборкой

В процессе утилизации автомобильных катализаторов с предварительной разборкой основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы. В процессе извлечения из отработанного катализатора драгоценных металлов разными методами используется следующее сырье:

- азотная кислота;
- вода;
- хлор;
- фтор;
- соляная кислота;
- муравьиная кислота.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух образуются в результате процесса гомогенизации, когда отработанный катализатор превращают в единую массу.

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при переработке отработанных молибденсодержащих катализаторов

В процессе переработки отработанных молибденсодержащих катализаторов основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы. В качестве сырья применяют соду, воду, гидроксид кальция.

При переработке отработанных молибденсодержащих катализаторов, а именно когда осуществляется шихтование отработанного молибденсодержащего катализатора с содой, измельчение, сушка и прокалка, образуются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Образующиеся в процессе переработки твердые остатки и растворы направляются для использования на другие производства (цветная металлургия, строительная индустрия, сталелитейное производство, производство удобрений).

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при переработке отработанных катализаторов пирометаллургическим способом

При переработке отработанных катализаторов пирометаллургическим способом основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух образуются в результате сжигания отработанных катализаторов.

17.3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании сорбентов

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при регенерации отработанного активированного угля

В процессе регенерации отработанного активированного угля основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы и вода.

Применение технологии регенерации отработанного активированного угля может сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при регенерации ионообменных смол

При регенерации ионообменных смол основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы и вода.

В процессе химической регенерации с использованием регенерирующих растворов, в качестве вспомогательного сырья могут быть использованы соляная или серная кислоты и их соли, каустическая сода.

Эмиссии от процесса такого рода невелики и ограничиваются в основном сбросами в воду. Некоторые эмиссии, возникающие в результате работы различных регенерационных установок, показаны в таблице 17.5.

Таблица 17.5 – Диапазон образования выбросов, сбросов и отходов, обнаруживаемых в различных ионообменных регенераторах [118]

Загрязнители воздуха	**Источник образования**	**Концентрация (мг/Нм^3)**
HCl	Заполнение насыпного хранилища	< 5
Загрязнители воды	**Источник образования**	**Концентрация (мкг/л)**
Расход сточных вод*	Нет информации	5–10 м^3/ч
Cd	Нет информации	< 0,5–3**
Hg	Нет информации	0,86**
Органическое олово	Нет информации	< 0,3–2,0**
Твердые отходы	**Источник образования**	**Концентрация**
Отработанные смолы	Нет информации	Не распространяется
Мелкодисперсный материал	Нет информации	Не распространяется
Фильтр обратной промывки	Когда смола сочетается с активированным углем в качестве предохранителя или фильтра обратной промывки	Не распространяется
*Регенерация пара может производить большое количество загрязненных водных стоков. **Значения, соответствующие пиковым значениям.		

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при регенерации отработанного активированного угля (десорбция нагретым инертным газом)

В процессе регенерации отработанного активированного угля (десорбция нагретым инертным газом) основными потребляемыми ресурсами являются энергетические ресурсы.

Применение технологии регенерации отработанного активированного угля (десорбция нагретым инертным газом) может сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при регенерации отработанного активированного угля (метод экстракции или жидкофазной десорбции низкокипящими растворителями)

При регенерации отработанного активированного угля методом экстракции или жидкофазной десорбции низкокипящими растворителями в качестве основных потребляемых ресурсов служат вода и энергетические ресурсы. В том числе в качестве сырья используют органические растворители (метанол, бензол, толуол, дихлорэтан).

Если протекает процесс регенерации адсорбированного вещества путем химической реакции переводом в другое вещество, которое легче извлечь из сорбента, то в качестве вспомогательного сырья используют хлор или озон.

Применение технологии регенерации отработанного активированного угля методом экстракции или жидкофазной десорбции низкокипящими растворителями может сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Раздел 18 Утилизация и обезвреживание отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

18.1 Общая информация о деятельности по утилизации и обезвреживанию отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

К отходам металлообработки, в том числе отходам гальванических производств относятся:

- Отходы обработки металлов давлением (волочением, прессованием, ковкой, штамповкой);
- отходы при механической обработке металлов;
- отходы при термической обработке металлов.

Основная часть отходов представлена отходами стружки, пыли и окалины при обработке черных металлов.

Гальванические отходы образуются на электрохимических производствах, связанных с нанесением металлизированных покрытий, и различаются по физической форме на:

- пастообразные (гальванический шлам),
- жидкие (гальванические растворы).

По консистенции гальванический шлам напоминает пасту с диапазоном цвета от темно-серого до темно-коричневого. Масса может содержать кислоты, соли тяжелых и цветных металлов, ПАВ и другие вещества [170].

В зависимости от содержания в отходах конкретных веществ отходы условно делятся на следующие группы [171]:

- фосфоросодержащие;
- свинецсодержащие;
- содержащие цинк (образуются после щелочного и кислотного цинкования);
- оловосодержащие (включая растворы кислотного и щелочного оловянирования);
- электролиты и растворы, содержащие железо и хром (сюда входят растворы с органическими соединениями фтора и без них);
- никельсодержащие (включая растворы для химического и электрохимического никелирования);
- кадмийсодержащие (имеющие в составе аммиак и безаммиачные);
- медьсодержащие (включая растворы хлорного железа, в состав которых входит аммиак и растворы пирофосфатного и кислого меднения);
- растворы с содержанием борфтористоводородной кислоты и её солей.

Основные данные по методам и технологиям утилизации и обезвреживания отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

Отходы металлообработки, в том числе отходы гальванических производств, в основном подлежат утилизации на промышленных предприятиях, которые образуют данные виды отходов.

Технологии утилизации и обезвреживания отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств, предусматривают переплав, брикетирование металлических отходов, выщелачивание отходов от гальванических производств, использование отходов в качестве сырья/добавок.

Экологические проблемы, возникающие при утилизации отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

Опасность утилизации отходов гальванических производств обусловлена содержанием опасных вредных химических компонентов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду: свинца, никеля, кадмия, цинка, хрома и т. д.

18.2 Технологические, технические решения и системы менеджмента, используемые в настоящее время в области утилизации и обезвреживания отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

18.2.1 Технологии утилизации отходов металлообработки

Утилизация отходов металлообработки осуществляется путем брикетирования с дальнейшим их использованием в металлургической промышленности в качестве сырья или добавок к сырью.

Технология утилизации отходов металлообработки (стружки черных и цветных металлов) методом брикетирования

Метод заключается в предварительной очистке металлической стружки от остатков смазочно-охлаждающей жидкости путем отстаивания в течение 6 часов и отжима при давлении 2000–2500 кг/см. Далее очищенная металлическая стружка подвергается термической обработке при температуре 800 °С для удаления остаточного содержания СОЖ.

Брикетирование осуществляется путем горячего прессования до необходимых значений прочности и осыпаемости [172].

18.2.2 Технологии утилизации отходов гальванических производств

Утилизация отходов металлообработки осуществляется путем выщелачивания из отходов тяжелых металлов с последующим использованием их в качестве добавок к сырью в строительной и металлургической промышленности, в производстве изделий из стекла и глазури.

Выщелачивание ионов тяжелых металлов посредством кислот (гидрометаллургический метод)

Выщелачивание ионов тяжелых металлов, в частности, цинка, хрома, никеля, меди, железа осуществляется с помощью серной кислоты.

Процесс выщелачивания тяжелых металлов заключается в смешивании гальванических шламов с серной кислотой с последующим возможным добавлением флокулянтов. В результате химической реакции образуется нерастворимый осадок, содержащий преимущественно сульфат кальция, который подвергается фильтрации и промывке.

Раствор выщелачивания направляется на электрохимическую обработку (электроэкстракцию), где происходит поэтапное извлечение ионов тяжелых металлов в зависимости от их свойств. Каждый этап извлечения тяжелых металлов сопровождается фильтрацией образовавшегося металла, а отфильтрованный раствор поступает на следующий этап извлечения тяжелых металлов [173, 174].

Термообработка гальванических шламов в присутствии силикатов

Метод используется для утилизации гальванических шламов с целью использования продуктов утилизации в строительной отрасли.

Процесс термообработки заключается в обжиге гальванических шламов в присутствии силикатов при температуре 800–1000 °С. В результате высоких температур шестивалентный хром превращается в трехвалентный, и образуются труднорастворимые соединения тяжелых металлов.

Полученный сплав может быть использован для извлечения тяжелых металлов или строительной промышленности [175].

Использование гальванических отходов в качестве добавок при производстве цемента

Метод заключается в совместной обработке гальванических отходов и цементного клинкера высокотемпературными процессами (обжигом) при температуре 1550 °С.

В результате высоких температур происходит образование соответствующих минералов, а тяжелые металлы, содержащиеся в гальванических отходах, осаждаются в кристаллических решетках. В результате происходит связывание атомов тяжелых металлов клинкерными минералами.

Такое соединение отличается повышенной прочностью цементного камня, и скорость взаимодействия с водой увеличивается [176].

Использование гальванических отходов в качестве сырья при производстве минеральных изделий

Метод заключается в предварительной осушке гальванических отходов до влажности не более 9% и последующем их добавлении их в глиномассу в количестве 3– 5%. Полученная глиномасса подвергается формованию и обжигу.

Остекловывание посредством нагрева до высокой температуры при производстве стеклоизделий и глазурей

Метод заключается в предварительной осушке гальванических шламов (осадков) с последующим добавлением их в шихту при производстве стеклоизделий или глазурей. Далее полученная шихта подвергается соответствующей термообработке при получении изделий из стекла или глазурей.

Использование гальванических отходов для плавки чугуна

Метод заключается в добавке гальванических шламов в состав шлакообразующей смеси для плавки чугуна, которая содержит 70–75% известняка и 25–30% гальванического шлама.

Данная смесь снижает содержание серы в выпускаемом чугуне и повышает производительность вагранки.

18.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду при утилизации и обезвреживании отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду зависят от применяемой технологии утилизации отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств.

Применение технологии утилизации отходов гальванических производств при высоких температурах характеризуется выделением такого физического фактора, как тепло. Также при работе с кислотами при утилизации отходов гальванических отходов (в частности, при выщелачивании гальванических шламов серной кислотой) процесс может сопровождаться выделением в атмосферу сернистых газов.

Раздел 19 Определение наилучших доступных технологий в области утилизации и обезвреживания отходов

В настоящем разделе изложена методика определения наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления.

Назначение методики. Настоящая методика разработана в целях идентификации технологий утилизации и обезвреживания отходов (технологических процессов, методов и способов, оборудования и материалов) в качестве НДТ в процессе разработки и актуализации справочника НДТ ИТС 15-2021 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)».

Исходные сведения для определения технологии в качестве НДТ. Источниками информации о применяемых на практике технологиях обезвреживания и утилизации отходов, а также технологических способах, методах, оборудовании и материалах, относящихся к НДТ, являются сведения, полученные по результатам анкетирования организаций, анализа информации из научно-исследовательских и диссертационных работ, монографий и публикаций в ведущих периодических изданиях, статистических сборников, международных справочников НДТ, и сведений, полученных в ходе консультаций с экспертами в области утилизации и обезвреживания отходов.

С целью сбора актуальной информации проводится анкетирование организаций, эксплуатирующих оборудование, установки, технологические линии, а также организаций, осуществляющих разработку технологических процессов, методов и способов, производство и реализацию материалов и оборудования, используемых для обезвреживания и утилизации отходов.

Бюро наилучших доступных технологий проводит сбор данных на основании унифицированных отраслевых шаблонов анкет, осуществляет обработку данных, необходимых для разработки и актуализации справочника и обеспечивает конфиденциальность информации, необходимой для определения технологических процессов, оборудования, технических способов и методов в качестве наилучшей доступной технологии в ходе разработки и актуализации справочника согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 года № 1458 (в ред. от 03 марта 2021 года) «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (вместе с «Правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»)» [1].

Основополагающие документы. Методика разработана в соответствии с положениями нормативных правовых актов:

- Федеральным законом от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (ред. от 2 июля 2021 года) «Об охране окружающей среды» [177];

- Федеральным законом от 21 июля 2014 года № 219-ФЗ (ред. от 26 июля 2019 года) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01 января 2020 года) [178];

- Федеральным законом от 24 июня1998 года № 89-ФЗ (ред. от 02 июля 2021 года) «Об отходах производства и потребления» [1];

- Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 года № 1458 (ред. от 3 марта 2021 года) «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (вместе с «Правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»)» [179];

- Приказом Минпромторга России от 23 августа 2019 года № 3134 «Об утверждении методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии» [180];

- Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р (ред. от 24.05.2018) «Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий» [181].

Основные принципы определения технологии утилизации и обезвреживания отходов в качестве НДТ

Выбор технологии утилизации и обезвреживания отходов в качестве НДТ основан на сочетании пяти критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии, которые установлены нормативными правовыми актами, положенными в основу «Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии» [180].

Критерий 1 – «Наименьший уровень негативного воздействия технологии на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, либо уровень, соответствующий другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации».

Критерий 2 – «Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации НДТ».

Критерий 3 – «Применение ресурсо- и энергосберегающих методов».

Критерий 4 – «Период внедрения НДТ».

Критерий 5 – «Промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технологических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и относящихся в области применения НДТ».

Рассмотрение критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживания отходов осуществляется в последовательности, представленной в таблице 19.1.

Таблица 19.1 – Алгоритм определения технологий (технологических процессов, методов и способов, оборудования и материалов), используемых при утилизации и обезвреживании отходов, в качестве НДТ

Последовательность рассмотрения критериев	Основные действия
Критерий 5	Промышленное внедрение технологии на двух и более объектах
Критерий 1	Определение наименьшего уровня негативного воздействия технологии утилизации и обезвреживания отходов на окружающую среду
Критерий 3	Выявление применения ресурсо- и энергосберегающих методов при утилизации и обезвреживании отходов
Критерия 4	Рассмотрение периода внедрения технологии утилизации и обезвреживания отходов
Критерий 2	Определение экономической эффективности внедрения и эксплуатации технологии
ИТОГО	Принятие членами ТРГ решения об отнесении технологии к НДТ

Методы, позволяющие пошагово рассмотреть несколько технологий и выбрать наилучшую доступную технологию

Рассмотрение критерия 5 «Промышленное внедрение технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду»

С целью выявления технологий, имеющих признаки НДТ, рассматриваются анкеты, содержащие сведения о технологиях утилизации и обезвреживании отходов, соответствующие критерию 5, т. е. внедренных на двух и более действующих предприятиях Российской Федерации, и представившие наиболее полную информацию.

В случае, когда количество объектов в Российской Федерации составляет менее 2-х, рекомендуется в качестве референтных объектов, демонстрирующих промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, использовать зарубежные производственные площадки, относящиеся к области применения НДТ.

Результатом оценки технологий по критерию 5 должен стать перечень технологий обезвреживания и утилизации отходов (технологических процессов, оборудования, технологических методов, способов, приемов и средств), используемых на двух и более действующих предприятиях в Российской Федерации. Дальнейшее рассмотрение технологий (технологических процессов, оборудования, технологических методов, способов, приемов и средств) в качестве НДТ производится для технологий из данного перечня.

Технологии утилизации и обезвреживания отходов, имеющие все признаки НДТ, но не соответствующие критерию 5, включаются в перечень перспективных технологий утилизации и обезвреживания отходов, которые в настоящее время не получили достаточного распространения.

Рассмотрение критерия 1 «Наименьший уровень негативного воздействия технологии утилизации и обезвреживания отходов на окружающую среду»

Идентификация согласно критерию 1 осуществляется для перечня технологий обезвреживания и утилизации отходов, внедренных на двух и более действующих предприятиях в Российской Федерации.

Оценка наименьшего уровня воздействия на окружающую среду проводится в расчете на единицу утилизируемых (обезвреженных) отходов (тонну, м^3) с целью выявления технологических процессов, методов, способов, оборудования, материалов, используемых при обезвреживании и/или утилизации отходов, обеспечивающих наименьшее воздействие на окружающую среду, в том числе наименьшие выбросы и сбросы загрязняющих веществ, образование и размещения вторичных отходов.

Уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу обезвреженных и/или утилизированных отходов (тонну, м^3) оценивается по удельному образованию эмиссий, поступающих в окружающую среду при обезвреживании и/или утилизации отходов (на 1 т или 1 м^3).

Оценка уровня негативного воздействия проводится для технологий, имеющих схожее целевое назначение и применяемых при обезвреживании и/или утилизации отходов. При оценке уровня воздействия на окружающую среду принимаются во внимание также:

- технологии, направленные на снижение поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды, почвы;
- технологии, направленные на снижение поступления выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- технологии, направленные на минимизацию образования и размещения вторичных отходов.

Параметры для сравнения уровня негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу обезвреженных и/или утилизированных отходов (тонну, м^3) для технологий обезвреживания и/или утилизации отходов, направленных на снижение рисков поступления загрязняющих веществ в ОС, приведены в таблице 19.2.

Таблица 19.2 – Параметры для сравнения уровня негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу обезвреженных и/или утилизированных отходов (тонну, м^3)

№ п/п	Назначение технологии: снижение поступления загрязняющих веществ	Параметры сравнения уровня негативного воздействия на окружающую среду по количеству эмиссий загрязняющих веществ
1	В поверхностные воды, почвы	В поверхностные водные объекты. В почвы с дождевыми и талыми водами
2	В атмосферный воздух	В атмосферный воздух с выбросами
3	Физические воздействия	Уровень воздействия. Характер воздействия
4	Размещение вторичных отходов	По классу опасности вторичных отходов. По объемам образования и размещения

При рассмотрении воздействия отходов на окружающую среду учитывались:

- возможность снижения опасных свойств с понижением класса опасности отходов (IV и V классы) и наименьшую степень их распространения;

- возможность в ходе технологического процесса минимизировать или исключить образование дополнительных отходов.

В случае, когда для рассматриваемой области утилизации и обезвреживания имеется ряд альтернативных технологических процессов утилизации и обезвреживания, предпочтение отдается технологическому процессу, сопровождающемуся уменьшением массы отходов и имеющему наименьшее воздействие на окружающую среду.

Оценка воздействия технологий обезвреживания и/или утилизации на атмосферный воздух проводится с применением следующих показателей:

- перечень загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах в атмосферу;

- наличие систем очистки выбросов;

- масса выбросов загрязняющих веществ;

- концентрация (или масса) загрязняющих веществ до очистки;

- концентрация (или масса) загрязняющих веществ после очистки;

- месторасположение объекта утилизации и обезвреживания отходов;

- возможность очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до установленных требований ПДВ.

Оценка воздействия на водные объекты в процессе утилизации и обезвреживания отходов проводилась по следующим показателям:

- объем образования сточных вод;

- концентрация загрязняющих веществ в сточных водах до очистки;

- концентрация загрязняющих веществ в сточных водах после очистки стоков;

- возможность очистки сточных вод до установленных нормативов допустимого сброса (НДС);

- направление движения сточных вод.

Приоритет отдается технологиям утилизации и обезвреживания без образования сточных вод в технологическом процессе, в том числе имеющих систему оборотного водоснабжения.

Оценка физических факторов воздействия на ОС при обезвреживании и утилизации отходов (вибрации, шум, запах, электромагнитные и тепловые воздействия) учитывает:

- уровень воздействия на ОС в расчете на тонну размещаемых отходов;

- характер воздействия, постоянный или переменный.

Приоритет отдается технологиям утилизации и обезвреживания с минимальным уровнем физических факторов воздействия в технологическом процессе и проводящим мероприятия по их снижению.

Оценка образования и размещения вторичных отходов при утилизации и обезвреживании отходов проводилась по следующим показателям:

- факт образования вторичных отходов;

- класс опасности вторичных отходов;

- количество образования вторичных отходов;

- способы удаления вторичных отходов (обезвреживание, утилизация и повторное использование вторичных отходов;

- объемы размещения отходов (абсолютные и удельные).

Основным условием отнесения технологии к НДТ в соответствии с Критерием 1 является наименьшие воздействия на ОС при реализации технологии обезвреживания и/или утилизации отходов.

Результатом оценки технологий по критерию 1 является перечень технологий обезвреживания и/или утилизации отходов, обеспечивающих наименьшие воздействия на ОС.

Рассмотрение критерия 3 «Применение ресурсо- и энергосберегающих методов»

Идентификация технологий в качестве НДТ согласно критерию 3 проводилась для перечня технологий обезвреживания и/или утилизации отходов, внедренных в Российской Федерации, реализация которых сопровождается наименьшим воздействием на ОС.

Целью оценки технологий на предмет применения ресурсо- и энергосбережения является выявление технологий утилизации отходов, характеризующихся максимальным использованием ресурсного потенциала отходов и меньшими затратами энергии и ресурсов.

Целью оценки технологий на предмет применения ресурсо- и энергосбережения является выявление технологий обезвреживания отходов, характеризующихся меньшими затратами энергии и ресурсов.

Оценка потребления основных ресурсов проводится по следующим показателям:

- потребление энергии – уровень энергопотребления и тип топлива (природный газ, бензин, мазут и т. д.);
- потребление воды – объем потребления воды и назначение потребления воды (промывная жидкость, хладагент, сырье и т. д.);
- потребление вспомогательных материалов – объем потребления вспомогательных материалов.

Предпочтение отдается технологиям утилизации и обезвреживания с использованием оборотных циклов, рекуперации тепла и внедренной системой энергоменеджмента.

Результатом оценки технологий по Критерию 3 является перечень технологий утилизации и/или обезвреживания отходов, внедренных в Российской Федерации, обеспечивающих снижение негативного воздействия на ОС и характеризующихся меньшими затратами энергии и ресурсов.

Рассмотрение критерия 2 «Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации НДТ»

Идентификация технологий утилизации и/или обезвреживания отходов согласно критерию 2 «Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации НДТ» осуществляется для перечня технологий обезвреживания и/или утилизации отходов, сформированного при рассмотрении критериев достижения целей охраны окружающей среды 1, 3, 5.

Целью оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации НДТ является выявление технологий утилизации и/или обезвреживания отходов, внедрение и эксплуатация которых являются менее затратными без ущерба для ОС.

Оценка экономической эффективности внедрения и эксплуатации НДТ проводится на основании экономических показателей утилизации и/или обезвреживания отходов, полученных в результате анкетирования эксплуатирующих организаций и организаций, осуществляющих разработку технологических процессов, методов и способов, производство и реализацию материалов и оборудования, используемых для утилизации и/или обезвреживания отходов. В качестве показателей рассматриваются:

- капитальные затраты на проектирование и строительство объекта (с указанием года, в соответствии с ценами которого произведен расчет затрат);
- эксплуатационные затраты на утилизацию и/или обезвреживание отходов, в ценах текущего года;
- себестоимость утилизации и/или обезвреживания 1 т отходов в текущем периоде.

При наличии сведений о ценах и затратах на внедрение конкретных технологий (технологических процессов, оборудования, средств, материалов) проводится их сравнительная оценка.

Для корректного сравнения экономических показателей производится их индексация в цены текущего года с использованием индексов изменения сметной стоимости проектных, изыскательских, строительно-монтажных и пусконаладочных работ. Сравнение технологий проводится по показателю, отражающему приведенные затраты, которые определяются по формуле ПЗ = Э + Е * К, где:

Э – эксплуатационные затраты на утилизацию или обезвреживание отходов;

К – капитальные вложения (инвестиции), необходимые для реализации технологических решений по утилизации или обезвреживанию отходов;

Е – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (равный обратной величине срока окупаемости).

Альтернативой методу затрат и выгод может служить анализ эффективности затрат, который используется для определения того, какие мероприятия являются наиболее предпочтительными для достижения определенной экологической цели при возможно низкой стоимости [180]. Экономическая эффективность технологии может быть определена по формуле:

$$\text{Экономическая эффективность} = \frac{\text{Годовые затраты, руб.}}{\text{Сокращение эмиссий, тонн/год}}.$$

В контексте оценки НДТ использование критерия 2 «Экономической эффективности» не является исчерпывающим. Однако ранжирование вариантов НДТ по мере возрастания экономической эффективности является полезным, например, чтобы исключить варианты, которые необоснованно дороги по сравнению с полученной экологической выгодой [180].

Условием выбора технологии обезвреживания и/или утилизации отходов в качестве НДТ в соответствии с критерием 2 является относительно низкий диапазон приведенных затрат на утилизацию и/или обезвреживание отходов при допустимом уровне воздействия на ОС.

Рассмотрение критерия 4 «Период внедрения НДТ»

Идентификация согласно критерию 4 «Период внедрения НДТ» осуществляется для перечня технологий обезвреживания и/или утилизации отходов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на ОС, характеризующихся меньшими затратами энергии и ресурсов, имеющими эффективные экономические показатели внедрения и эксплуатации обезвреживания и/или утилизации отходов.

Оценка периода внедрения НДТ проводится для выявления НДТ с наименьшим периодом внедрения. Периоды внедрения НДТ рассматривались в следующих временных масштабах:

- краткосрочный (от нескольких недель до месяцев);
- среднесрочный (от нескольких месяцев до года);
- долгосрочный (обычно составляет несколько лет).

Предпочтение отдается технологиям, имеющим меньшие периоды внедрения.

Результатом оценки технологий по Критерию 4 является перечень НДТ утилизации и/или обезвреживания отходов, соответствующих критериям достижения целей охраны ОС:

- внедренных в Российской Федерации на двух и более действующих предприятиях;
- обеспечивающих снижение негативного воздействия на ОС;
- характеризующихся меньшими затратами энергии и ресурсов относительно аналогичных технологий;
- имеющей эффективные экономические показатели внедрения и эксплуатации обезвреживания и/или утилизации отходов относительно аналогичных технологий;
- характеризующихся меньшими периодами внедрения.

Принятие членами ТРГ решения об отнесении технологии к НДТ

Результатом рассмотрения технологий с применением критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии, установленных нормативными правовыми актами, является перечень наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживания отходов, представленный в разделе 20 ИТС «Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживания отходов».

При возникновении серьезных разногласий относительно того, какие технологии определить в качестве НДТ, может быть проведена более углубленная комплексная оценка технологий. При возникновении серьезных разногласий относительно экономической эффективности внедрения НДТ проводится дополнительная оценка экономической целесообразности внедрения технологий.

При наличии особого мнения по определению технологии в качестве НДТ, не поддерживаемого всеми членами ТРГ, такая технология может быть определена в качестве НДТ и включена в справочник НДТ. Включение такой технологии в справочник НДТ сопровождается специальными указаниями на особое мнение и допускается при соблюдении следующих условий:

- в основе особого мнения лежат данные, которыми располагает ТРГ и федеральный орган исполнительной власти, ответственный за разработку справочников НДТ, на момент подготовки выводов относительно НДТ;

- заинтересованными членами ТРГ представлены обоснованные доводы для включения технологии в перечень НДТ; доводы являются обоснованными, если они подтверждены техническими, экономическими данными, данными о воздействии на различные компоненты окружающей среды, соответствием технологии определению термина «наилучшая доступная технология» и критериям определения НДТ, указанными в Федеральном законе от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Раздел 20 Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживания отходов

20.1 Общие положения

Перечень наилучших доступных технологий организационно-управленческого характера представлен в Приложении В, перечень наилучших доступных технологий в области энергоэффективности представлен в Приложении Г.

В таблице 20.1 представлен перечень кодов наилучших доступных технологий, подготовленный в результате оценки технологий, применяемых при утилизации и обезвреживании отходов, согласно методике, описанной в разделе 19 настоящего справочника НДТ.

Оценка технологий проводилась по сведениям, полученным в результате анкетирования организаций, осуществляющих разработку (внедрение) технологий и оборудования для утилизации и обезвреживания отходов и организаций, эксплуатирующих объекты по утилизации и обезвреживанию отходов в Российской Федерации.

Описание НДТ представлено в подразделах 20.2–20.18 настоящего справочника НДТ.

Таблица 20.1 – Перечень наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживанию отходов, на которые распространяется область применения ИТС 15-2021

№ п/п	Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживанию отходов	
	Наименование НДТ	Код НДТ
1.	Отходы нефтепродуктов, в том числе отходы минеральных масел, утративших потребительские свойства	–
2.	Прочие нефтесодержащие отходы, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата: - Наилучшие доступные технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов биоремедиацией	НДТ 2.1
3.	Отходы оборудования, содержащего ртуть: - Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, с выделением вторичной ртути; - Наилучшие доступные технологии обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, связыванием ртути в сульфидную форму	НДТ 3.1 НДТ 3.2
4.	Изделия из резины, утратившие потребительские свойства, в том числе резиновые шины, покрышки и камеры: - Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер с применением механических методов	НДТ 4.1

Продолжение таблицы 20.1

№ п/п	Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживанию отходов	
	Наименование НДТ	Код НДТ
5.	Пластмассовые изделия, утратившие потребительские свойства, в том числе упаковочные пластмассовые изделия: - Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из полиэтилентерефталата, утративших потребительские свойства, механическим методом; - Наилучшие доступные технологии утилизации отходов полимерных материалов с получением гранул	НДТ 5.1 НДТ 5.2
6.	Отходы электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества: - Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества, предусматривающие тестирование компонентов оборудования; - Наилучшие доступные технологии утилизации отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества; - Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего электронно-лучевые трубки; - Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, при котором обеспечивается получение вторичного сырья по массе не менее 55% от массы отходов, прошедших разделку	НДТ 6.1 НДТ 6.2 НДТ 6.3 НДТ 6.4
7.	Медицинские отходы: - Наилучшие доступные технологии обезвреживания медицинских отходов	НДТ 7.1
8.	Биологические отходы: – Наилучшие доступные технологии утилизации биологических отходов с получением кормовой добавки	НДТ 8.1
9.	Отходы органических растворителей	–
10.	Автомобильные аккумуляторы, утратившие потребительские свойства: - Наилучшие доступные технологии для утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства с получением вторичного сырья и товарной продукции	НДТ 10.1
11.	Первичные и аккумуляторные батареи, утратившие потребительские свойства: - Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства; - Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства	НДТ 11.1 НДТ 11.2

Окончание таблицы 20.1

№ п/п	Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживанию отходов	
	Наименование НДТ	Код НДТ
12.	Отходы фильтров и фильтровальных материалов отработанных: - Наилучшие доступные технологии утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства	НДТ 12.1
13.	Отходы продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества, стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов	–
14.	Твердые коммунальные отходы: - Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранных органических биоразлагаемых отходов) с получением органических удобрений и биогаза; - Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранных пищевых отходов) с получением органических продуктов (кормовые добавки, удобрение, биотопливо) - Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки) с получением компоста	НДТ 14.1 НДТ 14.2 НДТ 14.3
15.	Золы и шлаки от сжигания твердого топлива	–
16.	Отходы катализаторов и сорбентов	–
17.	Отходы металлообработки, в том числе отходы гальванических производств	–

В 2021 году НДТ не выявлены для шести групп отходов, что связано с недостаточностью и/или отсутствием представленных данных от организаций, осуществляющих разработку технологий и оборудования по утилизации и обезвреживанию отходов, а также организаций, эксплуатирующих объекты по утилизации и обезвреживанию отходов в Российской Федерации. По мере накопления информации раздел 20 «Наилучшие доступные технологии утилизации и обезвреживания отходов», как и весь справочник НДТ, должен быть дополнен и актуализирован.

20.2 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации отходов нефтепродуктов, в том числе отходов минеральных масел, утративших потребительские свойства, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

20.3 Наилучшие доступные технологии, применяемые при обезвреживании и утилизации прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата

Наилучшие доступные технологии обезвреживания и утилизации прочих нефтесодержащих отходов, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата, выявлены для технологий утилизации отходов, основанных на биологических методах.

НДТ 2.1 Наилучшие доступные технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов биоремедиацией

Область применения: грунты, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, нефтесодержащие отходы с содержанием нефти не более 20%.

Краткое описание технологии

Метод заключается в применении микроорганизмов, способных обезвреживать углеводороды в процессе своей жизнедеятельности. В ходе биоремедиации углеводороды нефти и нефтепродуктов частично преобразуются в углекислый газ, частично переходят в биомассу клеток. Микроорганизмы, окисляющие углеводороды, могут вноситься извне (биопрепараты) либо активируют аборигенную микрофлору путем создания ей комфортных условий. Метод реализуется на операционных площадках либо в биологических реакторах, при этом в обоих случаях должен проводиться обязательный входной, промежуточный, выходной контроль обезвреживаемых отходов на остаточное содержание в них нефти и нефтепродуктов. Остаточное содержание углеводородов нефти и нефтепродуктов должно составлять не более 5 г в 1 кг получившегося продукта обезвреживания.

На технологической площадке для проведения биоремедиации либо площадке складирования нефтесодержащих отходов перед загрузкой в биологический реактор предусматриваются сооружения, исключающие попадание загрязняющих веществ в почву и подземные горизонты.

Содержание нефти в обезвреженном отходе – менее 5 г/кг.

Экологические преимущества технологии, реализуемой в биологических реакторах:

- короткий срок проведения процесса биоремедиации относительно проведения процесса на технолоигческих площадках;

- проведение процесса в биологических реакторах в сравнении с биоремедиацией, проводимой на операционных полях, требует отведения меньших земельных площадей.

Экологические преимущества технологии, реализуемой на технологических площадках:

- проведение процесса биоремедиации на операционных площадках в сравнении с процессом, проводимым в реакторе, позволяет обезвреживать большие количества нефтесодержащих отходов.

20.4 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов оборудования, содержащего ртуть

НДТ 3.1 Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего ртуть, с выделением вторичной ртути

Наилучшими доступными технологиями для утилизации оборудования, содержащего ртуть, являются технологии, в результате которых происходит выделение вторичной ртути и дополнительно получение вторичных материальных ресурсов (стекла и алюминия).

Область применения: возможность утилизации большого спектра оборудования, содержащего ртуть: ртутных ламп, ртутно-кварцевых ламп, оборудования и приборов с ртутным наполнением, оборудования электронного, содержащего ртуть, грунтов, загрязненных ртутью, растворов, содержащих ртуть.

Краткое описание технологии

Выделение вторичной ртути проводится путем возгонки ртути из оборудования, содержащего ртуть, с последующей конденсацией паров ртути.

Обеспечивается очистка выбросов в атмосферу (улавливание ртути) до концентрации ртути менее 0,0003 мг/м^3.

Преимущества технологии:

- возможность извлечения вторичной ртути и ее дальнейшее использование;
- возможность использования демеркуризированного стеклобоя и алюминия.

НДТ 3.2 Наилучшие доступные технологии обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, связыванием ртути в сульфидную форму

Наилучшими доступными технологиями обезвреживания оборудования, содержащего ртуть, являются технологии, в результате которых происходит связывание ртути в безопасные соединения (сульфид ртути). Технология обезвреживания считается наилучшей доступной технологией при условии отсутствия возможности утилизации отходов с получением вторичной ртути.

Область применения: обезвреживание ртутьсодержащих ламп всех типов (линейные, U-образные и т. д.).

Краткое описание технологии

Обезвреживание ртутьсодержащих ламп проводится путем их разделения на три компонента: стекло, металлические цоколи и люминофор с последующим его переводом в сульфид ртути.

Обеспечивается очистка выбросов в атмосферу (улавливание ртути) до концентрации ртути менее 0,0003 мг/м^3.

Преимущества технологии:

- перевод опасного компонента отхода (ртути) в менее токсичную форму - малоопасный продукт минерализации люминофора;
- возможность использования демеркуризированного стеклобоя и алюминия.

20.5 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

НДТ 4.1 Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с применением механических методов

Область применения: утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, являются технологии утилизации с получением продукта – резиновой крошки различных фракций, сырья вторичного резиносодержащего; сырья вторичного, содержащего черные металлы; сырья вторичного текстильного, при которых:

- обеспечивается глубина утилизации отходов не менее 95%;
- достигается очистка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до концентрации взвешенных веществ (пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин) не более 0,0222 г/с.

20.6 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковочных пластмассовых изделий

Для выбора наилучших доступных технологий утилизации пластмассовых изделий, утративших потребительские свойства, в том числе упаковочных пластмассовых изделий, рассмотрены методы утилизации с целью получения вторичного сырья.

НДТ 5.1 Наилучшие доступные технологии утилизации изделий из полиэтилентерефталата, утративших потребительские свойства, механическим методом

Область применения: утилизация отходов упаковки (бутылки) из полиэтилентерефталата (далее – ПЭТ), отходов производства такой бутылки.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации отходов упаковки (бутылки) из ПЭТ с получением вторичного сырья ПЭТ-флэкс являются технологии, при которых:

- количество полученного вторичного полимерного сырья (ПЭФ-флэкс) составляет не менее 65% от массы отходов, поступивших на утилизацию;
- отходы полиэтилена, выделенные в результате флотации измельченных отходов, утилизируют с получением вторичного сырья в виде гранул;

- обеспечивается отсутствие выбросов загрязняющих веществ при измельчении (дроблении) за счет применения предварительной отмывки.

Преимущества технологии:

- для достижения высокого качества вторичного полимерного сырья мойка измельченных отходов ПЭТ осуществляется в несколько этапов: предварительная отмывка, отпарка и флотация;
- утилизация вторичных материальных ресурсов, полученных в результате флотации, представленных полиэтиленом низкого давления, с получением гранул.

НДТ 5.2 Наилучшие доступные технологии утилизации отходов полимерных материалов физическими методами с получением гранул

Область применения: утилизация отходов изделий из полимеров с получением гранул.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации отходов изделий из полимеров с получением гранул с применением методов, при которых:

- количество полученного продукта (гранул) составляет не менее 90% от массы предварительно обработанных отходов, поступивших на утилизацию;
- обеспечивается вязкость полученного продукта для гранул ПЭТ в пределах 0,62-0,79 дл/г;
- обеспечивается показатель текучести расплава полученного продукта в следующих пределах:
- для гранулы ПНД - 0,25 – 1,2 г/10 мин;
- для гранулы ПВД - 0,3 – 1,8 г/10 мин;
- для гранулы ПП - 1 – 8 г/10 мин (при температуре от 190 °С и нагрузке 5 кгс);
- используется водооборотная система, исключающая сбросы загрязняющих веществ.

Преимущества технологии:

- использование для утилизации отходов полимеров различного происхождения: полиэтиленфталат, полиэтилен низкого давления, полиэтилен высокого давления, полипропилен, пенополистирол;
- получение продукции (гранулы), пригодной для применения в производстве новых товаров из полимерных материалов (упаковки, бутылей, одноразовой посуды, водопроводных труб и пр.).

20.7 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; осветительного электрического оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

НДТ 6.1 Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов

оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества, предусматривающие тестирование компонентов оборудования

Область применения: утилизация следующих групп отходов: компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские; коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства, электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства; оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства; электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; неэлектрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации электронного и электрического оборудования с получением вторичного сырья являются технологии, предусматривающие:

- включение в процесс утилизации на этапе сортировки оборудования, утратившего потребительские свойства, тестирования состояния оборудования и его отдельных элементов с целью выявления исправных элементов, пригодных для повторного использования;

- извлечение из оборудвоания комплектующих, содержащих опасные вещества с их последующей утилизацией или обезвреживанием.

Преимущества технологии:

- возможность восстановления потребительских свойств электронного и электрического оборудования или повторного использования его элементов для первоначальных целей;

- максимальное использованием ресурсного потенциала материалов, из которых состоят отходы.

НДТ 6.2 Наилучшие доступные технологии утилизации отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества

Область применения: утилизация отходов холодильного оборудования, в том числе содержащего озоноразрушающие вещества.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации отходов холодильного оборудования, в том числе содержащего озоноразрушающие вещества, являются технологии, включающие:

- процесс извлечения из холодильного оборудования и аккумулирования смеси хладагентов и масла (например, путем вакуумной откачки в герметично закрытой установке);

- дегазацию или очистку хладагента, накопление его в жидком или газообразном виде для последующего вовлечения во вторичный оборот, или утилизации или обезвреживания.

Преимущества технологии: исключение попадания хладагента в окружающую среду.

НДТ 6.3 Наилучшие доступные технологии утилизации оборудования, содержащего электронно-лучевые трубки

Область применения: утилизация телевизоров и компьютерных мониторов, содержащих электронно-лучевые трубки.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации телевизоров и компьютерных мониторов, содержащих электронно-лучевые трубки, являются технологии, предусматривающие извлечение из кинескопа внутреннего магнитного экрана с маской, а с внутренней поверхности экрана извлечение люминофора.

Преимущества технологии: возможность отделения люминофора, содержащего редкие элементы, от прочих компонентов и его сбор.

НДТ 6.4 Наилучшие доступные технологии утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, разделкой оборудования с получением вторичных материальных ресурсов

Область применения: возможность утилизации следующих групп отходов: компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские свойства; коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства; электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства; оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, являются технологии, предусматривающие на этапе разделки оборудования и его составных частей распайку и глубокую обработку электротехнических плат с получением вторичных материальных ресурсов в количестве не менее 55% от массы оборудования, прошедшего разделку.

Преимущества технологии: увеличение глубины переработки электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства.

20.8 Наилучшие доступные технологии, применяемые при обезвреживании медицинских отходов

НДТ 7.1 Наилучшие доступные технологии обезвреживания медицинских отходов

Наилучшими доступными технологиями обезвреживания медицинских отходов методом микроволной обработки является технология, в результате которой происходит 100-процентное обеззараживание отходов и дополнительно получение вторичных материальных ресурсов с последующим использованием.

Область применения: обезвреживание медицинских отходов класса Б и В, не содержащих в своём составе токсичных веществ 1-3 классов опасности.

Краткое описание технологии

Обеззараживание медицинских отходов класса Б и В обеспечивается микроволновым методом. После обработки отходы сортируются по видам материала, из которого они изготовлены. Отходы пластмасс, металла, резины и стекла собираются с целью дальнейшего использования.

Стерилизация воздуха в рабочей зоне обеспечивается наличием в установке фильтрующего элемента.

Преимущества технологии:

- 100%-ное обезвреживание отходов;
- возможность выделения из отходов не менее 60% материалов (пластмасса, резина, металл, стекло), пригодных для утилизации.

20.9 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании биологических отходов

Наилучшие доступные технологии, применяемые при обезвреживании биологических отходов методами за исключением термических методов, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

НДТ 8.1 Наилучшие доступные технологии утилизации биологических отходов

Область применения: утилизация биологических отходов.

Наилучшими доступными технологиями утилизации биологических отходов являются технологии, обеспечивающие их сушку с получением продукции (кормовые добавки, удобрение, биотопливо), при которых:

- глубина утилизации в сухой продукт составляет 100% в расчете от сухой массы утилизируемых отходов;
- образование сточных вод в количестве не более 90% от влажности утилизируемых отходов.

Преимущества технологии:

- отсутствие выбросов в атмосферу и отсутствие запаха.
- отсутствие образования вторичных отходов.
- сточные воды могут быть направлены в хозяйственно-бытовую канализацию без дополнительной очистки.

20.10 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов органических растворителей

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов органических растворителей, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

20.11 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

Для выбора наилучших доступных технологий утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, рассмотрена технология, основанная на сочетании механических, химических, физических и физико-химических методов с целью получения вторичного сырья – лома свинца, свинцовой пасты, вторичного полимерного сырья полипропиленового, кристаллического сульфата натрия.

НДТ, применяемые при производстве вторичного свинца из различных продуктов, содержащих свинец, например, аккумуляторов, листового свинца, рассмотрены в ИТС 13-2020 «Производство свинца, цинка и кадмия».

НДТ 10.1 Наилучшие доступные технологии утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства

Область применения: утилизация свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в том числе автомобильных, стационарных, аккумуляторных батарей источников бесперебойного питания свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных кислотных и других свинецсодержащих отходов.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, являются технологии, обеспечивающие:

- глубину утилизации свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, во вторичное сырье не менее 90% от общей массы поступивших отходов;
- получение готового свинца или сырья вторичного металлического – лома свинца, пригодного для плавки;
- получение свинцовой пасты с содержанием серы менее 1%;
- получение кристаллического сульфата натрия товарного;
- получение вторичного полимерного сырья (полипропилена);
- очистку выбросов в атмосферный воздух при получении лома свинца, пригодного для плавки, свинцовой пасты с содержанием серы менее 1%, кристаллического сульфата натрия товарного, вторичного полимерного сырья – до следующих концентраций:

Загрязняющее вещество	Единица измерения	Предложения по установлению технологических показателей
Кислота серная	мг/м^3	≤ 2,8

Преимущества технологии: полный технологический цикл утилизации свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в том числе автомобильных, стационарных, аккумуляторных батарей источников бесперебойного

питания свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных кислотных и других свинецсодержащих отходов.

20.12 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Для выбора наилучших доступных технологий утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства, рассмотрены технологии, основанные на комбинации механических, физических, физико-химических, химических методов.

НДТ 11.1 Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Область применения: метод применяется для утилизации:
- источников бесперебойного питания;
- марганцово-цинковых источников тока;
- никель-металлгидридных источников тока;
- первичных диоксидмарганцевых литиевых источников тока;
- одиночных никель-кадмиевых гальванических элементов (батареек);
- аккумуляторов компьютерных кислотных;
- аккумуляторов стационарных свинцово-кислотных;
- аккумуляторов для портативной техники и устройств свинцово-кислотных;
- источников бесперебойного питания свинцово-кислотных.

Краткое описание технологии.

Наилучшими доступными технологиями утилизации батарей первичных и аккумуляторных, основанными на комбинации механических, физических, физико-химических, химических методов, являются технологии, предусматривающие:

- глубину утилизации батарей первичных и аккумуляторных не менее 50% от общей массы поступивших отходов;
- возможность вовлечения в оборотную систему использования воды не менее 70% от общего расхода воды.

НДТ 11.2 Наилучшие доступные технологии утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства

Область применения: метод применяется для утилизации:
- литиевых тионилхлоридных источников тока;
- первичных диоксидмарганцевых литиевых источников тока;
- тепловых первичных литиевых источников тока;
- литий-ионных аккумуляторов.

Краткое описание технологии.

Наилучшими доступными технологиями утилизации батарей первичных и аккумуляторных, основанными на комбинации механических, физических, физико-химических, химических методов, являются технологии, предусматривающие:

- глубину утилизации батарей первичных и аккумуляторных не менее 75% от общей массы поступивших отходов;

- возможность вовлечения в оборотную систему использования воды не менее 70% от общего расхода воды.

20.13 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства

НДТ 12.1 Наилучшие доступные технологии утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства

Наилучшими доступными технологиями утилизации фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства, является технология, в результате которой происходят демонтаж фильтров и последующее разделение материальных потоков с целью получения вторичных материальных ресурсов с последующим использованием.

Область применения: утилизация автомобильных масляных, топливных и воздушных фильтров.

Метод применяется для утилизации отходов аналогичных по конструкции автомобильных фильтров:

- масляных фильтров — фильтрующий элемент загрязнен автомобильными маслами;

- топливных фильтров — фильтрующий элемент загрязнен применяемым автомобильным топливом;

- воздушных фильтров — фильтрующий элемент загрязнен механическими примесями (пылью).

Краткое описание технологии

Метод основан на обработке отработанных фильтров путем разделки и сортировки на составляющие части: корпус, уплотнительное кольцо и фильтрующее полотно. Для масляных и топливных фильтров проводятся: отжим фильтрующего полотна с отделением масла (топлива), слив масла (топлива) в контейнер и передача для утилизации. Металлические детали обезвреживаются и передаются на утилизацию. Очищенное фильтрующее полотно передается на обезвреживание.

Преимущества технологии:

- возможность максимального извлечения вторичных ресурсов из отработанных автомобильных фильтров – масла и металла с дальнейшей их утилизацией;

- оборотная система использования воды на производственные нужды с их очисткой;

- после очистки сточных вод содержание в них взвешенных веществ – не более 50 мг/дм^3, нефтепродуктов – не более 50 мг/дм^3.

20.14 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества; стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов продукции, содержащей галогенированные ароматические вещества; стойкие органические загрязнители; отходы органических пестицидов и агрохимикатов, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

20.15 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании твердых коммунальных отходов

НДТ 14.1 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов с получением биогаза и органических удобрений

Область применения: утилизация раздельно собранной органической фракции твердых коммунальных отходов совместно с другими органическими отходами природного происхождения.

Краткое описание технологии

Наилучшими доступными технологиями утилизации раздельно собранной органической фракции (пищевых отходов) твердых коммунальных отходов являются технологии, обеспечивающие сбраживание органических отходов с применением метанобразующих бактерий с образованием органического удобрения и получением биогаза как источника энергии, при которых:

- глубина утилизации в органическое удобрение составляет 90%.

Преимущества технологии:

- возможность переработки смеси органических биоразлагаемых отходов с получением органических удобрений и биогаза;
- проведение процесса в замкнутом цикле;
- отсутствие образования выбросов, сбросов загрязняющих веществ, вторичных отходов.

НДТ 14.2 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранных пищевых отходов) с получением органических продуктов (кормовые добавки, удобрение, биотопливо)

Область применения: утилизация раздельно собранной органической фракции твердых коммунальных отходов (пищевых отходов).

Краткое описание технологии:

Наилучшими доступными технологиями утилизации раздельно собранной органической фракции (пищевых отходов) твердых коммунальных отходов являются технологии, обеспечивающие сушку пищевых отходов с получением продукции (кормовые добавки, удобрение и биотопливо), при которых:

- глубина утилизации в сухой продукт составляет 100% в расчете от сухой массы утилизируемых отходов;

- образование сточных вод в количестве не более 90% от влажности утилизируемых отходов.

Преимущества технологии:

- отсутствие выбросов в атмосферу и отсутствие запаха;

- отсутствие образования вторичных отходов;

- возможность сброса сточных вод в хозяйственно-бытовую канализацию без дополнительной очистки.

НДТ 14.3 Наилучшие доступные технологии утилизации твердых коммунальных отходов (раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки) с получением компоста

Область применения: утилизация раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов с высоким содержанием органических биоразлагаемых компонентов.

Краткое описание технологии:

Наилучшими доступными технологиями утилизации раздельно собранной биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов с высоким содержанием органических биоразлагаемых компонентов с получением компоста, являются технологии, при которых:

– обеспечивается автоматизированный контроль аэрации компостируемой массы отходов, позволяющий снизить образование метана и аммиака;

– обеспечивается достижение в компостируемой массе температуры на уровне не менее 80 ºС;

– выделение метана за полный цикл компостирования составляет не более 0,3 кг на тонну массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов;

- выделение аммиака за полный цикл компостирования составляет не более 0,1 кг на тонну массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов;

– исключается сброс сточных вод в водные объекты за счет сбора выделяющейся при компостировании воды для увлажнения компостируемых отходов.

Преимущества технологии:

– контролируемый процесс аэрации компостируемой массы, препятствующий анаэробным процессам;

– минимизация выбросов в атмосферный воздух метана, аммиака и других продуктов разложения органических веществ, продуцируемых в анаэробных условиях;

– отсутствие запаха.

20.16 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании зол и шлаков от сжигания твердого топлива

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании зол и шлаков от сжигания твердого топлива, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

20.17 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов катализаторов и сорбентов

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов катализаторов и сорбентов, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

20.18 Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств

Наилучшие доступные технологии, применяемые при утилизации и обезвреживании отходов металлообработки, в том числе отходов гальванических производств, при анализе полученных анкет по состоянию на 1 октября 2021 года не выявлены.

Раздел 21. Перспективные технологии в области утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов)

К перспективным технологиям в российских методических документах по НДТ предлагается относить технологии, которые находятся на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ или опытно-промышленного внедрения, позволяющие на стадии промышленного внедрения:

- обеспечить уровень защиты окружающей среды выше уровня защиты, определенного наилучшими доступными технологиями,

- при одинаковом уровне защиты обеспечить снижение производственных экономических затрат.

На основе анализа присланных анкет перспективные технологии утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов), которые могут рассматриваться как потенциальные НДТ, не выявлены.

.

Заключительные положения и рекомендации

Для разработки справочника была сформирована Техническая рабочая группа «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)» (ТРГ 15), в состав которой вошли представители государственных органов власти, промышленных предприятий и ассоциаций, научно-исследовательских институтов и экспертных организаций, образовательных учреждений, научно-производственных и конструкторских компаний, а также некоммерческих и общественных организаций. Состав ТРГ 15 был утвержден приказом Минпромторга России от 6 апреля 2021 года № 1223 «О создании технической рабочей группы «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)».

В целях сбора информации о применяемых на объектах утилизации и обезвреживания отходов технологических процессах, оборудовании, об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была подготовлена анкета для предприятий, содержащая формы для сбора данных, необходимых для разработки проекта настоящего справочника НДТ. В качестве основы для формирования анкеты был использован ГОСТ Р 113.00.04-2020 «Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий».

Анкета была направлена в адреса российских предприятий, на которых согласно данным различных источников информации применяются или могли применяться технологии утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов). В связи с отсутствием специализированного учета объектов (деятельности) по утилизации и обезвреживанию отходов (кроме термических способов) корректно оценить репрезентативность полученной выборки предприятий не представляется возможным. Тем не менее сведения, полученные в результате анкетирования предприятий, были систематизированы и использованы при разработке справочника НДТ.

Итоги анализа поступивших от предприятий анкет выявили низкую информативность по различным аспектам применения технологий в области утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов). По результатам подготовки данного справочника НДТ можно сделать вывод, что в сфере утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) внедрение современных технологических процессов и оборудования, разработка программ повышения энергоэффективности и ресурсосбережения требует более активной поддержки, в том числе со стороны государства. Цели, задачи и ожидаемые результаты перехода к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий в сфере утилизации и обезвреживания отходов руководителями предприятий недооценены. Кроме того, как показал анализ анкет, предприятия не готовы или не располагают показателями, которые должны использоваться для сравнительной оценки объектов, на которых технологии реализованы.

Процесс совершенствования справочника должен отражать принцип последовательного улучшения – основной принцип современных систем менеджмента. Разработчики информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов)»

надеются, что коллеги готовы разделить эту позицию и поддержать совершенствование данного документа и продвижение наилучших доступных технологий в сфере утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов).

Приложение А
(обязательное)
Перечень маркерных веществ и технологических показателей

Перечень маркерных веществ

Вид обращения с отходами	Для атмосферного воздуха	
	Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности
Утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть	Ртуть и ее соединения, кроме диэтилртути	I
Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе шин, покрышек, камер, с применением механических методов	Взвешенные вещества (пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин)	
Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства	Кислота серная	II
Утилизация раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов с высоким содержанием органических биоразлагаемых компонентов	Метан	IV
	Аммиак	IV

Перечень технологических показателей

Вид обращения с отходами	Технологический показатель	Единица измерения	Предложения по установлению технологических показателей
Утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть	Ртуть и ее соединения, кроме диэтилртути	мг/м^3	≤ 0,0003
Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе шин, покрышек, камер, с применением механических методов	Взвешенные вещества (пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин)	г/сек	≤ 0,0222
Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства	Кислота серная	мг/м^3	≤ 2,8
Утилизация раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов с высоким содержанием органических биоразлагаемых компонентов	Метан	кг/т*	≤ 0,3**
	Аммиак	кг/т*	≤ 0,1**
* – тонна массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов; ** – за полный цикл компостирования			

Приложение Б
(обязательное)
Перечень НДТ

Таблица Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 2.1	Обезвреживание нефтесодержащих отходов биоремедиацией	НДТ содержит подходы, связанные с применением микроорганизмов, способных к деградации углеводородов в процессе своей жизнедеятельности. В результате биоремедиации обеспечивается остаточное содержание нефти или нефтепродуктов в обезвреживаемом отходе не более 5 г/кг	Утилизация грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, нефтесодержащих отходов с содержанием нефти не более 20%
НДТ 3.1	Утилизация оборудования, содержащего ртуть, с выделением вторичной ртути	НДТ содержит подходы, связанные с выделением вторичной ртути и дополнительно получением вторичных материальных ресурсов (стекла и алюминия)	Без ограничений для оборудования, содержащего ртуть
НДТ 3.2	Обезвреживание оборудования, содержащего ртуть, связыванием ртути в сульфидную форму	НДТ содержит подходы, связанные со связыванием ртути в безопасные соединения (сульфид ртути)	Считается наилучшей доступной технологией при условии отсутствия возможности утилизации отхода. Обезвреживание ртутьсодержащих ламп всех типов (линейные, U-образные и т.д.)
НДТ 4.1	Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с применением механических методов	НДТ содержит подходы, связанные с получением продукта – резиновой крошки различных фракций, сырья вторичного резиносодержащего; сырья вторичного, содержащего черные металлы; сырья вторичного текстильного	Утилизация изделия из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 5.1	Утилизация изделий из полиэтилентерефталата, утративших потребительские свойства, механическим методом	НДТ содержит подходы, связанные с получением вторичного сырья ПЭТ-флэкс, при которых количество полученного вторичного полимерного сырья (ПЭТ-флэкс) составляет не менее 65% от массы отходов, поступивших на утилизацию	Утилизация упаковки (бутылки) из полиэтилентерефталата, отходов производства такой бутылки
НДТ 5.2	Утилизация отходов полимерных материалов с получением гранул	НДТ содержит подходы, связанные с получением гранул из отходов полимеров с использованием водооборотной системы и выходом готового продукта не менее 90% от массы предварительно обработанных отходов, поступивших на утилизацию	Утилизация отходов изделий из полимеров (полиэтиленфталат, полиэтилен низкого давления, полиэтилен высокого давления, полипропилен, пенополистирол)
НДТ 6.1	Утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества, предусматривающая тестирование компонентов оборудования	НДТ содержит подходы, предусматривающие включение в процесс утилизации на этапе сортировки оборудования, утратившего потребительские свойства, тестирования состояния оборудования и его отдельных элементов для использования по их целевому назначению, а также а также извлечением из оборудования комплектующих, содержащих опасные вещества с их последующей утилизацией	Утилизация следующих групп отходов: компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские свойства; коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства; электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства; оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства; электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; неэлектрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 6.2	Утилизация отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества	НДТ содержит подходы, связанные с процессом извлечения из холодильного оборудования и аккумулирования смеси хладагентов и масла (например, путем вакуумной откачки в герметично закрытой установке). В дальнейшем производятся дегазация и очистка хладагента, накопление его в жидком состоянии с последующей утилизацией или обезвреживанием	Утилизация отходов холодильного оборудования, в том числе содержащего озоноразрушающие вещества
НДТ 6.3	Утилизация отходов оборудования, содержащего электронно-лучевые трубки	НДТ содержит подходы, предусматривающие извлечение из кинескопа внутреннего магнитного экрана с маской, а с внутренней поверхности экрана извлечение люминофора	Утилизация отходов телевизоров и компьютерных мониторов, содержащих электронно-лучевые трубки
НДТ 6.4	Утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, разделкой оборудования с получением вторичных материальных ресурсов	НДТ содержит подходы, предусматривающие на этапе разделки оборудования и его составных частей распайку и глубокую обработку электротехнических плат с получением вторичных материальных ресурсов в количестве не менее 55% от массы оборудования, прошедшего разделку	Утилизация следующих групп отходов: компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские свойства; коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства; электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства; оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства; электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства; холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 7.1	Обезвреживание медицинских отходов	НДТ содержит подходы, связанные с микроволной обработкой медицинских отходов, в результате которой происходит 100-процентное обеззараживание отходов и дополнительно получение вторичных материальных ресурсов	Обезвреживание медицинских отходов классов Б и В, не содержащих в своем составе токсичных веществ 1-2 классов опасности
НДТ 8.1	Утилизации биологических отходов	НДТ содержит подходы, обеспечивающие утилизацию биологических отходов методом сушки с получением продукции (кормовые добавки, удобрение, биотопливо)	Биологические отходы , пригодные для утилизации
НДТ 10.1	Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, с получением вторичного сырья и товарной продукции	НДТ содержит подходы, обеспечивающие: - глубину утилизации свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, во вторичное сырье не менее 90% от общей массы поступивших отходов; - получение готового свинца или сырья вторичного металлического – лома свинца, пригодного для плавки; - получение свинцовой пасты с содержанием серы менее 1%; - получение кристаллического сульфата натрия товарного; - получение вторичного полимерного сырья (полипропилена)	Утилизация свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в том числе автомобильных, стационарных, аккумуляторных батарей источников бесперебойного питания свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных свинцово-кислотных, аккумуляторов компьютерных кислотных и других свинецсодержащих отходов

Продолжение таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 11.1	Утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства	НДТ содержит подходы, предусматривающие глубину утилизации батарей аккумуляторных не менее 50% от общей массы поступивших отходов	Утилизация источников бесперебойного питания; марганцово-цинковых источников тока; никель-металлгидридных источников тока; одиночных никель-кадмиевых гальванических элементов (батарейки); аккумуляторов компьютерных кислотных; аккумуляторов стационарных свинцово-кислотных; аккумуляторов для портативной техники и устройств свинцово-кислотных; источников бесперебойного питания свинцово-кислотных
НДТ 11.2	Утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства	НДТ содержит подходы, предусматривающие глубину утилизации батарей первичных и аккумуляторных не менее 75% от общей массы поступивших отходов	Утилизация литиевых тионилхлоридных источников тока; первичных диоксидмарганцевых литиевых источников тока; тепловых первичных литиевых источников тока; литий-ионных аккумуляторов
НДТ 12.1	Утилизация фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства	НДТ содержит подходы, связанные с демонтажем отходов автомобильных фильтров и последующим разделением материальных потоков с целью получения вторичных материальных ресурсов с последующей утилизацией	Утилизация автомобильных масляных, топливных и воздушных фильтров и фильтров, схожих по конструкции с автомобильными фильтрами

Окончание таблицы Б.1

№	Наименование НДТ	Краткое описание	Область применения
НДТ 14.1	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранных органических биоразлагаемых отходов) с получением биогаза и органических удобрений	НДТ содержит подходы, обеспечивающие в одном устройстве перемешивание, подогрев и анаэробное сбраживание органических отходов с применением метанобразующих бактерий с образованием органического удобрения (эффлюента) и получением биогаза как источника энергии, при котором глубина утилизации в органическое удобрение составляет 90%	Утилизация раздельно собранной органической фракции твердых коммунальных отходов совместно с другими органическими отходами природного происхождения
НДТ 14.2	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранных пищевых отходов) с получением органических продуктов (кормовые добавки, удобрение, биотопливо)	НДТ содержит подходы, обеспечивающие сушку пищевых отходов с получением продукции (кормовые добавки, удобрение, биотопливо), при которых глубина утилизации в сухой продукт составляет 100% в расчете от сухой массы утилизируемых отходов	Утилизация раздельно собранной органической фракции твердых коммунальных отходов совместно с другими органическими отходами природного происхождения
НДТ 14.3	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки) с получением компоста	НДТ содержат подходы, обеспечивающие аэробное разложение раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки с получением компоста, при которых обеспечиваются достижение в компостируемой массе температуры на уровне не менее 80 °С; выделение метана за полный цикл компостирования составляет не более 0,3 кг на тонну массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов; выделение аммиака за полный цикл компостирования составляет не более 0,1 кг на тонну массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов; исключается сброс сточных вод в водные объекты за счет сбора выделяющейся при компостировании воды для увлажнения компостируемых отходов	Утилизация раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов. Может применяться совместно с другими органическими биоразлагаемыми отходами

Приложение В
(обязательное)
Ресурсная и энергетическая эффективность

В.1 Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

Приоритетным направлением отрасли является вовлечение отходов в хозяйственный оборот. При этом утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов) осуществляется с минимальным воздействием на окружающую среду.

Технологические процессы, используемые в области утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов), осуществляются с минимальным энергопотреблением и, по возможности, с использованием энергетического потенциала отходов.

В.2 Основные энерго- и ресурсоемкие технологические процессы

В данном справочнике не рассматриваются энерго- и ресурсоемкие технологические процессы в связи с тем, что область применения справочника распространяется на процессы утилизации и обезвреживания отходов.

В справочнике отсутствуют методы, сопровождающиеся высоким потреблением энергии.

В.3 Уровни потребления

Технологические процессы, используемые в области утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) являются ресурсосберегающими. Уровни ресурсопотребления сведены к минимуму в связи с тем, что в справочнике используются технологии, направленные на использование ресурсного и энергетического потенциала отходов.

В.4 Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и ресурсной эффективности

НДТ Э-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения при обращении с отходами

НДТ реализуется посредством учета положений стандартов серии «Энергосбережение».

НДТ Э-2. Сокращение энергопотребления при обращении с отходами

НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:

а) многократное использование теплоносителя;

б) использование избыточного пара;

в) рекуперация тепла экзотермической реакции;

г) применение устройств плавного пуска и частотного привода двигателей насосных и воздуходувных агрегатов.

НДТ Э-3. Сокращение энергопотребления на объекте утилизации и обезвреживания отходов

НДТ включает принятие программы организации энергопотребления, ключевыми позициями которой являются:

а) формирование системы, позволяющей отслеживать энергопотребление и затраты;

б) проведение энергетического аудита основных технологических операций;

в) модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энергоэффективности;

г) проведение обучения лиц, занятых в области обращения с отходами, основам организации энергоэффективности.

В.5 Целевые показатели ресурсной эффективности

Показателями ресурсной эффективности отрасли является глубина утилизации отходов. Глубина утилизации определяется как отношение массы продукции, получившейся при утилизации, к массе отходов, направленных на утилизацию.

Таблица В.1 – Показатели ресурсной эффективности

Показатель ресурсной эффективности	Ед. измерения	Значение
Глубина утилизации отходов резины с получением резиновой крошки различных фракций, сырья вторичного резиносодержащего; сырья вторичного, содержащего черные металлы; сырья вторичного текстильного	%	≥ 95
Глубина утилизации отходов изделий (упаковки) из полиэтилентерефтала с получением вторичного сырья ПЭТ-флэкс, рассчитанная от массы отходов, поступивших на утилизацию	%	≥ 65
Глубина утилизации отходов изделий из полимеров с получением гранул, рассчитанная от массы предварительно обработанных отходов, поступивших на утилизацию	%	≥ 90
Глубина утилизации электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, при его разделке на составные части, распайке и глубокой обработке электротехнических плат с получением вторичных материальных ресурсов, рассчитанная от массы отходов, прошедших разделку	%	≥ 55
Глубина утилизации автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства, с получением вторичного сырья, рассчитанная от массы отходов, поступивших на утилизацию	%	≥ 90
Глубина утилизации батарей первичных и аккумуляторных (источников бесперебойного питания; марганцово-цинковых источников тока; никель-металлгидридных источников тока; одиночных никель-кадмиевых гальванических элементов (батарейки); аккумуляторов компьютерных кислотных), рассчитанная от общей массы поступивших на утилизацию отходов	%	≥ 50

Окончание таблицы В.1

Показатель ресурсной эффективности	Ед. измерения	Значение
Глубина утилизации батарей первичных и аккумуляторных (литиевых тионилхлоридных источников тока; первичных диоксид-марганцевых литиевых источников тока; тепловых первичных литиевых источников тока; литий-ионных аккумуляторов), рассчитанная от общей массы поступивших на утилизацию отходов	%	≥ 75
Глубина утилизации раздельно собранной органической фракции твердых коммунальных отходов с образованием органического удобрения (эффлюента), рассчитанная от массы поступивших на утилизацию органических отходов	%	≥ 90
Глубина утилизации раздельно собранных пищевых отходов с получением продукции (кормовые добавки, удобрение, биотопливо), рассчитанная как отношение сухого продукта к сухой массе утилизируемых отходов.	%	100

В.6 Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и ресурсной эффективности, в том числе на сокращение потребления природных ресурсов и повышение уровня вовлечения отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья

Перспективные технологии в сфере утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов), направленные на повышение энергоэффективности и ресурсной эффективности, в настоящем справочнике не представлены.

Приложение Г
(справочное)
Термины и определения

Отходы производства и потребления – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом ([1], ст. 1).

Обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов ([1], ст. 1).

Обработка отходов – предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку ([1], ст. 1).

Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), а также использование твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки, соответствующих требованиям, предусмотренным пунктом 3 статьи 10 настоящего Федерального закона (энергетическая утилизация) ([58], ст. 1).

Обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание, за исключением сжигания, связанного с использованием твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов), и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду ([1], ст. 1).

Объекты обезвреживания отходов – специально оборудованные сооружения, которые обустроены в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначены для обезвреживания отходов ([1], ст. 1).

Вид отходов – совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов ([1], ст. 1).

Отходы от использования товаров – отходы, образовавшиеся после утраты товарами, упаковкой товаров полностью или частично своих потребительских свойств ([1], ст. 1).

Твердые коммунальные отходы – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых поме-

щениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами ([1], ст. 1).

Группы однородных отходов – отходы, классифицированные по одному или нескольким признакам (происхождению, условиям образования, химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме) ([1], ст. 1).

Приложение Д
(обязательное)
Заключения по наилучшим доступным технологиям

Заключение совпадает с областью применения информационно-технического справочника по НДТ для утилизации и обезвреживания отходов (кроме термических способов) (ИТС 15-2021 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов»») и распространяется на следующие основные виды деятельности:

утилизация и обезвреживание отходов кроме утилизации и обезвреживания отходов термическими способами, основанными на термодеструкции органических веществ, входящих в состав отходов, включая утилизацию и обезвреживание отходов, являющихся неотъемлемым процессом обрабатывающих или иных производств, если в соответствующем отраслевом справочнике НДТ они не рассмотрены.

Данные виды деятельности согласно "ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности" (утв. Приказом Росстандарта от 31 января 2014 г. № 14-ст) (ред. от 12.02.2020 г.) относятся к коду 38.2 и 38.3.

Заключение не распространяется на:

- технологии утилизации и обезвреживания отходов, содержащих в своем составе органические вещества, термическими способами с деструкцией органических веществ.

В Заключении рассматривается деятельность по утилизации и обезвреживанию (кроме термических способов) следующих групп отходов:

- отходы нефтепродуктов, в том числе отходы минеральных масел, утративших потребительские свойства;
- прочие нефтесодержащие отходы, включая отходы при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного (попутного) газа и газового конденсата;
- отходы оборудования, содержащего ртуть;
- изделия из резины, утратившие потребительские свойства, в том числе резиновые шины, покрышки и камеры;
- пластмассовые изделия, утратившие потребительские свойства, в том числе упаковочные пластмассовые изделия;
- электрическое и электронное оборудование, утратившее потребительские свойства, в том числе:
    - компьютеры и периферийное оборудование, утратившие потребительские свойства;
    - коммуникационное оборудование, утратившее потребительские свойства;
    - электронная бытовая техника, утратившая потребительские свойства;
    - оптические приборы и фотографическое оборудование, утратившие потребительские свойства;
    - электрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства;
    - неэлектрические бытовые приборы, утратившие потребительские свойства;
    - холодильное и вентиляционное промышленное оборудование, утратившее потребительские свойства;
    - осветительное электрическое оборудование, утратившее потребительские свойства;

- медицинские отходы;
- биологические отходы;
- отходы органических растворителей;
- автомобильные аккумуляторы, утратившие потребительские свойства[3];
- первичные и аккумуляторные батареи, утратившие потребительские свойства;
- отходы фильтров и отработанных фильтровальных материалов;
- отходы продукции, содержащей галогенированные ароматические органические вещества, в том числе стойкие органические загрязнители;
- отходы органических пестицидов и агрохимикатов;
- отходы оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества;
- твердые коммунальные отходы;
- золы и шлаки от сжигания твердого топлива;
- катализаторы, адсорбенты;
- отходы металлообработки, в том числе отходы гальванических производств.

Сфера распространения справочника НДТ представлена в таблице Д.1.

Таблица Д.1 – Сфера распространения справочника НДТ

ОКВЭД 2	Наименование вида деятельности по ОКВЭД 2	ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2
38.21	Обработка и утилизация неопасных отходов	38.21.2	Услуги по удалению неопасных отходов
38.22.9	Обработка и утилизация опасных отходов прочих, не включенных в другие группировки	38.22.29	Услуги по утилизации прочих опасных отходов
38.32	Утилизация отсортированных материалов	38.32	Услуги по сортировке материалов для восстановления; сырье вторичное

1 Наилучшие доступные технологии

Заключение содержит перечень кратких описаний НДТ, применяемых при утилизации и обезвреживании отходов (кроме термических способов) на различных этапах технологического процесса.

Технологии/методы, перечисленные и описанные в настоящем документе в качестве наилучших доступных технологий (НДТ), не являются ни предписывающими, ни исчерпывающими. Могут использоваться другие технологии/методы, которые гарантируют по крайней мере эквивалентный уровень охраны окружающей среды.

Содержащиеся в приведенных ниже заключениях краткие описания НДТ даны в редакции раздела 20 ИТС 15-2021 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)».

[3] Только в части утилизации с получением лома свинца, свинцовой пасты, полипропилена, электролита или кристаллического сульфата натрия.

Таблица Д.2 – Перечень НДТ

Номер НДТ	Наименование НДТ
2.1	Обезвреживание нефтесодержащих отходов биоремедиацией
3.1	Утилизация оборудования, содержащего ртуть, с выделением вторичной ртути
3.2	Обезвреживание оборудования, содержащего ртуть, связыванием ртути в сульфидную форму
4.1	Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе резиновых шин, покрышек и камер, с применением механических методов
5.1	Утилизация изделий из полиэтилентерефталата, утративших потребительские свойства механическим методом
5.2	Утилизация отходов полимерных материалов с получением гранул
6.1	Утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства; отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества, предусматривающая тестирование компонентов оборудования
6.2	Утилизация отходов оборудования, содержащего озоноразрушающие вещества
6.3	Утилизация отходов оборудования, содержащего электронно-лучевые трубки
6.4	Утилизация электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, при котором обеспечивается получение вторичного сырья по массе не менее 55% от массы отходов, прошедших разделку.
7.1	Обезвреживание медицинских отходов
8.1	Утилизация биологических отходов с получением кормовой добавки.
10.1	Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства с получением вторичного сырья и товарной продукции
11.1	Утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства
11.2	Утилизации батарей первичных и аккумуляторных, утративших потребительские свойства
12.1	Утилизация фильтров и фильтровальных материалов, утративших потребительские свойства
14.1	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранных органических биоразлагаемых отходов) с получением органических удобрений и биогаза
14.2	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранных пищевых отходов) с получением органических продуктов (кормовые добавки, удобрение, биотопливо)
14.3	Утилизация твердых коммунальных отходов (раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции или отсева сортировки) с получением компоста

Таблица Д.3 – Технологические показатели НДТ

Вид обращения с отходами	Технологический показатель	Единица измерения	Предложения по установлению технологических показателей
Утилизация и обезвреживание оборудования, содержащего ртуть	Ртуть и её соединения, кроме диэтилртути	мг/м^3	≤ 0,0003
Утилизация изделий из резины, утративших потребительские свойства, в том числе шин, покрышек, камер, с применением механических методов	Взвешенные вещества (Пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин)	г/сек	≤ 0,0222
Утилизация автомобильных аккумуляторов, утративших потребительские свойства	Кислота серная	мг/м^3	≤ 2,8
Утилизация раздельно собранной органической биоразлагаемой фракции твердых коммунальных отходов или отсева сортировки твердых коммунальных отходов с высоким содержанием органических биоразлагаемых компонентов	Метан	кг/т*	≤ 0,3**
	Аммиак	кг/т*	≤ 0,1**
* – тонна массы органического вещества, входящего в состав компостируемых отходов; ** – за полный цикл компостирования			

2 Производственный экологический контроль

Таблица Д.4 – Методы контроля технологических показателей для выбросов

Измеряемые показатели	Метод контроля (непрерывный с применением систем автоматического контроля, периодический, расчетный метод)	Методика измерения
Ртуть и её соединения, кроме диэтилртути	См. ИТС 22.1-2021	Федеральный фонд единства измерений https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16

Окончание таблицы Д.4

Измеряемые показатели	Метод контроля (непрерывный с применением систем автоматического контроля, периодический, расчетный метод)	Методика измерения
Взвешенные вещества (Пыль тонко измельченного резинового вулканизата из отходов подошвенных резин)	См. ИТС 22.1-2021	Федеральный фонд единства измерений https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16
Кислота серная	См. ИТС 22.1-2021	Федеральный фонд единства измерений https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16
Метан	См. ИТС 22.1-2021	Федеральный фонд единства измерений https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16
Аммиак	См. ИТС 22.1-2021	Федеральный фонд единства измерений https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/16

Библиография

1. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ: с ред. от 02.07.2021 // СПС «КонсультантПлюс».

2. Данные федерального статистического наблюдения за обращением с отходами производства и потребления в 2020 году по форме 2-ТП «Отходы».

3. Утилизация отработанного масла [Электронный ресурс] // URL: https://kaslpro.ru/blog/otkhody/utilizatsiya-otrabotannogo-masla/.

4. Правила по обустройству мест временного хранения отработанных масел. [Электронный ресурс]: Сайт «Зеленый мир» // URL: https://zelenstroy-biysk.ru/vse-othody/trebovaniya-k-hraneniyu-otrabotannogo-masla.html.

5. Справочник химика 21 века [Электронный ресурс] // URL: http://chem21.info/info/122447 (дата обращения 02.08.2021).

6. Переработка и утилизация моторных масел [Электронный ресурс] // URL: http://hromax.ru/utilizaciya_motornogo_masla.html (дата обращения 14.07.2021).

7. Очистка масла промышленного (индустриального) [Электронный ресурс] // URL: https://oil-filters.ru/industrial_oil_cleaning_units/#ind_cleaning_filtration (дата обращения 14.07.2021).

8. Обзор технологий переработки отработанных масел [Электронный ресурс] // URL: https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6362.

9. Технология регенерации очистки и осветления отработанных масел [Электронный ресурс] // URL: http://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0b65635b2ad68b4d43a88421216c37_0.html (дата обращения 14.07.2021).

10. Технология очистки отработанных моторных масел с осветлением [Электронный ресурс] // URL: http://www.viitin.tamb.ru/files/027.html (дата обращения 14.07.2021).

11. Справочник химика [Электронный ресурс] // URL: https://www.chem21.info/article/699813/.

12. Технологии регенерации отработанного масла [Электронный ресурс]: Сайт инновационно-внедренческой фирмы ООО «Кварта» // URL: http://kvartaltd.com/novosti/stati/tehnologii-regeneracii-otrabotannogo-masla#:~:text=%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%D1%8E%20%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B8%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0,%D0%B2%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D1%8B%D1%85%20%D0%B2%20%D1%8D%D1%82%D0%B8%20%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B0%20%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2 (дата обращения 27.08. 2021).

13. Очистка фенолом [Электронный ресурс]: Сайт «Студопедия» // URL: https://studopedia.ru/14_127919_ochistka-fenolom.html (дата обращения 27.08.2021).

14. Нефтешламы: состояние проблемы в Российской Федерации и методы снижения их отрицательного воздействия на окружающую среду [Электронный ресурс] // URL: Режим доступа: http://ecobiotech-journal.ru/2019/pdf/ecbtch1901075.pdf.

15. Рынок оборудования для утилизации нефтешламов в Российской Федерации, 2010-2013 гг. // ООО «АТ-Консалтинг» [Электронный ресурс]: сайт Эй Ти Консалтинг. Исследования промышленных рынков // URL: http://www.atconsult.ru/store/Demo_equip_2014.pdf (дата обращения 03.08.2021).

16. Опыт российских компаний по обработке нефтешламов [Электронный ресурс // URL: https://studref.com/403976/ekologiya/opyt_rossiyskih_kompaniy_obrabotke_nefteshlamov (дата обращения 09.08.2021).

17. Джураев, К. А. Основные методы обезвреживания и утилизации нефтеотходов / К. А. Джураев, А. С. Аминова, С. А. Гайбуллаев // Молодой ученый. – 2014. – № 10 (69). – С. 136–137.

18. Описание технологических процессов, используемых в области утилизации и обезвреживания отходов, и текущие уровни эмиссии в окружающую среду [Электронный ресурс]: сайт «Малый бизнес Москвы» // URL: https://base.garant.ru/71569790/948c9c0734b6e944a4727660f2d5a027/#:~:text=%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B2%2C%20%D1%81%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%85%20%D0%B3%D1%83%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D1%8B,%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC%20%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B8%20%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20() (дата обращения 25.08.2021).

19. Обезвоживание нефтесодержащих отходов [Электронный ресурс] // URL: https://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/obezvozhivanie-neftesoderzhashhix-otxodov/ (дата обращения 26.07.2021).

20. Принципы, лежащие в основе работы декантера [Электронный ресурс] // URL: http://www.nefteshlamy.ru/stat.php?id=3 (дата обращения 28.07.2021).

21. Разделение нефтешлама на трикантере [Электронный ресурс] // URL:https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1634102600&tld=ru&lang=ru&name=Suchkova.pdf&text=%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%20%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%8C%20%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B8%20%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B5%D1%81%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%85&url=https%3A%2F%2Fwww.gubkin.ru%2Ffaculty%2Fchemical_and_environmental%2Fchairs_and_departments%2Findustrial_ecology%2FNews%2FSuchkova.pdf&lr=50&mime=pdf&l10n=ru&sign=ca14e0c563977056caba77dc4ae21d23&keyno=0&nosw=1 (дата обращения 28.07.2021).

22. Обработка нефтесодержащих отходов [Электронный ресурс] // URL: http://www.studfiles.ru/preview/405002/ (дата обращения 26.07.2021).

23. Утилизация промышленных отходов [Электронный ресурс] // URL: https://pandia.ru/text/78/342/1566-15.php (дата обращения 27.07.2021).

24. Биологические методы [Электронный ресурс] // URL: https://ozlib.com/879124/himiya/biologicheskie_metody (дата обращения 27.07.2021).

25. Описание технологических процессов, используемых в области утилизации и обезвреживания отходов, и текущие уровни эмиссии в окружающую среду [Электронный ресурс] // URL: https://base.garant.ru/71569790/948c9c0734b6e944a4727660f2d5a027/#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B8%20%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%BE%D1%82%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D1%81%20%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B8%D0%BC,%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BA%D1%83%D1%87%D0%B8%2C%20%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8 (дата обращения 26.07.2021).

26. Описание технологических процессов, используемых в области утилизации и обезвреживания отходов, и текущие уровни эмиссии в окружающую среду [Электронный ресурс] // URL: https://base.garant.ru/71569790/948c9c0734b6e944a4727660f2d5a027/#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B8%20%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%BE%D1%82%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D1%81%20%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B8%D0%BC,%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BA%D1%83%D1%87%D0%B8%2C%20%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8 (дата обращения 26.07.2021).

27. Ртутное загрязнение в России: проблемы и рекомендации [Электронный ресурс]: сайт «Экосогласие» // URL: http://www.ecoaccord.org/pop/%D0%A0%D1%82%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%20%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8_2.pdf (дата обращения 10.08.2021).

28. Оценка поступлений ртути в окружающую среду с территории Российской Федерации. Подготовлено для Совета стран Арктики // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Российской Федерации, Датское агентство по охране окружающей среды, 2005.

29. Источники выброса ртути в России. Обзор ситуации в шести городах страны [Электронный ресурс]: сайт http://www.ecoaccord.org // URL:http://www.ecoaccord.org/pop/mercury/istohniki (дата обращения 01.08.2021).

30. Ассоциация предприятий по обращению с ртутьсодержащими и другими опасными отходами НП «АРСО» [Электронный ресурс]: сайт http://nparso.ru/ // URL: http://nparso.ru/index.php/informatsiya/nashi-publikatsii (дата обращения 01.08.2021).

31. Анализ существующих методов утилизации ртутьсодержащих электрических ламп [Электронный ресурс] // URL: http://mognovse.ru/spf1-analiz-sushestvuyushih-metodov-utilizacii-rtutesoderjash.html (дата обращения 01.08.2021).

32. Оборудование для переработки ртутьсодержащих отходов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://fid-dubna.com(дата обращения 01.08.2021).

33. Анализ существующих методов утилизации ртутьсодержащих электрических ламп [Электронный ресурс] // URL: https://www.contr.ru/Analiz_sushestvuushih_metodov_utilizatsii_rtutsoderjashih_elektricheskih_lamp.htm (дата обращения 01.08.2021).

34. Робинсон, Г. Свет в конце туннеля / Г. Робинсон // ТБО. – 2008. – № 2.

35. Raposoa, C. Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis / C. Raposoa, C. Carvalhinho, W. A. Durao // WASTE Management World. – № 23 (2003). – С. 879–886.

36. Макарченко, Г. В. Демеркуризация объектов городской среды / Г. В. Макарченко, Н. В. Косорукова, А. А. Волох // Эколого-геохимические проблемы ртути. – М.: ИМГРЭ. – 2000. – С. 153–160.

37. Установка разделения компонентов, обезвреживания и утилизации ртутьсодержащих ламп и отходов «Экотром 2У» [Электронный ресурс] // URL: http://ecotromtehnology.ru/index.html (дата обращения 22.07.2016).

38. Макарченко, Г. В. «Экотром-2У» – новый технологический мини-комплекс по обезвреживанию и утилизации люминесцентных ламп / Г. В. Макарченко, В. Н. Тимошин, К. М. Тиняков, Е. П. Янин // Экологические системы и приборы. – 2012. – № 7. – С. 8–12.

39. Тимошин, В. Н. Установка «Экотром-2» - эффективное решение проблем утилизации ртутных ламп / В. Н. Тимошин, Г. В. Макарченко // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 3. – С. 16–19.

40. Тимошин, В. Н. Пневмовибрационные способы утилизации энергосберегающих люминесцентных ламп / В. Н. Тимошин, К. М. Тиняков, Г. В. Макарченко, А. В. Кочуров, Е. П. Янин // Экономика природопользования. – 2011. – № 6. – С. 67–71.

41. Международная научно-практическая конференция «Современные подходы к решению проблем утилизации резинотехнических изделий и шин» [Электронный ресурс]: сайт unido-russia.ru/ // URL: http://www.unido-russia.ru/archive/num3/art3_2/ (дата обращения 17.06.2021).

42. Рынок утилизации отходов [Электронный ресурс]: сайт Институт «Центр развития» // URL: https://dcenter.hse.ru/data/2018/07/11/1151608260/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA%20%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%BE%D1%82%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%202018.pdf (дата обращения 17.06.2021).

43. Москвин, А. А. Методы переработки. Переработка шин [Электронный ресурс] / А. А. Москвин, М. Н. Емельянова // URL: http://msd.com.ua/pererabotka-iznoshennyx-avtomobilnyx-pokryshek-v-rossii/metody-pererabotki/ (дата обращения 17.06.2021).

44. Общие сведения о регенерации резин [Электронный ресурс]: сайт domrezin.ru // URL: http://www.domrezin.ru/articles_15.html (дата обращения 17.06.2021).

45. Каратасков, С. А. Способ регенерации резины [Электронный ресурс] / С. А. Каратасков, В. Н. Долгих, А. П. Марченко // URL: http://www.findpatent.ru/patent/206/2061710.html (дата обращения 17.06.2021).

46. Технологии переработки изношенных шин [Электронный ресурс] // URL: http://www.cleandex.ru/files/publications/1500/1591/tires_1.jpg (дата обращения 17.06.2021).

47. Кайгородов, О. Н. Российский рынок оборудования для переработки автопокрышек [Электронный ресурс]: сайт агентства clendex / О. Н. Кайгородов // URL: http://www.cleandex.ru/opinion/2010/06/25/tires_recycling_equipment_market (дата обращения 17.06.2021).

48. Переработка шин и РТИ [Электронный ресурс] // URL: http://www.bizzona.ru/prodazha-biznesa/43048/prodam-Pererabotka-shin-i%A0RTI.php (дата обращения 17.06.2021).

49. Круглов, Л. Схемы переработки изношенных шин [Электронный ресурс] / Л. Круглов // URL: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id = 4173 (дата обращения 18.06.2021).

50. Оборудование для переработки шин [Электронный ресурс]: сайт Бизнес и оборудование // URL: http://buisiness-oborudovanie.com/dlya-pererabotki-musora/oborudovanie-dlya-pererabotki-shin/ (дата обращения 18.06.2021).

51. Тугов, И. И. Прогрессивные пути использования изношенных шин: Обзор, информация. Серия VI // И. И. Тугов. – М., 1971.

52. Производство регенерата [Электронный ресурс]: сайт Переработка мусора инвестиции в будущее // URL: http://ztbo.ru/o-tbo/lit/pererabotka-promishlennix-otxodov/proizvodstvo-regenerata (дата обращения 11.06.2021).

53. ГОСТ Р 54095-2010. Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин [Электронный ресурс] // URL: http://snipov.net/database/c_4164767095 _doc_ 4293801520.html (дата обращения 18.06.2021).

54. Утилизация и рециклинг полимерных отходов. Процессы и оборудование [Электронный ресурс]: Современные технологии производства. Химические волокна // URL: https://extxe.com/7426/utilizacija-i-recikling-polimernyh-othodov-processy-i-oborudovanie/ (дата обращения 28.07.2021).

55. Петров, Н. А. Оценка образования полимерных отходов в России и пути их переработки / Н. А. Петров // Полимерные материалы. – 2018. – № 4.

56. ГОСТ Р 54533-2011 (ИСО 15270:2008). Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов [Электронный ресурс] // URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54533-2011 (дата обращения 29.07.2021).

57. Рзаев, К. В. Российский рынок вторичной переработки пластмасс: состояние, тенденции, перспективы / К. В. Рзаев // Полимерные материалы. – 2018. – № 8.

58. Вторичное использование полимерных материалов / под ред. Е. Г. Любешкиной. – М., 1985.

59. Технология отходов / под ред. Л. Я. Шубова. – М., 2016.

60. Кривошеин, Д. А. Основы экологической безопасности производств / Д. А. Кривошеин, В. П. Дмитриенко, Н. В. Федотова. – СПб.: изд-во «Лань», 2015.

61. Штарке, Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс / Перевод с нем. В. В. Михайлова; под ред. В. А. Брагинского / Л. Штарке. – Л.: Химия, 1987.

62. Фёдорова, Ю. С. К вопросу переработки отходов полимерной упаковки / Ю. С. Фёдорова, С. К. Ивановский, Е. Г. Лыгина // Молодой ученый. – 2014. – № 19 (78). – С. 256–258.

63. Вторичная переработка полимеров. [Электронный ресурс]: сайт vtorothodi.ru // URL: http://vtorothodi.ru/pererabotka/pererabotka-polimernyx-otxodov (дата обращения 21.07.2016).

64. Вторичная переработка пластика в гранулы: технологии, проблемы, развитие [Электронный ресурс]: сайт Переработка мусора // URL: http://ztbo.ru/o-tbo/stati/plastik/vtorichnaya-pererabotka-plastika-v-granuli-texnologii-problemi-razvitie (дата обращения 24.01.2016).

65. Харламова, И. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг. Учебное пособие для академического бакалавриата / И. Д. Харламова, А. И. Курбатова. – М., Юрайт, 2016

66. Карелин, А. О. Отходы электронной промышленности / А. О. Карелин, А. Ю. Ломтев // ТБО. – 2019. – № 8.

67. Экологические аспекты обращения с ОЭЭО [Электронный ресурс] // URL: https://www.solidwaste.ru/magazine/archive/viewdoc/2015/7/2057.html (дата обращения 18.06 2021).

68. Технология извлечения драгоценных металлов из отходов электротехники [Электронный ресурс] // URL: https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=233 (дата обращения 11.08.2021).

69. Технология извлечения драгоценных металлов из отходов электротехники [Электронный ресурс] URL: https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=233 (дата обращения 19.08.2021).

70. Технология по переработке радиоэлектронного лома [Электронный ресурс] // URL: http://www.lamel777.ru/pererabotka_loma (дата обращения 19.08.2021).

71. Переработка плат (печатных, электронных, материнских) [Электронный ресурс] // URL: https://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy/pererabotka-elektroniki/pererabotka-elektronnyx-plat-i-komponentov-s-celyu-izvlecheniya-dragocennyx-metallov/pererabotka-materinskix-plat/ (дата обращения 12.08.2021).

72. Утилизация жидкокристаллических и плазменных дисплеев [Электронный ресурс] // URL: https://habr.com/ru/post/167883/ (дата обращения 02.08.2021).

73. Переработка ЭЛТ мониторов в керамическую плитку [Электронный ресурс] // URL: https://ug-plastics.ru/utilizaciya/monitorov-elt-2.html (дата обращения 12.08.2021).

74. Хефели, В. Умная переработка холодильников. / В. Хефели, А. Амманн // Твердые бытовые отходы: научно-практический журнал. – 2016. – № 6. – С. 24–27.

75. Справочник химика [Электронный ресурс] // URL: https://www.chem21.info/article/764897/ (дата обращения 12.08.2021).

76. Уланова, О. В. Электронное и электрическое оборудование: предпосылки для переработки / О. В. Уланова // Твердые бытовые отходы: научно-практический журнал. – 2013. – № 3 (81). – С. 8–13.

77. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ: с изменениями на 26.05.2021 // СПС «КонсультантПлюс».

78. Об утверждении критериев разделения медицинских отходов на классы по степени их эпидемиологической, токсикологической, радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 04 июля 2012 года № 681 // СПС «КонсультантПлюс».

79. Шапиев, И. Современные проблемы утилизации отходов здравоохранения [Электронный ресурс]: интернет-издание Pandia / И. Шапиев // URL: https://pandia.ru/text/80/454/14930.php (дата обращения 01.07.2021).

80. Погодина, И. В. К вопросу об управлении медицинскими отходами [Электронный ресурс] / И. В. Погодина, А. Ф. Баранова // Медицинское право. – 2018. – № 4.

81. Об утверждении СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (вместе с «СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно- правила и нормативы…») [Электронный ресурс]: постановление главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 3 // СПС «КонсультантПлюс».

82. Утилизация медицинских отходов 2021 году [Электронный ресурс]: интернет-издание Pandia // URL: https://xlom.ru/opasnye-otxody/utilizaciya-medicinskix-otxodov (дата обращения 01.07.2021).

83. Осипова, В. Л. Дезинфекция: учебное пособие / В. Л. Осипова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.

84. ИТС 9-2020. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами [Электронный ресурс]: утвержден приказом Росстандарта от 23 января 2020 года № 2181 // СПС «КонсультантПлюс».

85. Балакаева, А. В. Краткий обзор аппаратных технологий обеззараживания медицинских отходов, применяемых в России / А. В. Балакаева. // Молодой ученый. – 2010. – № 9 (20). – С. 83–88. Что же делать с медицинскими отходами? [Электронный ресурс]: сайт http://medbuy.ru // URL: http://medbuy.ru/articles/chto-zhe-delat-s-medicinskimi-othodami (дата обращения 22.06.2021).

86. Обзор современных подходов к стерилизации [Электронный ресурс]: Медицинское оборудование // URL: https://sante.ru/news.php/?action=news_print&id=46 (дата обращения 02.07.2021).

87. Данилин, М. Газовая стерилизация: особенности технологии [Электронный ресурс]: сайт ПРОМТЕХГАЗ / М. Данилин // URL: http://xn--80affkvlgiu5a.xn--p1ai/gazovaya-sterilizaciya-osobennosti-tehnologii/ (дата обращения 02.07.2021).

88. Стерилизация ионизирующим излучением [Электронный ресурс]: сайт энциклопедия научной библиотеки // URL: http://enc.sci-lib.com/article0000891.html (дата обращения 22.06.2021).

89. Бархатова, Л. А. Гигиенические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность/ Способы и методы обеззараживания и/или обезвреживания медицинских отходов классов Б и В [Электронный ресурс]: учебное пособие: Оренбург, 2013 / Л. А. Бархатова, Л. А. Перминова, И. Л. Карпенко, Л. В. Зеленина // URL: https://cyberpedia.su/15x6a51.html (дата обращения 02.07.2021).

90. Ветеринарные правила перемещения, хранения, переработки и утилизации биологических отходов [Электронный ресурс]: утверждены приказом Минсехоза России от 26.10.2020 № 626 // СПС «КонсультантПлюс».

91. Правила безопасной утилизации биологических отходов [Электронный ресурс]: сайт ekoin.ru // URL: https://ekoin.ru/ekologicheskie-problemy/pravila-bezopasnoj-utilizatsii-biologicheskih-othodov.html (дата обращения 07.07.2021).

92. Мясокостная мука: технология производства из отходов, состав и применение [Электронный ресурс]: Все о переработке и утилизации отходов Rcycle.net // URL: https://rcycle.net/othody/pishhevye/myasokostnaya-muka-tehnologiya-proizvodstva-iz-othodov-sostav-i-primenenie (дата обращения 08.07.2021).

93. Обращение с биологическими отходами [Электронный ресурс]: Промышленная и экологическая безопасность. Компания «Протос Экспертиза» // URL: https://library.fsetan.ru/doc/obraschenie-s-biologicheskimi-othodami/ (дата обращения 08.07.2021).

94. ИТС 43-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства [Электронный ресурс]: утвержден приказом Росстандарта от 13 января 2017 года № 2820.

95. Кузнецов, Н. И. Стимулирование деятельности по обращению с биологическими отходами в системе экономики природопользования [Электронный ресурс] / Н. И. Кузнецов, И. Л. Воротников, К. П. Колотыркин // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 69–72.

96. Технология производства отходов переработки животного сырья 24.09.2014 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://agro-archive.ru/ekspertiza-kormov/1837-tehnologiya-proizvodstva-othodov-pererabotki-zhivotnogo-syrya.html (дата обращения 09.11.2021).

97. Вакуумный котел [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://xn----8sbelbbq9c4ci2a0a.xn--p1ai/magazin/product/vakuumnyy-kotel (дата обращения 09.11.2021).

98. Экструдированные корма — последнее слово в производстве кормов из биологических отходов [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://greenologia.ru/othody/biologicheskie/korma-iz-othodov.html (дата обращения 17.10.2016).

99. Кадыров, Д., Гарзанов А. Экструзионная переработка биологических отходов в корма [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://www.almaz-spb.com/news/ekstruzionnaya-pererabotka-biologicheskih-othodov-v-korma.html (дата обращения 20.10.2016).

100. Производство растворителей для лакокрасочных материалов в России [Электронный ресурс]: сайт Растворитель СПБ // URL: https://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/pererabotka-otxodov-rastvoritelej/ (дата обращения 19.08.2021).

101. Переработка отходов растворителей [Электронный ресурс]: сайт msd.com.ua Мастер своего дела // URL: http://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/pererabotka-otxodov-rastvoritelej/ (дата обращения 19.08.2021).

102. Годовая статистика международной торговли товарами [Электронный ресурс]: Подготовлено на основе анализа данных ФТС России, Росстата, Trade Map и зарубежной внешнеторговой статистики // URL: https://www.lkmportal.com/news/2016-09-05/11812 (дата обращения 19.08.2021).

103. О Фармакопее Евразийского экономического союза: Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 11.08.2020 № 100 // СПС «КонсультантПлюс».

104. Виды растворителей подлежащих регенерации [Электронный ресурс]: сайт ЛИМ ПЭК // URL: http://limpek.ru/services/regeneration/species/ (дата обращения 19.08.2021).

105. Бобович, Б. Б. Переработка промышленных отходов [Электронный ресурс]: Библиотекарь.ру «СП Интермет Инжиниринг», 1999 год / Б. Б. Бобович // URL: http://www.ngpedia.ru/id388147p1.html (дата обращения 09.09.2016).

106. Регенерация – органический растворитель. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс] // URL: http://www.ngpedia.ru/id388147p1.html (дата обращения 09.09.2016).

107. Регенерация растворителей [Электронный ресурс] // URL: http://www.blnconsulting.eu/ru/ekologicheskie-tehnologii/ofru-recycling/regeneracija-rastvoritelej.html (дата обращения 09.08.2021).

108. ИТС 18-2019. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство основных органических химических веществ: утвержден приказом Росстандарта от 12.12.2019 № 2979 // СПС «КонсультантПлюс».

109. Установки для регенерации растворителей. [Электронный ресурс]: сайт FORMECO // URL: http://www.imoline.ru/wp-content/uploads/2017/02/FORMECO.pdf (дата обращения 19.08.2021).

110. Утилизация растворителей [Электронный ресурс]: Переработка отходов растворителей // URL: https://poisk-ru.ru/s12962t1.html (дата обращения 18.08.2021).

111. ГОСТ Р 56828.27-2017 Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Методология обработки отходов в целях получения вторичных материальных ресурсов: утвержден приказом Росстандарта от 04.08.2017 № 810-ст // СПС «КонсультантПлюс».

112. Регенерация - органический растворитель. Реэкстракция. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс] // URL: https://www.ngpedia.ru/id388147p1.html (дата обращения 20.08.2021).

113. Состав экстракционной системы. Растворители (экстрагенты) для жидкостной экстракции, их характеристика. Что такое коэффициент распределения? Чем обусловлен выбор растворителя? [Электронный ресурс]: сайт Удобная усадьба // URL: http://cozyhomestead.ru/rastenia_93389.html (дата обращения 20.08.2021).

114. Аналитическая химия. 7.4. Экстракция [Электронный ресурс]: сайт Электронная библиотека // URL: https://libraryno.ru/7-4-ekstrakciya-anhim/ (дата обращения 19.08.2021).

115. Поташников, Ю. М. Утилизация отходов производства и потребления: Учебное пособие / Ю. М. Поташников. – Тверь.: Издательство ТГТУ, 2004.

116. Аккумуляторный рынок России, итоги 2019 года [Электронный ресурс] // URL: https://batbaza.ru/about/news/320-akkumulyatornyij-ryinok-rossii-itogi-2019-goda (дата обращения 13.07.2021).

117. Аккумуляторные заводы России [Электронный ресурс] // URL: http://www.wiki-prom.ru/43otrasl.html (дата обращения 13.07.2021).

118. Pinasseau, Antoine. Best Available Techniques (BAT) / Antoine Pinasseau, Benoit Zerger, Joze Roth, Michele Canova, Serge Roudier // Reference Document for Waste Treatment; EUR 29362 EN; doi:10.2760/407967.

119. Методы утилизации и виды аккумуляторов [Электронный ресурс] // URL: http://vtorothodi.ru/utilizaciya/metody-utilizacii-akkumulyatorov (дата обращения 03.08.2021).

120. Виды фильтров очистки и фильтрующих материалов [Электронный ресурс] // URL: https://oils.globecore.ru/filtr-ochistki-vidy-filtruyushchih-mate.html (дата обращения 14.07.2021).

121. Утилизация масляных фильтров в России: забота об экологии и перспективный бизнес [Электронный ресурс] // URL: https://vseomusore.com/utilizatsiya/utilizatsiya-maslyanyh-filtrov-v-rossii-zabota-ob-ekologii-i-perspektivnyj-biznes/ (дата обращения 15.07.2021).

122. Утилизация отработанных автомобильных масляных фильтров – один из путей снижения поступления нефтепродуктов в окружающую среду [Электронный ресурс] // URL: https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=7381 (дата обращения 15.07.2021).

123. Масляные фильтры [Электронный ресурс] // URL: https://magistral-perm.ru/%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D1%8B/ (дата обращения 16.07.2021).

124. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях [Электронный ресурс]: конвенция от 22.05.2001 // СПС «Техэксперт».

125. Шелепчиков, А. А. Загрязнения окружающей среды полихлорированными дибензо-п-диоксинами и диоксиноподобными веществами [Электронный ресурс] / А. А. Шелепчиков // URL: http://www.dioxin.ru/history/dioxin-info.htm (дата обращения 05.08.2021).

126. Мирный, А. Н. Коммунальная экология. Энциклопедический словарь / А. Н. Мирный, Л. С. Скворцов, Е. И. Пупырев, В. Е. Корецкий. – М., Издательство Прима-Пресс, 2007.

127. Пупырев, Е. И. Инженерная экология. Энциклопедический словарь / Е. И. Пупырев, В. Е. Корецкий, А. Н. Мирный, Л. С. Скворцов, В. В. Холодков. – М., Издательство Прима-Пресс Экспо, 2009.

128. Васильева, Е. А. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами. [Электронный ресурс]: Учебное пособие Высшая школа технологии и энергетики / Е. А. Васильева, А. В. Левин // URL: http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/2019_03_28_01.pdf (дата обращения 16.08.2021.

129. Слюсарь, Н. Н. Разработка комплексной технологической схемы сортировки твердых бытовых отходов / Н. Н. Слюсарь, Д. Л. Борисов, В. Н. Григорьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2011. – № 3. – С. 75–82.

130. Харламова, М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг / М. Д. Харламова, А. И. Курбатова. – М., Издательство Юрайт, 2016. – С. 230.

131. Ильиных, Г. В. Геоэкологическая оценка технологий обработки твердых коммунальных отходов различного компонентного состава: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Г. В. Ильиных. – Пермь, 2016.

132. Ложечко, В. П. О методах получения альтернативного топлива из твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] / В. П. Ложечко, С. К. Крицин // URL:

http://net.knigi-x.ru/24biologiya/591819-1-vp-lozhechko-kricin-udk-3517778-lozhechko-kricin-metodah-polucheniya-alternativnogo-t.php (дата обращения 10.08.2021).

133. Бушихин, В. В. Альтернативное топливо из твердых бытовых отходов / В. В. Бушихин, А. Ю. Ломтев, В. М. Пахтинов // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 4. – С. 38–40.

134. ГОСТ Р 55133-2012 «Системы менеджмента качества. Частные требования для их применения при производстве топлива твердого топлива из бытовых отходов». [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200103164 (дата обращения 10.08.2021).

135. Мусоросортировочное производство [Электронный ресурс] // URL: http://kxmnt.ru/garb/production.pdf (дата обращения 10.08.2021).

136. Бобович, Б. Б. Процессы и аппараты переработки отходов / Б. Б. Бобович. – М., Издательство «Форум», 2015. – С. 285.

137. ГОСТ 33516-2015 «Топливо твердое из бытовых отходов. Технические характеристики и классы» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200126393 (дата обращения 10.08.2021).

138. Иванкин, А. Н. Инженерная экология. Переработка органических отходов. [Электронный ресурс]: ГОУ ВО МГУЛ / А. Н. Иванкин, А. Д. Неклюдов, С. М. Тарасов, Ю. Н. Жилин // URL: https://mf.bmstu.ru/UserFiles/File/7_IVANKIN/Pererabotka_org_othodov_himiya_2016.pdf (дата обращения 19.08.2021).

139. Хайнц, Г. Обработка и утилизация органических отходов: от сбора до технологий переработки и качества конечной продукции. [Электронный ресурс]. Rhein-Main Deponie GmbH / Г. Хайнц // URL: http://www.otxod.com/files/materials/1%20Heinz.pdf (дата обращения 19.08.2021).

140. Мингалеева, Г. Р. Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов ТЭС и котельных. [Электронный ресурс]: Современные проблемы науки и образования / Г. Р. Мингалеева, Э. В. Шамсутдинов, О. В. Афанасьева, А. И. Федотов, Д. В. Ермолаев // URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=16475 (дата обращения: 22.07.2021).

141. Тихонова, А. Усовершенствование системы обращения с отходами ТЭС / А. Тихонова // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH& Co/ KG, 2010. – С. 93.

142. Пичугин, Е. А. Аналитический обзор накопленного в Российской Федерации опыта вовлечения в хозяйственный оборот золошлаковых отходов теплоэлектростанций / Е. А. Пичугин // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 4: – С. 77–87.

143. ОДМ 218.2.031-2013 Методические рекомедации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов// URL: https://docs.cntd.ru/document/1200098294 (дата обращения 22.07.2021).

144. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р // СПС «КонсультантПлюс».

145. Сниккарс, П. Н. Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача. [Электронный ресурс]: Общественно- деловой научный журнал «Энергетическая

политика» / П. Н. Сниккарс, Ю. И. Золотова, Н. А. Осокин // URL: https://energypolicy.ru/utilizacziya-zoloshlakov-tes-kak-novaya-k/energetika/2020/13/21/ (дата обращения 21.07.2021).

146. Путилов, В. Я. Ключевые вопросы решения проблемы обращения с золошлаками энергетики в России. [Электронный ресурс]: Научно исследовательский университет МЭИ Москва / В. Я. Путилов, А. И. Путилов, Е. А. Маликова // URL: https://vdocuments.site/-568132cb550346895d998c2d.html (дата обращения 22.072021).

147. Золошлаковые отходы: переработка, утилизация и проблемы, связанные с ними [Электронный ресурс]: сайт RECYCLE.NET. Все о переработке вторсырья и утилизации отходов // URL: https://rcycle.net/othody/vidy/zoloshlakovye-pererabotka-utilizatsiya-i-problemy (дата обращения 22.07.2021).

148. Черепанов, А. А. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) / А. А. Черепанов, Т. В. Кардош // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2009. – № 2.

149. Красный, Б. Л. Летучая зола как техногенное сырье для получения огнеупорных и изоляционных керамических материалов (обзор) [Электронный ресурс]: сайт «Бакор лидер промышленных инноваций» / Б. Л. Красный, Д. О. Лемешев, А. С. Сизова // URL: https://www.ntcbakor.ru/articles/publikatsii/letuchaya-zola-kak-tekhnogennoe-syre-dlya-polucheniya-ogneupornykh-i-izolyatsionnykh-keramicheskikh-/(дата обращения 23.072021).

150. Эффективный подход к золошлаковым отходам [Электронный ресурс]: сайт www.interrao.ru // URL: http://zoloshlaki.ru/news/effektivnye-podxody-k-zoloshlakovym-otxodam-shlakami-dorozhka/ (дата обращения 22.07.2021).

151. Академия конъюнктуры промышленных рынков. Утилизация золошлаков ТЭС в России: рыночные показатели. [Электронный ресурс] // URL: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id = 2793 (дата обращения 22.07.2021).

152. Данилин, Л. Д. Полые микросферы из зол-уноса - многофункциональный наполнитель композиционных материалов [Электронный ресурс]: журнал «Цемент и его применение» / Л. Д. Данилин, В. С. Дрожжин, М. Д. Куваев, С .А. Куликов, Н. В. Максимова, В. И. Малинов, И. В. Пикулин, С. А. Редюшев, А. Н. Ховрин // URL: https://jcement.ru/magazine/vypusk-4-210/polye-mikrosfery-iz-zol-unosa-mnogofunktsionalnyy-napolnitel-kompozitsionnykh-materialov/ (дата обращения 23.07.2021).

153. Путилин, Е. И. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС: Союздорнии. / Е. И. Путилин, В. С. Цветков // URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293854/4293854006.htm (дата обращения 12.11.2021).

154. Путилов, В. Я. Обращение с золошлаками. 3.4. Кондиционирование и управление качеством золошлаков 3.4.3. Перспективы производства высококачественных золошлаков и микросфер на основе нанотехнологий из зол энергетических углей с высоким содержанием потерь при прокаливании [Электронный ресурс// URL: http://osi.ecopower.ru/ru/2010-11-28-18-46-37.html (дата обращения 23.07.2021).

155. ИТС НДТ 33-2020. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство специальных неорганических химикатов. [Электронный ресурс]: утвержден приказом Росстандарта от 23 декабря 2020 года № 2181 // СПС «КонсультантПлюс».

156. Промышленные катализаторы [Электронный ресурс] // URL: https://catalyst.rnd.name/promyshlennye-katalizatory/ (дата обращения 10.06.2021).

157. Катализатор в автомобиле [Электронный ресурс] // URL: https://katalizatoroff.ru/katalizator-v-avtomobile-1/(дата обращения 10.06.2021).

158. Способы переработки катализаторов [Электронный ресурс] // URL: https://pokupaem-radiodetali.ru/news/sposoby-pererabotki-katalizatorov/ (дата обращения 13.06.2021).

159. Луценко, А. Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов / А. Н. Луценко // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 3 (43). – С. 18.

160. Органические и органо-минеральные соединения природных и техногенно-нарушенных экосистем [Электронный ресурс] // URL: https://istina.msu.ru/media/projects/project/717/072/11888483/Otchet_GOST_Trofimov_2016.pdf.

161. Каменщиков, Ф. А. Нефтяные сорбенты / Ф. А. Каменщиков, Е. И. Богомольный. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.

162. Органические и органо-минеральные соединения природных и техногенно-нарушенных экосистем [Электронный ресурс] // URL: https://istina.msu.ru/projects/8614812/ (дата обращения 15.06.2021).

163. Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти: технический информационный документ // ITOPF. – 2012. – № 8. – С. 9.

164. Способы утилизации отработанных сорбентов на основе цеолитов в строительные материалы [Электронный ресурс] // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-utilizatsii-otrabotannyh-sorbentov-na-osnove-tseolitov-v-stroitelnye-materialy(дата обращения 15.06.2021).

165. Переработка автомобильных катализаторов: технологии и утилизация [Электронный ресурс] // URL: https://katalizatorppr.ru/blog-o-katalizatorakh/pererabotka-avtomobilnykh-katalizatorov-tekhnologii-i-utilizatsiya (дата обращения 19.06.2021).

166. Как происходит процесс утилизации отработанных катализаторов [Электронный ресурс] // URL: https://econsk.ru/utilizaciya/pererabotka-katalizatorov-avtomobilnyh-2.html (дата обращения 20.06.2021).

167. Аллабергенов, Р. Д. Фундаментальная и прикладная гидрометаллургия / Р. Д. Аллабергенов. – Ташкент, 2012.

168. Зеликман, А. Н. Металлургия редких металлов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. – М.: Металлургия, 1991.

169. Сорбционная очистка [Электронный ресурс] // URL: https://www.voda.ru/articles/sorbcionnaya-ochistka/regeneratsiya-sorbentov (дата обращения 22.06.2021).

170. Гальванические шламы [Электронный ресурс] // URL: https://www.ecouniversal.ru/utilizatsiya-otkhodov/promyshlennye-otkhody/galvanicheskie-shlamy/ (дата обращения 22.06.2021).

171. Гальванические отходы [Электронный ресурс] // URL: https://gkeco.ru/galvanicheskie-otxody/galvanicheskie-otxody.html (дата обращения 22.06.2021).

172. Потапов, В. В. Переработка и утилизация металлических отходов автомобилестроительных производств и повышение эффективности их использования: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. [Электронный ресурс] / В. В. Потапов // URL: https://www.dissercat.com/content/pererabotka-i-utilizatsiya-

metallicheskikh-otkhodov-avtomobilestroitelnykh-proizvodstv-i-pov (дата обращения 23.06.2021).

173. Переработка отходов гальванического производства [Электронный ресурс] // URL:
https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=2&*=x2ZSJLR5XX9Vp%2BjxjACdrGisgxV7InVybCI6Imh0dHBzOi8vaWhmLmtwaS51YS9maWxlcy9kb3dubG9hZHMvMjQzJTVCMSU1RC5wZGYiLCJ0aXRsZSI6IjI0M1sxXS5wZGYiLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidWlkIjoiMCIsInRzIjoxNjI4MjQ3NDgzNjkyLCJ5dSI6IjYxMDEyNTQzNzE2MTQ2NzI4NjEiLCJzZXJwUGFyYW1zIjoidG09MTYyODI0Njc5OCZ0bGQ9cnUmbGFuZz1ydSZuYW1lPTI0M1sxXS5wZGYmdGV4dD0lRDAlQjIlRDElOEIlRDElODklRDAlQjUlRDAlQkIlRDAlQjAlRDElODclRDAlQjglRDAlQjIlRDAlQjAlRDAlQkQlRDAlQjglRDAlQjUrJUQwJUI4JUQwJUJFJUQwJUJEJUQwJUJFJUQwJUIyKyVEMCVCQyVEMCVCNSVEMSU4MiVEMCVCMCVEMCVCQiVEMCVCQiVEMCVCRSVEMCVCMislRDAlQjglRDAlQjcrJUQwJUIzJUQwJUIwJUQwJUJCJUQxJThDJUQwJUIyJUQwJUIwJUQwJUJEJUQwJUI4JUQxJTg3JUQwJUI1JUQxJTgxJUQwJUJBJUQwJUI4JUQxJTg1KyVEMCVCRSVEMSU4MiVEMSU4NSVEMCVCRSVEMCVCNCVEMCVCRSVEMCVCMiZ1cmw9aHR0cHMlM0EvL2loZi5rcGkudWEvZmlsZXMvZG93bmxvYWRzLzI0MyUyNTVCMSUyNTVELnBkZiZscj01MCZtaW1lPXBkZiZsMTBuPXJ1JnNpZ249ZDc4ZjRjMjdkODQ5NjExNjE3ZjNhYTNmZjdkNTMyOGIma2V5bm89MCJ9&lang=ru (дата обращения 25.06.2021).

174. Проблемы и способы утилизации гальваношламов [Электронный ресурс] // URL: https://delta-eco.ru/pererabotka/problemy-i-sposoby-utilizatsii-galvanoshlamov.html (дата обращения 25.06.2021).

175. Переработка лежалых шламов гальванического производства [Электронный ресурс] // URL:
https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=11&*=%2FkfiOJ86KJ4gQuBX1erGi5Q%2Fhfh7InVybCI6Imh0dHBzOi8vZWxhci51cmZ1LnJ1L2JpdHN0cmVhbS8xMDk5NS83ODU1Mi8xL21fdGhfay5zLmtvc3Ryb21pbl8yMDE5LnBkZiIsInRpdGxlIjoibV90aF9rLnMua29zdHJvbWluXzIwMTkucGRmIiwibm9pZnJhbWUiOnRydWUsInVpZCI6IjAiLCJ0cyI6MTYyODE2MDQ5MzY1OSwieXUiOiI2MTAxMjU0MzcxNjE0NjcyODYxIiwic2VycFBhcmFtcyI6InRtPTE2MjgxNjA0ODMmdGxkPXJ1Jmxhbmc9cnUmbmFtZT1tX3RoX2sucy5rb3N0cm9taW5fMjAxOS5wZGYmdGV4dD0lRDAlQkMlRDAlQjglRDAlQkQlRDAlQjUlRDElODAlRDAlQjAlRDAlQkIlRDAlQjglRDAlQjclRDAlQjAlRDElODYlRDAlQjglRDElOEYrJUQwJUIzJUQwJUIwJUQwJUJCJUQxJThDJUQwJUIyJUQwJUIwJUQwJUJEJUQwJUI4JUQxJTg3JUQwJUI1JUQxJTgxJUQwJUJBJUQwJUI4JUQxJTg1KyVEMCVCRSVEMSU4MiVEMSU4NSVEMCVCRSVEMCVCNCVEMCVCRSVEMCVCMiZ1cmw9aHR0cHMlM0EvL2VsYXludXJmdS5ydS9iaXRzdHJlYW0vMTA5OTUvNzg1NTIvMS9tX3RoX2sucy5rb3N0cm9taW5fMjAxOS5wZGYmbHI9NTAmbWltZT1wZGYmbDEwbj1ydSZzaWduPTc3Zjc5MTg1NDY2OTc4NDQzY2I3ZTNkNmU3ZWIxYWZhJmtleW5vPTAifQ%3D%3D&lang=ru (дата обращения 26.06.2021).

176. Утилизация гальванических отходов [Электронный ресурс] // URL: http://www.alitm.ru/utilizaciya/galvanicheskie-othody (дата обращения 27.06.2021).

177. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ: с ред. от 02.07.2021 // СПС «КонсультантПлюс».

178. О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ: с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020 // СПС «КонсультантПлюс».

179. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 № 1458: с ред. от 03.03.2021 // СПС «КонсультантПлюс».

180. Об утверждении методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии [Электронный ресурс]: приказ Минпромторга России от 23.08.2019 № 3134 // СПС «КонсультантПлюс».

181. Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2014 № 2674-р: с ред. от 01.11.2021 // СПС «КонсультантПлюс».