ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 47— 2017

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ (ОБРАЩЕНИЯ) СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ И ОТХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Москва
Бюро НДТ
2017

Содержание

Введение V
Предисловие VII
Область применения 1
Раздел 1. Общая информация о рассматриваемой межотраслевой проблеме 4
1.1 Химическая промышленность Российской Федерации (текущее состояние) 4
1.1.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу 4
1.1.2 Водопользование 11
1.2 Воздействие на окружающую среду 15
1.2.1 Отходящие газы 15
1.2.2 Сточные воды 17
1.2.3 Отходы 19
1.3 Системы экологического менеджмента при обращении со сточными водами и отходящими газами 20
1.4 Методы обработки (обращения). Общие принципы 20
1.4.1 Процессно-интегрированный метод 21
1.4.2 Методы «на конце трубы» 21
1.4.3 Термические методы очистки сточных вод 23
1.4.4 Бессточные схемы производства 23
1.4.5 Обработка вод с использованием метода закачки с целью изоляции в глубоких пластах-коллекторах 24
Раздел 2. Описание организационных и технологических процессов, используемых для решения рассматриваемой межотраслевой проблемы 26
2.1 Системы экологического менеджмента (СЭМ) 26
2.2 Производственный экологический контроль 29
2.3 Водопотребление. Образование сточных вод. Способы обращения и очистки 31
2.3.1 Методы снижения потребления исходной воды 31
2.3.2 Методы на «конце трубы» 33
2.4 Обращение с газовыми выбросами, их обработка и очистка 43
2.4.1 Очистка отходящих газов от аэрозолей (пыли и туманов) 46
2.4.2 Очистка отходящих газов от летучих соединений 49
2.4.3 Биохимические методы очистки отходящих газов 57
Раздел 3. Экологические аспекты рассматриваемой межотраслевой проблемы 59
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий 61
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии 62
5.1 Мероприятия организационного и управленческого характера 62
НДТ 1. Применение системы экологического менеджмента (СЭМ) 62
НДТ 2. Проектирование 63
5.2 Производственный экологический контроль 64

НДТ 3.Контроль основных параметров сточных вод/выбросов в атмосферу с использованием средств автоматизации 64
НДТ 4. Периодический контроль параметров сточных вод/выбросов в атмосферу 64
5.3 Процессно-интегрированные решения 65
НДТ 5. Совершенствование технологии, ресурсо- и энергосбережение 65
НДТ 6. Сокращение выбросов в атмосферу 65
НДТ 7. Применение технологии двойного контактирования и двойной абсорбции при производстве серной кислоты из элементарной серы 65
НДТ 8. Очистка стоков (конденсата сокового пара) от аммиака в производстве удобрений на основе азотнокислотной переработки фосфатного сырья 66
НДТ 9. Очистка стоков (конденсата сокового пара) в производстве карбамида 66
НДТ 10. Очистка сточных вод производства экстракционной фосфорной кислоты, упаренной фосфорной и суперфосфорной кислот 66
5.4 Образование сточных вод 67
5.4.1 Водопользование и образование сточных вод 67
НДТ 11. Сокращение поступлений загрязняющих веществ в сточные воды 67
НДТ 12. Сокращение потребления исходной воды 67
НДТ 13. Использование водооборотных систем 67
5.5 Сбор и сегрегация сточных вод 67
НДТ 14. Использование условно чистых вод производственных процессов 67
5.6 Обработка сточных вод 67
НДТ 15. Удаление из сточных вод загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом 67
НДТ 16. Очистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных масел и жиров 68
НДТ 17. Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений 68
НДТ 18. Удаление из сточных вод азота 69
НДТ 19. Удаление из сточных вод фосфора 69
НДТ 20. Очистка сточных вод, содержащих биологически неразлагаемые и (или) токсичные органические загрязнения 69
НДТ 21. Очистка сточных вод, содержащих тяжелые металлы 70
НДТ 22. Очистка сточных вод от сульфидов 70
НДТ 23. Очистка сточных вод от неорганических солей (общей минерализации) 71
НДТ 24. Стабилизация органического вещества осадка 71
НДТ 25. Обработка сточных вод термическими методами 71
НДТ 26. Бессточная технология очистки сточных вод от акриловой кислоты, бутилакрилата, метилакрилата, этилакрилата,

изобутилацетата, бутанола, метанола, бутилбутоксипропионата, этилэтоксипропионата 71
НДТ 27. Закачка в изолированные пласты горных пород 72
5.7 Выбросы в атмосферу 72
НДТ 28. Сбор и локализация выбросов в атмосферу 72
5.7.1 Очистка отходящих газов 72
НДТ 29. Очистка отходящих газов от пыли 72
НДТ 30. Очистка от пыли NH_4NO_3 и аммиака в производстве аммиачной селитры 72
НДТ 31. Очистка отходящих газов от аммиака 73
НДТ 32. Очистка отходящих газов от газообразных соединений фтора 73
НДТ 33. Очистка отходящих газов от тумана и брызг серной кислоты 73
НДТ 34. Абсорбционная очистка газового выброса от метанола при герметичном наливе в железнодорожные цистерны 74
5.7.2 Высокотемпературная обработка отходящих газов 74
НДТ 35. Высокотемпературное окисление аммиака 74
НДТ 36. Гомогенное восстановление оксидов азота 75
НДТ 37. Каталитическое восстановление оксидов азота при производстве азотной кислоты 75
Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий 75
Раздел 7. Перспективные технологии 77
7.1 Перспективные технологии очистки сточных вод 78
7.1.1 Фотокаталитическое окисление с использованием TiO_2 78
7.1.2 Комбинированное электрохимическое окисление 79
7.1.3 Сверхкритическое окисление водой 81
7.1.4 Мембранная дистилляция 81
7.1.5 Модифицирование микроорганизмов для очистки загрязненных вод, содержащих ЗВ 83
7.2 Перспективные технологии очистки отходящих газов 84
7.2.1 Фотокаталитическое окисление ЛОС с использованием диоксида титана 84
7.2.2 Метод очистки отходящих газов с использованием керамических фильтров и каталитического восстановления 84
7.2.3 Плазменно-каталитические процессы очистки отходящих газов от ЛОС, NO_x, SO_2, CO 86
Заключительные положения и рекомендации 88
Приложение А (обязательное) Термины, определения и сокращения 89
Приложение Б (справочное) Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу) 94
Приложение В (обязательное) Перечень НДТ 109
Библиография 111

Введение

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности» (далее — справочник НДТ) является документом по стандартизации, разработанным в результате анализа технических, технологических и управленческих решений, применяемых на предприятиях химической промышленности.

Разработка справочника НДТ осуществлена в соответствии с Поэтапным графиком создания в 2015–2017 гг. справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р (ред. от 7 июля 2016 г.).

Структура настоящего справочника НДТ соответствует ГОСТ Р 56828.14—2016, формат описания технологий — ГОСТ Р 56828.15—2016, термины приведены в соответствии с ГОСТ Р 56828.13—2016.

Краткое содержание справочника НДТ

Введение. Приведено краткое содержание настоящего справочника НДТ и обзор законодательных документов, использованных при его разработке.

Предисловие. Указана цель разработки настоящего справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, описание конкретной проблемы межотраслевого характера, решаемой настоящим справочником НДТ, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также порядок его применения.

Область применения. Приведены области применения НДТ, на которые распространяется настоящий справочник НДТ.

В **разделе 1** представлена общая информация о рассматриваемой отраслевой проблеме: обработке (обращении), включая очистку, выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, обезвреживании сточных вод предприятий химической отрасли промышленности.

В **разделе 2** представлено описание технологических процессов, используемых в настоящее время для обработки (обращения), включая очистку, выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, сточных вод в основных производствах химической промышленности.

В **разделе 3** приводятся характерные выбросы в атмосферный воздух и загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах для предприятий химической промышленности.

В **разделах 4–7** представлены подход к понятию наилучших доступных технологий (НДТ), экономические аспекты внедрения НДТ и информация о перспективных технологиях.

Заключительные положения и рекомендации. Приведены сведения об использованных материалах при подготовке справочника НДТ.

Библиография. В библиографии приведен перечень источников информации и нормативных правовых актов, использованных при разработке настоящего справочника НДТ.

Приложения. В **приложении А** приведены термины и определения, в **приложении Б** — выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, отходящих от стаци-

онарных источников, в 2016 г., в **приложении В** — перечень НДТ, позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду.

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458. Перечень областей применения наилучших доступных технологий определен распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р.

Основной целью разработки настоящего справочника НДТ является создание базового инструмента для внедрения НДТ в области создания систем обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности.

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации и разработан в соответствии с положениями, требованиями и терминологией, изложенными в ГОСТ Р 56828.13—2016, ГОСТ Р 56828.14—2016, ГОСТ Р 56828.15—2016.

2 Информация о разработчиках

Настоящий справочник НДТ разработан технической рабочей группой «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности» (ТРГ 47), состав которой утвержден в соответствии с протоколом совещания под председательством заместителя Министра промышленности и торговли Российской Федерации В.С.Осьмакова от 22 марта 2017 г. № 15-ОВ/12 «О формировании технических рабочих групп 2017 г.».

Настоящий справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее — Бюро НДТ) (www.burondt.ru).

3 Краткая характеристика

Настоящий справочник НДТ содержит описания используемых в настоящее время в Российской Федерации универсальных подходов и методов, применимых при обработке (обращении), включая очистку, выбросов и сбросов вредных (загрязняющих) веществ на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ, определенным распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р. Из этих подходов и методов выделены решения, признанные наилучшими доступными технологиями для приоритетных областей применения НДТ, включая, по возможности, соответствующие параметры экологической результативности, ресурсо- и энергоэффективности, а также экономические показатели.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

Настоящий справочник НДТ разработан с учетом положений европейского справочника по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Системы обработки/обращения со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности», исполнительного решения Европейской Комиссии 2016/902 от 30 мая 2016 г., устанавливающего выводы о выборе НДТ в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета ЕС 2010/75/ЕС «О промышленных выбросах» применительно к общепринятым системам обработки сточных вод и отходящих газов в химической промышленности и обращения с ними, Руководящего документа по технологиям регулирования выбросов серы, NO_x, летучих органических соединений, пыли из стаци-

онарных источников (Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния).

5 Сбор данных

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, а также об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения была собрана в процессе разработки справочника НДТ в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разработанными или разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р, приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Настоящий справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 15 декабря 2017 г. № 2846.

Настоящий справочник НДТ введен в действие с 1 июля 2018 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru).

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ (ОБРАЩЕНИЯ) СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ И ОТХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Processing system (treatment) with waste water and exhaust gases in the chemical industry

Дата введения — 2018-07-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности, в том числе при производстве:

- основных органических химических веществ;
- продукции тонкого органического синтеза;
- полимеров;
- основных неорганических химических веществ;
- неорганических кислот, минеральных удобрений;
- твердых и других неорганических химических веществ;
- специальных неорганических химикатов;
- прочих основных неорганических химических веществ.

Справочник НДТ рассматривает способы и системы обработки (обращения) сточных вод и условно чистых вод, газообразных выделений, отходящих газов (в соответствии с определениями, приведенными во введении и приложении А), образующихся при производстве различной химической продукции, а также рассматриваются способы организационно-управленческого и технологического характера. Область применения справочника НДТ в части обработки (обращения) сточных вод и условно чистых вод приведена на рисунке 1. Рисунок 1 также отражает взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ.

Настоящий справочник НДТ разработан в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р и включает в себя описание универсальных подходов и способов, применимых при производстве химической продукции на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ, определенным распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р.

Настоящий справочник НДТ охватывает следующие аспекты хозяйственной деятельности:

- системы экологического менеджмента;
- производственный экологический контроль (ПЭК);
- решения по снижению потребления исходной (природной) воды;
- системы управления сточными водами, их сбор и обработку;
- системы управления выбросами в атмосферу, их сбор и обработку;
- термические способы обработки отходящих газов.

Настоящий справочник НДТ разработан с учетом следующих справочников НДТ:

1) ИТС 2—2015 «Производство аммиака, минеральных удобрений и кислот»;

2) ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»;

3) ИТС 18—2016 «Производство основных органических химических веществ»;

4) ИТС 19—2016 «Производство твердых и других неорганических химических веществ»;

5) ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»;

6) ИТС 22.1—2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения».

Дополнительные виды деятельности, осуществляемые при обработке (обращении) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности, и соответствующие им справочники НДТ, определенные распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2014 г. № 2178-р, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Дополнительные виды деятельности при обработке (обращении) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Наименование соответствующего справочника НДТ
Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух	Справочник НДТ ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Очистка и утилизация сточных вод	Справочник НДТ ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Осуществление производственного экологического контроля	Справочник НДТ ИТС 22.1—2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»

При разработке настоящего справочника использованы материалы европейского справочника по НДТ BREF CWW Common waste water and waste gas treatment/management systems in the chemical sector.

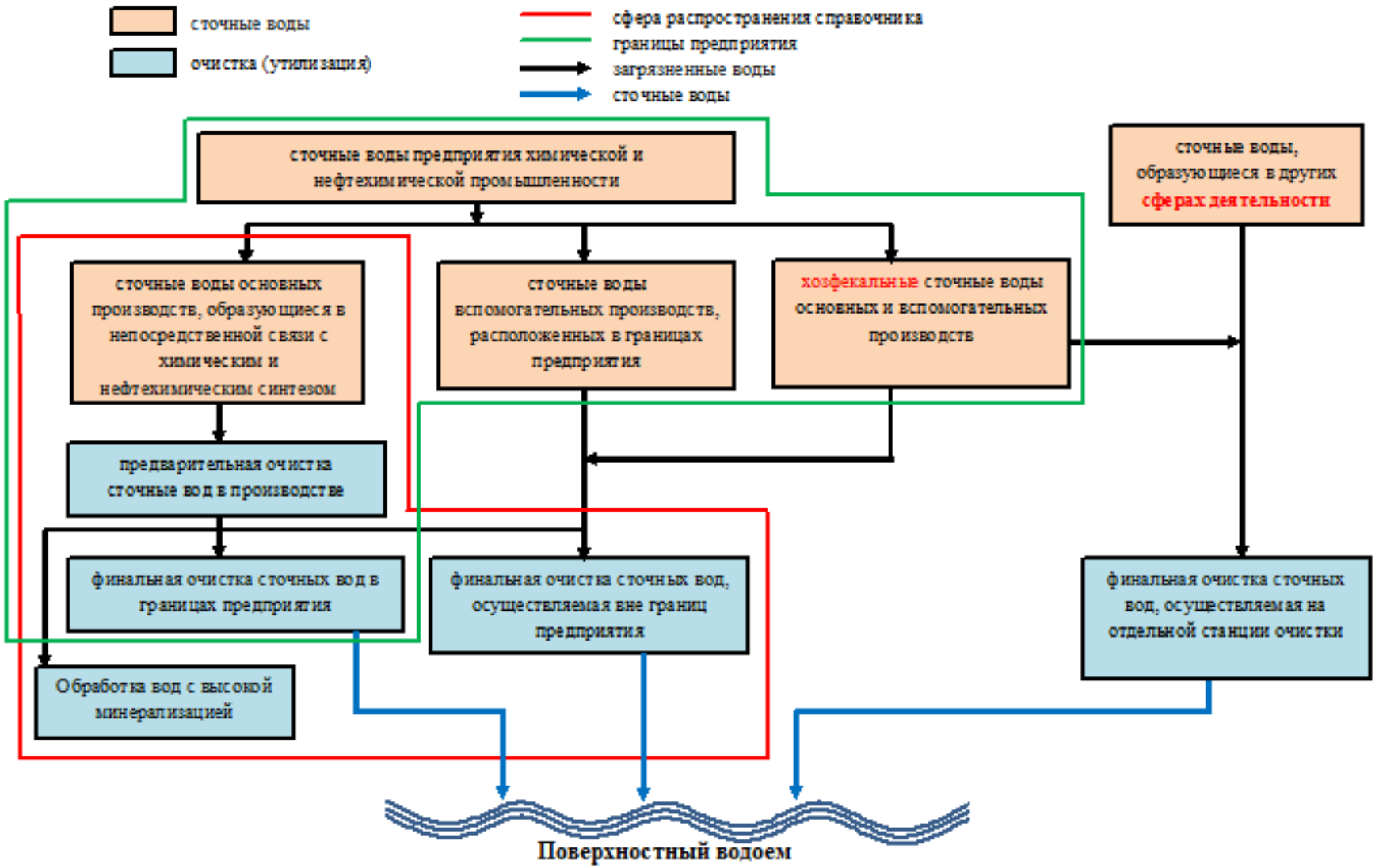


Рисунок 1 — Сфера распространения настоящего справочника в части обработки (обращения) со сточными водами

Раздел 1. Общая информация о рассматриваемой межотраслевой проблеме

1.1 Химическая промышленность Российской Федерации (текущее состояние)

1.1.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В таблице 1.1 представлен общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в Российской Федерации в 2010–2016 гг. По объемам выбросов в атмосферу от стационарных источников первое место занимают обрабатывающие производства — 5777,7 тыс. т/год (в 2016 г. — 33,3 % от общего количества выбросов), причем основным загрязнителем выступает металлургическая промышленность (в 2016 г. 66,2 % выбросов обрабатывающих производств приходилось на металлургическое производство, а на химическое производство — 6,5 %). В атмосферный воздух предприятиями химической промышленности в 2016 г. было выброшено 375,7 тыс. т загрязняющих веществ. Это составило 2,17 % от общего количества загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферный воздух от стационарных источников (см. рисунок 1.1). За период 2010–2016 гг. в среднем для отрасли химической промышленности наблюдался рост выброса загрязняющих веществ в атмосферу на 12 %, что связано с увеличением объемов производства. Другой крупный блок источников загрязнения атмосферного воздуха образуют предприятия по добыче полезных ископаемых — 4911,9 тыс. т в 2016 г. (28,3 %). Значительные объемы выбросов в атмосферу характерны для предприятий топливно-энергетического комплекса, связанных с производством, передачей и распределением электроэнергии, а также с транспортированием по трубопроводам газа и продуктов его переработки — 3645,9 тыс. т/год (21,01 %).

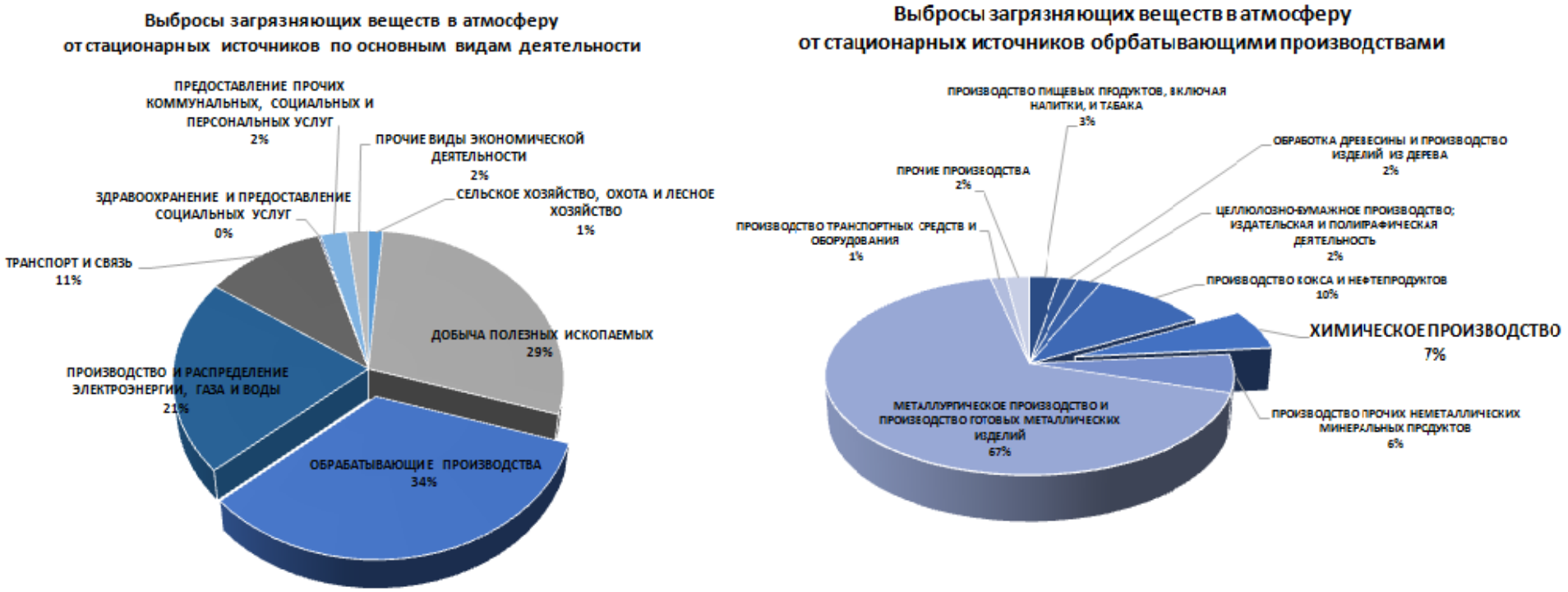


Рисунок 1.1 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в 2016 г.
(по данным Росстата «Сведения об охране атмосферного воздуха за 2016 г.»)

Таблица 1.1 — Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, по видам экономической деятельности, тыс. т

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Всего	19 115,6	19 162,3	19 630,3	18 446,5	17 451,9	17 295,7	17 349,3
Обрабатывающие производства	6431,0	6523,1	6406,5	6218,8	5932,4	5968,6	5777,7
из них:							
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	4289,2	4365,4	4262,2	4114,6	3954,0	3994,3	3824,1
- производство кокса и нефтепродуктов	733,3	742,0	753,1	736,5	628,3	609,2	601,2
- **химическое производство**	**334,6**	**338,2**	**338,7**	**335,3**	**361,6**	**368,9**	**375,7**
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	418,6	436,7	435,0	425,0	390,0	402,6	354,7
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	138,2	147,1	140,1	140,7	142,8	146,0	156,1
- целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	145,1	129,7	128,5	129,6	118,9	114,3	120,1
- обработка древесины и производство изделий из дерева	84,2	82,9	86,9	86,3	89,7	90,1	90,8
- производство транспортных средств и оборудования	93,1	86,0	89,9	85,8	78,8	74,6	75,9
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	4327,2	4071,2	4164,4	3868,7	3761,5	3671,5	3645,9
Добыча полезных ископаемых	5200,3	5616,0	6128,4	5265,9	4943,8	4754,7	4911,9
Транспорт и связь	2426,4	2248,0	2107,3	2219,9	1931,3	1885,4	1846,9
Сельское хозяйство	136,6	141,1	162,5	164,7	185,3	197,3	128,2

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г. приведены в приложении Б.

На предприятиях химической промышленности в 2016 г. образовалось 2109,3 тыс. т твердых загрязняющих веществ, что составляет 9,9 % от общего количества твердых загрязняющих веществ, отходящих от обрабатывающих производств. 98,3 % твердых загрязняющих веществ уловлено в системах очистки, выбросы твердых загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий химической промышленности составили 36,9 тыс. т (7,5 % от выбросов твердых загрязняющих веществ в атмосферу воздух обрабатывающими производствами и 2,1 % от общих выбросов твердых загрязняющих веществ в атмосферу). Объемы выбросов твердых загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями химической промышленности сопоставимы с объемами выбросов твердых загрязняющих веществ от сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства (35,4 тыс. т в 2016 г.) или от транспорта и связи (34,4 тыс. т в 2016 г.).

Количество образовавшихся газообразных и жидких загрязняющих веществ в 2016 г. от обрабатывающих производств составило порядка 10 000 тыс. т. Преобладающий объем выбросов газообразных и жидких загрязняющих веществ в атмосферу среди обрабатывающих производств пришелся на металлургическое производство и производство готовых металлических изделий (68,5 % от выбросов обрабатывающих производств). Предприятиями химической промышленности в 2016 г. выброшено 338,9 тыс. т газообразных и жидких загрязняющих веществ (6,4 % — от выбросов обрабатывающих веществ, 2,2 % — от общих выбросов газообразных и жидких загрязняющих веществ в атмосферу).

Диоксида серы предприятиями химической промышленности выброшено в 2016 г. 33,1 тыс. т, что составляет 1,4 % выбросов диоксида серы обрабатывающими производствами и 0,8 % от всех выбросов диоксида серы.

Выбросы оксида углерода в 2016 г. предприятиями химической промышленности составили 162,1 тыс. т (3,3 % от всех выбросов оксида углерода).

Преобладающее количество выбросов оксидов азота (в пересчете на NO_2) в атмосферу стационарными источниками в 2016 г. приходится на производство и распределение энергии, газа и воды (933,026 тыс. т, 51 % от всех выбросов оксидов азота в 2016 г.). Выбросы оксидов азота предприятиями химической промышленности составили 51,1 тыс. т (2,8 % от всех выбросов оксидов азота в 2016 г.). По количеству улавливаемых оксидов азота химическое производство значительно превосходит другие производства, процент улавливаемых оксидов азота на предприятиях по металлургическому производству и производству готовых изделий составил 0,5, при производстве и распределении электроэнергии, газа и воды — 0,2, при производстве древесины и производстве изделий из дерева — 0,4.

Выбросы углеводородов (без учета ЛОС) в атмосферу стационарными источниками загрязнения в 2016 г. составили 3406,1 тыс. т, при этом основное количество выбросов приходится на добычу полезных ископаемых (1477 тыс. т) и транспорт и связь (1192 тыс. т). Предприятиями химической промышленности было выброшено 10,9 тыс. т (0,3 % от общего количества выбросов углеводородов (без учета ЛОС)).

Среди обрабатывающих производств основной объем выбросов ЛОС в 2016 г. приходится на производство кокса и нефтепродуктов (252 тыс. т), предприятиями химической промышленности было выброшено 31 тыс. т ЛОС, что составляет 14,6 % от

выбросов ЛОС от обрабатывающих производств и 4,7 % от всех выбросов ЛОС в 2016 г. (см. рисунок 1.2).

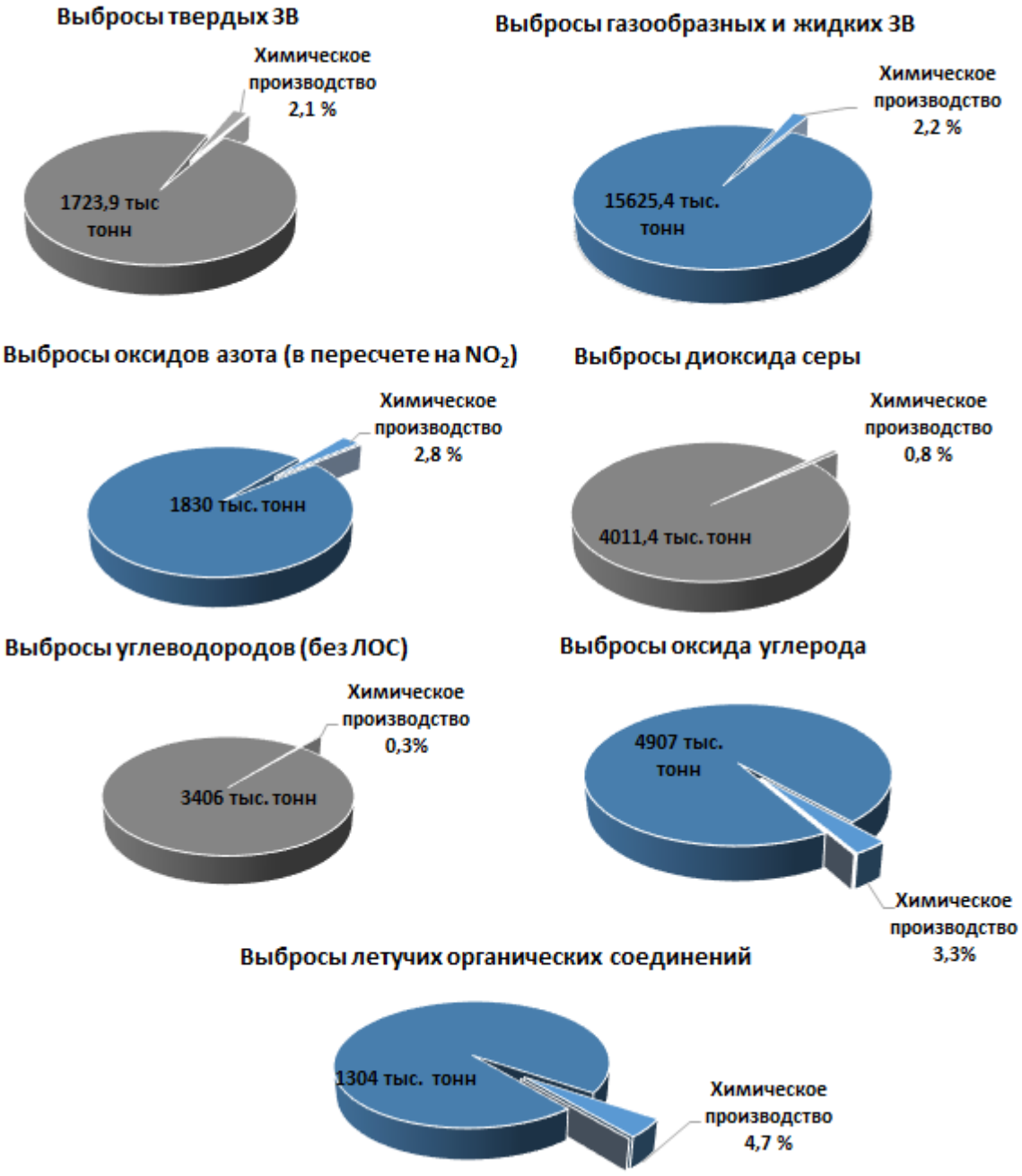


Рисунок 1.2 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнения в 2016 г.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями химической промышленности, их очистка и утилизация приведены в таблице 1.2 и на рисунке 1.3.

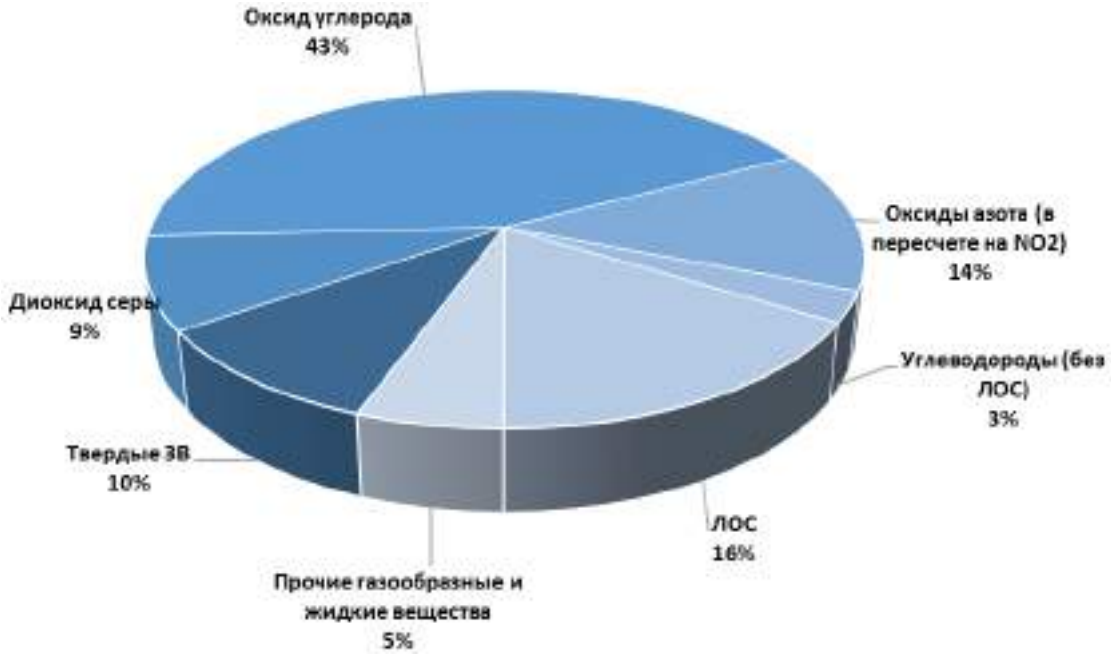


Рисунок 1.3 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями химической промышленности
(по данным «Сведения об охране атмосферного воздуха за 2016 г.»)

Таблица 1.2 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями химической промышленности, их очистка и утилизация в 2016 г.

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено в процентах к количеству загрязняющих веществ	**Вклад хим. промышти в объем общих выбросов ЗВ в РФ, %**
		Всего	В т.ч. от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Твердые ЗВ, тыс. т	2109,3	16,4	14,3	2092,9	2072,5	1276,5	36,9	98,3	**2,14**
Газообразные и жидкие ЗВ, тыс. т	1398,9	308,7	267,8	1090,3	1060,1	415,8	338,9	75,8	**2,17**
Диоксид серы, тыс. т	41,4	29,1	28,1	12,3	8,3	4,4	33,1	20,0	**0,8**
Оксид углерода, тыс. т	354,3	153,9	149,8	200,4	192,2	140,7	162,1	54,2	**3,3**
Оксиды азота (в пересчете на NO_2), тыс. т	238,4	43,3	38,6	195,2	187,3	74,8	51,1	78,6	**2,79**
Углеводороды (без ЛОС), тыс. т	11,6	10,9	6,9	0,71	0,67	0,14	10,9	5,8	**0,32**
ЛОС, тыс. т	470,9	58,8	34,8	412,1	409,99	22,7	60,9	87,1	**4,67**
Прочие газообразные и жидкие вещества	282,4	12,7	9,4	269,75	269,8	261,67	261,8	173,02	173,02	20,75	20,8	92,6	92,6	**12,5**

1.1.2 Водопользование

В таблице 1.3 представлен общий объем сброса сточных вод в поверхностные водоемы в Российской Федерации в 2010–2015 гг. За последние пять лет объем сброса сточных вод сократился на 6 млрд м^3 (сбросы сточных вод в 2010 г. составили 49,2 млрд м^3, в 2015 г. — 42,9 млрд м^3). Самый большой объем сточных вод приходится на производство и распределение электроэнергии, газа и воды — 73,66 % от общей суммы сброса. Объем сброса сточных вод предприятиями химической промышленности составил 0,6 млрд м^3 (1,4 % от общей суммы сброса).

Таблица 1.3 — Объем сброса сточных вод в поверхностные водоемы по видам экономической деятельности, млрд м^3)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всего	**49,2**	**48,1**	**45,5**	**42,9**	**43,9**	**42,9**
из них по видам экономической деятельности:						
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	35,7	35,3	33,5	31,5	32,1	31,6
Обрабатывающие производства	4,3	4,2	4,1	3,7	3,6	3,3
из них:						
- целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
- **химическое производство**	**0,8**	**0,8**	**0,7**	**0,7**	**0,6**	**0,6**
- производство кокса и нефтепродуктов	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
- производство транспортных средств и оборудования	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	0,1	0,1	0,09	0,09	0,08	0,06
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
- обработка древесины и производство изделий из дерева	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	4,2	3,8	3,3	2,9	3,3	3,2
Добыча полезных ископаемых	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3
Транспорт и связь	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Объекты, относящиеся к виду деятельности «Обрабатывающие производства» в 2014 г. забрали из водных объектов 4,4 млрд м^3, а в 2015 г. — 4,2 млрд м^3 воды (в каждом году порядка 6 % от общей величины по стране).

На обрабатывающие производства приходится самый большой объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения среди всех видов экономической деятельности. В 2014 г. соответствующая величина составила 44,4 млрд м^3 (почти 33 % от общей суммы по всем отраслям экономики), в 2015 г. — 45,1 млрд м^3 (32 %).

Сброс сточных вод от обрабатывающих производств в 2014 г. был на уровне 2,52 млрд м^3, в 2015 г. — 2,54 млрд м^3. Это равнялось 17 % и почти 18 % от общего сброса данных стоков в Российской Федерации в 2014 и 2015 гг. соответственно (см. таблицу 1.4). Сброс сточных ввод, содержащих загрязняющие вещества, предприятиями химической промышленности составил 0,54 млрд м^3, 3,7 % от общего сброса данных стоков в 2015 г. (рисунке 1.4).

Таблица 1.4 — Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, млрд м^3

	2012	2013	2014	2015
Всего	**15,68**	**15,19**	**14,77**	**14,42**
из них по видам экономической деятельности:				
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	8,73	8,41	8,31	8,03
Обрабатывающие производства	2,88	2,71	2,52	2,54
из них:				
- целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	0,91	0,91	0,86	0,83
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	0,79	0,73	0,66	0,73
- **химическое производство**	**0,65**	**0,60**	**0,54**	**0,54**
- производство кокса и нефтепродуктов	0,14	0,11	0,10	0,11
- производство транспортных средств и оборудования	0,11	0,09	0,08	0,078
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	0,053	0,052	0,051	0,040
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	0,042	0,042	0,045	0,048
- обработка древесины и производство изделий из дерева	0,020	0,015	0,022	0,023
Транспорт и связь	0,033	0,031	0,031	0,031
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	1,85	1,865	1,75	1,72
Добыча полезных ископаемых	0,93	0,85	0,81	0,84
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	0,85	0,82	0,78	0,77

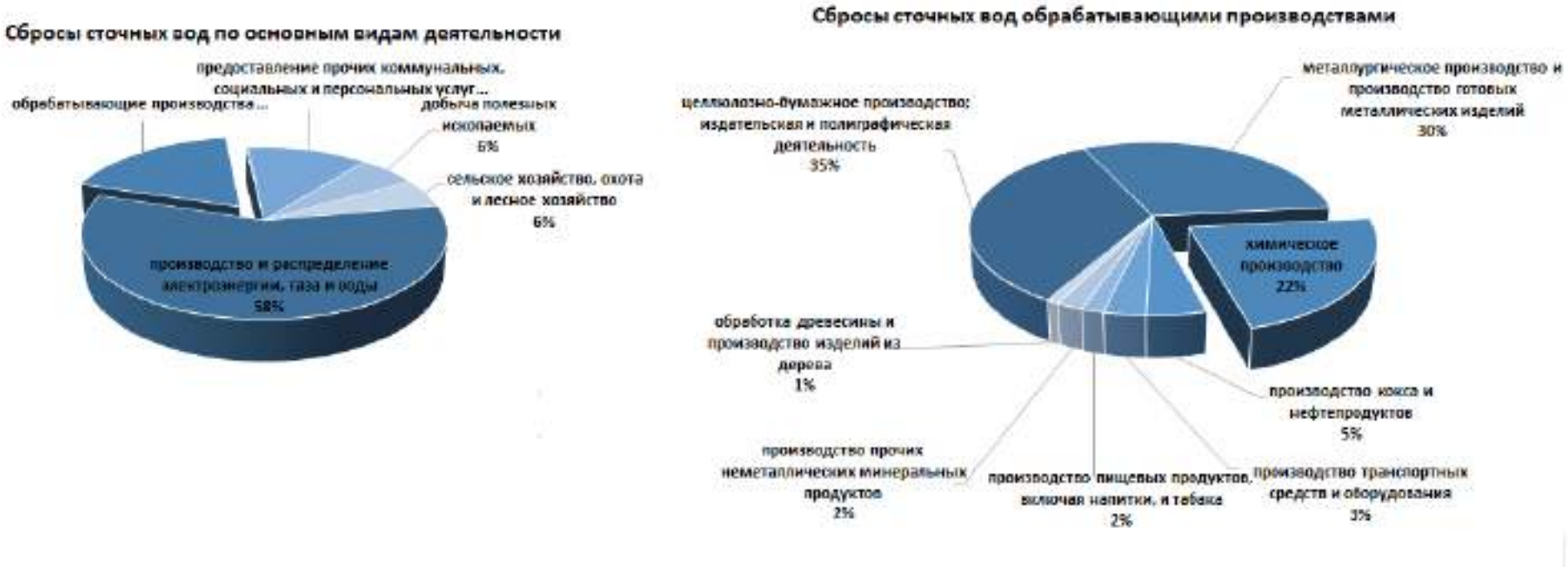


Рисунок 1.4 — Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты в 2015 г.
(по данным Росстат «Охрана окружающей среды»)

Сброс сточных вод по объектам, занимающимся производством и распределением электроэнергии, газа и воды, в 2014 и 2015 г. составлял соответственно 8,31 и 8,03 млрд $м^3$, или 56 % от общей величины по России в целом в каждом году.

Предприятия химической промышленности характеризуются значительным вводом в действие водоохранных объектов, особенно по водооборотным системам.

По вводу систем оборотного водоснабжения в 2013 г. основные мощности пришлись на предприятия химической промышленности (69 % от общего итога), в 2014 г. отраслевыми лидерами по вводу оборотных систем были предприятия химической промышленности и металлургические предприятия (по 26 % от суммарного объема вводов по стране). В 2015 г. предприятиями химической промышленности введено 63 % от общероссийской величины ввода оборотных систем, металлургическими предприятиями — 17 %.

Сброс основных загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты в 2015 г. приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 — Сброс основных загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты в 2015 г.

	Сульфаты, тыс. т	Хлориды, тыс. т	Азот общий, т	Нитрат-анион (NO_3), тыс. т	Жиры/масла (природного происхождения), т	Фенол, т
Всего	**1855,4**	**5570,2**	25 496,0	**421,2**	**2050,0**	**16,1**
из них по видам экономической деятельности:						
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1187,7	3886,0	11 589,4	320,5	1901,6	5,9
Обрабатывающие производства	318,2	904,0	1077,0	36,8	29,9	8,3
из них:						
- целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	78,9	102,2	125,7	2,6	0,1	5,7
- **химическое производство**	**83,0**	**701,0**	**597,6**	**18,9**	**0,4**	**1,1**
- производство транспортных средств и оборудования	4,0	3,1	34,3	0,5	0,6	0,0
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	9,7	4,8	8,1	0,1	0,2	0,0
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	3,4	5,4	20,4	0,3	7,0	0,0

	Сульфаты, тыс. т	Хлориды, тыс. т	Азот общий, т	Нитрат-анион (NO_3), тыс. т	Жиры/масла (природного происхождения), т	Фенол, т
- производство кокса и нефтепродуктов	17,7	16,2	127,0	5,2	0,0	0,7
- обработка древесины и производство изделий из дерева	0,5	0,5	13,6	0,1	3,7	0,1
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	109,1	56,1	47,6	7,8	11,5	0,5
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	145,1	334,8	12 144,1	42,8	85,9	1,1
Добыча полезных ископаемых	126,9	364,6	59,5	13,3	0,9	0,4
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	34,3	16,6	365,0	0,8	10,2	0,0
Транспорт и связь	11,8	3,5	77,1	0,4	1,5	0,1

1.2 Воздействие на окружающую среду

1.2.1 Отходящие газы

Выбросы в атмосферу, образующиеся при производстве химической продукции, подразделяются на организованные и неорганизованные. Организованные выбросы в атмосферу, как правило, образуются после обработки отходящих газов при производстве химической продукции. Уменьшение или предотвращение неорганизованных выбросов в атмосферу обеспечивают путем создания систем вентиляции и аспирации, что позволяет предотвратить не только загрязнение атмосферного воздуха, но и вернуть сырьевые продуктовые компоненты в производство.

Выбросы в атмосферу от крупнотоннажных производств неорганических веществ (аммиака, карбамида, неорганических кислот, удобрений и смежных с ними производств) включают в себя:

1) организованные выбросы в атмосферу:

а) выбросы в атмосферу, образующиеся непосредственно в технологическом процессе, например отходящие газы от стадий сушки или прокалки или газы от аспирации технологического оборудования, газы от регенерации катализаторов, отходящие газы от продувки или подогрева оборудования;

б) отходящие газы от вентиляции складов, хранилищ и обработки сырья, полупродуктов и готовых продуктов, общей вентиляции производственных помещений;

в) отходящие газы от энергогенерирующих установок, сопровождающих химические производства;

2) неорганизованные выбросы в атмосферу:

а) выбросы в атмосферу, образующиеся непосредственно в технологическом процессе, осуществляемые с большой поверхности или из открытого оборудования;

б) выбросы в атмосферу от неплотностей оборудования, которые технически не могут быть локализованы/захвачены для дальнейшей очистки.

Особенностью крупнотоннажных производств химической промышленности являются относительно большой объем выбросов в атмосферу.

Каждое производство конкретного вида продукции имеет свой характерный состав отходящих газов, что наряду с применением общепринятых способов очистки порождает необходимость в индивидуальном подходе при выборе метода (или комбинации методов) и оборудования для их очистки.

Производства неорганической химии

Производства аммиака, азотной кислоты, карбамида и аммиачной селитры могут характеризоваться выбросами в атмосферу, содержащими азотсодержащие соединения NH_3, NO_x.

При производстве серной кислоты газовые выбросы в атмосферу могут содержать SO_2, SO_3, туман серной кислоты.

Для производств экстракционной фосфорной кислоты методом сернокислотного разложения и при получении азотно-фосфорнокислого раствора при разложении природных фосфатов азотной кислотой в выбросах в атмосферу характерно наличие газообразных фторидов (SiF_4, HF).

Производства сложных удобрений на основе переработки экстракционной фосфорной кислоты и на основе переработки азотно-фосфорнокислого раствора характеризуются выбросом в атмосферу аммиака, газообразных фторидов (NO_x).

В производстве соляной кислоты отходящие газы подвергают очистке от не поглощенного в абсорбере хлористого водорода.

В выбросах в атмосферу производств хлора электролизным методом может содержаться хлор, который выделяют из смеси (хлорид натрия и соляная кислота) в виде товарного продукта методом сжижения.

В производстве хлорной извести в выбросах в атмосферу также может содержаться свободный хлор.

Выбросы в атмосферу производств минеральных удобрений (комплексных удобрений, аммиачной селитры, карбамида, хлористого калия и др.), алюминия фтористого, а также технических, кормовых и пищевых фосфатов могут содержать твердые взвешенные частицы.

Химическая промышленность в целом потребляет относительно большое количество энергии, получаемой обычно за счет сжигания органического топлива с выбросами загрязнений, характерных для энергетической промышленности. Данные выбросы нельзя считать показателями, корректно определяющими уровень развития технологий в химической промышленности, так как они зачастую зависят от используемого сырья и вида топлива и определяют в большей степени технику и технологию генерации энергии (электрической или тепловой), что не является предметом настоящего справочника НДТ.

На предприятиях отрасли химической промышленности могут вырабатываться значительные количества диоксида углерода, при этом предприятия, представляющие собой производственные комплексы, частично используют образующийся CO_2 в каче-

стве исходного сырья (например, для синтеза карбамида и затем меламина), что позволяет уменьшить выбросы в атмосферу диоксида углерода.

Производства органической химии

Выбросы в атмосферу от производств продуктов органической химии, таких как метанол, меламин, ацетилен, винилацетат, метилацетат, поливиниловый спирт, уксусная кислота и других, могут содержать остаточные содержания продуктов или сырьевых компонентов (например, выбросы от установок получения меламина содержат NH_3 и взвешенные вещества меламин и карбамид). Очистка отходящих газов от конденсируемых примесей осуществляется методом конденсации, от взвешенных веществ — при помощи методов газовой фильтрации, от растворимых газов — методом абсорбции.

Выбросы в атмосферу, образующиеся при производстве технического углерода, могут содержать взвешенные вещества (например, сажу).

Выбросы в атмосферу от производства каучуков содержат преимущественно мономеры, углеводороды, входящие в состав растворителя (для процессов растворной полимеризации), пыль полимерную, а также оксид углерода, диоксиды азота.

Производство синтетических моющих средств. Основное количество синтетических моющих средств получают методом распылительной сушки. При этом образуются отработанный теплоноситель, воздух из эрлифта, воздух из аспирационных систем, отсасываемый от узлов пыления при транспортировании и переработке исходных материалов и готового продукта.

Производство лакокрасочных материалов и их компонентов (например, пигментов, наполнителей, пленкообразующих, растворителей, пластификаторов, отвердителей и т. д.) сопровождается образованием значительного количества выбросов в атмосферу, которые могут содержать органические растворители, пыль пигментов, водорастворимые сульфаты.

В ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» приведены основные способы очистки выбросов. Специфические способы очистки газовых выбросов в атмосферу рассматриваются в отраслевых справочниках. В данном справочнике НДТ рассмотрены способы, являющиеся общими для химической промышленности.

1.2.2 Сточные воды

Как правило, химические предприятия имеют интегрированную систему водоснабжения и водоотведения, при этом сточные воды, содержащие загрязненные вещества, могут собираться и/или усредняться в единый поток (или несколько потоков). При необходимости их либо подвергают обработке с последующим использованием, либо очистке перед сбросом в водный объект, либо передают на очистку в специализированную организацию. Возможны другие методы обращения со сточными водами.

Основное количество загрязненных вод при производстве химической продукции не образуется непосредственно из реакции химического синтеза, за исключением случаев, когда вода получается в результате химической реакции. Вода используется как для осуществления физико-химических и физико-механических процессов при получении продукции, так и при проведении вспомогательных операций и технологических

процессов. Аналогичным образом можно классифицировать источники образования сточных вод, содержащих загрязненные вещества:

1) прямое образование сточных вод:

а) маточные растворы;

б) промывные воды от очистки (промывки) продукции;

в) паровые конденсаты (соковый пар);

г) закалочные жидкости;

д) воды от промывки/очистки отходящих газов;

2) косвенное образование сточных вод:

а) промывные воды от очистки оборудования;

б) воды от создания вакуума в вакуумных системах;

в) воды от процессов водоподготовки (концентраты, регенерация систем по получению умягченной и обессоленной воды);

г) продувки котлов и охлаждающих водооборотных циклов;

д) хозяйственные, поливомоечные воды (включая воды от уборки производственных помещений);

е) дренажные воды с территорий предприятий.

Достаточно большое количество воды используется для вспомогательных технологических операций, образуя потоки воды с низким уровнем загрязнения (условно чистые воды). К ним относятся:

- воды от генерации вакуума;
- воды от абсорбционной очистки отходящих и аспирационных газов;
- воды из охлаждающих систем, например охлаждения насосов.

Данные потоки могут использоваться повторно в технологических процессах напрямую без очистки или проходя дополнительную очистку.

Состав сточных вод является характерным для каждого производства конкретной продукции. Вышеуказанное приводит к необходимости применения (кроме общих принципов) индивидуального подхода при выборе метода и оборудования для обработки/очистки сточных вод или их использования.

В ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» сформулированы основные принципы обращения со сточными водами и их очистки. Специфические способы обращения со сточными водами должны быть рассмотрены в отраслевых справочниках. В данном справочнике НДТ рассмотрены способы, являющиеся общими для химической промышленности.

Производства неорганической химии

Сточные воды от установок аммиака, азотной кислоты, азотсодержащих удобрений (аммиачная селитра, карбамид и др.) характеризуются содержанием иона аммония (NH_4^+), нитрат-иона (NO_3^-) и нитрит-иона (NO_2^-).

При производстве серной кислоты характерным является наличие в сточных водах сульфат-иона (SO_4^{2-}).

Сточные воды от производства экстракционной фосфорной кислоты, фосфорсодержащих минеральных удобрений, технических, кормовых и пищевых фосфатов содержат фосфат-ион (PO^{4-}) и фторид-ион (F^-).

Производство хлористого калия сопровождается образованием сточных вод, содержащих хлорид-ион (Cl^-).

Сточные воды от производств алюминия фтористого и фтористых соединений содержат фторид-ион (F^-).

Для подавляющего большинства производств химической промышленности характерно наличие в сточных водах взвешенных веществ.

Производства органической химии

Сточные воды, содержащие загрязняющие вещества, могут образовываться на производствах основного органического и нефтехимического синтеза: производство акрилонитрила, синтетических жирных кислот, бутадиена, изопрена, фенола и ацетона, производство искусственных волокон, синтетических полимеров и пластмасс, минеральных пигментов; производство масляных и водоэмульсионных красок, капролактама; производство метанола, поверхностно-активных веществ (ПАВ), горного воска и др.

Способы снижения образования сточных вод приведены ниже:

- снижение образования сточных вод за счет вторичного использования в производственных процессах, организации и/или модернизации водооборотных циклов (в частности внедрение бессточных систем);

- использование локальных очистных сооружений с последующим использованием очищенных вод в производственных процессах;

- удаление в изолированные водовмещающие пласты горных пород.

Особенностями крупнотоннажных производств химической промышленности являются большие объемы образующихся сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, и объединение их потоков до и (или) после соответствующей очистки. Последнее порождает затруднение в определении количественной и качественной составляющих производства (установки) по производству конкретного продукта в суммарном потоке вод при рассмотрении комплексного производства (предприятия).

1.2.3 Отходы

При очистке сточных вод и отходящих газов от загрязняющих веществ возможно образование отходов, вид и возможность использования которых зависит, в том числе, от применяемых технологических решений по водо- и газоочистке.

При получении экстракционной фосфорной кислоты при очистке отходящих газов от фтористых неорганических соединений (SiF_4, HF) образуются растворы кремнефтористоводородной кислоты (H_2SiF_6), утилизация которых зависит главным образом от спроса на продукты их переработки. Избыточное количество растворов кремнефтористоводородной кислоты направляется на нейтрализацию Ca-содержащими компонентами, в результате которой образуются смесь нерастворимых кремнегеля и фторида кальция. Вода после очистки используется в технологическом процессе.

Очистка сточных вод от сульфат-иона посредством нейтрализации известковым молоком приводит к образованию сульфата кальция, использование которого зависит от присутствия в нем примесных компонентов.

В процессе химической водоочистки стоков, содержащих фосфат-ион, образуются фосфатсодержащие осадки, которые могут быть использованы при производстве экстракционной фосфорной кислоты и фосфорсодержащих удобрений.

Сточные воды, содержащие биоразлагаемые компоненты, обычно подвергаются биохимическим методам очистки. В результате очистки в качестве отхода может образоваться избыточный активный ил.

1.3 Системы экологического менеджмента при обращении со сточными водами и отходящими газами

Система экологического менеджмента (СЭМ) является частью единой системы менеджмента компании. В СЭМ отражается организационная структура, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы для развития, способы достижения, обратная связь и мониторинг текущей ситуации. По отношению к области применения настоящего справочника СЭМ может устанавливать правила для следующих процессов: поиск решений, планирование, оценка, проектирование, строительство, операционное управление производством. СЭМ, в частности, помогает при:

а) определении возможного воздействия на окружающую среду при планировании новых производств или реконструкции существующих;

б) выборе решений по использованию (замене) того или иного вида сырья;

в) выборе решений по планируемым производственным процессам;

г) выборе решения по внедрению процессно-интегрированных технологий;

д) выборе решения о способах производства;

е) выборе решения о способах обработки и контроля сточных вод/отходящих газов;

ж) выборе решения по созданию необходимой инфраструктуры или по изменению существующей инфраструктуры;

з) оценке перекрестных эффектов на разных стадиях производства;

и) выборе решения по предотвращению/снижению неорганизованных выбросов в атмосферу.

Как видно из приведенных выше примеров, основная цель СЭМ — это помощь в формировании пути принятия решений из существующих возможных вариантов в каждой конкретной ситуации. Решения, безусловно, должны приниматься с учетом экономической целесообразности и конкурентноспособности. Система экологического менеджмента должна помогать в формировании ответа на вопрос о том, как проводить операционное управление комплексным химическим производством, снабжением его ресурсами, удалением или утилизацией его отходов, сточных вод, сокращения выбросов в атмосферу для снижения общего воздействия на окружающую среду с наибольшей экономической эффективностью и без потерь в качестве продукции?».

1.4 Методы обработки (обращения). Общие принципы

В химической промышленности эмиссии формируются от совершенно различных источников и представляют собой совершенно различные композиции химического и физического воздействия на окружающую среду. Для снижения эмиссий следует использовать комплексный подход, основанный на формировании решений в рамках системы менеджмента, существующей в компании, осуществляющей операционное управление производством химической продукции. В качестве мероприятий по снижению эмиссий могут выступать организационно-управленческие и технические (процессно-интегрированные решения и методы обработки на «конце трубы»).

1.4.1 Процессно-интегрированный метод

Процессно-интегрированный метод является оптимальным с точки зрения его использования в части снижения эмиссий как для вновь строящихся установок, так и для уже действующих. Они призваны уменьшать или полностью предотвращать образование технологических потоков, которые не могут быть использованы в данном технологическом процессе до момента их удаления. Использование этих методов позволяет в целом повышать экономическую эффективность производства.

Распространенные виды применений процессно-интегрированного метода (возможные физические, химические, биологические и инженерные способы) приведены ниже:

- разработка новых способов синтеза;
- использование более чистых или просто других видов сырья и материалов;
- использование более чистых или эффективных видов топлива;
- оптимизация стадий процесса;
- усовершенствование методов контроля;
- применение более эффективных катализаторов и/или растворителей;
- рециклинг или повторное использование вспомогательных потоков (промывных вод, инертных газов, растворителей, отработанных катализаторов);
- использование остатков в качестве сырья для других производственных процессов;
- использование остатков в качестве источника генерации энергии.

Для химической промышленности не все описанные выше применения являются обоснованными в силу присущих данной отрасли особенностей, связанных с крупнотоннажностью некоторых продуктов и комплексностью производств. Например, разработка новых способов синтеза не всегда является экономически оправданным мероприятием, а переход на более чистые виды сырья или просто другие виды сырья зачастую невозможны в связи с тем, что зачастую являются экономически нецелесообразными.

1.4.2 Методы «на конце трубы»

В силу того что применением процессно-интегрированного метода не всегда возможно достичь нормативов допустимого воздействия на окружающую среду, в том числе образования сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, газообразных выделений и отходящих газов, применяется метод очистки «на конце трубы». Данный метод позволяет выделить из отходящего потока загрязняющие вещества, после чего становится возможным его использование в технологическом процессе или соблюдаются нормативы допустимого воздействия на окружающую среду.

Очистка отходящих газов

Очистка отходящих газов в химической промышленности в первую очередь связана со снижением содержания в них взвешенных частиц (пылей, аэрозолей) и газообразных компонентов.

Как правило, очистку отходящих газов проводят в непосредственной близости от источника образования. Потоки отходящих газов с различными характеристиками редко подвергают очистке в централизованной системе.

Известные и доступные способы очистки подробно приведены в общедоступных литературных источниках. Также как и в случае со сточными водами общеизвестные методы не всегда экономически обоснованы. Обоснованность применения того или иного метода очистки зависит от наличия загрязняющих веществ, их количества, постоянства состава и расхода.

Очистка сточных вод, содержащих загрязняющие вещества

Предприятия химической отрасли прибегают к использованию метода обработки сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, «на конце трубы» для снижения количества сточных вод, загрязняющих веществ, содержащихся в них, и извлечения полезных компонентов. Этот метод охватывает как предобработку рядом с источником образования, так и конечную очистку собранных вод перед их сбросом в водный объект. Основные возможные способы очистки сточных вод приведены в различных общедоступных источниках, в частности в информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям РФ, и применительно к химической промышленности рассмотрены в разделе 2 настоящего справочника НДТ.

На химических предприятиях существует, как правило, система сбора и обработки различных вод. Существует несколько подходов к их обработке со своими преимуществами и недостатками, зависящими от ситуации, в том числе включающие:

- децентрализованные системы водоотведения, обрабатывающие сточные воды у источника их образования и направляющие отходящий поток в водные объекты;

- системы, подобные централизованным системам водоотведения, предполагающие наличие на площадке централизованной установки сбора и очистки (зачастую такие системы принимают стоки от соседних предприятий и/или муниципальные стоки от городских поселений);

- централизованные системы водоотведения с установленными выше по течению установками предварительной обработки потока у источника или объединенных потоков (аналогично предыдущему пункту, могут принимать стоки от субабонентов);

- системы с передачей вод на доочистку на централизованные, в том числе муниципальные, очистные сооружения;

- системы с предварительной локальной очисткой вод с последующей передачей на доочистку на централизованные, в том числе муниципальные, очистные сооружения.

Преимущества децентрализованных систем обработки сточных вод и систем с предварительной обработкой локальной очисткой непосредственно на источнике образования:

- оператор производственной установки показывает более ответственную позицию по отношению к эффективности очистки, когда он непосредственно отвечает за качество сбрасываемых вод;

- сток не разбавляется другими стоками и веществами и позволяет обрабатывать концентрированные потоки, к примеру делает экономически целесообразным извлечение ценных сырьевых и продуктовых компонентов физико–химическими методами или же упрощает удаление загрязнений. Более того при высокой степени извлечения загрязнений может появиться возможность повторного использования воды на

этой или же другой установке, что не только снижает нагрузку на водные объекты в части сброса сточных вод, но и снижает объемы забора исходной воды, таким образом эффект от внедрения таких мероприятий усиливается многократно;

- снижение риска неконтролируемого загрязнения сточных вод высокими концентрациями загрязнителей при отклонениях от технологических режимов;

- большая гибкость при необходимости расширения производства или большая оперативность по отношению к изменяющимся условиям;

- системы для обработки сточных вод, находящиеся у источника проектируются непосредственно под параметры стока и благодаря этому часто показывают более высокие эксплуатационные качества, чем стандартные методы;

- исключается дополнительное разбавление потоков сточных вод, за счет чего увеличивается эффективность обработки.

Преимущества централизованных систем обработки вод:

- наличие синергетического эффекта при переработке смеси сточных вод, содержащих биоразлагаемые компоненты, с учетом того, что потоки сточных вод содержат только биоразлагаемые компоненты или загрязняющие вещества, не снижающие степень очистки;

- наличие положительных эффектов от смешения потоков, таких как корректировка температуры, pH среды и выравнивание солесодержания;

- более эффективное использование химикатов (т. е. биогенных элементов) и оборудования и, следовательно, снижение соответствующих операционных затрат;

- возможно возникновение дополнительных эффектов очистки при совместной очистке промышленных и муниципальных стоков, выражающиеся в эффекте сорбирования и «обезвреживания» вредных компонентов на активном иле в процессе биологической очистке, к примеру, согласно ИТС 10 такая очистка способствует значительному снижению в очищенных стоках ионов тяжелых металлов.

Необходимо отметить, что не все известные и применяемые способы очистки имеют экономически обоснованное применение. Обоснованность применения того или иного метода зависит от состава примесей, их количества, постоянства состава, расхода и физических параметров.

1.4.3 Термические методы очистки сточных вод

Сточные воды химических предприятий, содержащие различные (включая различные загрязняющие вещества) минеральные соли, а также органические вещества, могут обрабатываться термическими методами: концентрированием сточных вод с последующим выделением растворенных веществ в виде твердых солей, окислением органических веществ в присутствии катализатора при атмосферном и повышенном давлении, жидкофазным окислением органических веществ, огневым обезвреживанием. Выбор метода обработки зависит от состава, концентрации и объема сточных вод, их коррозийной активности, требуемой степени очистки, а так же экономической целесообразности и природоохранной эффективности рассматриваемого метода.

1.4.4 Бессточные схемы производства

При использовании совокупности указанных выше методов можно добиться отсутствия сточных вод, сбрасываемых с площадки предприятия на централизованные

системы очистки либо непосредственно в водные объекты. Формирование бессточной схемы водоснабжения и водоотведения — комплексная и достаточно сложная задача. В частности, имеются граничные условия по климатическим, гидрологическим и другим условиям местности, в которых эксплуатируется технология/комплекс технологических процессов, связанных с образованием сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, по возможности использования оборотных, а так же повторных систем/циклов, вод с повышенным солесодержанием, технической возможности утилизации концентрированных растворов или отходов, образующихся в результате промежуточной обработки воды перед ее вторичным использованием.

Рассматривая практически все способы очистки сточных вод и анализируя способы создания бессточных схем на предприятиях химической промышленности следует указать на ряд общих недостатков:

- многие способы очистки сточных вод предполагают перевод растворенных примесей в малорастворимые соединения и выделение последних путем седиментации, фильтрации, центрифугирования или флотации, при этом неизбежно образуются отходы, которые необходимо утилизировать или размещать на объектах размещения;

- создание бессточных схем сопряжено с необходимостью создания полей испарения либо внедрение энергоемких процессов (в том числе связанных с сжиганием топлива), предполагающих высокие испарения, что в свою очередь сопряжено с сопутствующими проблемами очистки так называемых «вторичных выбросов», а также связанные с эксплуатацией выпарных и пылегазоочистных систем;

- и первое и второе так или иначе связано с выведением относительно больших площадей под создание полей испарения или под размещение отходов.

1.4.5 Обработка вод с использованием метода закачки с целью изоляции в глубоких пластах-коллекторах

Одним из эффективных методов, предотвращающих негативное воздействие сточных вод на окружающую среду, в том числе поверхностные и подземные водные объекты является метод, при котором воды нагнетаются путем закачки в изолированные пласты горных пород.

Целью подземной изоляции является удаление использованных вод из среды непосредственного обитания человека, надежная неограниченная во времени изоляция их в недрах, предотвращающая поступления компонентов сточных вод в зону активного водообмена и биологические цепочки.

Воды с высокой минерализацией практически не подвергаются биологической очистке. Утилизация и обезвреживание таких сточных вод высокозатратна, химическое осаждение, как правило, приводит к образованию большого количества отходов при этом стоимость утилизации или обезвреживания может превышать стоимость производимой целевой продукции. Сброс таких сточных вод в водные объекты требует значительного разбавления, т.е. нерационального использования исходных - природных вод и может привести к засолению, деградации и выводу из хозяйственного оборота значительных территорий. Поэтому изоляция в глубоких коллекторах является безусловной альтернативой накоплению сточных вод или много тоннажных продуктов их переработки на поверхности земли или сбросу их в водные объекты и, таким образом, имеет природоохранную направленность.

Рассматриваемый метод предусматривает реализацию системы обеспечения экологической безопасности включающей три основные мероприятия: обоснование выбора геологической структуры, техническое соответствие участка недр требованиям локализации стоков и их изоляции, создание эффективной системы мониторинга геологической среды в периоды жизненного цикла использования глубинной изоляции.

Мировой опыт и результаты практического применения рассматриваемого метода (с начала 20-х годов 20-го века) подтверждают вывод о том, что технологии глубинной изоляции являются для определенного состава вод единственным прогрессивным, природоохранным и экономически целесообразным методом.

Рассматриваемый метод успешно реализуется в Российской Федерации при производстве соды, каустика, добыче и переработке солей (хлоридов калия, натрия, магний и д.р.), для сточных вод, образующихся в процессе восстановления катионитов и анионитов при деионизации воды, а так же является эффективным методом обработки сточных вод, содержащих устойчивые к биологической деградации органические вещества (к примеру, солесодержащие сточные воды с незначительным содержанием фенолов) различной природы, может быть экономически не выгодно концентрировать, испарять, подвергать абсорбционным методам, а каталитическим и другим методам (деструкции могут мешать содержащиеся в сточных водах минеральные вещества и взвеси).

Эффективность метода в основном определяется за счет снижения капитальных и текущих затрат по сравнению с альтернативными методами очистки и утилизации сточных вод и отходов. При этом также необходимо учесть практически полное исключение возникновения риска загрязнения окружающей среды и, как следствие, снижение возможных затрат на устранение последствий загрязнения от возникновения ситуаций, связанных с нарушениями технологических режимов на очистных установках, и от аварий.

Для каждого отдельного объекта такой расчет будет уникален, в виду уникальности и неоднородности геологических условий на различных территориях. В тоже время строительство одиночных скважин, как эксплуатационных, так и наблюдательных, а также стоимость возведения объектов инфраструктуры может быть достаточно точно рассчитана на основании экспертных оценок.

Рассматриваемый метод осуществляется в соответствии с требованиями нормативно - правовых актов Российской Федерации, при наличии соответствующей лицензии на вид деятельности и право пользование недрами. При этом отсутствие негативного воздействия на окружающую среду должно подтверждаться результатами мониторинга.

Возможность отнесения метода закачки стоков к области НДТ, равно как и безопасность применения метода, обеспечивается при выполнении следующих условий:

- надлежащий выбор пласта – коллектора (геологической структуры участка недр);

- соответствие технических решений требованиям локализации сточных вод и их надежной изоляции от биосферы;

- наличие эффективной системы мониторинга недр в периоды жизненного цикла объекта.

Для выполнения этих условий предусматривается целый комплекс научно обоснованных мероприятий как на стадии проектирования объектов изоляции сточных вод

в глубоких пластах-коллекторах, так и на стадии их строительства и последующей эксплуатации. Сущность указанных мероприятий представлена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 — Основные аспекты системы обеспечения экологической безопасности, рационального использования и охраны недр

Условия обеспечения экологической безопасности, рационального использования и охраны недр	Мероприятия по выполнению условий
Проектно обоснованный выбор пласта – коллектора (геологической структуры участка недр)	Выбор пласта-коллектора, обеспечивающего приём заданного расхода, количества и состава сточных вод, при наличии надёжной естественной гидродинамической изоляции пласта-коллектора, предотвращающего поступление компонентов сточных вод в зону активного водообмена и биологические цепочки.
Соответствие технических решений и прогнозов эксплуатации требованиям безопасности, рационального использования и охраны недр	Выбор технических и конструкционных решений-системы нагнетания объекта (поступление и локализация сточных вод в выбранном пласте-коллекторе), обеспечивающих безопасное, рациональное использование и предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с пользованием недрами, при сбросе сточных вод. Экспертно подтвержденные положительные результаты регулярной оценки (обоснования) эксплуатации объекта.
Наличие эффективной системы мониторинга геологической среды	Создание проектнообоснованной сети наблюдательных скважин. Разработка и утверждение программы мониторинга состояния недр. Проведение гидрогеологического, гидрохимического, геофизического и других видов контроля в объеме и в соответствии с программой мониторинга. Осуществление контроля технического состояния объекта. Анализ и представление информации о результатах мониторинга в органы государственной власти.

Раздел 2. Описание организационных и технологических процессов, используемых для решения рассматриваемой межотраслевой проблемы

2.1 Системы экологического менеджмента (СЭМ)

В данном разделе приводятся более подробные сведения в добавление к общим описаниям в разделе 1 и рассматриваются аспекты управления сточными водами и выбросами в атмосферу, подчеркивается важность достижения высокого уровня защиты окружающей среды в целом при операционном управлении химическим предприятием. Там, где это возможно, поддерживается совместный подход к водным и газооб-

разным эмиссиям. Специфика среды учитывается только в тех случаях, когда задействуются стратегия или инструменты, характерные только для данной среды.

Данный раздел описывает управление защитой окружающей среды как взаимодействие между системами управления и инструментами управления, не ограничиваясь проблемами сточных вод и выбросов в атмосферу. В противном случае он не будет соответствовать цели интегрированного подхода.

Внедрение СЭМ на каждом конкретном объекте зависит от воздействия ведущейся деятельности на окружающую среду и должно учитывать конкретную экологическую ситуацию на территории производственной площадки и вокруг нее. В этой главе представлены общие принципы и относящиеся к ним инструменты, необходимые для внедрения СЭМ и подходящие для химических производств.

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, а это означает, что управление окружающей средой — это непрерывный процесс, а не проект, который в конечном итоге подходит к концу. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (Планируй — делай — проверяй — исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего (см. рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 — Модель системы экологического менеджмента

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной («настраиваемой») системы. Внедрение и соблюдение международно признанной стандартизированной системы, такой как EN ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. EMAS обеспечивает до-

полнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого природоохранного законодательства. Однако нестандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны и внедрены.

Стандартизированные системы (EN ISO 14001:2015 или EMAS) и нестандартизированные системы в принципе применяются к организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

I. заинтересованность руководства, включая высшее руководство;

II. экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

III. планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

IV. выполнение процедур, требующих особого внимания:

а) структура и ответственность;

б) набор, обучение, информированность и компетентность;

в) связи;

г) участие сотрудников;

д) документы;

е) эффективный контроль процесса;

ж) программы технического обслуживания;

з) готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование;

V. обеспечение соблюдения природоохранного законодательства;

VI. проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

а) мониторинг и измерение,

б) корректирующие и превентивные действия,

в) ведение записей,

г) независимый (когда это практически возможно) внутренний и внешний аудит для определения независимо от того, соответствует ли СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом внедряется и поддерживается;

VII. обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

VIII. подготовку регулярной экологической декларации;

IX. валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

X. следование за развитием более чистых технологий;

XI. рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;

XII. применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе;

XIII. план управления отходами.

В частности, для сектора химической промышленности также важно учитывать следующие потенциальные особенности СЭМ:

XIV. на установках/объектах с несколькими операторами, создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

XV. инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

СЭМ содействует и поддерживает постоянное улучшение экологических характеристик установки. Если установка уже имеет хорошие общие экологические характеристики, СЭМ помогает оператору поддерживать высокий уровень производительности.

2.2 Производственный экологический контроль

Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль, ПЭК) осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды. Он также связан инструментами стратегии и безопасности.

Основная часть информации, которая позволяет оценивать достижение целей, поставленных СЭМ, собирается посредством системы измерений. Вероятно, наиболее важным вопросом является контроль правильной работы процессов производства, проверка соответствия установленных экологических целей, выявление и помощь в отслеживании несчастных случаев и инцидентов. Соответственно, производственный контроль технологических процессов и ПЭК являются взаимоувязанными процедурами.

Из множества организационных и технических подходов и решений, применимых для организации ПЭК, необходимо выбирать те, которые наилучшим образом отвечают поставленным задачам, имеют технологическую, отраслевую, подотраслевую и региональную специфику, а также соответствуют мощности производства.

Для различных подотраслей химической промышленности число и перечень параметров, подлежащих определению в процессе проведения ПЭК, изменяется в весьма широких пределах. При этом во всех случаях первоочередное внимание следует уделять наиболее существенным и значимым параметрам, характеризующим экологические аспекты предприятия. Согласно требованиям, установленным Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 29 июля 2017 г.) «Об охране окружающей среды», ст. 67, п. 5, «при осуществлении производственного экологического контроля измерения выбросов, сбросов загрязняющих веществ в обязательном порядке производятся в отношении загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного процесса на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду (маркерные вещества)». Поэтому в процессе проведения ПЭК внимание следует уделять методам контроля, направленным, прежде всего, на определение маркерных веществ, характерных для данного производства.

Критерий промышленного внедрения играет большую роль при рассмотрении вопроса по оснащению стационарных источников объектов I категории «автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов загрязняющих ве-

ществ, сбросов загрязняющих веществ и концентрации загрязняющих веществ, а также техническими средствами фиксации и передачи информации об объеме и (или) о массе выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ и о концентрации загрязняющих веществ в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)» в соответствии с пп. 9 и 10 ст. 67 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 3 июля 2016 г.) «Об охране окружающей среды». Массовый (обязательный) переход к внедрению автоматических средств измерений потребует определенного времени, что обусловлено необходимостью не только четко обосновать, какие именно параметры, в каких условиях и на каких постах (в каких точках) целесообразно определять, но и установить, какие автоматические средства измерений могут быть доступными и экономически обоснованными для объектов I категории и применимыми в целях передачи информации в фонд данных государственного экологического мониторинга. Речь идет о наличии предложений на рынке оборудования, характеристиках средств измерений, их производителях, возможностях сервисного обслуживания, стоимости и пр.

Для средств измерений, которые предполагают процедуры отбора проб с последующим аналитическим определением выбранных показателей, критерий внедрения является менее существенным, так как большинство предприятий, которые относятся к объектам I категории, либо располагает собственными аккредитованными лабораториями, либо прибегает к услугам аккредитованных центров, представляющих услуги в соответствующей области.

По ряду вопросов осуществления ПЭК большое значение имеет использование косвенных (расчетных параметров), которые позволяют получать необходимую для целей экологического контроля информацию без привлечения дополнительных ресурсов.

Основные принципы выбора наилучших подходов и методов для включения в ПЭК включают:

- наличие показателя в перечне загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды;
- существенность показателя для выполнения условий комплексного экологического разрешения и подтверждения соответствия установленным требованиям;
- обязательность контроля маркерных веществ;
- возможность контроля рисков возникновения тяжелых неблагоприятных последствий при отклонении параметра от заданного (нормального) интервала значений;
- учет временных характеристик технологических процессов;
- учет особенностей измерений в различных средах;
- учет метрологических требований;
- учет требований в области промышленной безопасности и охраны труда;
- обязательность организации непрерывных (автоматических) измерений;
- период внедрения (прежде всего, относится к непрерывным измерениям);
- целесообразность (возможность) аутсорсинга;
- экономическую целесообразность.

Для надлежащей эксплуатации систем очистки сточных вод и систем очистки отходящих газов требуется контроль параметров технологического процесса и целенаправленная корректировка параметров ведения процесса. Измерение необходимых параметров может быть выполнен посредством онлайн-измерений (которые облегчают

быстрое вмешательство и контроль) или аналитических результатов, полученных из проб технологических потоков в соответствии с программой контроля. Параметры, подлежащие контролю, способ и частота их измерения зависят от характеристик потоков, подлежащих обработке, методов очистки/обработки, технической возможности оптимального использования тех или иных средств измерения. Важную роль играет также экономическая составляющая, в частности объем капитальных вложений и операционные затраты.

2.3 Водопотребление. Образование сточных вод. Способы обращения и очистки

По информации, приведенной в ИТС 8, промышленные предприятия используют для технологических нужд как воду из поверхностных и подземных источников, так и ливневые и вторичные воды после использования, прошедшие предобработку. Предприятия химической промышленности не являются исключением.

Для промышленного предприятия крайне важна организация системы водоиспользования, учитывающая имеющиеся процессы на предприятии, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды, а также массу других аспектов. Основной целью системы водоиспользования должно быть снижение потребления исходной воды (как в валовом, так и в удельном отношении), забираемой из внешних источников. Удельное и валовое потребление исходной воды — один из наиболее объективных показателей эффективности системы водоиспользования предприятия.

2.3.1 Методы снижения потребления исходной воды

При управлении предприятием, проектировании нового и оптимизации существующего производства следует уделить особое внимание следующим аспектам водоиспользования, которые влияют на объем потребляемой исходной воды:

1) контроль объема потребляемой воды (использование приборов измерения потока);

2) возможность разделения потоков загрязненных вод, сточных вод и условно чистых вод; возможность разделения потоков сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, и условно чистых вод;

3) совершенствование стратегий по снижению потребления исходной воды, например:

а) переход к технологиям, которые позволяют снизить количество потребляемой воды;

б) прямое использование сточных вод, в случае если это возможно (т. е. если состав загрязнений не влияет на технологический процесс);

в) предобработка сточных вод с последующим использованием, приводящим к снижению потребления исходной воды;

г) промывка под высоким давлением и при низком общем расходе;

д) использование систем создания вакуума без использования воды;

е) использование вакуумных систем с закрытым водяным циклом;

ж) использование систем с противоточной промывкой;

з) использование CIP-систем (Cleaning-In-Place).

4) использование способов очистки газовых выбросов в атмосферу, не предполагающих применение исходной воды (т.е. не использование абсорбционных методов).

Процедура рассмотрения и принятия решений при разработке стратегии оптимизации системы водоиспользования и, в частности, снижения потребления исходной воды и уменьшения стоков может быть упрощенно отражена в виде блок-схемы, приведенной на рисунке 2.2.

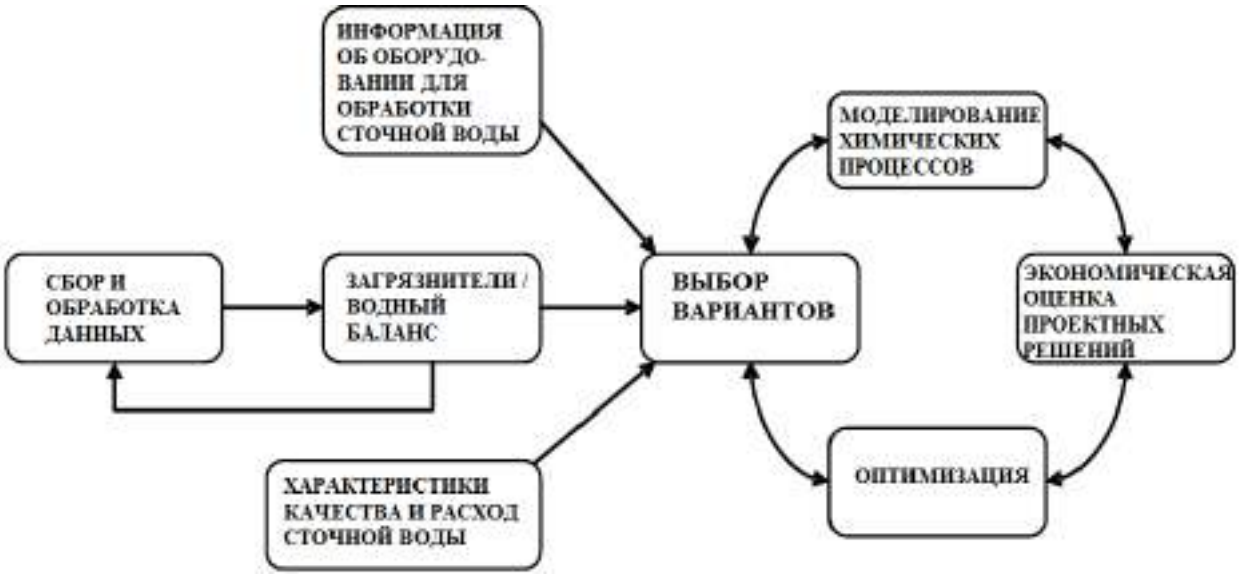


Рисунок 2.2 — Блок-схема процедуры оптимизации системы водоиспользования

На многих предприятиях внедряются СЭМ, в том числе сертифицированные на соответствие ГОСТ Р ИСО 14001 (см. 2.1). При этом следует ожидать позитивных результатов как с точки зрения финансовых показателей (снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду), так и по натуральным показателям: сокращение объема сточных вод, сокращение потребления исходной воды, повышение объема воды, используемой в оборотном водоснабжении.

Ниже перечислены распространенные способы оптимизации системы водоиспользования.

В целях сокращения потребления оборотной охлаждающей воды применяют рекуперацию тепла экзотермических реакций посредством выработки технологического пара, использования избыточного технологического пара, энергетически зависимой дистилляции.

В целях сокращения потребления исходной воды и образования сточных вод производят отделение сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, от условно чистых ливневых или иных вод, а также проводят мероприятия по предупреждению загрязнения условно чистой воды.

В целях сокращения потребления исходной воды создают замкнутые системы водооборота, применяют системы рециркуляции воды, а также используют в технологических процессах условно чистую воду, отводимую с крыш и навесов.

Создают системы сбора и разделения сточных вод, в том числе ливневых и дренажных вод в производственных коллекторах водостока для их обработки и последующего использования. Можно предусмотреть разделение потоков воды по степени загрязненности с последующей очисткой на локальных очистных сооружениях, что, в свою очередь, снижает гидравлическую нагрузку на водосборные объекты и объекты по обработке сточных вод.

Для упрощения повторного использования воды производят раздельный отвод технологических вод (например, конденсата и охлаждающих вод). Перед повторным использованием воды проводится контроль содержания растворенных солей методом измерения электропроводности. Следует уделять внимание максимально возможному извлечению из сточных вод загрязняющих веществ, возникающих вследствие потерь сырья или продукта, для их последующего использования.

В целях постоянной оптимизации процесса обработки сточных вод и обеспечения стабильного и бесперебойного функционирования объекта обработки сточных вод на предприятиях применяется ПЭК (см. 2.2); при этом показатели, подлежащие контролю, а также периодичность контроля различаются в зависимости от предприятия и зависят, в частности, от объема сточных вод, видов и количества загрязнений и требований к качеству их очистки. Постоянный контроль качества сбрасываемых сточных вод осуществляют в коллекторе, сборной камере или колодце на выпуске с очистных сооружений.

Важен контроль и учет объемов потребления различных вод. Для определения расходов воды применяют традиционные методы: ультразвуковые или индукционные расходомеры.

Одним из способов снижения потребления исходной воды является внедрение системы контроля целостности и герметичности оборудования, включая трубопроводные системы и насосные установки. То же относится и к оснащению отстойников и других узлов обработки вод, где могут иметь место утечки.

Предприятия могут проводить мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций (например, оборудуют резервные хранилища на случай чрезвычайной ситуации для аккумулирования сбросов сточных вод и (или) для обеспечения противопожарных мер для их последующей очистки, обработки и использования).

При снижении общего и удельного потребления исходной воды ожидаемо снижается количество сточных вод, направляемых после очистки на сброс.

2.3.2 Методы на «конце трубы»

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, определяется составом и особенностями потоков, рассмотренных ниже.

При оценке качества вод принимаются во внимание следующие основные характеристики:

1) общие показатели: pH, минерализация (сухой остаток), БПК, ХПК, соотношение БПК:ХПК, содержание взвешенных веществ;

2) неорганические показатели: азотная группа (аммоний-ион, нитраты, нитриты, общий азот), общий фосфор, сульфиды, хлориды, сульфаты, фториды, металлы (Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn);

3) органические показатели: общий органический углерод, содержание нефтепродуктов, АОХ, фенолов, ПХДД/ПХДФ.

Значимость этих параметров и применимость их для контроля зависит от специализации конкретного предприятия и используемых им технологий, которые также определяют перечень ЗВ и их концентрацию до очистки.

Ниже рассмотрены основные способы обработки сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, перед их повторным использованием или сбросом, применяемые в химической промышленности. Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на обработку вод, определяется составом и особенностями сточных вод конкретных возможностей применения. Данные способы относятся к методам «на конце трубы» (см. 1.4.2), которые используются в случае, если предотвращение образования сточных вод невозможно или нецелесообразно по разным причинам. Воды после очистки могут быть использованы в производственных процессах.

Способы очистки вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические или биохимические. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения. Чаще всего применяется комбинация различных способов.

2.3.2.1 Безреагентные методы физико-механической обработки

2.3.2.1.1 Процеживание

Для улавливания крупных загрязнений и мусора предприятия применяют процеживание, представляющее собой процесс фильтрования воды через сетки и решетки. Используют решетки с механизированным и ручным удалением задержанных загрязнений. Зазор между прутьями решеток может варьироваться от 2 до 16 мм. Использование решеток с меньшим зазором позволяет оптимизировать дальнейшую очистку вод за счет размещения решеток с малым зазором (2–4 мм) после решеток с большим зазором, что предотвращает переполнение подводящего лотка.

2.3.2.1.2 Отстаивание

Для выделения взвешенных веществ на большинстве предприятий применяют отстаивание — процесс выделения в отстойниках взвешенных загрязнений под действием гравитационных сил за счет разности плотностей загрязнений и воды. Отстойники могут выполнять функции усреднителей.

На предприятиях используют горизонтальные, радиальные и вертикальные отстойники, отличающиеся направлением потока очищаемой воды. Горизонтальные и радиальные отстойники применяют при больших расходах воды. При этом горизонтальные отстойники при равной пропускной способности характеризуются меньшей эффективностью очистки в сравнении с радиальными за счет меньшей длины водосливной кромки. Их используют в тех случаях, когда их компактность является неоспоримым преимуществом. Вертикальные отстойники, ограниченные величиной расхода до 1000 $м^3$/ч, чаще всего применяют при выделении аморфных гидроксидных осадков, не поддающихся транспортированию скребками. При необходимости выделения мелкодисперсных загрязнений перед отстаиванием применяют коагулирование и флокулирование. В этом случае конструкция отстойника иногда включает камеру хлопьеобразования.

Для удаления песка и крупнодисперсных загрязнений используют песколовки, а для удаления больших количеств жиров и нефтепродуктов применяют нефтеловушки и жироловушки соответственно, или совмещенные аппараты.

2.3.2.1.3 Гидроциклонирование

Для выделения взвешенных веществ применяют гидроциклонирование, представляющее собой процесс выделения взвесей за счет разницы их плотности с плотностью воды во вращающемся потоке, образованном тангенциальным впуском исходной воды, в цилиндрический корпус аппарата. Используют открытые безнапорные и напорные гидроциклоны.

В безнапорных гидроциклонах процесс выделения загрязнений происходит под действием гравитационных сил; центробежные силы малы и на процесс практически не влияют.

В напорных гидроциклонах процесс выделения взвесей протекает под действием центробежных сил; при этом в аппаратах малых диаметров эти силы могут превосходить гравитационные в сотни и тысячи раз.

2.3.2.1.4 Центрифугирование

Для выделения взвешенных веществ применяют центрифугирование, представляющее собой процесс выделения загрязнений за счет разницы плотностей в поле центробежных сил, возникающих в центрифуге при вращении ротора. Центробежные силы могут превышать гравитационные в 100–3000 раз и более. Центрифугирование применяется главным образом для обезвоживания осадка, выделенного на очистных сооружениях.

2.3.2.1.5 Флотационные методы очистки

Для очистки сточных вод от жидких (масел, нефтепродуктов и проч.) и иных загрязнений многие предприятия применяют флотационные методы, основанные на выделении из жидкости веществ с помощью диспергированного воздуха.

Применяют напорную, импеллерную флотацию и электрофлотацию, использование которых зависит от объема поступающих сточных вод, исходного качества загрязнений, а также необходимой степени очистки.

Образующийся в процессе флотационной очистки воды поверхностный продукт (флотопена), содержащий выделенные загрязнения и часто полезные компоненты (например, нефтепродукты, жиры и т. д.), направляют на утилизацию. Выделившийся во флотаторе донный осадок также направляют на обработку.

Для интенсификации и повышения эффективности очистки воды процесс флотации используют в сочетании с реагентами (коагуляция, флокуляция), поскольку при этом обеспечивается высокий эффект очистки и сокращаются потери воды с отводимыми выделенными загрязнениями (в виде пены) в сравнении с процессом отстаивания.

2.3.2.1.6 Фильтрование

Фильтрование представляет собой процесс улавливания загрязнений в пористой среде, которая может быть образована зернистыми минеральными, искусственными полимерными и волокнистыми материалами. Процесс очистки происходит за счет адгезии загрязнений к поверхности загрузки, а также вследствие их механического улавливания в ее порах.

В качестве зернистых загрузок используют песок, керамзит, цеолит, гравий, горелые породы, антрацит и т. д.; многие предприятия используют искусственные загрузки (полистирол, пенополиуретан, волокнистые отходы синтетических волокон).

2.3.2.1.7 Магнитная сепарация

Для безреагентной очистки сточных вод используют высокоградиентные магнитные сепараторы. Для очистки вод, содержащих ферромагнитные или парамагнитные вещества, используют электромагниты либо постоянные магниты.

2.3.2.2 Физико-химические методы обработки

Для удаления из сточных вод коллоидных и растворенных загрязнений, исходя из свойств удаляемых веществ, характеристик обрабатываемых сточных вод, технико-экономических соображений, а также местных условий, применяют физико-химические методы.

Физико-химические методы подразделяют на регенеративные и деструктивные.

Регенеративные методы основаны на применении химических, физических и физико-химических процессов, в которых удаляемое вещество извлекается из воды без изменения структуры, свойств и химического состава с целью дальнейшего использования. К ним относят коагулирование, флокулирование с отстаиванием и флотацией, фильтрованием, а также ионообменное извлечение и концентрирование, мембранные методы извлечения и концентрирования, адсорбцию, экстракцию, отгонку, отдувку с поглощением (дегазацию), отгонку с паром (эвапорацию), ректификацию, кристаллизацию и др.

Деструктивные методы базируются на химических и физико-химических процессах, в результате которых удаляемые вещества претерпевают изменения, превращаясь в другие соединения или вещества, часто переходящие в иное фазовое состояние. К ним относят нейтрализацию кислот и оснований, химическое осаждение загрязняющих воду веществ в виде труднорастворимых соединений, электрохимическое и гальванохимическое осаждение, химическое окисление, электрохимическое окисление, жидкофазное окисление, сжигание, химическое восстановление, электрохимическое и гальванохимическое восстановление.

2.3.2.2.1 Коагуляция и флокуляция

Коагуляция — процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Коагуляцию применяют для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Коагуляция может происходить самопроизвольно, под влиянием химических и физических процессов. В процессах очистки сточных вод коагуляция проводится под влиянием добавляемых

к ним специальных веществ — коагулянтов. Коагулянты в воде образуют хлопья гидратов окисей металлов, которые быстро оседают под действием силы тяжести. Хлопья обладают способностью улавливать коллоидные и взвешенные частицы и агрегировать их. Так как коллоидные частицы имеют слабый отрицательный заряд, а хлопья коагулянтов обладают слабым положительным зарядом, то между ними возникает взаимное притяжение. В качестве коагулянтов обычно используют соли алюминия, железа или их смеси. Выбор коагулянта зависит от его состава, физико-химических свойств и стоимости.

Флокуляция — это процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами (полиэлектролитами). В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул адсорбированного на частицах флокулянта. Для очистки вод используют природные и синтетические флокулянты. При выборе состава и дозы флокулянта учитывают свойства его макромолекул и природу диспергированных частиц.

Флокуляцию проводят для интенсификации процесса образования хлопьев гидроокисей алюминия и железа с целью повышения скорости их осаждения. Использование флокулянтов позволяет снизить дозы коагулянтов, уменьшить продолжительность процесса коагулирования и повысить скорость осаждения образующихся хлопьев.

2.3.2.2.2 Электродиализ

Процесс очистки сточных вод электродиализом основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран.

2.3.2.2.3 Ионный обмен

Ионный обмен представляет собой процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе. Вещества, составляющие эту твердую фазу, носят название ионитов. Поглотительная способность ионитов характеризуется обменной емкостью, которая определяется числом эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объема ионита.

2.3.2.2.4 Адсорбция

Адсорбция — это процесс перехода растворимых веществ из раствора на поверхность твердого вещества (адсорбента), высокопористых частиц. Адсорбент имеет конечную емкость для того или иного растворенного вещества, и, когда эта емкость полностью использована, требуется замена отработанного адсорбента свежим материалом. Отработанный адсорбент подвергается регенерации, утилизации или термической переработке.

2.3.2.2.5 Десорбция летучих примесей

Для удаления из воды растворенных кислых (CO_2, H_2S, SO_2, SO_3, NO_2) и щелочных (NH_3, CH_3, NH_2) газов применяют дегазацию (отдувку воздухом, инертными газами или паром) с использованием реагентов (химический метод) или с нагреванием и вакуумированием (физико-химический метод) и продувкой воздухом в барботажных или насадочных аппаратах. При низких концентрациях газов в воде, нецелесообразности или невозможности их утилизации, а также при условии, что продукты обработки реагентами не препятствуют дальнейшей очистке или использованию сточных вод, могут применяться химические методы дегазации.

При производстве карбамида образующийся в отделении выпарки конденсат сокового пара содержит примеси аммиака, диоксида углерода и карбамида. Очистку подобных сточных вод от аммиака, имеющегося в растворе и образующегося в результате гидролиза карбамида, проводят посредством десорбции в одну или две ступени; в последнем случае схемы могут предусматривать проведение гидролиза карбамида.

2.3.2.2.6 Мембранные методы

Для очистки вод применяют мембранные методы, к которым относятся ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

Ультрафильтрацию применяют для удаления из воды взвешенных веществ, органических веществ, коллоидных частиц нефтепродуктов, а также снижения мутности, окисляемости и т. д.

Для очистки воды после микрофильтрации применяют нанофильтрацию, обеспечивающую удаление из воды многозарядных ионов и молекул размером 0,01–0,001 мкм, молекул органических веществ массой более 200 а. е. м. и вирусов. Селективность при очистке воды от тяжелых металлов и солей жесткости составляет 98–99 %, при удалении однозарядных ионов — порядка 50 %.

Обратный осмос применяется при обессоливании для выделения и концентрирования ионов минеральных солей (в том числе ионов тяжелых металлов) и низкомолекулярных органических веществ при исходных концентрациях от 2–5 до 20–35 г/л. Установки обратного осмоса обеспечивают возможность очистки воды одновременно от растворимых неорганических (ионных) и органических загрязняющих примесей, высокомолекулярных соединений, взвешенных веществ, вирусов, бактерий и других вредных примесей.

Мембранные технологии могут обеспечивать наивысшую степень очистки воды, удаляя из нее не только привнесенные загрязнения, но и растворенные вещества, приближая качество воды к дистилляту. Их использование ограничено возможностью использования или утилизации рассолов и экономической целесообразностью.

2.3.2.2.7 Ректификация

При образовании концентрированных сточных вод в небольших количествах, содержащих органические вещества и растворенные органические жидкости, может применяться ректификация (азеотропная или в присутствии перегретого водяного пара). При этом установки перегонки и ректификации сточных вод, как правило, входят в со-

став технологических схем основных производств, а выделенные из сточных вод вещества обычно используют на этих же производствах.

2.3.2.2.8 Экстракция

Для очистки небольших количеств концентрированных сточных вод от органических примесей (летучих и нелетучих фенолов, нефтепродуктов, пестицидов) на отдельных предприятиях применяют экстракционный метод. Его применяют при значительных концентрациях извлекаемых веществ или высокой их товарной ценности, а также при обработке сточных вод, содержащих высокотоксичные загрязняющие вещества, когда неприемлемы либо неосуществимы другие известные методы. Область применения — извлекаемые вещества с исходными концентрациями 2000–30 000 мг/л. В связи с высокими остаточными концентрациями извлекаемых веществ (300–800 мг/л) и экстрагента сточные воды после извлечения основного количества вещества подвергают доочистке другими методами.

2.3.2.2.9 Нейтрализация

Если в сточных водах присутствуют свободные кислоты или основания, обуславливающие кислую или щелочную реакцию среды, то многие предприятия применяют нейтрализацию, если величина pH их ниже 6,5 (кислая вода) или выше 8,5 (щелочная вода). Кроме того, регулирование pH используют при обработке воды методами коагуляции и флокуляции при осаждении, окислении, восстановлении.

Нейтрализация кислых сточных вод

Кислая среда обусловлена присутствием в них свободных минеральных кислот (серная, соляная, азотная, ортофосфорная, фтористоводородная, гексафторкремниевая и др.) и в меньшей степени органических кислот. Кроме того, нейтрализация таких вод необходима для предотвращения коррозии трубопроводов и канализационных сооружений. В зависимости от местных условий при очистке вод применяют следующие способы нейтрализации кислых вод:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных вод при их смешении;
- нейтрализация щелочными реагентами: едкий натр, кальцинированная сода, гидроксид кальция (известь), карбонат кальция (известняк, доломит);
- нейтрализация отходами производства, например карбидный шлам ацетиленовых станций, шламы от установок химического умягчения воды и др.;
- нейтрализация фильтрованием через нейтрализующие материалы: известняк — $CaCO_3$, доломит — $CaCO_3$ $MgCO_3$, магнезит — $MgCO_3$.

Нейтрализация щелочных сточных вод

Щелочная среда обусловлена присутствием в них свободных щелочей (едкий натр, едкое кали), оснований щелочноземельных металлов (гидроксиды кальция, магния, бария) карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов, аммиака. Щелочные воды подвергают нейтрализации не только для соблюдения условий спуска сточных вод в водные объекты и на сооружения биологической очистки, но и для предотвращения разрушения бетонов и снижения интенсивности карбонатных отложений в трубопроводах.

В зависимости от местных условий предприятия применяют следующие способы нейтрализации щелочных сточных вод:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных вод при их смешении (если таковые имеются на предприятии, производстве);
- нейтрализация минеральными кислотами (серная, соляная, азотная);
- нейтрализация CO_2 воздуха при длительном выдерживании их в открытых бассейнах или аэрированием воздухом;
- нейтрализация диоксидом углерода или CO_2 воздуха в пенных аппаратах или скрубберах; ограничение — повышенная кальциевая жесткость (>0,7 мг-э/л);
- нейтрализация топочными газами котельных, ТЭЦ в пенных аппаратах или скрубберах; ограничение — повышенная кальциевая жесткость (>0,12 мг-э/л) при наличии в газах SO_2, SO_3.

2.3.2.2.10 Химическое осаждение

Для удаления из сточных вод ионов тяжелых (Fe, Cu, Zn, Ni, Sn, Pb, Hg, Cr^{+3}, Cd и др.) и легких (Al, Ti, Be) металлов применяют способ выделения этих веществ в виде труднорастворимых соединений при определенных значениях pH; их удаление основано на образовании труднорастворимых гидроксидов, карбонатов, основных солей при обработке воды щелочными реагентами с учетом пределов растворимости труднорастворимых соединений, требований к остаточным концентрациям удаляемых веществ, количества образующихся осадков.

Для удаления из сточных вод сульфатов, сульфитов, сульфидов, фосфатов, фторидов, арсенатов многие предприятия применяют их перевод в труднорастворимые соединения с помощью солей кальция, железа и алюминия с учетом требований к качеству очищенной воды по остаточным концентрациям удаляемых веществ.

Для удаления из воды ионов тяжелых металлов, фторидов, фосфатов, хроматов не применяют электрохимическое и гальванохимическое осаждение.

2.3.2.2.11 Окислительные и восстановительные методы

Для деструкции токсичных минеральных и органических веществ с превращением их в малотоксичные или нетоксичные соединения (во многих случаях — CO_2 и H_2O) применяют окислительные методы, включающие:

- окисление активным хлором (применяют для деструкции цианидов, фенолов, роданидов, сернистых соединений);
- окисление озоном (применяют для деструкции цианидов, роданидов, фенолов, нитритов, СПАВ, пестицидов, альдегидов, лигнинов, сернистых соединений);
- окисление пероксидом водорода (применяют для деструкции цианидов, роданидов, красителей, СПАВ);
- окисление кислородом на катализаторах (применяют для деструкции цианидов, роданидов, сульфидов, меркаптанов);
- окисление перманганатом калия (применяют для деструкции цианидов, роданидов, неионогенных СПАВ);
- электрохимическое окисление на аноде (применяют для обезвреживания незначительных объемов концентрированных сточных вод от цианидов, роданидов, красителей и других органических соединений);

- жидкофазное окисление, сжигание в циклонных печах, в печах с псевдоожиженным слоем (применяют на нескольких предприятиях для обезвреживания незначительных объемов высококонцентрированных вод, загрязненных различными органическими веществами).

Для перевода некоторых токсичных веществ в соединения, более легко удаляемые из воды осаждением или в виде газообразных продуктов, применяют восстановительные методы.

Для очистки хромсодержащих вод на большинстве предприятий применяют реагентное восстановление соединений Cr^{+6}. При этом Cr^{+6} восстанавливается в Cr^{+3} с последующим осаждением его в виде труднорастворимых гидроксидов при определенном значении pH. В качестве восстановителя применяют сульфит и бисульфит натрия, SO_2 соли Fe^{+2}, гидразин.

Для обработки относительно концентрированных сточных вод, содержащих нитриты, отдельные предприятия применяют реагентное восстановление нитритов с превращением их в молекулярный азот. В качестве восстановителей используют Fe^{+2}, карбамид, сульфаминовую кислоту и др. Применение метода ограничивается созданием кислой среды в начале процесса ($pH_{нач} < 3$).

Для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, включая Cr^{+6}, применяют электрохимическое восстановление, основанное на электролизе сточных вод, с использованием стальных или алюминиевых анодов, подвергающихся электролитическому растворению. Процесс аналогичен обработке вод солями железа и алюминия, однако при его реализации не происходит обогащения воды сульфатами и хлоридами. Для электрохимического восстановления предприятия используют различные виды катодов: пористые; объемно-насыпные проточные, плоские пластины с инертной загрузкой.

2.3.2.3 Биологическая очистка сточных вод

При соотношении БПК/ХПК более 0,35, pH = 6–8, температуре воды 8 °С — 37 °С и концентрации грубодисперсных примесей до 150–2000 мг/л применяют биологическую очистку.

Биологическую очистку в естественных условиях (для очистки сравнительно небольших количеств сточных вод, а также для их доочистки) осуществляют на полях фильтрации, в фильтрующих траншеях, фильтрующих колодцах, а также в биологических прудах с высшей водной растительностью и без нее и окислительных каналах, где развиваются микроорганизмы, участвующие в самоочищении природных водоемов.

Биологическую очистку сточных вод в искусственных условиях многие предприятия осуществляют на биологических очистных сооружениях, включающих в себя биофильтры, аэротенки различных модификаций с подачей воздуха, а также анаэробные реакторы.

Проведение дополнительной очистки биохимически очищенных сточных вод многие предприятия осуществляют с помощью биологических прудов (рассчитанных на продолжительность пребывания в них воды от 2 до 17 сут, а в ряде случаев и более).

В биофильтрах очистку воды осуществляют прикрепленной микрофлорой, развивающейся на поверхности загрузки. В роторных биофильтрах, биотенках, биосорберах микроорганизмы развиваются и удерживаются инертной насадкой из пластмасс, песка или активированного угля.

При необходимости глубокого удаления биогенных элементов азота и фосфора применяют процессы нитрификации (окисление аммонийного азота до нитритов и нитратов) и денитрификации (восстановления окисленных форм азота нитритов и нитратов до газообразного азота).

Более глубокого удаления фосфора достигают при применении биореагентного способа. При очистке концентрированных (по БПК) сточных вод для предварительной обработки может применяться анаэробный метод с использованием метантенков.

Для отделения от воды избыточной биомассы, образующейся в процессах биологической очистки, используют вторичные отстойники или илоотделители, входящие в состав биологических сооружений вместе с биофильтрами и аэротенками.

Для доочистки сточных вод после биологической используют зернистые фильтры, иногда фильтры с синтетической загрузкой. Наиболее глубокую доочистку осуществляют на биосорберах с биологической регенерацией активированного угля.

Большинство предприятий нефтеперерабатывающей промышленности проводят биохимическую очистку сточных вод производственной канализационной системы как отдельно, так и вместе с бытовыми сточными водами завода и заводского поселка, прошедшими предварительную механическую очистку. Биохимическую очистку осуществляют по одноступенчатой и двухступенчатой схемам. При двухступенчатой схеме допускается подача сточных вод с более высоким содержанием сульфидов и более высоким БПК.

При биологической очистке сточных вод используют ультрафильтрационные блоки мембран (МБР) из полого волокна с внешней поверхностью фильтрования, которые погружают в аэрируемый объем воды, при этом вторичные отстойники не применяют. Данный подход позволяет достичь высокой степени очистки воды.

2.3.2.4 Обеззараживание сточных вод

Для уничтожения содержащихся в них патогенных микробов применяют обеззараживание (дезинфекцию) сточных вод следующими методами:

- химические (преимущественно применение различных соединений хлора, озона);
- физические (термические, с применением ультразвуковой обработки, ультрафиолетового излучения);
- обеззараживание сточных вод в условиях искусственных и естественных биоценозов.

2.3.2.5 Сбор и очистка ливневых и дренажных вод

Для очистных сооружений ливневых вод одной из главных задач является правильный выбор схемы водосбора, очистки и сброса воды. Правильность выбора обусловлена рациональностью технических решений, удобством эксплуатации, стоимостью строительства и обслуживания. Очистные сооружения ливневых вод используются двух типов:

- накопительная схема очистки;
- проточная схема очистки.

При накопительной схеме очистки вода сначала собирается в накопительный (обычно железобетонный) резервуар, затем в течение длительного времени перекачивается на очистку. Достоинством такой схемы является то, что вследствие длительного

периода откачки возможно использование компактных очистных систем достаточно низкой производительности. Недостатки заключаются в следующем:

- необходимость строительства бетонных резервуаров;
- необходимость подвода электроэнергии для насосов;
- высокая стоимость и сложность строительства, оснащения и дальнейшей эксплуатации бетонных резервуаров.

При проточной схеме вода поступает на очистные сооружения непосредственно из водосборной сети. Излишняя, не подлежащая очистке вода сбрасывается по отводящему трубопроводу. Главным достоинством этой схемы является отсутствие необходимости в строительстве накопительного резервуара и подвода электроэнергии, что позволяет значительно сократить сроки монтажа очистных сооружений. К недостаткам проточной схемы можно отнести необходимость использования очистных систем большей производительности, чем при накопительных схемах.

2.3.2.6 Комбинации методов очистки

Комбинированный метод предполагает использование одновременно двух и более из вышеуказанных методов очистки. Делается это с целью достижения максимального эффекта. Выбор методов очистки для комбинирования зависит от особенностей промышленных стоков и водоема, куда идет слив очищенной воды. Стандартной схемой комбинирования методов очистки является последовательность из механического, биологического и физико-химического очищения.

Примером комбинированного метода очистки воды является метод электрофлотокоагуляции. Электрофлотокоагуляция, как пример выступает в качестве безреагентного способа регенерации отработанных моющих растворов, объединяет электрокоагуляцию и электрофлотацию.

Другим вариантом комбинированного метода очистки воды является электрокаталитическая очистка. Процесс электрохимической деструкции с каталитическим окислением органических примесей осуществляют двумя методами:

1) введением в электродное пространство вместе с потоком жидкости подвижного или гранулированного неподвижного катализатора;

2) введением катализатора в поток после электролиза в специальном реакторе.

2.3.2.7 Обезвоживание осадков сточных вод

Из множества методов обезвоживания осадков сточных вод предприятия выбирают подходящие, исходя из свойств осадков и местных условий.

Для обезвоживания осадков (шламов) в химической промышленности применяются процессы фильтрования (под давлением или под вакуумом), центрифугирования, механического отжима (ленточные фильтр-прессы), а также применяется обезвоживание осадков на иловых площадках, шламохранилищах, шламонакопителях.

2.4 Обращение с газовыми выбросами, их обработка и очистка

Источниками образования выбросов в атмосферу в химической промышленности могут быть различные технологические переделы и вспомогательные процессы (генерация энергии, транспортировка и обработка сырья, продуктов и полупродуктов,

очистка стоков, обработка отходов и пр.). Обращение с газовыми выбросами, так же как и обращение со сточными водами, является одним из основных видов деятельности химических предприятий, неотрывно связанным с производством продукции и защитой окружающей среды. Выбросы в атмосферу могут быть локализованы в объединенную систему сбора, обработки/регенерации и очистки, а могут быть диффузными, отходящими как от неплотностей оборудования, так и с поверхности различных инженерных сооружений, где присутствуют технологические среды.

Согласно 2.1 и 2.2, основной задачей организационного характера (например, применение СЭМ) является разработка решений, направленных на снижение образования выбросов в атмосферу и степени их загрязненности. Максимальная локализация диффузных выбросов в атмосферу с целью достижения возможности их обработки или/и очистки. Например, при проектировании объекта химического производства предусматривается работа оборудования под разрежением, с отводом отходящих газов в систему их обработки/регенерации или очистки. Соответствующий ПЭК также должен иметь место.

Задачами технического характера являются регламентное операционное управление производственной установкой, применение метода «на конце трубы». В данном случае, как и в случае со сточными водами применение технологий «на конце трубы» не рассматривается как операции, целью которых является только очистка отходящих газов перед выбросом в атмосферу или возврат полезных компонентов в технологию. В производствах химической продукции стадии очистки отходящих газов интегрированы в технологическую систему в качестве полноправного технологического передела. При этом он может являться ключевым с точки зрения ведения технологического процесса и его экономических показателей. Очистка газового потока может быть сопряжена с получением растворов или смесей заданного состава, необходимых для дальнейшего использования. Для этого могут использоваться как стандартные аппараты, так и нестандартные, разработанные непосредственно для данного процесса.

Способы очистки отходящих газов и их контроля подробно описаны в релевантных информационно-технических справочниках по НДТ 2, НДТ 18, НДТ 19, НДТ 22, НДТ 22.1. В настоящем справочнике НДТ рассматриваются системы, внедряемые для предотвращения загрязнения окружающей среды (установки для очистки отходящих газов).

В зависимости от характера загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, методы очистки отходящих газов подразделяют на две большие группы (см. рисунок 2.3).

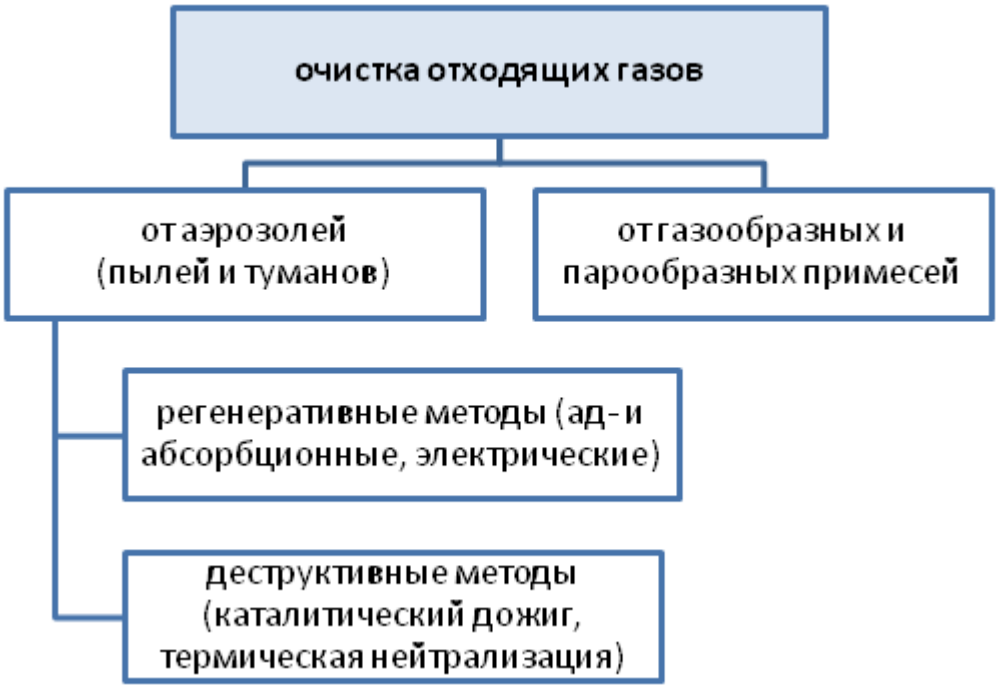


Рисунок 2.3 — Классификация методов очистки отходящих газов

Устройства для очистки газов от пыли подразделяют на пылеуловители и воздушные фильтры.

Обезвреживание отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ осуществляют с применением:

- физико-химических методов: абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, термической нейтрализации, каталитической нейтрализации;

- биохимических методов.

Обычно применяют комбинацию разных методов (многоступенчатые схемы очистки).

Выбор метода очистки зависит от следующих факторов:

а) исходная концентрация вредных (загрязняющих) компонентов и требуемая степень очистки отходящих газов;

б) объемы очищаемых газов и их температура;

в) наличие сопутствующих газообразных примесей и пыли;

г) потребность во вспомогательных материалах;

д) наличие пространства для сооружения газоочистной установки;

е) простота эксплуатации и технического обслуживания;

ж) климатические и природные ограничения;

з) доступность ресурсов;

и) возможность использования или утилизации выделенных примесей;

к) взрыво- и пожароопасность;

л) экономической целесообразности применения метода.

В производствах крупнотоннажной химии наибольшее распространение получили методы обработки/очистки газовых потоков, описанные ниже.

2.4.1 Очистка отходящих газов от аэрозолей (пыли и туманов)

Современные аппараты обеспыливания газов можно разбить на четыре группы:

- механические обеспыливающие устройства, в которых пыль отделяется под действием сил тяжести, инерции или центробежной силы;
- мокрые, или гидравлические, аппараты, в которых твердые частицы улавливаются жидкостью;
- пористые фильтры, на которых оседают мельчайшие частицы пыли;
- электрофильтры, в которых частицы осаждаются за счет ионизации газа и содержащихся в нем пылинок.

2.4.1.1 Циклоны

Широкое применение на предприятиях химической промышленности получили центробежные обеспыливающие устройства (циклоны). В циклонах рекомендуется улавливать частицы пыли размером более 10 мкм.

Степень очистки газа в циклоне зависит не только от размеров отделяемых частиц и скорости вращения газового потока, но от конфигурации основных элементов и соотношения геометрических размеров циклона.

Часто для очистки больших количеств запыленных газов вместо циклона большого диаметра применяют несколько циклонных элементов значительно меньшего диаметра (их монтируют в одном корпусе). Такие циклоны называют батарейными циклонами, или мультициклонами.

2.4.1.2 Мокрые пылеуловители

Для тонкой очистки газов от пыли применяют мокрую очистку — промывку газов чистой водой или растворами. Тесное взаимодействие между жидкостью и запыленным газом осуществляется в мокрых пылеуловителях либо на поверхности жидкой пленки, стекающей по вертикальной или наклонной плоскости (пленочные или насадочные скрубберы), либо на поверхности капель (полые скрубберы, скрубберы Вентури) или пузырьков газа, пены (барботажные (пенные) пылеуловители).

Классификация мокрых пылеуловителей представлена на рисунке 2.4.

Эффективность мокрых пылеуловителей в основном зависит от смачиваемости пыли. При улавливании плохо смачивающейся пыли в воду вводят поверхностно-активные вещества, способствующие повышению смачиваемости.



Рисунок 2.4 — Классификация мокрых пылеуловителей

2.4.1.3 Электроосаждение

Данный метод очистки основан на ионизации молекул газа электрическим разрядом. По конструкции электрофильтры подразделяют на трубчатые и пластинчатые. В электрофильтрах улавливают пыль с частицами размером выше 5 мкм.

Степень очистки газа в электрофильтре в значительной степени зависит от проводимости пыли. Для увеличения эффективности электроды электрофильтра иногда смачивают водой, такие электрофильтры называются мокрыми.

2.4.1.4 Очистка с использованием фильтрации

Способы очистки отходящих газов с использованием принципа фильтрации широко применяются в химической промышленности, для этого используются фильтры различной конструкции, движущей силой процесса фильтрации выступает перепад давления, который возникает на пористой перегородке, которая задерживает частицы аэрозоля на поверхности или в порах. Общая классификация фильтров для очистки газовых потоков приведена на рисунке 2.5.

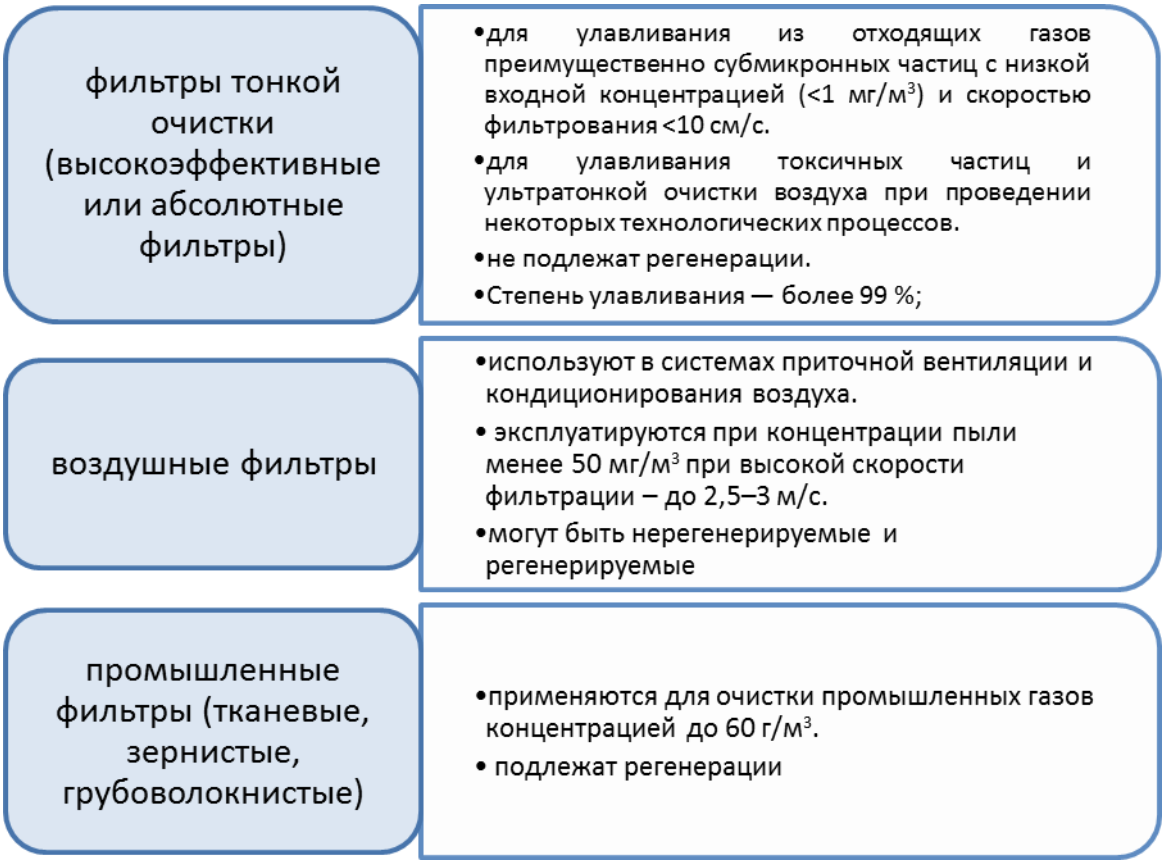


Рисунок 2.5 — Классификация фильтров

2.4.1.4.1 Рукавные (тканевые) фильтры

При очистке посредством рукавных фильтров газы, содержащие взвешенные твердые частицы, проходят пористые тканевые перегородки, пропускающие газ и задерживающие на своей поверхности твердые частицы. Выбор ткани для рукавов определяется ее механической прочностью, химической и термической стойкостью.

Главным достоинством рукавных фильтров является высокая эффективность очистки, достигающая 99 % для всех размеров частиц.

2.4.1.4.2 Фильтры для туманов/аэрозолей

Очистка газов от тумана, в частности при производстве серной кислоты, может производиться как в электрофильтрах, так и в фильтрах, снабженных фильтрующими кислотостойкими материалами.

Электрофильтры обычно применяются для очистки газов при содержании в них тонкодисперсного аэрозоля в больших количествах (более 5 г/нм^3).

Фильтры с использованием фильтрующих материалов применяются при меньших содержаниях тумана и брызг (менее 5 г/нм^3). В качестве фильтрующего материала в фильтрах применяются сетки, тканые и нетканые фильтрующие маты, изготовленные из коррозионно-стойких материалов.

Для улавливания частиц размером менее 3 мкм наиболее эффективным является применение фильтров Бринка с так называемым диффузионным (броуновским) типом улавливания тонкодисперсных частиц тумана.

Фильтрующий материал фильтра Бринка состоит из мата, изготовленного из коррозионностойкого нетканого материала, помещенного между двумя концентрическими металлическими решетками. Толщина волокон в этом нетканом фильтрующем материале составляет 6–7 мкм, что обеспечивает развернутую поверхность контакта фильтрующего материала с очищаемым газом.

Плотность фильтрующих матов в фильтрах Бринка броуновского типа существенно выше, чем вышеописанных фильтров ударного типа.

Механизм захвата тонкодисперсных частиц в фильтрах броуновского типа заключается в захватывании поверхностью стекловолокон тонкодисперсных частиц в результате их броуновского движения. Скорость движения газа в фильтрующем материале фильтра Бринка броуновского типа на порядок ниже, чем в фильтрах ударного или переходного типа и составляет 0,1–0,3 м/с.

Эффективность сепарации мелких частиц в фильтрах Бринка достигает 99,5 %.

2.4.2 Очистка отходящих газов от летучих соединений

2.4.2.1 Абсорбция

Метод абсорбции основывается на разделении газо-воздушной смеси на составные части посредством поглощения одного или нескольких газовых компонентов (абсорбатов) этой смеси жидким поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора.

Для удаления из выбросов аммиака, хлористого/фтористого водорода целесообразно применять в качестве поглотительной жидкости воду, потому что их растворимость в воде составляет сотни граммов на 1 кг воды. При поглощении из газов диоксида серы или хлора расход воды будет более значительным, потому что их растворимость составляет только сотые доли грамма на 1 кг воды. В некоторых особых случаях вместо воды применяют водные растворы сернистой кислоты (для улавливания водяных паров), вязкие масла (для улавливания ароматических углеводородов из коксового газа) и др.

Контакт газового потока с жидким растворителем производится либо пропусканием газа через насадочную колонну, либо распылением жидкости, либо барботажем газа через слой абсорбирующей жидкости. В зависимости от способа контакта «газ — жидкость» различают:

- насадочные башни — форсуночные и центробежные скрубберы;
- скрубберы Вентури;
- барботажно-пенные скрубберы;
- тарельчатые и другие скрубберы.

Широкое распространение получили башни с колпачковыми тарелками. Иногда вместо колпачковых тарелок применяют перфорированные пластины с большим количеством мелких отверстий (диаметром примерно 6 мм), которые создают пузырьки газа одинаковой формы и размера; более мелкие отверстия затрудняют стекание промывной жидкости, особенно при значительном расходе газа.

Применение абсорбционных методов обычно связано с использованием схем, включающих узлы абсорбции и при необходимости десорбции. Десорбцию растворенного газа (или регенерацию растворителя) проводят либо снижением общего давления

(или парциального давления) примеси, либо повышением температуры, либо использованием двух приемов одновременно.

Достоинством абсорбционных методов является экономичность очистки большого количества газов и осуществление непрерывных технологических процессов.

2.4.2.2 Хемосорбция

Метод хемосорбции базируется на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием слаболетучих химических соединений на поверхности или в растворе.

Для реализации хемосорбции используют насадочные башни, пенные и барботажные скрубберы, распылительные аппараты типа труб Вентури и аппараты с различными механическими распылителями. Также широко используют аппараты с подвижной насадкой, достоинством которых является высокая эффективность разделения при умеренном гидравлическом сопротивлении, а также большая пропускная способность по газу.

Основным недостатком этих методов является значительное снижение температуры газов после осуществления очистки, что в конечном итоге приводит к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосферном воздухе (для этих целей может использоваться дополнительный подогрев отходящих газов). Также следует учитывать, что оборудование громоздко и требует создания системы жидкостного орошения.

2.4.2.3 Адсорбция

Метод адсорбции базируется на использовании физических свойств некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать из газовой смеси отдельные компоненты и концентрировать их на своей поверхности. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

Основными направлениями использования адсорбции являются:

- извлечение летучих органических соединений для их повторного использования или циркуляции в замкнутом цикле; также может использоваться в качестве автономной системы, в качестве стадии концентрирования для повышения эффективности последующего извлечения, например с помощью мембранной сепарации или для обработки выбросов систем газоочистки;

- очистка от загрязняющих веществ (например, ЛОС, H_2S, запахи, микропримеси газов, которые не могут быть использованы для циркуляции в замкнутом цикле или каким-либо иным образом) также может осуществляться с использованием в качестве адсорбента гранулированного активированного угля, который не регенерируется, а подвергается сжиганию.

В качестве промышленных адсорбентов в основном используются смешанно-пористые материалы с высокоразвитой внутренней поверхностью, имеющие искусственное или природное происхождение; в соответствии с размером пор, преобладающим в их структуре, адсорбенты подразделяют на микро-, переходно- и макропористые. Наиболее широко применяются следующие виды адсорбентов:

- гранулированный активированный уголь (адсорбент с широким диапазоном эффективности как для полярных, так и неполярных соединений), который может быть пропитан, например, окислителями (перманганатом калия или соединениями серы) для улучшения удержания тяжелых металлов; можно использовать в сочетании с полимерами;

- цеолиты, свойства которых зависят от их производства, служащие простыми молекулярными ситами, избирательными ионообменниками или гидрофобными адсорберами летучих органических соединений; можно использовать в сочетании с полимерами;

- макропористые полимерные частицы, которые используются в виде гранул или шариков, не обладают высокой избирательностью в отношении летучих органических соединений;

- силикагель;

- натрий-силикаты алюминия.

К основным видам адсорбционных систем относят:

- адсорбцию с неподвижным слоем;

- адсорбцию с псевдоожиженным слоем;

- непрерывную адсорбцию с подвижным слоем;

- адсорбцию при переменном давлении (PSA — pressure selective adsorption).

Адсорбция применяется для регулирования содержания, извлечения, рециркуляции или подготовки к последующей обработке летучих органических соединений и выбросов в атмосферу органических загрязняющих веществ, например выбросов, которые образуются при обезжиривании, покраске распылением, экстракции растворителями, покрытии металлической фольгой, нанесении пленочных покрытий, мелковании бумаги, производстве лекарственных препаратов и др.

Адсорбенты можно использовать последовательно: например, на первом этапе для отделения высоких концентраций летучих органических соединений применить полимеры, а на втором этапе для отделения менее концентрированных летучих органических соединений использовать цеолиты.

Выбор конструкции адсорбера определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и др. Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Вертикальные адсорберы обычно применяют при небольших объемах очищаемого газа; горизонтальные и кольцевые — при высокой производительности, достигающей десятков и сотен тысяч $м^3$/ч.

Использование адсорбции при переменном давлении позволяет отделять газы или пары из смеси отходящих газов и одновременно регенерировать адсорбент. Процесс включает четыре этапа:

1) создается давление газа, поступающего в адсорбер;

2) адсорбция происходит при высоком давлении, и, следовательно, образуются чистые компоненты;

3) давление сбрасывается;

4) производится продувка при низком давлении или под вакуумом.

Фильтрация газа может происходить через неподвижный (адсорберы периодического действия) или движущийся слой адсорбента. Наиболее широко применяются адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа с твердым адсорбентом чередуется с периодом регенерации адсорбента. Эти установки отличаются конструктивной простотой, но в то же время имеют низкие допускаемые скорости газового потока и, следовательно, повышенную металлоемкость и громоздкость. Основным недостатком этих аппаратов являются большие энергетические затраты, связанные с преодолением гидравлического сопротивления слоя адсорбента.

Цикличность адсорбционных процессов предопределяет необходимость периодической регенерации насыщенных целевыми компонентами поглотителей. Ключевой операцией восстановления сорбционной способности адсорбентов является десорбция, потому что для ее проведения требуется от 40 % до 70 % общих затрат на адсорбционную газоочистку. Десорбцию проводят, используя повышение температуры, вытеснение адсорбата более хорошо сорбирующимся веществом, снижение давления (в том числе создание вакуума) или комбинацию этих приемов. Возможность эффективного осуществления десорбции и концентрирования загрязняющих веществ с последующим обезвреживанием этих загрязняющих веществ в ряде случаев определяет целесообразность выбора адсорбции как метода очистки отходящих газов.

Термическую десорбцию проводят, нагревая насыщенный адсорбент до определенной температуры, которая обеспечивает необходимую интенсивность процесса, прямым контактом с потоком водяного пара, горячего воздуха или инертного газа, или же проводя нагрев через стенку с подачей и в аппарат некоторого количества отдувочного агента (обычно инертного газа). Использование температурного интервала от 100 °С до 200 °С, как правило, обеспечивает возможность десорбции компонентов, поглощенных активными углями, силикагелями и алюмогелями. Использование температурного интервала от 200 °С до 400 °С обычно является достаточным для десорбции примесей, поглощенных цеолитами.

Холодная (или вытеснительная) десорбция основывается на различии сорбируемости целевого компонента и вещества, используемого в качестве десорбента (вытеснителя). Для десорбции поглощенных адсорбентом органических веществ можно использовать диоксид углерода, аммиак, воду, некоторые органические и другие вещества, которые могут обеспечить эффективное вытеснение целевого компонента и относительную простоту его последующей десорбции из адсорбента. Этот подход является перспективным при реализации адсорбционных процессов на основе использования цеолитов, которые характеризуются повышенной адсорбционной активностью в отношении паров воды, что предопределяет ее эффективность как десорбента поглощенных цеолитами веществ.

Десорбцию посредством снижения давления можно реализовать двумя способами: редуцированием давления в системе после насыщения поглотителя на стадии адсорбции, проводимой под избыточным давлением, или созданием в системе разрежения при осуществлении стадии адсорбции под нормальным давлением.

Вакуумная десорбция (из-за значительных энергозатрат и необходимости обеспечения герметичности соответствующих установок) используется в ограниченных масштабах.

Десорбция, базирующаяся на перепаде давления между стадиями адсорбции и десорбции, используется в установках короткоцикловой безнагревной адсорбции, которые получили в последнее время достаточно широкое применение в целях осушки воздуха и других газов, которая в ряде случаев является необходимой ступенью, предшествующей очистке газов от вредных примесей.

2.4.2.4 Термическая нейтрализация

Метод термической нейтрализации базируется на способности горючих токсичных компонентов (газов, паров и дурнопахнущих веществ) окисляться при наличии свободного кислорода и высокой температуры газовой смеси до менее токсичных веществ.

Во многих случаях термическая нейтрализация вредных примесей имеет ряд преимуществ перед методами адсорбции и абсорбции:

- отсутствие шламового хозяйства;
- небольшие габариты очистных установок;
- простота обслуживания;
- высокая эффективность обезвреживания при низкой стоимости очистки и др.

Область применения термической нейтрализации определяется характером продуктов реакции, образующихся при окислении (например, при сжигании некоторых газов образующиеся продукты реакции во много раз превышают исходный газовый выброс по токсичности), поэтому термическая нейтрализация используется только для обработки отходящих газов, которые содержат загрязняющие вещества органического происхождения, в соответствии с проектнообоснованными требованиями, включая требования в области промышленной безопасности. Различают три схемы термической нейтрализации газовых выбросов:

- прямое (непосредственное) сжигание в пламени;
- термическое окисление;
- каталитическое сжигание.

Прямое (непосредственное) сжигание в пламени и термическое окисление осуществляют при температурах 600 °С — 800 °С, каталитическое сжигание — при 250 °С — 450 °С. Выбор схемы термической нейтрализации определяется химическим составом загрязняющих веществ, их концентрацией, начальной температурой газовых выбросов, объемным расходом и предельно допустимыми нормами выброса загрязняющих веществ.

Прямое сжигание используют только в тех случаях, когда отходящие газы имеют теплоту сгорания, необходимую для осуществления реакции с минимальным расходом топлива. Из экономических соображений этот вклад должен превышать 50 % общей теплоты сгорания. Эти системы огневого обезвреживания обеспечивают степень очистки 90 % — 99 %, если время пребывания вредных веществ в высокотемпературной зоне превышает 0,5 с, температура обезвреживания газов, содержащих углеводороды, превышает 500 °С — 650 °С, а содержащих оксид углерода — 660 °С — 750 °С.

Термическое окисление применяют в тех случаях, когда температура отходящих газов высока, но в них отсутствует достаточное количество кислорода, либо когда концентрация горючих примесей настолько низка, что они не обеспечивают подвод теплоты, необходимой для поддержания пламени. При температуре отходящих газов, которая достаточна для самовоспламенения газовоздушной смеси, процесс дожигания происходит в камере с подмешиванием свежего воздуха.

Окисление газовоздушной смеси представляет собой окисление горючих газов и ароматических веществ в потоке отходящих газов путем нагревания смеси загрязняющих веществ с воздухом или кислородом до температуры, превышающей температуру самовоспламенения газовоздушной смеси на 300 °С — 350 °С, и поддержания высокой температуры в течение достаточного для полного окисления компонентов времени.

Если температура отходящих газов недостаточна для протекания процесса окисления, то поток отходящих газов подогревают в теплообменнике, после чего пропускают через рабочую зону, в которой сжигают природный или какой-либо другой высококалорийный газ.

Факельное сжигание представляет собой высокотемпературное окисление, используемое для сжигания горючих компонентов отходящих газов в открытом пламени и применяемое преимущественно для сжигания легковоспламеняющихся газов по соображениям безопасности или при возникновении нештатных условий эксплуатации.

2.4.2.5 Каталитическое окисление

Каталитическое окисление используют для превращения токсичных компонентов отходящих газов в безвредные/менее вредные для окружающей среды вещества, осуществляя введение в систему дополнительных веществ-катализаторов, которые позволяют выполнить процесс при более низких температурах.

Каталитическое окисление базируется на взаимодействии удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе, или со специально добавляемым в смесь веществом. Катализатор, взаимодействуя с одним из реагирующих соединений, образует промежуточное вещество, которое распадается с образованием продукта регенерированного катализатора.

Принцип действия каталитических окислителей аналогичен принципу действия высокотемпературных окислителей; основное отличие заключается в том, что при каталитическом окислении газ проходит через слой катализатора после прохождения через зону пламени. Катализатор позволяет увеличить скорость реакции окисления и проводить преобразования при более низких температурах реакции (по сравнению с высокотемпературным окислением). Кроме того, использование катализаторов позволяет применять окислители с меньшими габаритами.

Каталитическое окисление характеризуется кратковременностью протекания процесса (иногда достаточно нескольких долей секунды), что позволяет резко сократить габариты реактора. Температура, необходимая для осуществления реакции органических газов и компонентов отходящих газов при прохождении газообразных отходов через слой катализатора, доходит до уровня, который превышает точки самовоспламенения газообразных отходов, и они сгорают под действием кислорода, обычно присутствующего в потоке загрязненного газа. В случае недостатка кислорода его вводят в поток отходящих газов с помощью эжектирования, воздуходувки или вентилятора.

По сравнению с термическим окислением каталитическое окисление проходит при более низких температурах, чем термическое окисление, и, соответственно, сопровождается более низкими: требованиями к изоляции, энергопотреблением, включая использование дополнительного топлива, вероятностью возникновения пожара.

Основным критерием выбора катализатора является его долговечность и активность, о которой судят по количеству продукта, получаемого с единицы объема катализатора, или по объемной скорости каталитического процесса, при которых обеспечивается требуемая степень обезвреживания обрабатываемого газа.

В большинстве случаев в качестве катализаторов используют металлы (платину, палладий и другие металлы) или их соединения (оксиды меди, марганца и т. п.). Катализаторную массу, как правило, выполняют из шаров, колец, пластин или проволоки, свитой в спираль из хрома, никеля, оксида алюминия с нанесенными на их поверхность (сотые доли процента по отношению к массе катализатора) благородными металлами.

Большое влияние на срок службы катализатора оказывают некоторые вещества (например, химически активные вещества), присутствующие в потоке отходящего газа и отравляющие/блокирующие катализаторы. Отравление катализатора посредством блокирования может быть обратимым: так, образование масляных или жировых покрытий на поверхности катализатора снижает его эффективность, но эти покрытия могут сгорать при повышении температуры. Однако в присутствии некоторых химических веществ отравление катализатора может быть необратимым. К таким веществам относятся:

- быстродействующие ингибиторы (например, фосфор, висмут, мышьяк, сурьма, свинец, ртуть), воздействие которых приводит к необратимой потере каталитической активности в зависимости от температуры потока и концентрации таких веществ в потоке;

- ингибиторы замедленного действия (например, железо, олово, кремний), воздействие которых приводит к необратимой потере каталитической активности, но при более высоких концентрациях, чем у быстродействующих ингибиторов;

- обратимые ингибиторы (например, сера, галогены), воздействие которых приводит к образованию обратимого поверхностного покрытия на поверхности катализатора в зависимости от температуры потока и концентрации таких веществ в потоке;

- поверхностные блокировщики (например, твердые органические вещества), образующие обратимый покрывающий слой, блокирующий поверхность катализатора;

- активаторы поверхностный эрозии и блокировщики (например, инертные частицы), образующие покрывающий слой на поверхности катализатора в сочетании с эрозией катализатора в зависимости от размера частиц, свойств гранул и скорости потока отходящих газов.

Различия в способе контактирования потока газа с катализатором позволяют подразделить системы каталитического окисления на две группы: системы с неподвижным слоем и системы с псевдоожиженным слоем.

В системах каталитического окисления с неподвижным слоем можно использовать монолитный катализатор, представляющий собой пористый твердый блок с параллельными непересекающимися каналами, которые выровнены в направлении потока газа. Достоинством монолитного катализатора является минимальное истирание при тепловом расширении (сжатии) во время пуска (останова) и в общем низком падении давления. Также применяют уплотненный слой катализатора, состоящий из ча-

стиц, которые поддерживаются в трубе или в неглубоких лотках, через которые проходит газ; по сравнению с монолитным катализатором падение давления достаточно высоко, а частицы катализатора имеют тенденцию к разрушению в результате термического расширения при нагреве (охлаждении) слоя катализатора во время пуска (останова).

Достоинством каталитических окислителей с псевдоожиженным слоем являются очень высокие коэффициенты массопередачи, хотя общее падение давления немного выше, чем в каталитических окислителях с монолитным катализатором. Дополнительным преимуществом является высокая теплопередача псевдоожиженного слоя по сравнению с нормальным коэффициентом теплопередачи газа. Кроме того, такие окислители обладают более высокой толерантностью к твердым частицам в газовом потоке по сравнению с использованием уплотненного слоя катализатора или монолитных катализаторов. Это объясняется постоянным истиранием гранул псевдоожиженного слоя катализатора, которое способствует удалению частиц с внешней поверхности катализаторов на постоянной основе. Основным недостатком является постепенная потеря катализатора за счет истирания.

Значительное влияние на скорость и эффективность каталитического окисления оказывает температура газа: для каждой реакции, протекающей в потоке газа, характерна так называемая минимальная температура начала реакции, ниже которой катализатор не проявляет активности. Эта температура зависит от природы и концентрации улавливаемых вредных (загрязняющих) веществ.

Используют два конструктивных вида каталитических устройств:

- каталитические реакторы, в которых происходит контакт газового потока с твердым катализатором, размещенным в отдельном корпусе;

- термокаталитические реакторы, в которых в общем корпусе размещены контактный узел и подогреватель.

Модельная установка термокаталитического окисления может включать следующие элементы:

- каталитический реактор (основной модуль), который предназначен для очистки выбросов от органических и неорганических соединений (за исключением галоген- и серосодержащих веществ);

- теплообменный модуль (основной модуль), который обеспечивает предварительный подогрев входящего неочищенного газа и охлаждение очищенного горячего газа (рекуперация тепла);

- фильтрационный модуль (дополнительный модуль), который обеспечивает очистку от взвешенных веществ, смолистых веществ);

- сорбционный модуль (дополнительный модуль), который обеспечивает очистку кислых газов, галоген-, серо- и фосфоросодержащих соединений, а также аккумуляцию загрязняющих веществ;

- дополнительные модули, например для подачи мочевины (в случае высокого содержания оксидов азота), управления потоками (смешение воздуха, электрозадвижки), проведения различных видов мониторинга (измерение перепадов давления, температуры, концентраций).

Каталитическое окисление целесообразно применять для очистки небольших объемов отходящих газов, характеризующихся незначительными различиями в типе и концентрации летучих органических соединений, при условии отсутствия веществ, от-

рицательно воздействующих на катализатор, или иных загрязняющих веществ аналогичного действия. При каталитическом окислении также удаляются оксид углерода и (до некоторой степени) сажа, хотя удаление последних требует наличия специальных устройств.

Термокаталитические установки для очистки газовых выбросов можно устанавливать в местной вытяжной вентиляционной системе, системах местных отсосов, линиях сбросных газов, системах очистки и рециркуляции воздуха помещений.

2.4.3 Биохимические методы очистки отходящих газов

Биохимические методы газоочистки основаны на способности микроорганизмов преобразовывать различные соединения в менее токсичные компоненты или соединения с меньшим молекулярным весом. Разложение веществ происходит под действием ферментов, которые вырабатываются микроорганизмами под влиянием отдельных соединений или группы веществ, присутствующих в очищаемых газах. Биохимические методы газоочистки целесообразно применять для очистки отходящих газов постоянного состава: при частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться к новым веществам и вырабатывают недостаточное количество ферментов для их разложения, что приводит к слабой разрушающей способности биологической системы по отношению к вредным компонентам газов. Высокая степень газоочистки достигается в том случае, когда скорость биохимического окисления уловленных веществ больше скорости их поступления из газовой фазы.

Биохимическую очистку отходящих газов выполняют в биофильтрах и биоскрубберах.

2.4.3.1 Биофильтры

Во время биологической фильтрации поток отходящих газов проходит через слой фильтра-насадки, где он окисляется микроорганизмами природного происхождения и разлагается на углекислый газ, воду, неорганические соли и биомассу. В качестве насадки можно использовать влажный органический субстрат (например, торф, компост, древесную щепу) или инертный материал (например, глину, активированный уголь, полиуретан). В случае использования искусственных материалов на них предварительно выращивают биологически активную пленку орошением водой или суспензией активного ила. При этом способность активного ила к расщеплению уловленных веществ устанавливают по соотношению полной биохимической потребности в кислороде ($БПК_п$) до начала процессов нитрификации и химической потребности в кислороде (ХПК), которая характеризует окисление вещества до диоксида углерода и воды. При соотношении $БПК_п$:ХПК > 0,5 вещества поддаются биохимическому окислению.

Эффективная работа биофильтров обеспечивается за счет равномерного распределения очищаемого воздуха по всей фильтрующей поверхности, равномерной влажности (20 % — 50 %) и плотности фильтрующего слоя, поддержания оптимальных температур (25 °С — 35 °С) и значения pH 6,5–8,5.

Биологическая фильтрация преимущественно применяется для низких концентраций загрязняющих веществ, легко растворимых в воде. Как правило, биологическую фильтрацию не используют для отходящих газов, содержащих большое количество различных и (или) меняющихся (по составу) загрязняющих веществ. Кроме того, сле-

дует учитывать, что при использовании биофильтрации не удаляется метан, что связано с чрезмерно высоким необходимым временем пребывания в фильтре обычных размеров.

Большинство биофильтров представляют собой открытые фильтры, которые хотя и являются менее дорогостоящими по сравнению с замкнутыми, но менее эффективны. Кроме того, открытые фильтры не всегда позволяют обеспечить достаточное удаление выбросов и зачастую не обладают технологическими характеристиками для достижения достаточного сокращения выбросов ЛОС. В связи с этим более предпочтительным является применение замкнутых биофильтров с контролируемыми подачей и оттоком отходящих газов. Замкнутые высокотехнологичные биофильтры можно усовершенствовать с целью сокращения содержания широкого спектра ксенобиотических соединений.

Капельный фильтр с подвижным орошаемым слоем представляет собой вариант технологического подхода, основанный на биологической обработке в реакторе с орошаемым слоем, наполненным 50–150 м^3 синтетических шариков особой формы, в которых и на которых растут колонии микроорганизмов, разлагающих поступающие загрязняющие вещества.

2.4.3.2 Биоскрубберы

Биоскрубберы представляют собой абсорбционные аппараты (абсорберы, скрубберы), в которых орошающей жидкостью (абсорбентом) служит водяная суспензия активного ила (например, со станций биологической обработки сточных вод). Таким образом, биоскруббер сочетает в себе мокрую очистку газа (адсорбцию) и биологическое разложение. Содержащиеся в очищаемых газах вредные вещества улавливаются абсорбентом и расщепляются микроорганизмами активного ила. Поскольку биохимические реакции протекают с относительно невысокой скоростью, то для достижения высокой эффективности работы установки требуется промежуточная емкость, которая может быть либо выполнена в виде отдельного реактора, либо встроена в основание абсорбера.

Конструкция биореактора основана на использовании активированного ила или системы «ил-на-носителе». Водно-иловую смесь возвращают в реактор. Абсорбированные загрязняющие вещества разлагаются в вентилируемых иловых резервуарах.

Башенный биоскруббер проектируют таким образом, чтобы обеспечивалась продолжительность контакта около 1 с в зависимости от загрязняющих веществ.

В зависимости от состава отходящего газа производительность биоскруббера достигает желаемого уровня только после нескольких недель адаптации. Внесение культур, подготовленных в ферментерах, применяется к загрязняющим веществам, содержащим серу (меркаптаны, сероводород, диметилсульфид и т. д.) или хлор (хлорированные метаны или этаны).

Испарение, сопровождающееся минерализацией и дозированным добавлением питательных веществ (добавляемых к орошающей жидкости для обеспечения микроорганизмов недостающими элементами, такими как фосфор, азот или калий) и (или) нейтрализующих агентов, обычно приводит к увеличению содержания соли в абсорбенте.

В резервуарах для хранения циркуляционных вод иногда может возникать запах, что требует сбора отработанного воздуха и отведения его к станции очистки.

Биологическая обработка в реакторе с орошаемым слоем аналогична биологической промывке, но микроорганизмы фиксируются на опорных элементах. Этот технологический подход позволяет удалять легкобиоразлагаемые компоненты (аммиак, амины, углеводороды, сероводород и др.).

Биологическая промывка применяется при низких концентрациях загрязняющих веществ, легко растворимых в воде.

Биологическая промывка широко используется в химической и нефтехимической промышленности, а также на канализационных очистных сооружениях.

Раздел 3. Экологические аспекты рассматриваемой межотраслевой проблемы

Производство химической промышленности сопровождается существенными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, однако по сравнению с другими отраслями промышленности предприятия химической промышленности являются источниками загрязнений меньшей массы. Ассортимент химической продукции насчитывает десятки тысяч наименований, и производство конкретного вида продукции имеет свой характерный состав отходящих газов и сточных вод, содержащих загрязняющие вещества.

Характерные выбросы в атмосферу приведены в таблице 3.1, наиболее массовыми загрязнителями являются: оксиды азота, окись углерода, различные углеводороды и пыль.

Таблица 3.1 — Характерные выбросы в атмосферу

Производство	Основные вредные выбросы в атмосферу
Азотной кислоты	NH_3, NO_x
Серной кислоты	SO_2, SO_3, туман серной кислоты
Соляной кислоты	HCl, Cl_2
Фосфорной кислоты	Фтористые неорганические соединения
Аммиачной селитры	NH_3, NH_4NO_3
Сложных минеральных удобрений	NH_3, NO_x, газообразные фториды
Хлорной извести	Cl_2
Аммиака	NO_x, CO
Карбамида	NH_3
Технического углерода	NO_x, H_2S, CO
Этилена и пропилена	NO_x, CO, предельные и непредельные углеводороды
Катализаторов	NO_x, пыль катализаторов
Жиров, масел, спиртов, синтетических жирных кислот	Формальдегид, амины, амиды, ацетилен, фенол и др
Фталевого ангидрида	Фталевый ангидрид, малеиновый ангидрид

Производство	Основные вредные выбросы в атмосферу
Поливинилхлорида	Винилхлорид, пыль ПВХ
Каучуков	NO_x, CO, мономеры, предельные углеводороды (для процессов растворной полимеризации)
Полиэтилена	NO_x, CO, этилен, пыль полимерная
Фторполимеров	NO_x, CO, органические соединения

На предприятиях химической промышленности сточные воды собираются, очищаются от загрязняющих веществ и направляются на повторное использование в производстве. Воды, которые не могут быть использованы, после очистки сбрасываются в поверхностные водные объекты, удаляются в изолированные пласты горных пород, или утилизируются термическими методами. Предупреждение попадания загрязняющих веществ в водоемы обеспечивается наличием на предприятиях установок для очистки сточных вод. Кроме того, на ряде предприятий очищенная вода возвращается в производство путем организации оборотных циклов.

Основные загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах, отдельных производств, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Основные загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах

Производство	Загрязняющие вещества (компоненты)
Азотной кислоты, аммиачной селитры	Азот нитратный, азот аммонийный
Серной кислоты	Сульфаты
Соляной кислоты	Соляная кислота
Фосфорной кислоты	Фосфаты, соединения фтора
Аммиака	Азот аммонийный
Карбамида	Азот аммонийный, карбамид
Этилена и пропилена	Нефтепродукты, метанол, фенол, сульфаты, хлориды
Ацетона	Фенол, сульфаты
Терефталевой кислоты	Бромид-анион, метиловый спирт, метилацетат, уксусная кислота
Винилацетата	Винилацетат, ацетальдегид
Каучуков	Нефтепродукты, взвешенные вещества, АПАВ (для эмульсионных каучуков)
Полиэтилена	Нефтепродукты, взвешенные вещества
Поликарбонатов	Нефтепродукты, соединения металлов, взвешенные вещества
Соды	Хлориды, азот аммонийный
Кормовых фосфатов	Соединения фтора, фосфаты
Нитробензола	Серная и азотная кислоты, нитробензол

Более подробная информация о сбросах и выбросах загрязняющих веществ в атмосферу от конкретных производств химических предприятий приведена в соответствующих отраслевых справочниках.

Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий

Термин «наилучшие доступные технологии» определен в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ.

Под «технологией» понимается как используемая технология, так и способ, с помощью которого объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации; это не только технология производства, но и различные технические и нетехнические методы (экологический менеджмент, управленческие решения) повышения экологической результативности.

Под «доступной» понимается экономически целесообразная и неуникальная технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить ее внедрение в промышленности с учетом экономической и технической обоснованности, принимая во внимание затраты и преимущества; при этом технология должна быть реализована хотя бы на двух предприятиях отрасли.

Под «наилучшей» понимается технология, в максимальной мере обеспечивающая охрану окружающей среды и сбережение ресурсов (сырья, воды, энергии).

Порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии определен Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям», на основании которого Министерство промышленности и торговли Российской Федерации разработало Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии.

Согласно этим документам, при отнесении технологических процессов, оборудования, технических способов и методов к НДТ необходимо учитывать следующие критерии:

а) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо соответствие другим показателям воздействия на окружающую среду, предусмотренным международными договорами Российской Федерации; приоритетным, оказывающим наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду, рекомендовано считать воздействие от отходов, затем сбросы и загрязнение почвы; затем воздействие от выбросов в атмосферу;

б) экономическая эффективность внедрения и эксплуатации; анализ экономической эффективности заключается в оценке затрат на внедрение и эксплуатацию технологии и выгоды от ее внедрения путем применения метода анализа затрат и выгод; в процессе оценки рекомендуется разделять объекты (предприятия) на новые и действующие;

в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

г) период внедрения;

д) промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Кроме того, в качестве источников информации о применяемых на практике технологиях, относящихся к НДТ, был использован справочник ЕС по НДТ Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector.

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии

В данном разделе приведены сведения о наилучших доступных технологиях «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности». НДТ изложены по принципу «от общего к частному».

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации» наилучшая доступная технология — технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения. При этом к наилучшим доступным технологиям могут быть отнесены как технологические процессы, оборудование, организационные и технические способы, так и другие способы, способствующие защите окружающей среды.

5.1 Мероприятия организационного и управленческого характера

НДТ 1. Применение системы экологического менеджмента (СЭМ)

Для всех подотраслей химической промышленности НДТ являются методы и инструменты СЭМ. Подробное описание СЭМ приведено в разделе 2.1.

СЭМ представляет собой часть системы менеджмента организации, необходимую для разработки и внедрения экологической политики и управления экологическими аспектами. Система менеджмента — это совокупность взаимосвязанных элементов, используемых для установления политики и целей, а также для достижения этих целей. СЭМ включает в себя организационную структуру, деятельность по планированию, распределение ответственности, практики, процедуры, процессы и ресурсы.

Если обратиться к главному, то основные функции СЭМ сводятся к формированию следующих основных аспектов:

1) заинтересованность (вовлеченность) руководства, включая высшее руководство;

2) экологическая политика, которая включает в себя постоянное совершенствование производства при помощи средств управления;

3) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

4) внедрение процедур, требующих особого внимания к:

а) структуре и ответственности;

б) набору, обучению, информированности и компетентности персонала;

в) коммуникациям;

г) участию сотрудников;

д) документообороту;

е) эффективному контролю процессов;

ж) программам технического обслуживания;

з) готовности к чрезвычайным ситуациям и своевременному реагированию;

и) соблюдению природоохранного законодательства;

5) проверка работоспособности и принятие корректирующих мер с обращением особого внимания на следующие действия:

а) мониторинг и инструментальные измерения;

б) корректирующие и превентивные действия;

в) поддержание записей;

г) независимый (когда это практически возможно) внутренний и внешний аудит, для того чтобы определить, соответствует ли СЭМ запланированным мероприятиям, внедряется и поддерживается ли надлежащим образом;

6) пересмотр СЭМ на предмет ее постоянной пригодности, адекватности и эффективности со стороны высшего руководства;

7) постоянное следование за развитием более чистых технологий;

8) рассмотрение возможного воздействия на окружающую среду при выводе производственной установки из эксплуатации, на этапах проектирования нового предприятия и на протяжении всего срока его эксплуатации;

9) план управления отходами.

В частности, для сектора химической промышленности также важно учитывать следующие потенциальные особенности СЭМ:

1) на установках (объектах) с несколькими операторами создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

2) введение процедуры инвентаризации потоков сточных вод и отходящих газов.

Применимость систем экологического менеджмента не ограничена. Область действия (в том числе уровень детализации) и природа системы экологического менеджмента (например, стандартизированная или нестандартизированная) может зависеть от вида производства, его сложности и степени воздействия на окружающую среду.

НДТ 2. Проектирование

НДТ 2 заключается в использовании современных технических решений (НДТ) и методов проектирования для целей строительства новых технологических установок и модернизации/реконструкции и технического перевооружения существующих производств с условием соблюдения действующего законодательства Российской Федерации. При разработке проектов следует руководствоваться наилучшими практиками в области ресурсо- и энергосбережения при соблюдении условий экономической целесообразности и конкурентоспособности.

Применимость НДТ 2 не ограничена.

5.2 Производственный экологический контроль

НДТ 3.Контроль основных параметров сточных вод/выбросов в атмосферу с использованием средств автоматизации

НДТ заключается в использовании средств и программ контроля для контроля основных параметров потоков (сточных вод, выбросов в атмосферу), определенных в процессе инвентаризации выбросов в атмосферу и их источников, а также инвентаризации сбросов сточных вод и их источников, в том числе с использованием средств автоматизации.

К основным параметрам контроля могут относиться: массовый и объемный расходы, температура, pH, влажность, содержание загрязняющих веществ и т.д.

При выборе основных параметров контроля учитываются особенности технологии производства, климатические особенности, состояние окружающей среды, доступность и точность средств контроля.

Данные, полученные в результате ПЭК с применением средств автоматизации, используются для регулирования технологических процессов, влияющих на выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод с целью соблюдения установленных нормативов.

Применимость НДТ 3 ограничена технической возможностью проведения изменения параметров потока с установленной для данного метода точностью.

НДТ 4. Периодический контроль параметров сточных вод/выбросов в атмосферу

НДТ заключается в использовании средств и программ контроля для периодического контроля параметров потоков (сточных вод, выбросов в атмосферу), определенных в процессе инвентаризации выбросов в атмосферу и их источников, а также инвентаризации сбросов сточных вод и их источников инвентаризации (см. 2.2), характеризующих степень очистки данных потоков.

К основным параметрам контроля могут относиться для сточных вод, характеризующих степень очистки: ХПК, БПХ, содержание взвешенных веществ, общее содержание азота, общее содержание фосфора, минерализация (сухой остаток).

Для выбросов в атмосферу: содержанию неорганической пыли, концентрация газообразных примесей, содержанию ЛОС.

При выборе основных параметров контроля учитываются особенности технологии производства, климатические особенности, состояние окружающей среды, доступность и точность средств измерения.

Данные, полученные в результате ПЭК, используются для регулирования технологических процессов, влияющих на выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, с целью соблюдения установленных нормативов.

Применимость НДТ 4 ограничена возможностями по привлечению аккредитованных центров для контроля параметров потока и применимостью тех или иных методов контроля, обеспечивающих требуемую точность, а также возможностью отбора и транспортировки репрезентативных проб потока.

5.3 Процессно-интегрированные решения

НДТ 5. Совершенствование технологии, ресурсо- и энергосбережение

НДТ заключается во внедрении и постоянном поддержании принципов энерго- и ресурсосбережения (см. 1.4.1 и 2.3.1) при разработке новых технологий, реконструкции существующих или строительстве новых производств, операционном управлении производством продукции, использовании вспомогательных технологических процессов, с целью постоянного снижения потребления ресурсов (исходная или оборотная вода, теплоэнергия, топливо, электроэнергия) как в удельном, так и в валовом отношении.

Данная НДТ может применяться без ограничения.

НДТ 6. Сокращение выбросов в атмосферу

НДТ является применение одного или нескольких из нижеперечисленных подходов:

- поддержание оптимального технологического режима, позволяющего снизить количество выделяющихся в газовую фазу веществ (снижение температуры сред на стадиях производства, получение продуктов и полупродуктов с минимальной пылимостью и летучестью и т. п.) и иметь оптимальный выход продуктов на каждой стадии производства;
- использование сырья более высокого качества (при наличии технической возможности и экономической целесообразности);
- использование герметичного оборудования и оборудования, работающего под разрежением.

Ограничением применения данной НДТ может быть технологическая или экономическая целесообразность ее реализации.

НДТ 7. Применение технологии двойного контактирования и двойной абсорбции при производстве серной кислоты из элементарной серы

Данный способ подробно описан в качестве наилучшей доступной технологии в ИТС 2—2015 и является оптимальным с точки зрения эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В основе метода двойного контактирования и двойной абсорбции лежит усовершенствование технологии серной кислоты, направленное на повышение степени превращения диоксида серы в триоксид серы. Количество SO_2, выбрасываемого в атмосферный воздух с отходящими газами, зависит от степени контактирования. Получение серной кислоты методом двойного контактирования обеспечивает конверсию до 99,8 %, при этом выбросы SO_2 в атмосферу сокращаются в 2–3 раза по сравнению с методом одинарного контактирования до 0,02 % — 0,04 %, что находится на уровне ПДК. Дополнительной очистки газа от SO_2 не требуется.

НДТ 8. Очистка стоков (конденсата сокового пара) от аммиака в производстве удобрений на основе азотнокислотной переработки фосфатного сырья

При производстве удобрений на основе азотнокислотной переработки фосфатного сырья на стадиях упарки аммонизированных азотно-фосфорнокислых растворов образуются конденсаты сокового пара.

НДТ является один из перечисленных способов:

- десорбция конденсата в тарельчатой колонне отпарки конденсата. Очищенный конденсат используется в технологическом процессе, скрубберные растворы возвращаются на переработку в производство.

- обессоливание методом непрерывного ионного обмена в импульсных противоточных колоннах напорного типа с подвижным слоем сорбента, отработанные регенерационные растворы используются в производстве;

- очистка методом электродиализа с использованием концентратов и очищенной воды в производстве;

- возврат скрубберных растворов на переработку в производство.

НДТ 9. Очистка стоков (конденсата сокового пара) в производстве карбамида

В производстве карбамида конденсат сокового пара образуется на стадии упаривания раствора карбамида.

НДТ является двухступенчатая десорбция и гидролиз с узлом конденсации. Данный способ подробно описан в ИТС 2—2015 и является первой ступенью очистки конденсата сокового пара для получения возможности его использования в технологии или дальнейшей доочистки. Отличие от схемы двухступенчатой десорбции с гидролизом заключается в установке отдельного конденсатора для газов десорбции. Данное решение позволяет держать давление в конденсаторе, отличное от давления узла рецикла, что облегчает эксплуатацию данных узлов и позволяет в каждом узле держать то давление, которое является оптимальным. Применение такой схемы позволяет возвращать полезные компоненты в технологический процесс и получать сточные воды с минимальным содержанием аммиака и карбамида в очищенной сточной воде на уровне не более 2 ppm (мг/л).

НДТ 10. Очистка сточных вод производства экстракционной фосфорной кислоты, упаренной фосфорной и суперфосфорной кислот

При производстве экстракционной фосфорной кислоты, упаренной фосфорной и суперфосфорной кислот образуются кислые сточные воды с содержанием кремнефтористоводородной и ортофосфорной кислот. Для очистки сточных вод от данных примесей используется процесс нейтрализации известковым молоком с осаждением малорастворимых соединений кальция. После обработки сточных вод известковым молоком получается суспензия, которая осветляется в радиальных отстойниках (с использованием полиэликтролитов) или в гидротехнических сооружениях. В зависимости от возможностей использования или необходимости удаления сгущенная суспензия подвер-

гается обезвоживанию на фильтрах. Осветленная вода полностью используется в технологическом процессе.

5.4 Образование сточных вод

5.4.1 Водопользование и образование сточных вод

НДТ 11. Сокращение поступлений загрязняющих веществ в сточные воды

НДТ заключается в реализации описанных выше методов (см. разделы 1 и 2) для исключения попадания компонентов технологических сред в сточные воды производств.

Данная НДТ может применяться без ограничения.

НДТ 12. Сокращение потребления исходной воды

НДТ заключается в реализации принципов, описанных в 2.3.1, в том числе применение вышеописанных НДТ.

Ограничением применения данной НДТ может быть технологическая или экономическая целесообразность ее реализации.

НДТ 13. Использование водооборотных систем

НДТ заключается в реализации подходов, описанных в 1.4 и разделе 2, с целью максимального вовлечения водных потоков во вторичное использование, вплоть до организации бессточных схем водоиспользования.

Ограничением применения данной НДТ может быть технологическая или экономическая целесообразность ее реализации, климатические условия площадки (баланс осадков и испарений) и возможность применения оборотной воды с повышенным солесодержанием.

5.5 Сбор и сегрегация сточных вод

НДТ 14. Использование условно чистых вод производственных процессов

НДТ является отдельный сбор, аккумуляция и последующее использование условно чистых вод (например, дождевые или дренажные воды) в технологических процессах.

Ограничением применения данной НДТ может быть технологическая или экономическая целесообразность ее реализации.

5.6 Обработка сточных вод

НДТ 15. Удаление из сточных вод загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом

НДТ является последовательное удаление загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом, начиная с грубодисперсных загрязнений и за-

канчивая ионными формами, посредством применения одного или нескольких из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) удаление грубодисперсных примесей из сточных вод до основных технологических стадий очистки;

б) отделение твердой фазы сточных вод методом фильтрации через сита или фильтроткань;

в) отделение быстрооседающих частиц в песколовках и гидроциклонах;

г) отделение основного количества взвешенных веществ с помощью отстаивания либо флотации;

д) интенсификация процессов отстаивания и флотации с помощью коагулянтов и флокулянтов, а также интенсификация процессов отстаивания с помощью введения затравок образования флокул/кристаллов/осадка, в том числе микропеска, и оборудования отстойников тонкослойными элементами при реконструкции распределительных узлов;

е) тонкая очистка от взвешенных веществ с помощью фильтров;

ж) глубокая очистка от взвешенных веществ с помощью мембран.

НДТ 16. Очистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных масел и жиров

НДТ является применение одного или нескольких из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) отделение основного количества неэмульгированных нефтепродуктов (жиров) в нефтеловушках (жироловках);

б) отделение основного количества эмульгированных нефтепродуктов и жиров с помощью флотации и (или) аэробной биологической очистки;

в) использование деэмульгирующих химических веществ перед последующей механической и физико-химической очисткой;

г) тонкая очистка от нефтепродуктов с помощью коалесцентных фильтров, сорберов, биосорберов.

НДТ 17. Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений

НДТ является применение одного или нескольких из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) анаэробная биологическая очистка в биореакторах с удержанием биомассы. Применяется при концентрации $БПК_5$ в сточных водах, как правило, не менее 1500 мг O_2/л и $БПК_5$/ХПК более 0,3 (на локальных очистных сооружениях применяется как самостоятельная стадия очистки (с удалением сероводорода, при необходимости), при сбросе в водные объекты — как первая стадия биологической очистки);

б) отделение основного количества неэмульгированных нефтепродуктов методом сепарации;

в) анаэробная биологическая очистка в биореакторах-смесителях (применяется при концентрации $БПК_5$ в сточных водах, как правило, при высоком содержании взвешенных веществ (более 20 г/л); обязательно должна сопровождаться последующей

аэробной биологической очисткой жидкой фазы, за исключением случаев почвенной утилизации обработанной сточной воды);

г) аэробная биологическая очистка в аэротенках, биофильтрах и на комбинированных сооружениях (применяется при концентрации $БПК_5$ в сточных водах, как правило, не более 2000 мг O_2/л и $БПК_5$/ХПК более 0,3);

д) аэробная биологическая доочистка в биофильтрах и биопрудах после аэробной биологической очистки;

е) управление подачей воздуха в сооружения аэробной биологической очистки производится по сигналу от датчиков растворенного кислорода с использованием частотного регулирования электроприводов воздуходувок.

НДТ 18. Удаление из сточных вод азота

НДТ является применение одного или нескольких из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) отгонка аммонийного азота паром с добавлением щелочи (применяется при концентрациях аммонийного азота свыше 1 г/л);

б) нитрификация — денитрификация в аэротенках, затопленных или дисковых биофильтрах (применяется при концентрациях аммонийного азота менее 1 г/л);

в) доочистка от соединений азота в биопрудах.

НДТ 19. Удаление из сточных вод фосфора

НДТ является применение одного или нескольких из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) биологическая очистка (с удалением азота) с улучшенным биологическим удалением фосфора;

б) осаждение фосфатов реагентами на стадиях осветления, биологической очистки либо доочистки фильтрацией;

в) выделение в форме нерастворимых соединений методом кристаллизации с последующим использованием;

г) биологическая очистка (с удалением азота) с улучшенным биологическим удалением фосфора и дополнительным осаждением реагентами;

д) доочистка от соединений фосфора (и азота) в биопрудах.

НДТ 20. Очистка сточных вод, содержащих биологически неразлагаемые и (или) токсичные органические загрязнения

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов, в том числе перед подачей сточных вод на сооружения биологической очистки, с учетом условий применимости:

а) химическое окисление при БПК/ХПК менее 0,3; могут присутствовать ограничения в использовании из-за риска образования органических галогенидов при использовании в качестве окислителей хлора, гипохлорита и хлорита (или соответствующих галогеновых соединений);

б) флокуляция и осаждение (флотация) при наличии высоких концентраций смол и ПАУ;

в) экстракция органическими растворителями с последующей отгонкой при БПК/ХПК менее 0,2. Применимо к загрязнениям, которые лучше растворимы в органических растворителях, чем в воде;

г) адсорбция на активных углях при БПК/ХПК менее 0,2. Может также применяться как доочистка после биологической очистки;

д) химический гидролиз при БПК/ХПК менее 0,2;

е) ультрафильтрация с извлечением сложных органических и органо-минеральных компонентов сточных вод, в том числе для возврата в основной или вспомогательный производственные процессы;

ж) вакуумное упаривание для сложных многокомпонентных концентрированных сточных вод с высоким содержанием биологически неразлагаемых или токсичных веществ.

НДТ 21. Очистка сточных вод, содержащих тяжелые металлы

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) реагентное осаждение с одновременной нейтрализацией (как правило, известью);

б) выделение в форме нерастворимых соединений методом кристаллизации с последующим использованием (применяется для средне- и высококонцентрированных сточных вод и отработанных растворов);

в) биологическое восстановление металлов из анионов (хроматредукция, сульфатредукция и др.) (применяется для сточных вод, содержащих тяжелые металлы в виде анионов в состоянии максимальной степени окисления);

г) доочистка от ионов тяжелых металлов адсорбцией на органических и минеральных адсорбентах;

д) глубокое удаление нерастворимых соединений и ионов тяжелых металлов из сточных вод, загрязненных биологически разлагаемыми органическими веществами в процессе биологической очистки;

е) глубокое удаление нерастворимых соединений тяжелых металлов после реагентной обработки с помощью нанофильтрации;

ж) глубокое удаление нерастворимых соединений и ионов тяжелых металлов с помощью обратного осмоса.

НДТ 22. Очистка сточных вод от сульфидов

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) каталитическое окисление;

б) биохимическое окисление в биофильтрах;

в) окисление пероксидом водорода в присутствии ионов металлов переходной валентности (железо, медь и др..);

г) озонирование;

д) термическое окисление кислородом воздуха при t=200 °С и давлении до 4 атм.

НДТ 23. Очистка сточных вод от неорганических солей (общей минерализации)

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) осаждение реагентами сульфатов, кальция, магния;

б) биологическая сульфатредукция;

в) выделение неорганических солей с помощью обратного осмоса и электродиализа.

НДТ 24. Стабилизация органического вещества осадка

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза (применяется при образовании более 20 т органического вещества в сутки (осадки сооружений первичного отстаивания и биологической очистки));

б) термическая сушка осадка (применяется для последующего сжигания осадка);

в) сжигание осадка (применяется при наличии в осадке токсичных соединений);

г) аэробная стабилизация обезвоженных осадков (компостирование) (применяется для последующей почвенной утилизации компоста).

НДТ 25. Обработка сточных вод термическими методами

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) концентрирование сточных вод с последующим выделением растворенных веществ в виде твердых солей;

б) парофазное окисление органических веществ в присутствии катализатора при атмосферном и повышенном давлении;

в) жидкофазное окисление органических веществ;

г) огневое обезвреживание.

НДТ 26. Бессточная технология очистки сточных вод от акриловой кислоты, бутилакрилата, метилакрилата, этилакрилата, изобутилацетата, бутанола, метанола, бутилбутоксипропионата, этилэтоксипропионата

Стоки после очистки возвращаются в производственный процесс (бессточная технология очистки стоков). Основные загрязняющие вещества в стоках — акриловая кислота, бутилакрилат, метилакрилат, этилакрилат, изобутилацетат, бутанол, метанол, бутилбутоксипропионат, этилэтоксипропионат.

Стадии процесса:

1) стадия предварительной обработки сточных вод (нейтрализации органических кислот и эфиров);

2) стадия концентрирования натриевых солей;

3) отгонка низкокипящих органических веществ;

4) стадия окисления натриевых солей органических кислот;

5) стадия кристаллизации.

НДТ 27. Закачка в изолированные пласты горных пород

Для вод с высокой минерализацией, а так же для сточных вод, содержащих устойчивые к биологической деградации органические вещества, при соответствующем экологическом, гидрогеологическом и экономическом обосновании, для исключения воздействия на окружающую среду может применяться закачка сточных вод с целью изоляции в глубоких пласт-коллекторах. При этом отсутствие воздействия должно подтверждаться результатами мониторинга.

5.7 Выбросы в атмосферу

НДТ 28. Сбор и локализация выбросов в атмосферу

Для содействия снижению выбросов применяется сбор и локализация выбросов от технологического оборудования для возможности очистки получаемого потока перед выбросом в атмосферу.

5.7.1 Очистка отходящих газов

НДТ 29. Очистка отходящих газов от пыли

НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов:

- сухое улавливание пыли в циклонах, осадительных камерах, аппаратах встречно закрученных потоков, рукавных или карманных фильтрах;
- мокрое улавливание пыли в скрубберах различных конструкций с улавливанием капель/брызг в брызго- каплеуловителях различных конструкций в том числе с использованием волокнистых материалов. Орошение скрубберов производится водными растворами, для подпитки систем улавливания используются исходная/оборотная вода, а также оборотные растворы;
- комбинация сухого и мокрого улавливания пыли. Сухое улавливание пыли, как правило, применяется на первой стадии очистки, мокрое пылеулавливание применяется на второй стадии пылеулавливания.

Сухое пылеулавливание имеет ограничение в использовании в случае, если влагонасыщение отходящего газа близко к точке росы. В таком случае для улавливания пыли применяется мокрый способ.

НДТ 30. Очистка от пыли NH_4NO_3 и аммиака в производстве аммиачной селитры

НДТ является очистка газов в промывном скруббере, включающем секцию промывки от аммиачной селитры и аммиака и секцию тонкой очистки после нее фильтрацией через нетканый материал из ультратонких синтетических волокон или использование аналогичных методов.

НДТ 31. Очистка отходящих газов от аммиака

Для очистки отходящих газов от аммиака в производстве удобрений НДТ является абсорбционный метод. В зависимости от расхода отходящих газов и их состава абсорбционная очистка может проводиться в одну или несколько стадий с использованием скрубберов (например, скруббер Вентури с брызгоуловителем) и абсорберов различных конструкций, как правило, орошаемых водными растворами. Для подпитки систем абсорбции используется исходная или оборотная вода. Для повышения эффективности улавливания аммиака может применяться кислотная промывка газов (подкисление орошающих растворов) с использованием азотной, фосфорной, серной кислот.

НДТ 32. Очистка отходящих газов от газообразных соединений фтора

НДТ очистки отходящих газов от газообразных соединений фтора в производстве удобрений и экстракционной фосфорной кислоты является абсорбционный метод. В зависимости от расхода отходящих газов и их состава абсорбционная очистка может проводиться в одну или несколько стадий с использованием скрубберов (например, скруббер Вентури с брызгоуловителем) и абсорберов различных конструкций, как правило, орошаемых водными растворами. Для подпитки систем абсорбции используется исходная/оборотная вода или оборотные рассолы.

НДТ 33. Очистка отходящих газов от тумана и брызг серной кислоты

НДТ является улавливание тумана и брызг серной кислоты в фильтрах с использованием фильтрующих материалов. Фильтры применяются при содержаниях тумана и брызг серной кислоты менее 5 г/нм^3.

В качестве фильтрующего материала в фильтрах применяются сетки, тканые и нетканые фильтрующие маты, изготовленные из кислотостойких материалов. Улавливание частиц аэрозоля серной кислоты осуществляется за счет столкновения частицы тумана с поверхностью фильтрующего материала, который характеризуется большим внутренним объемом. Степень очистки газа приближается к 100 % для аэрозолей с размерами частиц 3 мкм и более, 99,5 % — для частиц аэрозолей размером 1–3 мкм.

Для улавливания частиц размером менее 3 мкм эффективным является применение фильтров Бринка с так называемым диффузионным (броуновским) типом улавливания тонкодисперсных частиц тумана серной кислоты.

Фильтрующий материал фильтра Бринка состоит из мата, изготовленного из стойкого в среде крепкой серной кислоты нетканого стекловолокнистого материала. Толщина волокон стекла в этом нетканом фильтрующем материале составляет 6-7 мкм, что обеспечивает развернутую поверхность контакта фильтрующего материала с очищаемым газом. Принцип действия фильтров броуновского типа заключается в захватывании поверхностью стекловолокон тонкодисперсных частиц тумана в результате их броуновского движения. Эффективность сепарации мелких частиц в фильтрах Бринка достигает 99,5 %.

НДТ 34. Абсорбционная очистка газового выброса от метанола при герметичном наливе в железнодорожные цистерны

Установка очистки газа — комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Принцип работы газоочистной установки основан на поглощении паров метанола конденсатом в промывной колонне (позиция 7) (см. рисунок 5.2) при герметичном наливе в железнодорожные цистерны метанола технического с последующим сбросом инертов в атмосферный воздух через свечу.

Производительность по ГВС — до 200 Н·м^3/ч; вертикальный цилиндрический аппарат с тремя ситчатыми тарелками; орошающий раствор — метанольная вода с содержанием метанола не более 10 % возвращается на переработку.

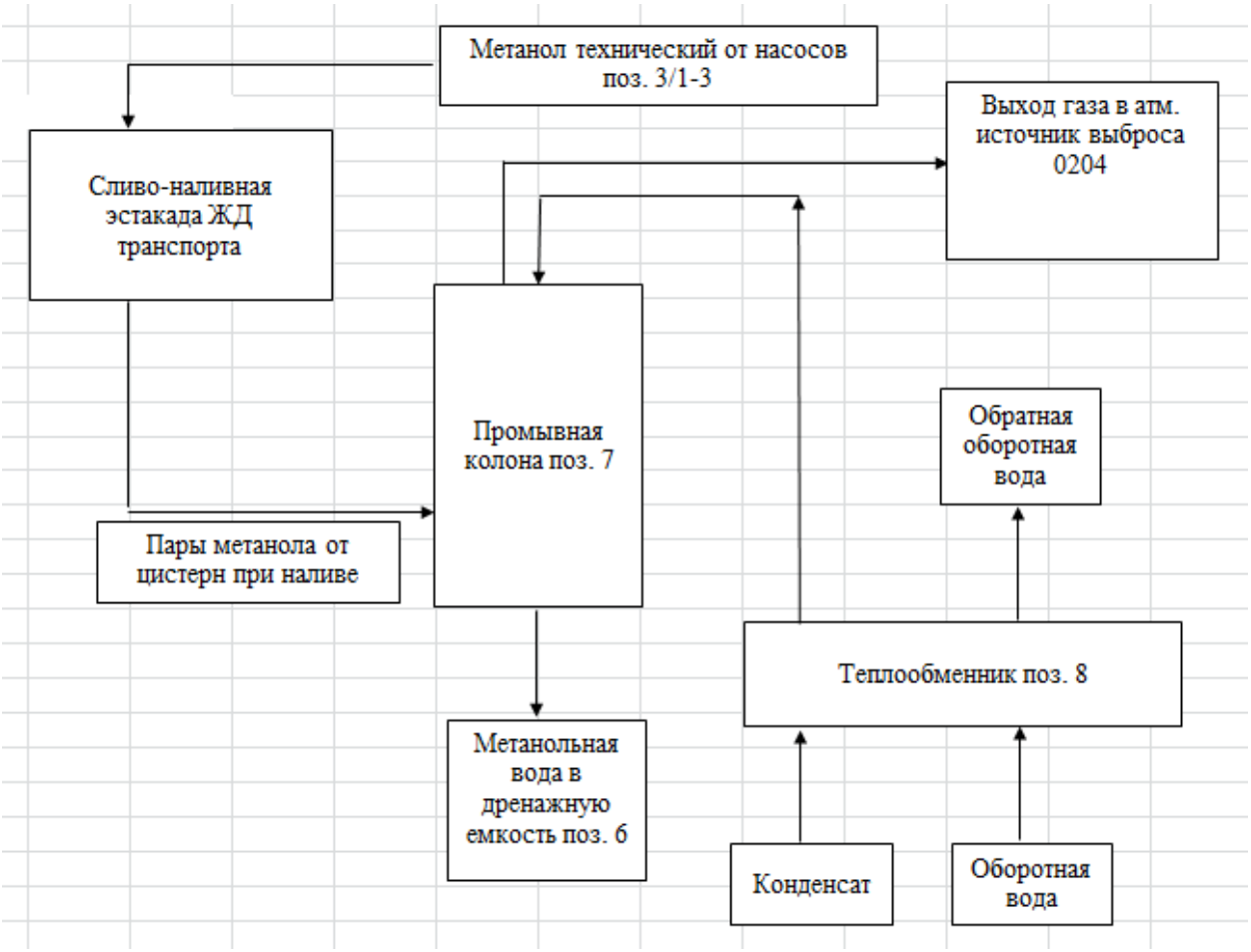


Рисунок 5.1 — Схема абсорбционной очистки газового выброса от метанола при герметичном наливе в железнодорожные цистерны

5.7.2 Высокотемпературная обработка отходящих газов

НДТ 35. Высокотемпературное окисление аммиака

Для обезвреживания периодических выбросов аммиака в атмосферу (при пусках или остановках производства, продувках технологического оборудования, аварийных выбросах) осуществляется его сжигание в факельной установке. При этом происходит

обезвреживание и других взрывоопасных и токсичных газов (H_2, CO). В качестве топлива для работы факельной установки используется природный газ.

НДТ 36. Гомогенное восстановление оксидов азота

Гомогенное восстановление оксидов азота до азота газообразным аммиаком используется в производстве аммиака.

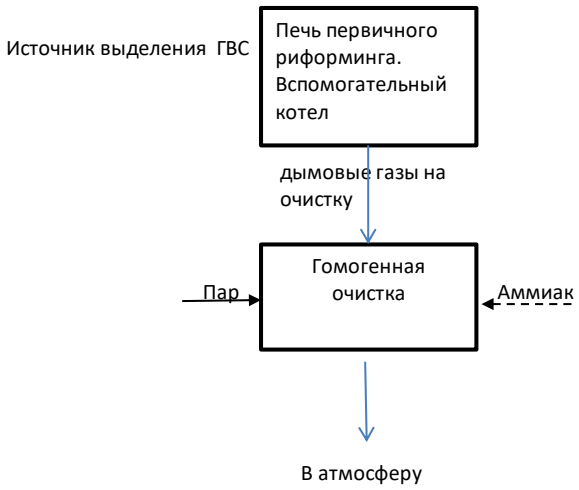


Рисунок 5.2 — Принципиальная схема гомогенной очистки от оксидов азота

Процесс гомогенного восстановления оксидов азота протекает при температуре 930 °С — 980 °С по следующим реакциям:

$$4NO + 4NH_3 + O_2 \leftrightarrow 4N_2 + 6H_2O,$$

$$2NO_2 + 4NH_3 + O_2 \leftrightarrow 3N_2 + 6H_2O.$$

НДТ 37. Каталитическое восстановление оксидов азота при производстве азотной кислоты

Очистка отходящих газов после абсорбции от NO_x путем их восстановления на катализаторах применяется в производстве азотной кислоты. Возможные варианты очистки:

- восстановление NO_x природным газом на палладированном катализаторе при температуре около 760 °С;
- восстановление NO_x аммиаком на алюмомедьцинковом (алюмованадиево-марганцевом, алюмованадиевом и других) катализаторе при 300 С;
- восстановление оксидов азота на ванадиевом катализаторе аммиаком до элементарного азота и воды. Восстановление непрореагировавшего аммиака на железохромовом катализаторе до азота и воды.

Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий

Экономическая целесообразность как таковая является неотъемлемой составной частью концепции НДТ. Углубленную оценку экономической целесообразности

следует проводить в тех случаях, когда существуют явные разногласия относительно того, какие именно НДТ могут быть внедрены в отрасли промышленности экономически эффективным образом. При этом детальный анализ необходимо проводить только в том случае, если существуют реальные основания полагать, что технология (или комбинация технологий) является чрезмерно дорогостоящей, чтобы считаться НДТ.

Методология экономической оценки эффективности технологии, принятой в качестве НДТ, базируется на сопоставлении затрат, связанных с внедрением конкретной НДТ, и ограничении ее использования, с одной стороны, и выгод от внедрения, с другой стороны.

Затраты на внедрение НДТ включают в себя капитальные и эксплуатационные затраты:

Капитальные затраты:

- затраты на разработку проекта, планирование работ, инженерные изыскания;
- затраты на подготовку площадки, включая фундамент (опоры);
- затраты на закупку природоохранного оборудования, оборудования для контроля уровня загрязняющих веществ, вспомогательного оборудования;
- затраты на перевозку оборудования;
- затраты на монтаж оборудования;
- затраты на инженерные коммуникации;
- затраты на испытание оборудования, запуск в эксплуатацию.

Эксплуатационные затраты:

- затраты на энергоносители (электроэнергия, природный газ),
- приобретение расходных материалов;
- затраты на ремонт оборудования и техническое обслуживание;
- затраты на вспомогательные средства (химические вещества и т. п.);
- услуги в области охраны окружающей среды (например, обращение с отходами);
- затраты на оплату труда;
- затраты на обучение персонала;
- страховые премии;
- лицензионные платежи;
- резерв на непредвиденные случаи и аварийные работы;
- другие общие накладные расходы (например, административные).

Выгодами от внедрения НДТ являются дополнительные доходы, предотвращенные издержки, налоговые льготы и государственная финансовая поддержка. К дополнительным доходам могут быть отнесены: реализация побочной продукции и оказание услуг, экономия на использовании в производственных процессах попутных ресурсов тепло- и электроэнергии и т. д.

Предотвращенные издержки могут включать сокращение потерь при транспортировке пылящих материалов (сырья, продукции), снижение затрат за счет сокращения простоев и оптимизации использования подвижного состава и т. д.

Выгоды от внедрения НДТ включают также:

- уменьшение сумм природоохранных платежей:
- снижение объема эмиссий;
- получение дополнительных доходов от повышения качества продукции (за счет повышения конкурентоспособности продукции и расширения рынков сбыта).

При оценке экономической целесообразности внедрения технологии в качестве НДТ необходимо учитывать ряд следующих факторов:

- особенности технологического процесса и используемого оборудования (технические возможности модернизации оборудования, технико-экономические показатели проекта модернизации);
- масштаб производства;
- конъюнктуру рынка, в том числе эластичность спроса цены на конечную продукцию, ценовую динамика, объем спроса;
- наличие транспортной инфраструктуры, логистику, доступность инфраструктурных и технологических объектов;
- прямые операционные затраты, зависящие от уровня ресурсоемкости технологии (например, климатические условия; специальные мероприятия по обеспечению технической безопасности; затраты на оплату труда, связанные с масштабом деятельности, требованиями безопасности и трудового законодательства, местного рынка труда; стоимость потребляемых объемов энергии, воды и т. д.);
- финансовые особенности проекта, связанные с периодом внедрения технологии, необходимостью использования кредитных финансовых ресурсов, дисконтированием показателей;
- стадии жизненного цикла предприятия;
- остаточный объем запасов полезных ископаемых и время до прекращения добычных работ;
- в целом экономическую ситуацию в стране и уровень инвестиционного климата в регионе присутствия.

В России на достоверность и репрезентативность данных будет влиять также высокая степень изменчивости показателей валютных и финансовых рынков, уровень ставки рефинансирования, годовой процентной ставки, темп инфляции и т. д. В связи с этим требуется корректировка показателей и приведение их к сопоставимому виду в рассматриваемый период с учетом текущих цен для оценки применимости (доступности) технологии в настоящий момент.

Данными для экономической оценки могут быть:

- собственно информация от предприятий (бухгалтерская отчетность, данные о стоимости природоохранных мероприятий);
- корпоративная отчетность;
- информация от поставщиков технологий, оборудования;
- результаты аналитических и маркетинговых исследований;
- материалы отраслевых и научно-практических конференций, семинаров и т. д.

Раздел 7. Перспективные технологии

В соответствии с ГОСТ Р 56828.13—2016 к перспективным относят технологии, которые находятся на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ или опытно-промышленного внедрения, позволяющие повысить эффективность производства и сократить эмиссии в окружающую среду.

Наряду с принципиально новыми подходами к перспективным, следует отнести использование новых комбинаций существующих и применяемых технологических

подходов, а также исследование новых сфер применения существующих технологических подходов

7.1 Перспективные технологии очистки сточных вод

7.1.1 Фотокаталитическое окисление с использованием TiO_2

Этот метод представляет собой систему очистки, реализованную на принципах фотокатализа, которая позволяет окислять ряд органических соединений, а также дезинфицировать сточные воды [17]. Вариант данного метода может также использоваться для очистки отходящих газов (см. раздел 7.2.1.).

Фотокатализатор может применять либо в суспендированном виде, который необходимо восстанавливать для повторного использования, либо иммобилизованный фотокатализатор, нанесённый на инертный субстрат. Последний подход, как правило, снижает эффективность очистки, по сравнению с предыдущим, но исключает необходимость в установке для восстановления фотокатализатора, что отражается на инвестиционных и эксплуатационных затратах.

При использовании суспендированного катализатора сточную воду, содержащую загрязнитель, и катализатор пропускают в виде тонкой суспензионной плёнки через ряд пластин и подвергают воздействию УФ-света. После достижения необходимой степени очистки очищенную сточную воду направляют в систему извлечения катализатора. Фотокатализатор направляется для дальнейшего использования в этом процессе.

Фотокаталитический процесс может применяться для промышленных сточных водцелью:

- Общей очистки от органических загрязнителей;
- селективной очистки от таких загрязняющих веществ, как фармпрепараты или пестициды;
- снижения токсичности;
- улучшения биоразлагаемости;
- снижения БПК / ХПК;
- улучшения цвета и устранение запаха.

При использовании этого метода химикаты не потребляются.

Для таких веществ, как красители и фармацевтические препараты, наблюдаются высокие степени очистки (> 99%).

Преимущества и недостатки приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Преимущества и недостатки, связанные с применением диоксида титана для фотокаталитического окисления сточных вод, содержащих загрязняющие вещества

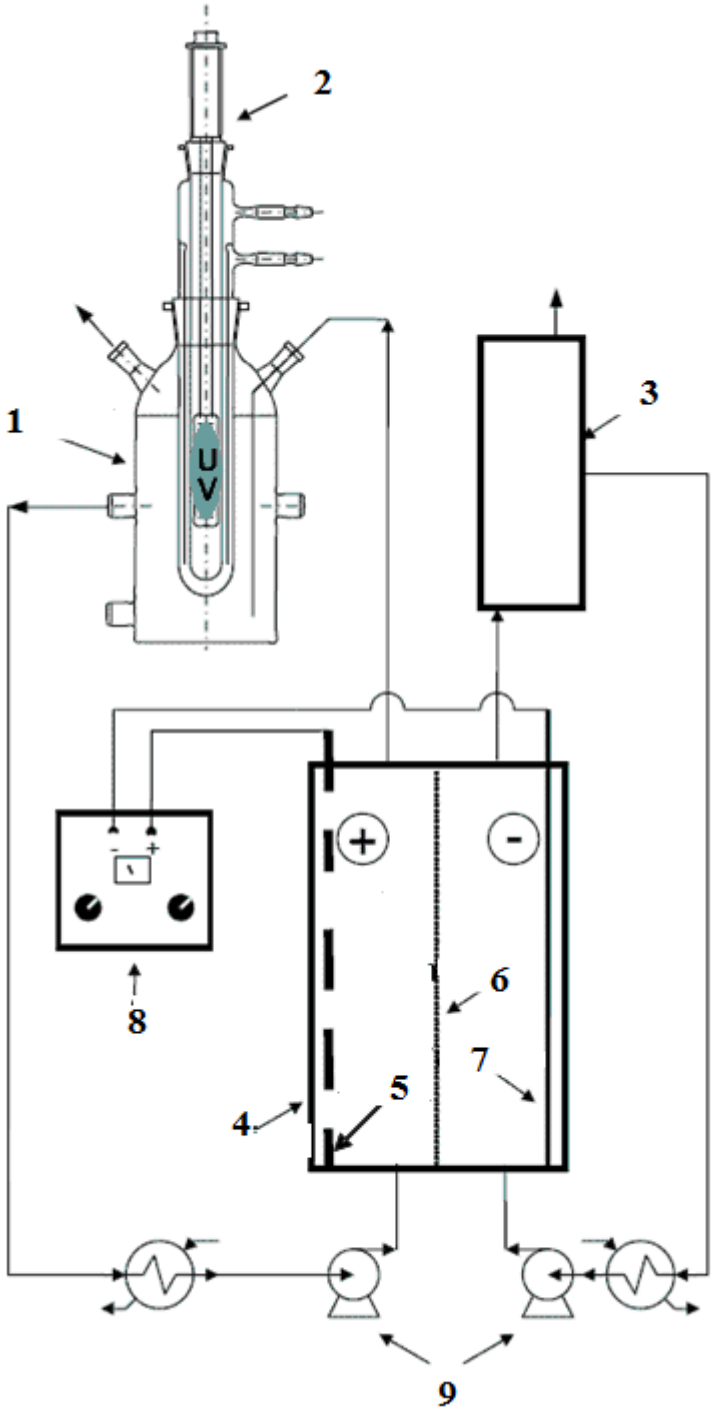
	Суспензия TiO_2	Иммобилизованный TiO_2
Преимущества	- относительно доступна; - относительно недорогая; - обладает высокой фотоактивностью; - высокая площадь поверхности по сравнению с иммобилизованным TiO_2 (50 $м^2/г$); - отсутствуют эффекты массопереноса	- не нужно заменять катализатор после фотокатализа; - легкозаменяемый; - отсутствует коагуляция; - проприетарный метод для получения высокой площади поверхности покрытия TiO_2
Недостатки	- необходимо удалить суспензию после фотокатализа; - может коагулироваться и терять активность	- малая доступность; - меньшая площадь поверхности, чем у суспензии; - проблемы слеживаемости и надежности

7.1.2 Комбинированное электрохимическое окисление

Комбинированные процессы электрохимического окисления сочетают электрохимическое, фотохимическое и каталитическое окисление для достижения оптимальных результатов в окислении токсичных и бионеразлагаемых органических веществ (см. рисунок 7.1).

Используют следующие комбинации:

- анодное окисление и катодная генерация перекиси водорода (H_2O_2);
- катодная генерация перекиси водорода и УФ-облучение;
- каталитическое электрохимическое окисление (генерация *in situ* перекиси водорода и специфических катализаторов);
- электрохимическая генерация окислителей (например, H_2O_2, O_3), ультрафиолетовое облучение и различные катализаторы.



1 — УФ-реактор; 2 — УФ-лампа; 3 — напорный сосуд; 4 — электрохимический реактор; 5 — анод; 6 — мембрана; 7 — катод; 8 — источник постоянного тока; 9 — насосы

Рисунок 7.1 — Пример комбинированного процесса электрохимического окисления

Целью этих комбинированных процессов электрохимического окисления является генерация гидроксильных радикалов, используемых для окисления органических веществ, присутствующих в сточных водах, содержащих загрязняющие вещества.

Эта методика позволяет превращать токсичные органические загрязнители и бионеразлагаемые вещества в более легкоразлагаемые органические соединения или

проводить общую минерализацию органических загрязнителей (превращать их в воду, соли и диоксид углерода).

Экологические характеристики этой технологии определяются не только ХПК или степенью очистки от загрязнителей, но также биоразлагаемостью присутствующих в сточной воде загрязнителей.

Природа материала электрода сильно влияет как на селективность, так и на эффективность процесса [20].

Важен тщательный мониторинг следующих рабочих параметров:

- pH;
- температуры;
- общего содержания углерода;
- концентрации органических соединений в очищенных сточных водах;
- энергопотребления.

Преимущества и недостатки приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 — Преимущества и недостатки, связанные с комбинированным электрохимическим окислением

Преимущества	Недостатки
- безопасная эксплуатация; - по сравнению с такими методами, как химическое окисление, нет необходимости в транспортировании и хранении опасных реагентов (например, хлора); - относительно низкий расход энергии (низкие температура и давление); - может применяться для обработки сточных вод с общим содержанием углерода (TOC) <5000 ppm	- низкая скорость реакции в случае ингибирования электродов продуктами реакции

Дополнительная информация — по [18]–[20].

7.1.3 Сверхкритическое окисление водой

Сверхкритическое окисление водой является специальным применением варианта высокого давления окисления влажного воздуха. Реакция окисления происходит при температурах выше 374 °C и давлении выше 22,1 МПа.

Содержащиеся в сточной воде органические вещества окисляются до диоксида углерода, воды и азота.

Процесс применим к сточным водам в химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности, содержащим загрязняющие вещества с низкой биоразлагаемостью и/или высокой токсичностью.

7.1.4 Мембранная дистилляция

Мембранная дистилляция представляет собой термически управляемый процесс, в котором только молекулы пара транспортируются через пористые гидрофобные мембраны. Загрязненная вода, подлежащая обработке мембранной дистилляцией,

должна находиться в непосредственном контакте с одной стороной мембраны и не проникать в сухие поры мембран. Гидрофобная природа мембраны препятствует попаданию жидких растворов в поры из-за сил поверхностного натяжения. В результате граница раздела фаз жидкости/пара образуется на входе в поры мембраны. Основные требования для процесса мембранной дистилляции следующие: мембрану нельзя смачивать и в ее порах должны присутствовать только пары и неконденсируемые газы. Размер пор мембран, используемых в мембранной дистилляции, лежит между 10 нм и 1 мкм. Движущей силой мембранной дистилляции является разность давления трансмембранного пара, которая может поддерживаться с одной из четырех следующих возможностей, применяемых на стороне пермеата, как показано на рисунке 7.2.

Преимущество процесса мембранной дистилляции по сравнению с традиционными процессами разделения заключается в том, что он основан на более низкой рабочей температуре и гидростатическом давлении. Могут быть использованы растворы, имеющие температуры, значительно меньшие, чем их температура кипения, под давлением, близким к атмосферному.

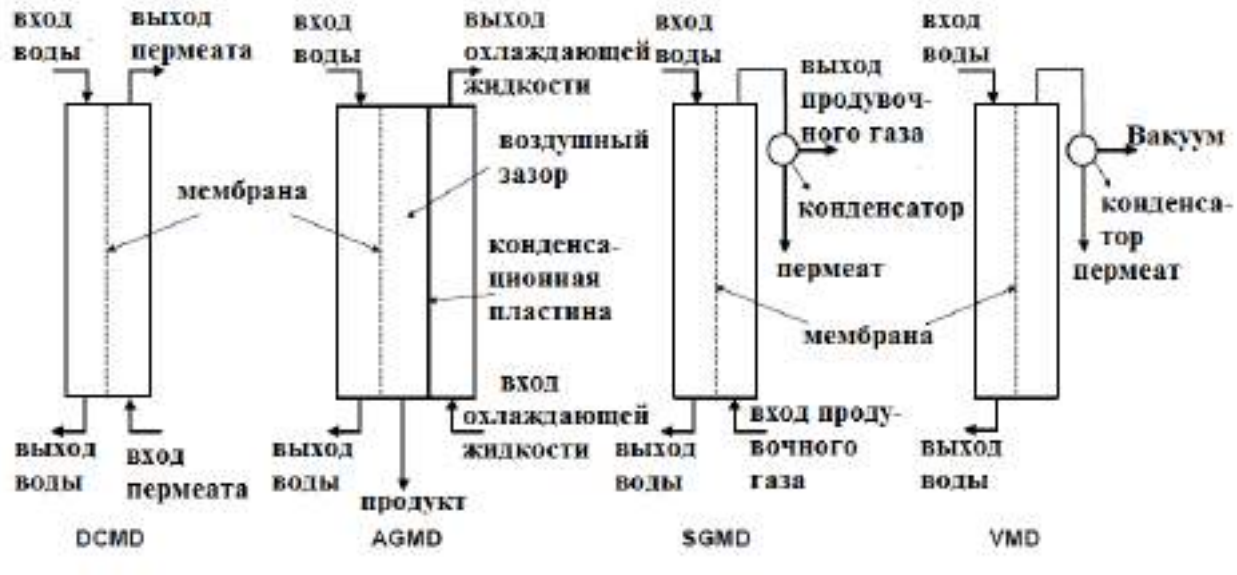


Рисунок 7.2 — Различные типы конфигураций мембранной дистилляции

В отличие от мембранных процессов на основе давления, мембранная дистилляция в принципе не нуждается в таких реагентах, таких как кислоты или антискаланты, потому что мембраны намного менее чувствительны к концентрационной поляризации или загрязнению мембраны. Таким образом, мембранная дистилляция не требует, чтобы сточная вода подвергалась определенной предварительной обработке.

Выделение/концентрация нелетучих соединений (например, ионов, кислот, коллоидов, макромолекул) из водных потоков и удаление следовых количеств ЛОС, таких как бензол, хлороформ и трихлорэтилен из воды, являются достигнутыми экологическими преимуществами мембранной дистилляции.

Дополнительная информация — по [22], [23].

7.1.5 Модифицирование микроорганизмов для очистки загрязненных вод, содержащих ЗВ

Этот метод заключается в использовании модифицированных микроорганизмов (например, фотосинтезирующих бактерий или эукариот, таких как дрожжи, грибы и фотосинтетические микроводоросли) для обработки сточных вод, содержащих ЗВ.

Этот метод очистки состоит из трех этапов:

- выбор естественных микроорганизмов;
- формирование микробных вариантов с улучшенными характеристиками для очистки от целевых загрязнителей в сточных водах;
- введение улучшенных микроорганизмов в процесс очистки воды.

Этот метод является альтернативой другим методам, таким как химическое окисление или сжигание для очистки сточных вод, с характерным показателем ХПК. Снижение уровня ХПК в сточных водах является преимуществом данной технологии. Эффективность очистки по ХПК, связанная с естественно улучшенными микроорганизмами, приведена в таблице 7.3.

Таблица 7.3 — Эффективность очистки от загрязнений с использованием естественно улучшенных микроорганизмов по показателям ТОС/ХПК

Характеристики очищенной сточной воды	Эффективность очистки (% общего содержания углерода ТОС или % ХПК)	Комментарии
100 г/л ТОС, содержание полимеров акриловой кислоты, полимеров метакриловой кислоты и гидрохинона	70- 97 ТОС	Пилотная установка
Сточные воды, загрязненные диметилформамидом	98 ХПК	Лабораторный эксперимент
Сточные воды, загрязненные метформином	60 ХПК	Время обработки — 2 дня для сточной воды, содержащей метформин 95 % ХПК
Сточные воды, загрязненные метилцианидом	98 ТОС	—
Сточные воды, загрязненные сульфаниловой кислотой и хлоридионами фармацевтического предприятия	90 ТОС	Время хранения — 11 дн и содержание хлорида — 32 г/л
Сточные воды, загрязненные алифатическими кислотами и производными фталевой кислоты	100 ТОС	—
Источник — [24].		

Генерация микробных популяций осуществляется в непрерывных культурах, где культурная среда постоянно разбавляется, что позволяет поддерживать многократные клеточные линии в течение длительных периодов времени при постоянной плотности клеток. Этот метод культивирования клеток известен как принцип турбидостата.

Дополнительная информация — по [24].

7.2 Перспективные технологии очистки отходящих газов

7.2.1 Фотокаталитическое окисление ЛОС с использованием диоксида титана

Фотокаталитическое окисление, также называемое фотокатализом, представляет собой метод, используемый для окисления многих загрязняющих веществ (например, ЛОС, соединений серы, соединений азота, устранения запахов и бактерий), содержащихся в отходящих газах. Вариант методики также может быть использован для очистки сточных вод (см. 7.1.2) для низких концентраций загрязнителей.

Этот метод использует катализатор TiO_2 и систему облучения для активации катализатора (могут использоваться ультрафиолетовые лучи от искусственных ламп или солнечного света).

Объединенное действие УФ-излучения и TiO_2 превращает часть доступного водяного пара в воздухе в два очень сильных окислителя: гидроксильные радикалы (OH) и супероксидные ионы (O^{2-}).

Удаление ЛОС, соединений серы, соединений азота (например, NO_X) и пахучих веществ из отходящих газов является основным преимуществом данной технологии.

В отличие от методов, которые основаны исключительно на адсорбции и которые приводят к переносу загрязняющих веществ с необходимостью дополнительной очистки, фотокатализ полностью минерализует органические загрязнители.

Этот метод применим для прямой обработки отходящих газов, поскольку температура в диапазоне 20 °C — 80 °C не влияет на эффективность процесса [26].

Влажность влияет на эффективность метода. Относительная влажность 40 % считается идеальной [26].

Эксплуатационные затраты в основном связаны с эксплуатацией УФ-ламп и соответствующим расходом электроэнергии.

Движущей силой для реализации этой техники является ограничение пагубных неприятностей вокруг установок (например, от шлама).

Дополнительная информация — по [18], [26], [27].

7.2.2 Метод очистки отходящих газов с использованием керамических фильтров и каталитического восстановления

Основа процесса состоит в обработке отходящих газов при температуре до 400 °C путем пропускания их через керамические фильтрующие элементы, называемые свечами, с катализатором (см. рисунок 7.3). Загрязнители, содержащиеся в отходящих газах (пыль, кислоты, NO_X, тяжелые металлы и ПХДД/ПХДФ), удаляются в едином цехе, в котором происходит следующее:

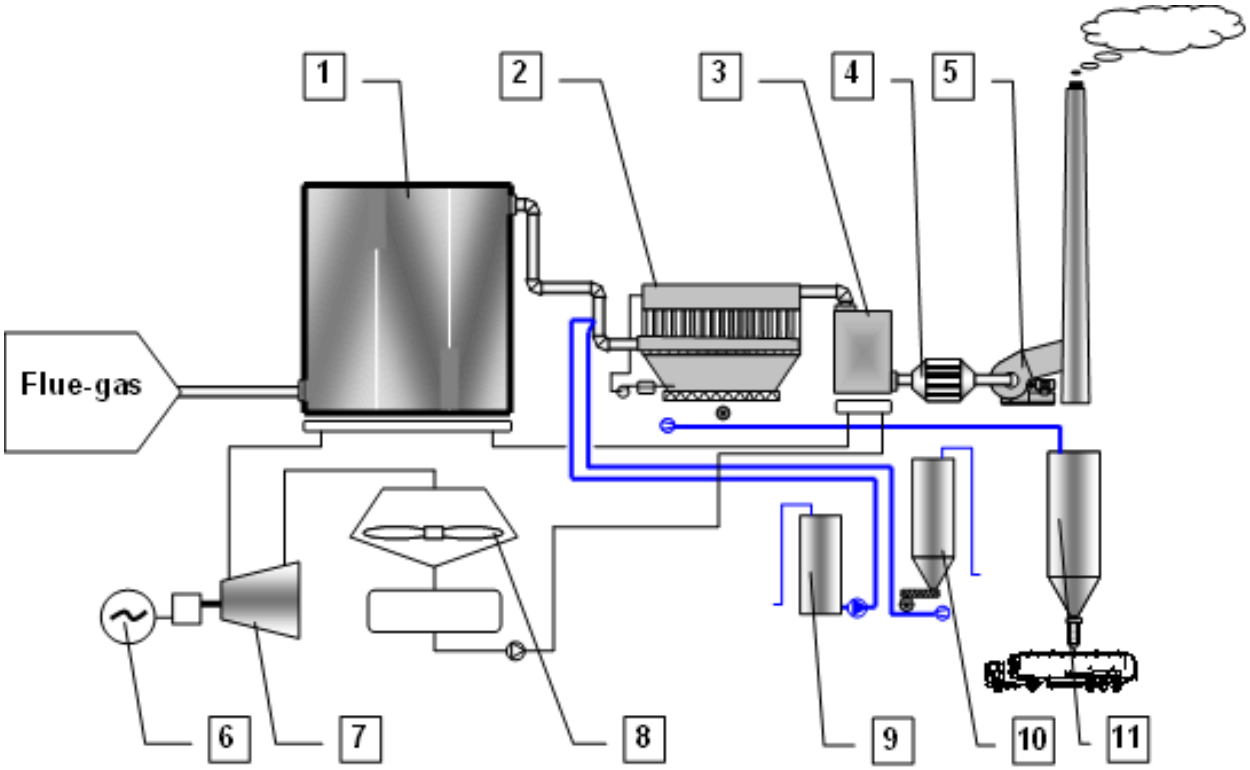
- кислые газы (HCl, SO_2, HF) нейтрализуются путем введения бикарбоната натрия, извести перед керамическим и каталитическим фильтром;

- NO_X восстанавливается до N_2 и H_2O путем пропускания через керамический и каталитический фильтр (карбамид или аммиак вводятся в отработанные газы перед фильтром);

- пыль удаляется фильтрацией с использованием керамических фильтров. Система пневматического импульса используется для очистки керамических элементов. Уловленная пыль направляется в бункер для хранения;

- ПЦДД/ПХДФ удаляются каталитической системой или адсорбируются на фильтре;

- тяжелые металлы адсорбируются на фильтре.



1 — котел 1-й ступени; 2 — керамический и каталитический фильтр;
3 — котел-экономайзер 2-й ступени; 4 — адсорбционный фильтр;
5 — вентилятор; 6 — электрогенератор; 7 — паровая турбина;
8 — воздушный охладитель; 9 — хранилище карбамида и аммиака;
10 — хранилище реагентов; 11 — хранилище отходов

Рисунок 7.3 — Принципиальная схема очистки отходящих газов с использованием керамических фильтров и каталитического восстановления

Ограничения в применении данного метода приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 — Ограничения в применении, связанные с методом множественного удаления загрязняющих веществ

Проблема	Ограничение
Гидравлическое сопротивление системы (без учета воздуховодов)	2–2,5 кПа
Срок службы керамического и каталитического фильтров	6–8 лет
Потери температуры между впускным/выпускным штуцерами фильтра	20 °С — 30 °С

Преимущества и недостатки приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.5 — Преимущества и недостатки, связанные с методом множественного удаления загрязняющих веществ

Преимущества	Недостатки
- компактная конструкция: блок в два-три раза компактнее других технологических установок; - высокая эффективность фильтрации: выбросы пыли обычно менее 5 мг/нм^3, независимо от концентрации всасываемой пыли; - оптимизация потребления реагентов: высокая химическая активность реагента при высокой температуре; - улучшенная обработка выбросов, содержащих селен; - отходы: оптимизация потребления реагентов приводит к снижению отходов и, следовательно, к уменьшенному их объема для обработки (или утилизации); - оптимизация процесса удаления NO_X: интеграция каталитической системы позволяет гибко уменьшить NO_X; - сокращение технического обслуживания: оборудование уменьшено до степени интеграции технологической системы, тем самым минимизированы затраты на техническое обслуживание; - производительность котла повысилась на 10 %: для единицы, снабженной системой рекуперации энергии, этот процесс позволяет, с одной стороны, увеличить доступность теплообменника, расположенного за фильтром, путем ограничения загрязнения, а с другой стороны, повысить энергоэффективность за счет снижения температуры дымовых газов; - низкие эксплуатационные расходы: Низкие затраты являются следствием вышеуказанных факторов. В зависимости от характеристик установки экономия может достигать 30 % по сравнению с обычными системами	- метод измерения: первый блок был установлен на востоке Франции в январе 2004 г.; - срок службы керамических и каталитических фильтров; - количество керамических и каталитических фильтров; - использование реагентов и образование твердых или жидких отходов

Дополнительная информация — по [28].

7.2.3 Плазменно-каталитические процессы очистки отходящих газов от ЛОС, NO_x, SO_2, CO

Для предприятий, на которых уровень загрязнения отходящих газов (газообразными веществами) не превышает 3000 мг/м^3, перспективным является применение плазмакаталитической установки.

Технология основана на высокой окислительной способности продуктов высоковольтного барьерного электрического разряда — плазмы, а также последующем глубоком окислении продуктов конверсии, образовавшихся в результате прохождения воздуха через плазменный реактор первой ступени, в каталитическом реакторе второй

ступени. Доочистка газо-воздушной смеси происходит за счет финишного расщепления остатков загрязняющих веществ и озона (326), синтезированного в плазменном реакторе, до CO_2, H_2O, O_2, N_2 и т. д. В плазменно-каталитических установках применяется низкотемпературный катализатор, который благодаря наличию ступени плазменного реактора эффективно работает в диапазоне температур 30 °С — 70 °С.

Параллельно с очисткой отходящих газов от газообразных загрязняющих веществ происходит глубокая дезинфекция и стерилизация воздуха.

Для эффективной реализации данного метода необходима предварительная очистка газообразных выбросов:

1) осушка газообразных выбросов от влаги

2) удаление пыли и взвешенных твердых веществ (для исключения возгорания).

Краткий перечень веществ, очистка которых может выполняться с использованием плазменно-каталитической установки, приведен в таблице 7.6.

Таблица 7.6 — Краткий перечень веществ, очистка от которых может выполняться с использованием плазменно-каталитической установки

Вещество	Степень очистки, %	Класс опасности
Оксиды: оксид азота (II), диоксид азота, оксид углерода	До 97–99	2–4
Ароматические углеводороды: гидроксибензол (фенол), бензол, диметилбензол (ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-), метилбензол (толуол), этенилбензол (винилбензол, стирол) и др.	До 87–97	2–4
Альдегиды, кетоны и их производные: пропан-2 (ацетон), формальдегид, бензальдегид (бензойный альдегид), метилацетат, этилацетат, ацетальдегид (уксусный альдегид) и др.	До 85–96	2–4
Монокарбоновые кислоты: метановая кислота (муравьиная кислота), этановая кислота (уксусная кислота) и др.	До 90–92	2–3
Спирты: этанол (этиловый спирт), пропан-2 (изопропиловый спирт) и др.	До 92–95	3–4
Дурнопахнущие вещества: дигидросульфид (сероводород), аммиак, диметилсульфид, смесь природных меркаптанов (в пересчете на этилмеркаптан) (одорант СПМ)	До 85–98	2–4
Прочие вещества: озон, антрацен, дибутилбензол-1,2-дикарбонат (дибутилфталат; дибутиловый эфир фталевой кислоты), проп-2-1 (акролеин), тетрагидрофуран, 2-метилпропионовая кислота (изомасляная кислота), смесь предельных углеводородов C_1 — C_5 (по метану), смесь предельных углеводородов C_6 — C_{10} (по гексану)	До 85–99	1–4

Заключительные положения и рекомендации

Для разработки настоящего проекта справочника НДТ была сформирована техническая рабочая группа (ТРГ 47) «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности». Состав ТРГ 47 был утвержден Протоколом совещания под председательством заместителя Министра промышленности и торговли Российской Федерации В. С. Осьмакова от 22 марта 2017 г. № 15-ОВ/12 «О формировании технических рабочих групп 2017 г.».

В целях сбора информации о применяемых на промышленных предприятиях 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 справочника НДТ.

При разработке проекта справочника НДТ были использованы материалы, полученные в ходе сбора данных, соответствующие отраслевые справочники НДТ, а также Европейского союза по НДТ Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector.

Приложение А
(обязательное)

Термины, определения и сокращения

Термины и определения приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Термины и определения

Термин	Определение	Нормативные документы
Водный объект	Природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима	«Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 г. N 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017)
Воды с высокой минерализацией	Соленые воды и рассолы, образующиеся в результате технологического процесса (концентрирование, насыщение и т.д.) Минерализация воды - суммарная концентрация анионов, катионов и недиссоциированных растворенных в воде неорганических веществ, выражающаяся в г/дм^3; Соленые воды - воды с минерализацией от 10 до 50 г/дм^3; Рассолы - воды с минерализацией свыше 50 г/дм^3	ГОСТ 27065-86 «Качество вод. Термины и определения»
Загрязняющее вещество	Вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду	Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об охране окружающей среды»

Термин	Определение	Нормативные документы
Закачка сточных вод	Проектнообоснованная изоляция сточных вод в пласты (пласт-коллекторы) горных пород Пласт (пласт-коллектор) — Геологическое тело, сложенное однородной геологической средой и ограниченное двумя поверхностями напластования. Горная порода - устойчивая по составу и строению природная ассоциация одного или нескольких минералов или минеральных агрегатов	ГОСТ Р 57700.5-2017 «Численное моделирование физических процессов. Термины и определения в области механики течений в пористых средах» ГОСТ Р 50544-93 «Породы горные. Термины и определения»
Выбросы в атмосферу	Отработанные газы, пары и мелкие частицы, выброшенные в воздушную среду	ГОСТ Р 56255—2014 «Термины и определения в области обеспечения безопасности жизни и здоровья»
Исходная вода	Вода, поступающая из водного объекта	ГОСТ 25151—82 «Водоснабжение. Термины и определения»
Метод на конце трубы	Метод, который снижает конечные уровни выбросов или потребления ресурсов, но не изменяет фундаментальную работу основного процесса. Синонимами являются «вторичный метод» и «метод борьбы с загрязнением»; антонимами являются "первичный метод" и «процессно-интегрированный метод»	BREF CWW [26]
Наилучшие доступные технологии (НДТ)	Технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения	Федеральный закон от 10.01.2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Термин	Определение	Нормативные документы
Неорганизованный промышленный выброс (Неорганизованный выброс)	Промышленный выброс, поступающий в атмосферный воздух в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта Примечания 1 Неорганизованные выбросы означают не предусмотренные заранее и не предотвращенные выбросы в атмосферу сырья и (или) результатов реализации промышленных процессов, не оснащенных фильтрами или контрольными механизмами, предназначенными для предотвращения или сокращения этих выбросов, либо не получивших частичной или полной очистки продукции от опасных примесей перед выбросом их в окружающую среду. 2 К неорганизованным источникам промышленных выбросов могут относится открытые стоянки автомобилей, передвижные источники, площадки хранения и перегрузки товаров. 3 В европейских справочниках НДТ для обозначения неорганизованных промышленных выбросов/сбросов используется термин "незапланированный выпуск загрязняющих веществ в окружающую среду" (unplanned release).	ГОСТ Р 56828.15—2016 «Наилучшие доступные технологии. Термины и определения»
Организованный источник выбросов	Источник загрязнения атмосферного воздуха, характеризующийся направленным выбросом вредных веществ через специально сооруженное устройство	ГОСТ 32693—2014 «Учет промышленных выбросов в атмосферу. Термины и определения»
Отходящий газ	Газовый поток от источника выделения загрязняющих веществ	Приказ Госкомэкологии РФ от 30.04.99 N 216 «Об утверждении Методики расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей)»

Термин	Определение	Нормативные документы
Процессно-интегрированный метод	Метод, который каким-то образом меняет способ работы основного технологического процесса, снижая тем самым величину эмиссий или уровень потребления ресурсов	BREF CWW [26]
Сточные воды	Воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.	ГОСТ 17.1.1.01—77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения»
Условно чистые сточные воды	Сточные воды, качество которых позволяет использовать их в производственных системах водоснабжения без дополнительной очистки	ГОСТ 25151—82 «Водоснабжение. Термины и определения»
Эмиссия	Прямое или косвенное высвобождение веществ, вибраций, тепла или шума из отдельных или рассеянных источников от установки в атмосферный воздух, водные объекты или землю.	BREF CWW [26]

Сокращения:

AOX	Содержание адсорбируемых органических галогенидов
AGMD	Air gap membrane distillation (Дистилляция при помощи мембраны с воздушным зазором)
BREF CWW	Best Available Techniques Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment (Европейский справочник по наилучшим доступным технологиям «Общая обработка сточных вод и отходящих газов»)
CIP	Cleaning-In-Place (Очистка по месту)
DCMD	Direct contact membrane distillation (Дистилляция с помощью мембраны прямого контакта)
EMAS	Eco Management and Audit Scheme (Система экологического менеджмента и аудита)
ISO	International Organization for Standardization (Международная организация по стандартизации)
MD	Membrane distillation (Дистилляция при помощи мембраны)
RO	Reverse osmosis (Обратный осмос)
SCWO	Supercritical oxidation of water (Сверхкритическое окисление воды)
SGMD	Sweep gas membrane distillation (Дистилляция с удалением газов продувкой)

AOX	Содержание адсорбируемых органических галогенидов
TOC	Total organic carbon (Содержание общего органического углерода)
UF	Ultrafiltration (Ультрафильтрация)
VMD	Vacuum membrane distillation (Дистилляция с удалением газов при помощи вакуума)
АМЦ	Алюмомедьцинковый катализатор
БПК	Биологическое потребление кислорода
ЗВ	Загрязняющие вещества
ИТС	Информационно-технический справочник
КДЕС	Общая отраслевая классификация видов экономической деятельности в рамках Европейского союза
ЛОС	Летучие органические соединения
МБР	Мембранный биореактор
НДТ	Наилучшие доступные технологии
НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НИР	Научно-исследовательская работа
ПАУ	Полициклические ароматические углеводороды
ПВХ	Поливинилхлорид
ПХДД/ПХДФ	Полихлорированный дибензо-п-диоксин/полихлорированный дибензофуран
ПЭК	Производственный экологический контроль
СПАВ	Синтетические поверхностно-активные вещества
СТК	Среднетемпературный катализатор
СЭМ	Система экологического менеджмента
ТРГ	Техническая рабочая группа
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль
УФ	Ультрафиолет
ФЗ	Федеральный закон
ХПК	Химическое потребление кислорода
ЭДТА	Этилендиаминтетрауксусная кислота

Приложение Б
(справочное)

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [1)]

Информация за 2016 г. о выбросах следующих загрязняющих веществ стационарными источниками загрязнения, их очистке и утилизации приведены:

- твердых веществ — в таблице Б.1;
- газообразных и жидких веществ — в таблице Б.2;
- диоксида серы — в таблице Б.3;
- оксида углерода — в таблице Б.4;
- оксидов азота (в пересчете на NO_2) — в таблице Б.5;
- углеводородов (без ЛОС) — в таблице Б.6;
- летучих органических соединений — в таблице Б.7.

[1)] На основании данных документа «Сведения об охране атмосферного воздуха за 2016 г.», Росстат.

Таблица Б.1 — Выбросы твердых веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**45682,124**	788,630	**535,684**	**44893,493**	43958,189	21984,100	**1723,934**	**96,2**	**50,0**
из них по видам экономической деятельности									
Обрабатывающие производства	21299,375	178,504	129,186	21120,871	20809,995	17754,717	489,379	97,7	85,3
из них:									
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	9904,964	68,990	50,390	9835,973	9701,953	9015,966	203,011	98,0	92,9
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	7037,377	34,586	18,170	7002,791	6921,438	6406,752	115,939	98,4	92,6
- химическое производство	**2109,319**	**16,429**	**14,318**	**2092,890**	**2072,452**	**1276,502**	**36,867**	**98,3**	**61,6**
- обработка древесины и производство изделий из дерева	626,917	10,324	8,801	616,593	610,557	325,358	16,360	97,4	53,3

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	576,622	4,472	3,864	572,150	546,789	318,486	29,833	94,8	58,2
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	430,964	12,916	10,170	418,048	407,579	212,305	23,385	94,6	52,1
- производство кокса и нефтепродуктов	91,435	11,926	9,103	79,510	76,927	71,980	14,508	84,1	93,6
- производство транспортных средств и оборудования	54,518	6,594	5,675	47,924	43,026	11,091	11,491	78,9	25,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	19951,330	175,859	163,608	19775,471	19225,023	990,467	726,307	96,4	5,2
Добыча полезных ископаемых	3404,878	295,277	145,806	3109,601	3057,705	2764,276	347,174	89,8	90,4
Транспорт и связь	153,435	27,404	17,385	126,031	119,074	58,389	34,361	77,6	49,0
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	96,832	31,869	21,001	64,963	61,477	33,456	35,355	63,5	54,4
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	23,407	4,205	3,294	19,202	18,422	4,911	4,985	78,7	26,7

Таблица Б.2 — Выбросы газообразных и жидких загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосфер-ный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**20 904,084**	**14 992,083**	**12 695,411**	**5912,001**	**5278,722**	**3536,448**	**15 625,362**	**25,3**	**67,0**
из них по видам экономической деятельности									
Обрабатывающие производства	10 373,212	5052,592	4609,771	5320,620	5084,929	3407,975	5288,283	49,0	67,0
из них:									
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	7310,247	3453,253	3331,080	3856,994	3689,115	2749,704	3621,133	50,5	74,5
- химическое производство	**1398,966**	**308,645**	**267,785**	**1090,321**	**1060,093**	**415,788**	**338,873**	**75,8**	**39,2**
- производство кокса и нефтепродуктов	865,959	585,331	373,464	280,628	279,253	222,785	586,706	32,2	79,8
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	249,498	234,039	216,983	15,459	10,759	5,687	238,739	4,3	52,9
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	138,657	132,291	113,328	6,366	5,937	1,293	132,720	4,3	21,8

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	103,948	67,685	64,876	36,263	13,700	5,986	90,248	13,2	43,7
- производство транспортных средств и оборудования	78,823	60,653	53,926	18,170	14,416	4,275	64,407	18,3	29,7
- обработка древесины и производство изделий из дерева	75,853	74,252	67,787	1,601	1,446	0,386	74,407	1,9	26,7
Добыча полезных ископаемых	4674,451	4541,009	3613,362	133,442	109,748	102,902	4564,703	2,3	93,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	2978,997	2551,095	2406,515	427,902	59,371	9,282	2919,626	2,0	15,6
Транспорт и связь	1827,124	1808,153	1531,513	18,971	14,620	11,787	1812,504	0,8	80,6
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	401,148	397,944	98,048	3,204	3,012	2,133	398,135	0,8	70,8
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	183,169	182,820	110,425	0,349	0,301	0,070	182,867	0,2	23,1

Таблица Б.3 — Выбросы диоксида серы в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**5826,095**	**3512,076**	**3471,557**	**2314,019**	**1814,718**	**1571,877**	**4011,377**	**31,1**	**86,6**
из них по видам экономической деятельности									
Обрабатывающие производства	4094,862	2312,929	2297,625	1781,932	1661,120	1466,789	2433,742	40,6	88,3
из них:									
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	3819,462	2089,373	2079,283	1730,089	1639,829	1457,370	2179,634	42,9	88,9
- производство кокса и нефтепродуктов	143,025	142,400	141,589	0,625	0,531	0,060	142,494	0,4	11,3
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	42,843	9,375	9,278	33,468	11,200	4,832	31,644	26,1	43,1
- химическое производство	**41,391**	**29,118**	**28,135**	**12,274**	**8,279**	**4,388**	**33,112**	**20,0**	**53,0**
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	16,018	15,756	13,781	0,263	0,199	0,050	15,820	1,2	25,3

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	8,416	8,204	7,598	0,212	0,201	0,016	8,215	2,4	7,8
- производство транспортных средств и оборудования	7,467	6,055	5,751	1,412	0,158	0,071	7,310	2,1	45,4
- обработка древесины и производство изделий из дерева	1,375	1,368	1,210	0,007	0,007		1,368	0,5	
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1184,724	781,295	777,034	403,430	48,036	2,123	1136,688	4,1	4,4
Добыча полезных ископаемых	489,402	361,741	348,997	127,661	104,830	102,689	384,572	21,4	98,0
Транспорт и связь	20,506	20,398	16,562	0,108	0,049	0,012	20,457	0,2	23,6
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	4,720	4,708	4,296	0,012	0,007	0,003	4,713	0,2	35,4
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	2,515	2,169	1,504	0,346	0,331	0,074	2,185	13,1	22,5

Таблица Б.4 — Выбросы оксида углерода в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**7092,011**	**4815,463**	**4370,160**	**2276,548**	**2184,947**	**1382,852**	**4907,064**	**30,8**	**63,3**
из них по видам экономической деятельности									
Обрабатывающие производства	4050,810	1786,456	1679,425	2264,354	2176,777	1379,222	1874,033	53,7	63,4
из них:									
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	3215,948	1174,457	1101,429	2041,491	1966,555	1234,008	1249,392	61,2	62,7
- химическое производство	354,290	153,931	149,811	200,360	192,175	140,701	162,115	54,2	73,2
- производство кокса и нефтепродуктов	112,108	109,842	106,540	2,266	2,205	1,095	109,903	2,0	49,7
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	111,770	103,605	97,255	8,165	4,832	1,297	106,937	4,3	26,8
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	81,813	77,889	68,489	3,924	3,678	1,066	78,135	4,5	29,0

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- обработка древесины и производство изделий из дерева	60,455	59,820	55,435	0,635	0,602	0,227	59,853	1,0	37,6
- производство транспортных средств и оборудования	30,333	24,435	21,776	5,898	5,549	0,646	24,783	18,3	11,6
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	27,234	27,217	26,630	0,017	0,009	0,009	27,225		100,0
Добыча полезных ископаемых	1891,008	1890,491	1642,915	0,517	0,188	0,095	1890,820		50,4
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	648,336	641,660	619,962	6,676	3,488	1,280	644,848	0,5	36,7
Транспорт и связь	236,347	236,021	207,879	0,326	0,221	0,046	236,126	0,1	20,6
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	45,759	45,638	39,798	0,121	0,100	0,013	45,660	0,2	13,3
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	16,034	13,958	9,228	2,077	2,008	2,008	14,026	12,5	100,0

Таблица Б.5 — Выбросы оксидов азота (в пересчете на NO_2) в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**2024,799**	**1811,322**	**1614,443**	**213,477**	**194,680**	**77,364**	**1830,119**	**9,6**	**39,7**
из них по видам экономической деятельности									
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	934,432	923,155	913,075	11,277	1,406	0,541	933,026	0,2	38,5
Обрабатывающие производства	618,991	418,819	371,555	200,172	191,734	76,730	427,257	31,0	40,0
из них:									
- химическое производство	**238,432**	**43,274**	**38,638**	**195,158**	**187,306**	**74,837**	**51,126**	**78,6**	**40,0**
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	138,564	137,504	109,622	1,060	0,744	0,485	137,820	0,5	65,2
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	103,386	103,211	97,822	0,175	0,167	0,014	103,219	0,2	8,6
- производство кокса и нефтепродуктов	52,937	52,937	50,264				52,937		

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	21,115	21,109	20,709	0,006	0,003	0,001	21,112		29,4
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	19,467	18,957	16,802	0,510	0,460	0,181	19,007	2,4	39,3
- производство транспортных средств и оборудования	10,350	9,687	8,183	0,663	0,552	0,508	9,798	5,3	91,9
- обработка древесины и производство изделий из дерева	8,180	8,130	7,387	0,050	0,034	0,030	8,145	0,4	86,9
Добыча полезных ископаемых	233,967	232,989	168,825	0,978	0,673	0,040	233,293	0,3	6,0
Транспорт и связь	173,633	173,580	115,828	0,053	0,040	0,006	173,593		14,8
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	12,557	12,550	10,182	0,007	0,006	0,002	12,551	0,1	30,9
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	3,418	2,842	1,533	0,575	0,469	0,035	2,948	13,7	7,5

Таблица Б.6 — Выбросы углеводородов (без ЛОС) в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., тыс. т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**3469,486**	**3405,498**	**2732,067**	**63,988**	**63,382**	**53,717**	**3406,104**	**1,8**	**84,8**
из них по видам экономической деятельности									
Добыча полезных ископаемых	1477,048	1477,046	1296,654	0,002	0,002		1477,046		9,9
Транспорт и связь	1191,752	1191,678	1154,530	0,074	0,024		1191,728		
Обрабатывающие производства	124,296	61,338	29,826	62,958	62,420	53,663	61,876	50,2	86,0
из них:									
- производство кокса и нефтепродуктов	82,921	23,981	9,925	58,940	58,605	52,754	24,316	70,7	90,0
- химическое производство	**11,564**	**10,853**	**6,924**	**0,711**	**0,668**	**0,135**	**10,897**	**5,8**	**20,2**
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	5,937	5,041	1,986	0,895	0,864	0,004	5,073	14,5	0,4
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	3,898	3,111	1,254	0,787	0,726	0,115	3,172	18,6	15,9

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	2,446	1,557	0,471	0,890	0,890		1,557	36,4	
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	1,708	0,984	0,827	0,724	0,659	0,655	1,049	38,6	99,4
- обработка древесины и производство изделий из дерева	0,515	0,513	0,064	0,002	0,002		0,513	0,5	
- производство транспортных средств и оборудования	0,492	0,485	0,439	0,007	0,006		0,486	1,2	
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	338,651	338,590	70,959	0,061	0,060		338,591		
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	163,582	162,841	77,499	0,742	0,734	0,017	162,849	0,4	2,3
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	68,641	68,519	35,091	0,122	0,113	0,038	68,528	0,2	33,1

Таблица Б.7 — Выбросы летучих органических соединений в атмосферу стационарными источниками загрязнения, их очистка и утилизация в 2016 г., т

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
Всего	**1827079,095**	**1292534,719**	**407040,176**	**534544,376**	**522435,165**	**81848,813**	**1304643,930**	**28,6**	**15,7**
Обрабатывающие производства	922867,728	408825,914	177565,802	514041,814	506237,899	69991,374	416629,829	54,9	13,8
- химическое производство	**470852,794**	**58785,470**	**34811,040**	**412067,324**	**409988,500**	**22707,643**	**60864,294**	**87,1**	**5,5**
- производство кокса и нефтепродуктов	329677,050	251723,359	61897,615	77953,691	77121,813	36650,853	252555,237	23,4	47,5
- производство транспортных средств и оборудования	26090,309	18324,515	16261,003	7765,794	5958,158	3047,438	20132,151	22,8	51,1
- металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	23686,036	16793,498	10317,046	6892,538	5771,265	3364,322	17914,771	24,4	58,3
- производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	18435,125	17953,457	15274,896	481,668	410,034	20,482	18025,091	2,2	5,0
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов	10 307,374	5774,216	3989,338	4533,158	3797,995	3618,573	6509,379	36,8	95,3

	Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения	В том числе выбрасывается без очистки		Поступает на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферный воздух загрязняющих веществ за отчетный год	Уловлено к количеству загрязняющих веществ, %	Утилизировано загрязняющих веществ к уловленным, %
		Всего	В том числе от организованных источников выбросов		Всего	Из них утилизировано			
- целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	8514,922	7832,077	7328,312	682,845	523,897	242,613	7991,025	6,2	46,3
- обработка древесины и производство изделий из дерева	4237,674	3337,094	2774,432	900,580	798,028	128,866	3439,646	18,8	16,1
Добыча полезных ископаемых	568 390,082	568 202,619	150 612,673	187,463	185,220	8,776	568 204,862		4,7
Транспорт и связь	202 346,046	183 986,336	35 862,358	18 359,710	14 242,009	11 696,310	188 104,037	7,0	82,1
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	29 670,658	29 642,263	10 149,809	28,395	20,292	0,621	29 650,366	0,1	3,1
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	21 029,640	21 018,277	2108,802	11,363	10,860	4,975	21 018,780	0,1	45,8
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	11 289,974	11 257,596	5726,224	32,378	31,682	7,890	11 258,292	0,3	24,9

Приложение В
(обязательное)

Перечень НДТ

Номер НДТ	Наименование НДТ
НДТ 1	Применение системы экологического менеджмента (СЭМ)
НДТ 2	Проектирование
НДТ 3	Контроль основных параметров сточных вод/выбросов в атмосферу с использованием средств автоматизации
НДТ 4	Периодический контроль параметров сточных вод/выбросов в атмосферу
НДТ 5	Совершенствование технологии, ресурсо- и энергосбережение
НДТ 6	Сокращение выбросов в атмосферу
НДТ 7	Применение технологии двойного контактирования и двойной абсорбции при производстве серной кислоты из элементарной серы
НДТ 8	Очистка стоков (конденсата сокового пара) от аммиака в производстве удобрений на основе азотнокислотной переработки фосфатного сырья
НДТ 9	Очистка стоков (конденсата сокового пара) в производстве карбамида
НДТ 10	Очистка сточных вод производства экстракционной фосфорной кислоты, упаренной фосфорной и суперфосфорной кислот
НДТ 11	Сокращение поступлений загрязняющих веществ в сточные воды
НДТ 12	Сокращение потребления исходной воды
НДТ 13	Использование водооборотных систем
НДТ 14	Использование условно чистых вод производственных процессов
НДТ 15	Удаление из сточных вод загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом
НДТ 16	Очистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных масел и жиров
НДТ 17	Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений
НДТ 18	Удаление из сточных вод азота
НДТ 19	Удаление из сточных вод фосфора
НДТ 20	Очистка сточных вод, содержащих биологически неразлагаемые и (или) токсичные органические загрязнения
НДТ 21	Очистка сточных вод, содержащих тяжелые металлы
НДТ 22	Очистка сточных вод от сульфидов
НДТ 23	Очистка сточных вод от неорганических солей (общей минерализации)
НДТ 24	Стабилизация органического вещества осадка
НДТ 25	Обработка сточных вод термическими методами
НДТ 26	Бессточная технология очистки сточных вод от акриловой кислоты, бутилакрилата, метилакрилата, этилакрилата, изобутилацетата, бутанола, метанола, бутилбутоксипропионата, этилэтоксипропионата
НДТ 27	Закачка в изолированные пласты горных пород
НДТ 28	Сбор и локализация выбросов в атмосферу

Номер НДТ	Наименование НДТ
НДТ 29	Очистка отходящих газов от пыли
НДТ 30	Очистка от пыли NH_4NO_3 и аммиака в производстве аммиачной селитры
НДТ 31	Очистка отходящих газов от аммиака
НДТ 32	Очистка отходящих газов от газообразных соединений фтора
НДТ 33	Очистка отходящих газов от тумана и брызг серной кислоты
НДТ 34	Абсорбционная очистка газового выброса от метанола при герметичном наливе в железнодорожные цистерны
НДТ 35	Высокотемпературное окисление аммиака
НДТ 36	Гомогенное восстановление оксидов азота
НДТ 37	Каталитическое восстановление оксидов азота при производстве азотной кислоты

Библиография

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2. Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».

3. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ (ред. от 13 июля 2015 г.) «Об охране атмосферного воздуха».

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р «Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий».

7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий».

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий».

9. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии».

10. ГОСТ Р 56828.14—2016 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

11. ГОСТ Р 56828.15—2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

12. ГОСТ Р 56828.13—2016 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

13. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 г.».

14. Охрана окружающей среды в России : Стат. сб. / Росстат. — М., 2016. — 95 с.

15. CEFIC, Contribution to the first review of the CWW BREF: Emerging Technologies — Immobilised Photocatalysis, European Chemical Industry Council, 2009.

16. Tarr, Chemical Degradation Methods for Wastes and Pollutants — Environmental and Industrial Applications, CRC Press, New York, 2003.

17. UBA AT, Contribution to the first review of the CWW BREF: Combined electrochemical oxidation processes, Umweltbundesamt (Austrian Federal Environment Agency), 2009.

18. Martínez-Huitle and Ferro, 'Electrochemical oxidation of organic pollutants for the wastewater treatment: direct and indirect processes', Chemical Society Reviews, Vol. 35, No. 12, 2006, pp. 1324–1340.

19. VITO, WASS-Technieken (WAterzuiverings Selectie Systeem) (Water Treatment System Selection), Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (Flemish Institute for Technological Research), 2010.

20. El-Bourawi et al. A framework for better understanding membrane distillation separation process, Journal of Membrane Science, Vol. 285, No. 1–2, 2006, pp. 4–29.

21. Fernández-Ulloa, Contribution to the first review of the CWW BREF: Naturally improved microorganisms to treat refractory TOC/COD, ECO-solution France, 2009.

22. INERIS, Contribution to the first review of the CWW BREF: Emissions diffuses / fugitives au niveau des installations de traitement des effluents liquides, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 2009.

23. Paillier, Contribution to the first review of the CWW BREF: Technologies émergentes — Photocatalysis technology, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2008.

24. Maguin, Contribution to the first review of the CWW BREF: CerCat (Ceramic and Catalytic) flue gas treatment process, 2008.

25. Родионов, А. И., Клушин, В. Н., Торочешников, Н. С. Техника защиты окружающей среды : Учебник для вузов. — М. : Химия, 1989. — 512 с.

26. European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/ Management Systems in the Chemical Sector. Final draft. July 2016. — P. 667.

27. Федеральный Закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ (ред. от 29 декабря 2014 г.) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

28. ГОСТ Р ИСО 14001—2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.

29. ISO 14001:2015 Environmental management Systems — Requirements with Guidance for Use.

30. Naden C. (2015) ISO 14001 revision moves to final stage. URL: http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1985.

31. Системы экологического менеджмента : практический курс / С. Ю. Дайман, Т. В. Гусева, Е. А. Заика, Т. В. Сокорнова. — М. : Форум, 2010. — 336 с.

32. ГОСТ ISO 9000—2005 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

33. Дерягина, С. Е., Астафьева, О. В., Струкова, М. Н., Струкова, Л. В. Экологический менеджмент на предприятии. — Екатеринбург : ИПЭ УрО РАН — УГТУ УПИ, 2007. — 146 с.

34. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.burondt.ru/NDT/docs/ndt-8/index.html.

35. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10—2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных си-

стем водоотведения поселений, городских округов» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=504&etkstructure_id=1872.

36. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=813&etkstructure_id=1872.

37. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 2—2015 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=486&etkstructure_id=1872.

38. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технология ИТС 18—2016 Производство основных органических химических веществ [Электронный ресурс] Режим доступа : http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=805&etkstructure_id=1872.

39. Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии, утвержденные Приказом Министерства промышленности и торговли России от 31 марта 2015 г. № 665.

40. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22.1—2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения» [Электронный ресурс] Режим доступа http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=815&etkstructure_id=1872

41. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 19—2015 «Производство твердых и других неорганических химических веществ» [Электронный ресурс] Режим доступа http://www.burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=807&etkstructure_id=1872

42. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 г. N 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017)

43. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения

44. Федеральный закон от 4 мая 1999 ФЗ-N 96 (ред.от 13.07.2015 г.) «Об охране атмосферного воздуха»

45. ГОСТ Р 56255—2014 Термины и определения в области обеспечения безопасности жизни и здоровья

46. ГОСТ 25151—82 Водоснабжение. Термины и определения

47. ГОСТ 32693—2014 Учет промышленных выбросов в атмосферу. Термины и определения

48. Приказ Госкомэкологии РФ от 30 апреля 1999 N 216 «Об утверждении Методики расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей)»

49. ГОСТ 17.1.1.01—77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения

50. Кадыров О.Р., Тихонова И.О., Кручинина Н.Е. Правовые проблемы при глубинном захоронении промышленных стоков и отходов// Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2016.№ 5. С. 24-29

51. ГОСТ Р 57700.5-2017 «Численное моделирование физических процессов. Термины и определения в области механики течений в пористых средах»

52. ГОСТ Р 50544-93 «Породы горные. Термины и определения»