БЮРО НДТ

РОССТАНДАРТ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 8-2022

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ (ТОВАРОВ), ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ И ОКАЗАНИИ УСЛУГ НА КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



Москва
2022

Оглавление

Введение IV
Краткое содержание справочника по НДТ IV
Обзор документов, использованных при разработке справочника по НДТ VII
Предисловие VIII
Раздел 1 Общая информация об очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях 3
Раздел 2 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время для очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг в приоритетных областях применения НДТ 8
2.1 Общие подходы к водопользованию и обращению со сточными водами на предприятиях 8
2.2 Характеристика сточных вод в приоритетных областях применения НДТ 14
2.3 Описание применяемых технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод 24
2.4 Подходы, методы, меры и мероприятия, направленные на очистку производственных сточных вод от основных загрязняющих веществ 32
2.5 Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на предприятиях, в технологических процессах которых не образуются производственные сточные воды 45
Раздел 3 Определение наилучших доступных технологий 48
Раздел 4 Наилучшие доступные технологии, относящиеся ко всей области применения справочника НДТ 50
Раздел 5 Наилучшие доступные технологии, относящиеся к приоритетным областям применения НДТ 59
Раздел 6 Перспективные технологии 65
Раздел 7 Методологические основы технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения, не являющихся централизованными системами водоотведения поселений и городских округов, принимающих производственные и производственно-дождевые сточные воды от объектов НВОС I категории 71
Заключительные положения и рекомендации 74
Приложение А (обязательное) Перечень наилучших доступных технологий 75
Приложение Б (обязательное) Ресурсная и энергетическая эффективность 77

Приложение В (обязательное) Технологические показатели сбросов загрязняющих веществ с очистных сооружений ЦСВ ПСВ/ПДСВ 78
Приложение Г (справочное) Пример расчета технологических показателей сбросов с очистных сооружений ЦСВ ПСВ/ПДСВ 79
Библиография 82

Введение

Краткое содержание справочника по НДТ

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» (далее – справочник по НДТ) содержит следующие разделы.

Введение. Во введении приводятся краткое содержание справочника по НДТ и обзор документов, использованных при его разработке.

Предисловие. В предисловии указываются цель разработки справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, описание конкретной проблемы межотраслевого характера, решаемой справочником по НДТ, описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также порядок его применения.

Область применения. В разделе приводятся области применения НДТ, на которые распространяется действие справочника по НДТ. Указываются предприятия, технологии очистки сточных вод для которых не включены в справочник по НДТ.

Раздел 1 В разделе 1 приводится общая информация о рассматриваемой межотраслевой проблеме – очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Приводится описание актуальности проблемы очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях, ее количественных и качественных характеристик и приоритетных аспектов.

Раздел 2 В разделе 2 приводится описание технологических процессов, используемых в настоящее время для очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг в приоритетных областях применения НДТ. Приоритетные области применения НДТ были выделены из Перечня областей применения наилучших доступных технологий (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р) исходя из объемов образования сточных вод, объемов сброса неочищенных сточных вод, наличия экологических проблем и проч.

2.1 Общие подходы к водопользованию и обращению со сточными водами на предприятиях. В подразделе 2.1 приводится описание общих подходов к водопользованию и обращению со сточными водами на предприятиях, включая повторное использование очищенных сточных вод в оборотном водоснабжении.

2.2 Характеристика сточных вод в приоритетных областях применения НДТ. В подразделе 2.2 приводится характеристика сточных вод в приоритетных областях применения НДТ: черной и цветной металлургии, химической промышленности, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажной промышленности, легкой промышленности, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, а также на металлообрабатывающих и машиностроительных предприятиях.

2.3 Описание применяемых технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод. В подразделе 2.3 приводится описание безреагентных методов физико-механической

обработки, физико-химических методов биологической очистки сточных вод, обеззараживания сточных вод.

2.4 Подходы, методы, меры и мероприятия, направленные на очистку производственных сточных вод от основных загрязняющих веществ. В подразделе 2.4 приводится описание подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку сточных вод от взвешенных веществ, минеральных масел и нефтепродуктов, фенолов, солей тяжелых металлов, СПАВ, биогенных элементов, цианидов и мышьяка.

2.5. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на предприятиях, в технологических процессах которых не образуются производственные сточные воды. Подраздел содержит информацию о том, чем следует руководствоваться при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод на предприятиях, в технологических процессах которых не образуются производственные сточные воды. Приводятся технологические показатели НДТ для ЦСВ ПГО, принимающих хозяйственно-бытовые и поверхностные сточные воды промышленных предприятий.

Раздел 3 Определение наилучших доступных технологий. В разделе 3 проводится определение подходов, методов, мер и мероприятий в качестве НДТ для очистки сточных вод (образующихся при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях) в соответствии со статьей 28.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ, методическими рекомендациями по определению технологии в качестве наилучшей доступной, утвержденными приказом Минпромторга России от 31 марта 2015 года № 665, а также с учетом положений ГОСТ 33570-2015 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методология идентификации. Зарубежный опыт».

Раздел 4 Наилучшие доступные технологии, относящиеся ко всей области применения справочника по НДТ. В разделе 4 приводится описание НДТ, позволяющих сократить эмиссии в окружающую среду, потребление сырья, воды, энергии и снизить образование отходов при очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Приводится описание универсальных НДТ, подходящих для большинства областей применения НДТ, в том числе НДТ организационно-управленческого характера; энергосбережения и ресурсосбережения; производственного экологического контроля; предотвращения негативного воздействия обработки сточных вод на окружающую среду; недопущения сбросов и утечек неочищенных сточных вод из систем их транспортирования на очистные сооружения; предотвращения и сокращения образования запахов; предотвращения и сокращения шумовых выбросов.

Проводится комплексная оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ; по возможности приводятся данные о сокращении выбросов, сбросов сточных вод, образования отходов, потребления ресурсов и повышении энергоэффективности.

Приводятся данные по ограничению применимости НДТ (возможность использования НДТ на действующих предприятиях; возможность внедрения НДТ только на новом предприятии).

По возможности приводятся экономические показатели, характеризующие применение НДТ.

Раздел 5 Наилучшие доступные технологии, относящиеся к приоритетным областям применения НДТ. В разделе приводится краткое описание НДТ очистки производственных сточных вод от основных загрязняющих веществ, подходы к которой указаны в подразделе 2.4:

- приводятся данные по ограничению применимости НДТ (возможность использования НДТ на действующих предприятиях; возможность внедрения НДТ только на новом предприятии);
- по возможности приводятся экономические показатели, характеризующие применение НДТ;
- приводится перечень перспективных технологий и сроки, в течение которых они могут стать коммерчески доступными.

Раздел 6 Перспективные технологии. В разделе 6 приводится описание технологий, применяемых для очистки сточных вод и находящихся на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, опытно-промышленного внедрения, а также зарубежных технологий, не получивших в настоящее время широкого внедрения на территории Российской Федерации.

Раздел 7 Методологические основы технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения, не являющихся централизованными системами водоотведения поселений и городских округов, принимающих производственные и производственно-дождевые сточные воды от объектов НВОС I категории. В разделе 7 приведена методика расчета технологических показателей сброса сточных вод централизованных систем водоотведения производственных сточных вод и производственно-дождевых сточных вод I категории.

Заключительные положения и рекомендации. В разделе приводятся сведения о членах технической рабочей группы (далее – ТРГ), принимавших участие в разработке справочника по НДТ, их взаимное согласие по отдельным положениям справочника по НДТ. Приводятся рекомендации о направлениях проведения дальнейших исследований и сбора информации в области НДТ для очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях.

Приложения. В приложениях к справочнику по НДТ приводится дополнительная информация.

Библиография. Библиография содержит перечень источников, использованных при разработке справочника НДТ.

Обзор документов, использованных при разработке справочника по НДТ

При разработке справочника по НДТ были использованы следующие законодательные и нормативные документы:

- Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
- Федеральный закон от 31 декабря 2014 года № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 года № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»;
- распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р;
- распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 года № 398-р;
- приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 23 августа 2019 года № 3134 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии»;
- ГОСТ Р 113.00.03-2019 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника;
- ГОСТ Р 56828.15–2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения;
- ГОСТ Р 113.00.04-2020 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

Справочник по НДТ разработан с учетом имеющихся в Российской Федерации технологий, оборудования, сырья, других ресурсов, а также с учетом климатических, экономических и социальных особенностей Российской Федерации.

При разработке справочника по НДТ были учтены положения всех отраслевых («вертикальных») справочников по НДТ для отраслей, при функционировании которых образуются сточные воды, сбрасываемые в водные объекты.

В качестве источников информации об областях применения НДТ, о применяемых на практике технологиях, относящихся к НДТ, были использованы сведения, полученные в результате анкетирования предприятий при составлении отраслевых справочников, статистические сборники, результаты научно-исследовательских и диссертационных работ, иные источники, а также информация, полученная в ходе консультаций с экспертами в соответствующей области.

Предисловие

Основной целью разработки справочника по НДТ является создание базового инструмента для внедрения НДТ в области очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Справочник по НДТ предназначен как для регулирующих органов (использование при выдаче хозяйствующим субъектам комплексных экологических разрешений), так и для хозяйствующих субъектов (использование при формировании экологической политики предприятия и внедрении НДТ).

1 Статус документа

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

2 Информация о разработчиках

Справочник по НДТ разработан технической рабочей группой № 8 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» (далее – ТРГ 8), созданной приказом Росстандарта от 15 марта 2022 года № 809 «О технической рабочей группе "Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях"».

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

3 Краткая характеристика

Справочник по НДТ является межотраслевым («горизонтальным»), и вследствие этого его основной задачей является методическое обоснование подходов к технологиям, техническим и управленческим решениям по очистке сточных вод, в том числе к нормированию на основе НДТ сбросов сточных вод от централизованных систем водоотведения (ЦСВ), не относящихся согласно законодательству к ЦСВ поселений и городских округов (ЦСВПГО), а именно ЦСВ производственных и производственно-дождевых сточных вод (далее – ЦСВ ПСВ/ПДСВ), в том числе и принимающих и хозяйственно-бытовые сточные воды. Справочник по НДТ содержит описания универсальных подходов и методов, применяемых в настоящее время в Российской Федерации при очистке сточных вод на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ, определенным распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 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 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых в сфере очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях в Российской Федерации, была собрана в процессе разработки отраслевых справочников по НДТ в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки справочника НДТ и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 года № 863, и проанализирована «слепым» методом.

5 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

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

6 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 23 декабря 2022 года № 3248.

Справочник НДТ введен в действие с 1 сентября 2023 года, официально опубликован в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru).

7 Взамен ИТС 8-2015

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ (ТОВАРОВ), ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ И ОКАЗАНИИ УСЛУГ НА КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Wastewater treatment in manufacture of products (goods), performance of works and provision of services in large enterprises

Дата введения – 2023-09-01

Область применения

Настоящий межотраслевой справочник по НДТ разработан во взаимосвязи с отраслевыми справочниками, подготовленными в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 года № 2178-р и актуализированными в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 июня 2022 года № 1537-р, и включает в себя описание универсальных подходов и методов, применимых при очистке сточных вод на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ, определенным распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р.

Справочник по НДТ носит методический характер и содержит обобщенную информацию, сведения общего характера, общие подходы к межотраслевым технологиям, техническим и управленческим решениям по очистке сточных вод.

Концепция наилучших доступных технологий и технологических показателей (ТП) НДТ представляет собой основу технологического нормирования в сфере охраны окружающей среды. Как правило, технологические показатели устанавливаются в процессе отраслевого сравнительного анализа экологической эффективности таким образом, чтобы стимулировать предприятия к эколого-технологической модернизации. Для большинства областей применения НДТ технологические показатели утверждаются особыми нормативными документами в сфере охраны окружающей среды – приказами Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России). Для очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов ТП утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 года № 1430. Категории водных объектов или их частей, в которые осуществляется сброс сточных вод, для целей установления технологических показателей определяются Правилами отнесения водных объектов к категориям водных объектов, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 октября 2019 года № 1379.

В 2015–2021 гг. были разработаны информационно-технические справочники по НДТ для всех областей применения наилучших доступных технологий. ИТС последовательно актуализируются, а области применения НДТ расширяются. На первом этапе разработки отраслевых («вертикальных») ИТС первоочередное внимание технических рабочих групп, занимавшихся подготовкой большинства ИТС, было уделено обоснованию и установлению ТП выбросов загрязняющих веществ в воздух; в

актуализированных версиях ИТС сбросы загрязняющих веществ в водные объекты рассматриваются уже более детально.

Следует подчеркнуть, что обоснованные и утвержденные в установленном порядке значения технологических показателей наилучших доступных технологий необходимы для расчета технологических нормативов сбросов; фактически именно они являются основой новой системы эколого-технологического нормирования.

В связи с этим трудно переоценить важность полноты перечней маркерных веществ и значений технологических показателей в сбросах сточных вод в отраслевых ИТС.

Проведенный анализ «вертикальных» ИТС отраслей, в которых образуются сточные воды, сбрасываемые в водные объекты, свидетельствует о том, что:

- во многих ИТС ТП для сбросов не установлены, при том, что загрязненные сточные воды образуются;
- в ряде ИТС обсуждаются показатели сбросов загрязняющих веществ, однако они не имеют статуса ТП;
- в ряде ИТС значения ТП установлены на уровне, не соответствующем возможностям хорошо известных и распространенных технологий очистки сточных вод;
- в ряде ИТС (в основном относящихся к химической промышленности) ТП установлены в виде удельных сбросов загрязняющих веществ на тонну продукции, кг/т.

Удельные показатели делают величины ТП непрозрачными для экспертной оценки. По их значению достаточно просто рассчитать технологические нормативы (т/год), однако по значению ТП невозможно составить мнение о том, насколько такой сброс соответствует разумным возможностям технологий очистки сточных вод, выражаемым в мг/дм^3.

Рекомендации, содержащиеся в настоящем межотраслевом («горизонтальном») Справочнике по НДТ, подлежат применению в случае отсутствия соответствующих рекомендаций по данной конкретной тематике в отраслевом («вертикальном») справочнике по НДТ, к области применения которого относится рассматриваемое предприятие (объект).

Справочник по НДТ подлежит применению на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и отнесенных к объектам I и II категорий в соответствии с критериями, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

Раздел 1 Общая информация об очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях

В экономике Российской Федерации ежегодно используется 47–52 млрд м³ воды.

Значения объемов использования свежей воды (в млн м³) с 2018 по 2020 год представлены в таблице 1.1. По объемам сточных вод, сбрасываемых в природные поверхностные воды Российской Федерации после 2017 года, фиксировалось снижение каждый год примерно на 5-6 %.

Таблица 1.1 – Использование свежей воды, млн м³ (по данным Росводресурсов)

Показатель по годам	2018	2019	2020	2018	2019	2020
	млн м³			в % к итогу		
Всего	**52964**	**51158**	**46991**	**100**	**100**	**100**
из них:						
на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	6969	7494	6442	13,2	14,6	13,7
на производственные нужды	29309	26611	24684	55,3	52,0	52,5
на хозяйственно-питьевые нужды	7630	7540	7547	14,4	14,7	16,1

Значительный объем использования свежей воды в 2020 году приходился на вид экономической деятельности «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». В 2019 году он составил 22114,87 млн м³, а в 2020 году данный показатель сократился до 20158,79 млн м³ (42,9 % от общероссийского объема водопользования 46958,34 млн м³). На втором месте оказался вид экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» со значением 9167,17 млн м³ в 2020 году и 10861,37 млн м³ в 2019 году.

По данным Росводресурсов удельная водоемкость экономики страны в 2018 году в текущих ценах составляла 0,65 м³/тыс. руб., что на 13,3 % ниже уровня 2017 года Величина водозабора на единицу ВВП в 2020 году в текущих ценах составила 0,53 м³/тыс. руб.

Основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной деятельности на водные объекты в 2018–2020 гг., представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной деятельности на водные объекты (по данным Росводресурсов)

Показатель	2018	2019	2020
Забор воды из природных водных источников для использования, млрд м³	60,9	59,0	54,4
Оборотное и последовательное использование воды, млрд м³	144,2	144,2	141,1
Сброс загрязненных сточных вод, млрд м³	13,1	12,6	11,7

Показатели по сбросам загрязненных сточных вод за 2018–2020 гг. представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сброс загрязненных сточных вод

Показатель	2018	2019	2020
В расчете на единицу площади страны, м³/км²	767	736	682
В расчете на душу населения, м³	90	86	80
В расчете на единицу ВВП в ценах 2016 г. м³ на 1 млн руб.	147	138	132

В каждом гидрографическом районе преобладают предприятия разных видов промышленности, имеющие значительное водопотребление и, соответственно, значительные расходы сбрасываемых сточных вод. К таким предприятиям относятся прежде всего нефтеперерабатывающие, металлургические, целлюлозно-бумажные, химические, металлообрабатывающие, машиностроительные, рудодобывающие, пищевые предприятия, а также предприятия легкой промышленности, энергетики, сельского хозяйства.

К основным загрязняющим веществам, содержащимся в большинстве промышленных сточных вод, относятся взвешенные вещества, нефтепродукты, основные анионы (в первую очередь хлориды, сульфаты, нитраты), ионы тяжелых металлов, а также органические загрязнения (помимо нефтепродуктов), характеризующиеся показателями БПК и ХПК. Указанные вещества не следует рассматривать как маркерные, поскольку для каждой отрасли промышленности специфичны различные загрязняющие вещества, определенные в качестве маркерных в соответствующих отраслевых справочниках.

На многих предприятиях промышленная канализация принимает хозяйственно-бытовые и фекальные стоки; существуют предприятия, на которых отсутствует локальная очистка с повторным использованием очищенной воды и утилизацией выделенных полезных компонентов. Отсутствие локальной очистки с объединением сточных вод, имеющих разные загрязнения, часто делает невозможной или затруднительной очистку общего потока сточных вод перед его сбросом в городской коллектор или водоем.

На многих предприятиях (например, целлюлозно-бумажных, металлургических, нефтеперерабатывающих, химических, горнодобывающих) отсутствуют сооружения по обработке осадков, выделенных на очистных сооружениях, с последующей их утилизацией. При этом отходы направляются в шламонакопители, которые занимают большие площади и имеют открытую поверхность, что приводит к значительному негативному воздействию на окружающую среду.

Кроме того, значительное воздействие на водные объекты оказывают рассредоточенный (диффузный) сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, также занятых отвалами, шламонакопителями, свалками с промышленными отходами и ТКО, и трансграничные загрязнения.

На рисунке 1.1 показана карта-схема Российской Федерации с отображением объемов сброса нормативно чистых, нормативно очищенных и загрязненных сточных вод (в среднем) в поверхностные водные объекты в 2012–2020 гг. Загрязненные сточные

воды преобладают в ряде морских бассейнов. К ним относятся районы Каспийского моря (43,35 % от общего объема загрязненных сточных вод), Карского моря (19,47 %), Азовского моря (10,03 %) и Балтийского моря (12,82 %).

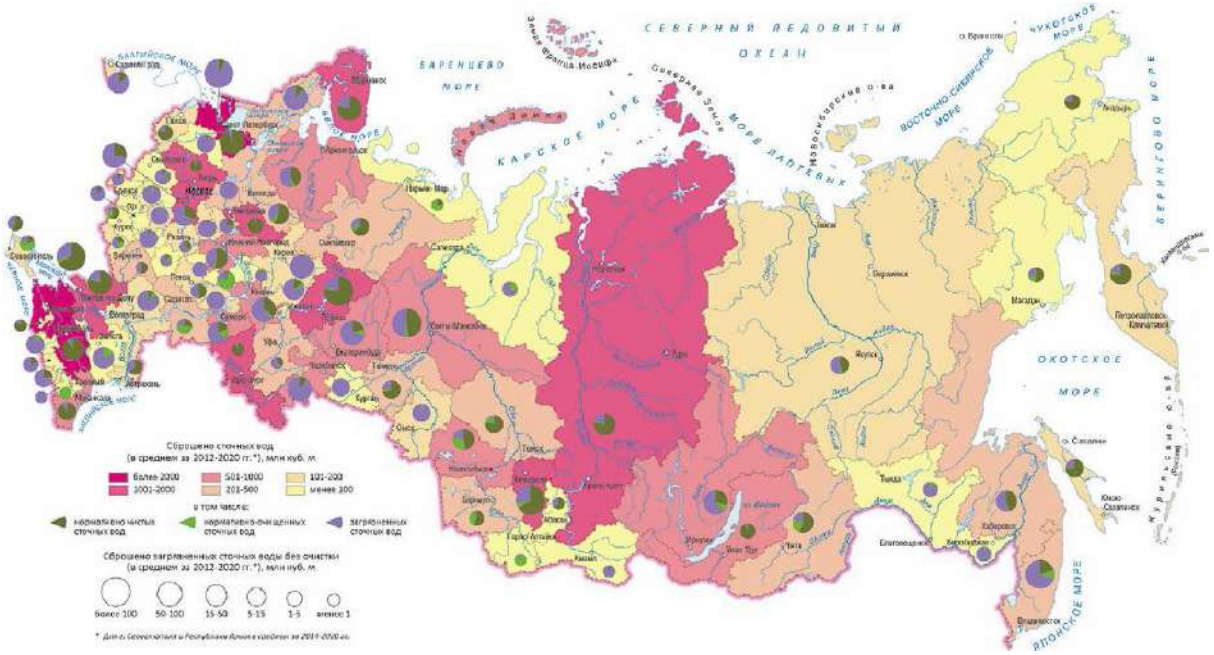

Рисунок 1.1 – Распределение сброса сточных вод в поверхностные природные водные объекты в среднем за 2012–2020 гг.

Одним из существенных факторов, определяющих величину негативного воздействия на водные объекты, является необеспечение достаточного уровня очистки всего объема образующихся сточных вод. В целом в последние годы наблюдается тенденция постепенного снижения объемов сброса сточных вод (см. таблицу 1.4). На сокращение объема сброса загрязненных сточных вод положительно повлияли строительство и ввод в эксплуатацию очистных сооружений и установок, реализация технических и производственных мер, которые одновременно способствовали экономии пресной воды и уменьшению сброса загрязненных сточных вод. За период 2010–2020 гг. сокращение сброса загрязненных сточных вод произошло на 14959,15 млн м³, или на 30,4 %.

Таблица 1.4 — Водоотведение по видам ОКВЭД (данные Росводресурсов)

Объем сточных вод, млн $м^3$/год	2017	2018	2019	2020
Общий объем сточных вод, в том числе:	42575,51	40059,35	37666,65	34232,55
сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовстве и рыбоводство (р. А 01,02, 03 ОКВЭД)	5165,46	3672,83	4407,52	3312,95
в обрабатывающих производствах (р. С 17, 19, 20, 24 ОКВЭД)	2853,42	2702,08	2406,41	2364,7
обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха (р. D 35 ОКВЭД)	22573,97	21921,0	19271,67	17029,69

Окончание таблицы 1.4

Объем сточных вод, млн м^3/год	2017	2018	2019	2020
добыча полезных ископаемых (р. B 05, 06, 07, 08, 09 ОКВЭД)	1419,64	1385,65	1385,65	1356,04
водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений (р. E 36, 37, 38, 39 ОКВЭД)	9542,41	9377,26	9264,25	9175,19

По данным Росводресурсов, объем сточных вод, сбрасываемых в природные поверхностные воды Российской Федерации в 2020 году, составил 34 232,55 млн м³, а в 2019 году – 37 666,55 млн м³, сократившись на 9,1 % за год. Доля нормативно очищенных сточных вод составила 2 690,8 млн м³, загрязненных сточных вод – 11 678,2 млн м³.

Сброс неочищенных или недостаточно очищенных производственных сточных вод является основной причиной возникновения чрезвычайных экологических ситуаций, вызванных периодическим накоплением в одной среде большого набора загрязняющих веществ.

Поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства Российской Федерации, регламентируется путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты, которые определяются нормами статьи 35 Водного кодекса Российской Федерации от 3 июня 2006 года № 74-ФЗ. В развитие положений указанных документов были разработаны методические документы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Федеральный закон от 7 декабря 2011 года № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» обязывает предприятия обеспечивать очистку сточных вод до их отведения (сброса) в централизованную систему водоотведения с использованием локальных очистных сооружений.

В то же время, несмотря на развитую нормативную базу в области водоотведения, адекватного повышения эффективности рационального использования водных ресурсов не происходит вследствие:

- применения устаревших водоемких производственных технологий;
- высокого уровня потерь воды при транспортировке;
- недостаточной степени оснащенности водозаборных сооружений системами учета;
- отсутствия эффективных экономических механизмов, стимулирующих бизнес к активному внедрению прогрессивных водосберегающих технологий производства, систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения и сокращению непроизводительных потерь воды;
- низкой платы за водопользование.

Выходом из сложившейся ситуации является внедрение системы нормирования на основе НДТ в соответствии с нормами Федерального закона Российской Федерации от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», который совершенствует систему экологического нормирования, вводит в российское правовое

поле понятие «наилучшая доступная технология» и меры экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших реально используемых и доступных технологий.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р «Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий» в данный перечень включены:

- очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов как вид хозяйственной и (или) иной деятельности, которая оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду;

- очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), проведении работ и оказании услуг, как технологические процессы, оборудование, технические способы и методы, применяемые при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности.

Любая очистка сточных вод, как при производстве продукции, так и при проведении работ и оказании услуг, в том числе по приему сточных вод от абонентов, отнесена к областям применения наилучших доступных технологий.

Для нормирования очистных сооружений ЦСВ, сбрасывающих свыше 20 тыс. $м^3$/сутки, не относящихся к ЦСВ ПГО, также должны применяться технологические показатели. Однако установление их в настоящем справочнике не представляется возможным, т. к. в такие ЦСВ осуществляется отвод сточных вод от объектов различных областей применения наилучших доступных технологий. В главе 7 настоящего справочника описан рекомендуемый порядок расчета технологических показателей НДТ для сбросов таких ЦСВ на основе технологических показателей сбросов от ее абонентов.

Настоящий справочник по НДТ создает информационную и методологическую основу для внедрения системы нормирования на основе НДТ, стимулирует российские предприятия к снижению антропогенного воздействия на водные объекты, помогает российским компаниям вернуть утраченные за счет неоптимальной системы нормирования конкурентные позиции и устранить искажения рыночной среды, способствуя импортозамещению посредством внедрения хорошо зарекомендовавших себя отечественных технологий в области очистки сточных вод.

Раздел 2 Описание технологических процессов, используемых в настоящее время для очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг в приоритетных областях применения НДТ

Количество предприятий, отнесенных к области применения настоящего справочника по НДТ, определяется Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». По экспертным оценкам, к области применения справочника по НДТ могут относиться 2000–5000 предприятий.

Таким образом, при разработке справочника по НДТ открытые данные предприятий легли в основу описания технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, применяемых при очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях в Российской Федерации.

По результатам рассмотрения открытых данных предприятий выявленные технологические подходы были разделены на три группы, что определило логику изложения настоящего раздела.

В первую группу, представленную в пункте 2.1, были выделены общие подходы, осуществленное внедрение которых на предприятиях не зависит от их отраслевой принадлежности и особенностей образующихся на предприятиях сточных вод.

Подходы второй группы определялись технологическими особенностями предприятий, поэтому до их описания авторы справочника по НДТ сочли необходимым кратко описать особенности сточных вод для различных областей применения НДТ (по данным, предоставленным предприятиями) в пункте 2.2. Наиболее общие подходы второй группы описаны в пункте 2.3.

К третьей группе, представленной в пункте 2.4, были отнесены технологические подходы, направленные на удаление из сточных вод наиболее значимых загрязняющих веществ.

2.1 Общие подходы к водопользованию и обращению со сточными водами на предприятиях

Крупные промышленные предприятия используют для технологических нужд как воду из поверхностных источников и артезианских скважин, так и сточные воды, очищенные на своих очистных сооружениях. В структуре водопотребления большей части наиболее крупных предприятий на использование воды из поверхностных источников приходится от 90 % до 97 %; сброс очищенных сточных вод в поверхностные источники составляет от 92 % до 98 %.

Таблица 2.1 – Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты по видам экономической деятельности по Российской Федерации, млн м³ (по данным Росстандарта)

	2017	2018	2019	2020	2021
Всего	13588,6	13135,8	12599,9	11678,4	11579,8
из них по видам экономической деятельности:					
сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	740,2	748,3	679,8	479,8	614,5
добыча полезных ископаемых	832,2	784,5	687,6	496,0	447,5
в том числе:					
добыча угля	354,1	340,0	283,1	252,7	215,3
добыча сырой нефти и природного газа	7,0	7,0	7,7	0,3	0,6
добыча металлических руд	176,6	166,5	195,5	176,1	176,0
добыча прочих полезных ископаемых	293,9	270,4	200,7	66,2	54,9
предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
обрабатывающие производства	2402,6	2275,9	2088,6	1877,3	1722,5
из них:					
производство пищевых продуктов	23,6	25,5	19,7	17,5	24,5
производство напитков	10,4	8,4	7,0	7,6	7,4
производство табачных изделий	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
производство текстильных изделий	7,5	5,2	5,0	4,9	4,2
производство одежды	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
производство кожи и изделий из кожи	2,1	1,6	0,4	0,2	0,3
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	9,3	10,6	10,4	8,0	8,1
производство бумаги и бумажных изделий	855,5	796,3	817,2	699,2	632,2
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
производство кокса и нефтепродуктов	74,9	96,1	105,8	87,7	88,2
производство химических веществ и химических продуктов	515,0	499,1	480,2	462,7	425,8
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	3,7	1,3	0,7	0,5	0,3

Окончание таблицы 2.1

	2017	2018	2019	2020	2021
производство резиновых и пластмассовых изделий	8,3	9,4	9,1	6,8	6,7
производство прочей неметаллической минеральной продукции	40,1	41,4	43,1	53,7	39,6
производство металлургическое	691,9	637,2	447,8	404,8	365,6
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	55,5	55,7	63,3	61,7	60,7
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	5,7	3,8	3,1	2,6	2,7
производство электрического оборудования	6,7	4,6	3,5	2,3	2,6
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	13,6	12,7	11,6	4,9	3,9
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	9,7	8,6	3,2	2,1	1,3
производство прочих транспортных средств и оборудования	64,6	55,9	49,8	46,0	44,0
производство мебели	1,1	0,3	0,3	0,3	0,3
производство прочих готовых изделий	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3
ремонт и монтаж машин и оборудования	3,0	1,8	7,1	3,7	3,9
обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1000,9	888,5	933,2	811,8	794,0
водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	8249,9	8098,3	7920,0	7761,8	7757,4
предоставление прочих видов услуг	0,7	0,2	0,5	0,5	0,5

Повторное использование воды в технологическом цикле на некоторых предприятиях составляет более 90 %. Большинство предприятий, осуществляющих водозабор преимущественно из поверхностных источников, отмечают, что во многих случаях допустимые концентрации загрязняющих веществ, установленные для сброса сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного значения (Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов

предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»), оказываются ниже концентраций загрязняющих веществ в тех же водных объектах, из которых предприятия осуществляли забор воды.

Поскольку технологические подходы к выбору методов водоподготовки и водоочистки на промышленных предприятиях остаются одинаковыми и отличаются лишь решениями по использованию очищенной воды, многие виды очистного оборудования применяют как для водоподготовки, так и для водоотведения. К примеру, традиционные методы обработки загрязненной воды – отстаивание и фильтрование – предприятия применяют и в том, и в другом случае. Предприятия применяют одни и те же общепринятые методы и при необходимости глубокой очистки воды при выделении какого-либо специфического компонента или обессоливания.

При этом очевидно, что требования к степени очистки воды при водоподготовке, направленной на использование воды в технологическом процессе, отличаются от требований, предъявляемых к очистке сточных вод при сбросе их в природные водные объекты, особенно рыбохозяйственного значения. Так, на ряде предприятий вода, направляемая на технологические нужды, очищается до уровня качества, минимально приемлемого для существующего технологического процесса, при исключении некоторых этапов очистки, требующихся при сбросе в водоем. На отдельных предприятиях очищенные сточные воды используются для подпитки оборотных систем, связанной с потерями воды на испарение в оборотных системах и необходимой промывкой в целях предупреждения накопления солей.

На ряде предприятий на основе анализа загрязнений образующихся сточных вод и эффективности действующих очистных сооружений, а также с учетом требований к качеству очищенной воды для повторного использования, отвода в городскую канализацию или сброса в водоем разрабатывают и внедряют системы управления очистными сооружениями с возможностью их совершенствования и модернизации, автоматизированного управления, повышения эффективности очистки. Многие предприятия разработали и осуществляют инвестиционные программы реконструкции и технического перевооружения производства, направленные прежде всего на повышение объемов производства и улучшение качества продукции. За счет использования более современного оборудования одновременно снижаются и негативные воздействия на окружающую среду.

На многих предприятиях внедряют системы экологического менеджмента, сертифицированные на соответствие ГОСТ Р ИСО 14001. Хотя на ряде предприятий подобные системы внедряются исключительно с целью достижения соответствия требованиям внешних рынков или по иным причинам, не имеющим отношения к улучшению экологических составляющих работы, на большинстве предприятий целью внедрения систем экологического менеджмента являются повышение эффективности управления природоохранной деятельностью и обеспечение экологической безопасности. Предприятия сообщают о позитивных результатах внедрения как с точки зрения финансовых показателей (снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду), так и по натуральным показателям: сокращение объема сбрасываемых сточных вод, сокращение водопотребления, повышение объема воды, используемого в оборотном водоснабжении. Данные, приводимые предприятиями, свидетельствуют об изменениях значений указанных показателей; в некоторых случаях эти изменения значительны. Однако следует учитывать, что системы экологического

менеджмента, как правило, внедряются на экологически ответственных предприятиях; их внедрение может сопровождаться технологическими мероприятиями вплоть до полной модернизации очистных сооружений. Таким образом, на основе данных, представленных предприятиями, трудно вычленить позитивные изменения, произошедшие исключительно за счет внедрения систем экологического менеджмента, однако факт наличия позитивных тенденций неоспорим. Исследования в странах, располагающих более продолжительным опытом внедрения систем экологического менеджмента и, соответственно, большим сроком изучения их эффективности, показывают, что количественно измеримые воздействия внедрения систем экологического менеджмента на качество результатов обработки сточных вод присутствуют, причем наблюдаются уже после первого года внедрения таких систем и во многих случаях достаточно значительны.

На ряде предприятий проводят мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций. Например, оборудуют резервные хранилища на случай чрезвычайной ситуации, позволяющие аккумулировать любые сбросы сточных вод и (или) воды для обеспечения противопожарных мер для их последующей очистки, обработки и использования.

На нескольких предприятиях в целях сокращения энергопотребления при обращении с технологическими и сточными водами применяют рекуперацию тепла экзотермических реакций посредством выработки пара низкого давления, использования избыточного пара, энергетически зависимой дистилляции.

Отдельные предприятия системно реализуют программы сокращения энергопотребления, в том числе и на объектах обработки сточных вод, проводя энергетический аудит основных технологических операций, осуществляя модернизацию оборудования, а также обучая персонал, занятый в области обработки сточных вод, основам организации энергопотребления.

На многих предприятиях в целях сокращения водозабора и образования сточных вод и, соответственно, повторного использования очищенных сточных вод в оборотном водоснабжении производят отделение технологических сточных вод от условно чистых атмосферных или иных вод, а также проводят мероприятия по предупреждению смешения условно чистой охлаждающей воды с загрязненной технологической водой.

В целях сокращения водопотребления технологических процессов до минимально возможного уровня и повышения степени повторного использования очищенной воды на предприятиях создают замкнутые циклы системы водооборота, применяют системы рециркуляции воды, а также используют в технологических процессах условно чистую атмосферную воду – дождевую, отводимую с крыш и навесов.

Многие предприятия создают системы сбора и разделения сточных вод, в том числе атмосферных поверхностных вод в производственных коллекторах водостока для их обработки и последующего использования. На отдельных предприятиях осуществляется разделение потоков воды по степени загрязненности и последующая очистка на локальных очистных установках посредством создания локальных очистных установок, что, в свою очередь, снижает гидравлическую нагрузку на водосборные объекты и объекты по обработке сточных вод.

На отдельных предприятиях для упрощения повторного использования воды производят раздельный отвод технологических вод (например, конденсата и

охлаждающих вод). Перед повторным использованием воды проводят контроль солесодержания и иных необходимых технологически обусловленных показателей.

На некоторых предприятиях уделяют 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 реализуется производственный экологический контроль, обязательный для объектов НВОС I–III категорий; 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. Регулярный контроль качества сбрасываемых сточных вод осуществляют в коллекторе, сборной камере или колодце на выпуске с очистных сооружений.

На большинстве предприятий для определения расходов воды применяют ультразвуковые или индукционные расходомеры.

На нескольких предприятиях налажены системы контроля целостности и (или) герметичности оборудования для очистки сточных вод, включая трубопроводные системы с запорной арматурой и насосные установки. То же относится и к оснащению отстойников и других узлов обработки сточных вод, где могут иметь место утечки. На отдельных предприятиях осуществляют профилактическую прочистку канализационных сетей, а также оборудуют насосные станции резервным электропитанием.

Поскольку концентрация органических соединений в выбросах от систем сбора и очистки сточных вод практически не регламентируется существующими нормами в отсутствие принятых систем измерения запахов, за исключением случаев, описанных в ГОСТ Р 58578-2019 «Правила установления нормативов и контроля выбросов запаха в атмосферу», то лишь несколько предприятий показывают наличие у них соответствующих специальных мер и мероприятий: использование закрытых и герметичных систем, применение химических веществ для сокращения образования и окисления сероводорода, наличие плавающих и стационарных покрытий на резервуарах, бассейнах, отстойниках и проч., отвод отходящих газов в целях их дополнительной обработки и проч. То же относится и к шумоизоляции оборудования и помещений, в которых производится очистка сточных вод.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод, определяется составом и особенностями сточных вод конкретных областей применения НДТ, рассмотренных ниже.

При оценке качества производственных сточных вод принимаются во внимание следующие основные характеристики: активная реакция pH, органолептические показатели, минерализация (солесодержание), взвешенные вещества, свободный хлор Cl_2, аммиак NH_3, содержание органических веществ (как интегральные показатели – общий органический углерод, БПК, ХПК, так и по отдельным веществам – нефтепродукты (включая минеральные масла), фенолы), содержание неорганических веществ (общий азот, аммонийный азот, нитрит-ионы и нитрат-ионы, общий фосфор, хлориды, сульфаты, металлы (Fe, Mn, Ca, Mg, Al, Cr, Cu, Zn и др.). Значимость этих параметров и применимость их для контроля зависят от специализации конкретного

предприятия и используемых им технологий, которые также определяют загрязняющие вещества и их концентрацию в сточных водах до очистки.

2.2 Характеристика сточных вод в приоритетных областях применения НДТ

В настоящем подразделе приведена характеристика сточных вод предприятий, относящихся к областям применения НДТ, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 24 декабря 2014 г. № 2674-р. В перечень включены предприятия, хозяйственная и (или) иная деятельность которых оказывает значительное негативное воздействие на состояние окружающей среды.

На ряде предприятий исторически сложились схемы водопользования, когда на очистные сооружения поступают не только неочищенные сточные воды других предприятий (абонентов), но и коммунальные стоки водоканалов. Принимающее предприятие смешивает поступающие сточные воды со своими производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами для очистки и последующего сброса в водный объект.

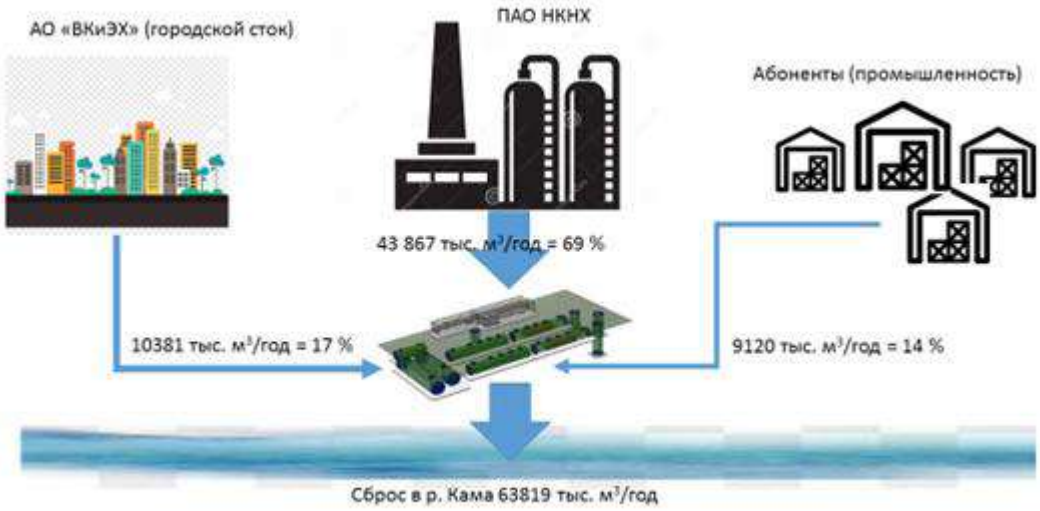

Рисунок 2.1 – Организация ЦСВ на примере Нижнекамского промышленного узла

При реализации подобной схемы при создании очистных сооружений целесообразно использование нескольких справочников ИТС, включая ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

2.2.1 Сточные воды энергетического комплекса

Предприятия энергетического комплекса являются одним из основных потребителей природной воды. Воздействие на гидросферу при эксплуатации ТЭС характеризуется:

- изменением естественного материального баланса водной среды под воздействием забора больших объемов воды;
- объемами сбросов загрязняющих веществ и изменением содержания загрязняющих веществ в воде поверхностных водных объектов.

По данным Государственной статистической отчетности (форма 2 ТП водхоз) предприятия используют забранную воду на производственные, хозяйственно-питьевые нужды и другие цели, а также передают забранную воду другим предприятиям, как без использования, так и после использования (в том числе для очистки). Общие сведения об использовании воды приведены в таблице 2.2 и на рисунке 2.2.

Таблица 2.2 – Использование водных ресурсов в млн м³

	2015	2016	2017	2018	2019
Забор воды из природных водных объектов для использования	68,0	61,3	59,7	60,9	59,0
Использование свежей воды	54,5	54,6	53,5	53,0	51,2
Оборотное и последовательное использование воды	138,9	137,9	138,7	144,2	144,2
В процентах от общего использования воды на производственные нужды	82	82	82	83	84

По данным Росводресурсов за 2020 год



Рисунок 2.2 – Использование свежей воды в млн м³

На ТЭС действуют системы оборотного и повторного водоснабжения.

Воздействие от КТЭУ (ТЭС) на водные объекты укрупненно подразделяется на сточные и сбросные воды технологических процессов:

- сточные воды систем охлаждения ТЭС;
- сточные воды водоподготовительных установок;
- сточные воды, загрязненные нефтепродуктами;
- поверхностный сток с промплощадки ТЭС, дренажные воды производственных помещений и подземных сооружений;
- сбросные воды от химических очисток и консервации оборудования;
- воды, сбрасываемые системами гидрошлакозолоудаления;
- сбросные воды обмывки регенеративных воздухоподогревателей и конвективных поверхностей нагрева котлов, работающих на мазуте.

Более подробно информация представлена в соответствующем разделе ИТС 38-2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии».

Пример:

Тип объекта – ТЭС.

Водоотведение реализуется через следующие системы: канализация бытовая; канализация дождевая; канализация нефтесодержащих стоков; канализация условно чистых вод.

Дождевые и нефтесодержащие сточные воды проходят очистку на очистных сооружениях в следующем составе: аккумулирующие резервуары; блок механической очистки дождевых и производственных сточных вод ВПУ; приемные резервуары нефтесодержащих стоков; блок механической очистки нефтесодержащих сточных вод; блок доочистки; резервуар очищенных стоков; блок обеззараживания; блок обработки осадков.

2.2.2 Сточные воды горнодобывающей промышленности

Добыча полезных ископаемых оказывает значительное воздействие на недра за счет изъятия горной массы из недр и нарушения состояния геологической среды. В ходе ведения открытых горных работ активизируются опасные геологические процессы и явления, такие как оползни, промоины, овражная эрозия, плоскостной смыв, заболачивание и др.

Данные процессы оказывают негативное воздействие на почвенно-растительный покров и могут влиять на водный баланс территории.

На этапе эксплуатации вскрышные и добычные работы, а также операции по размещению отходов сопровождаются нарушением ландшафтов, утратой растительного и почвенного покрова, местообитаний на территории производства работ. Внешние отвалы отходов добычи могут занимать значительные площади, преобразуя естественный рельеф местности, и являться источником загрязнения поверхностных и грунтовых вод.

Водоотлив изменяет направление движения подземных вод в районе действия горнодобывающего предприятия, сопровождается понижением уровня подземных вод с формированием депрессионной воронки, превосходящей размеры шахтного (карьерного) поля. Данные процессы приводят к изменению водного баланса прилегающей территории.

Для очистки шахтных и карьерных вод перед сбросом в водный объект на территории используют очистные сооружения.

При эксплуатации горнодобывающего предприятия образуются поверхностные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Отведение сточных вод осуществляется в централизованную систему канализации либо на очистные сооружения с последующим сбросом в водный объект.

Пруды-отстойники и другие очистные сооружения могут быть источником загрязнения подземных вод и почв при фильтрации загрязненных сточных вод через основание и дамбы.

Воздействие сброса сточных вод в поверхностные водные объекты проявляется в изменении гидрологического и температурного режима водотока, химического состава, повышении мутности и заиливании дна, что негативно сказывается на водном биоразнообразии, а также на возможностях использования водного объекта в хозяйственных и рекреационных целях.

Данные по воздействию на этапах строительства, эксплуатации и закрытия объектов приведены в ИТС 16-2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».

Пример:

Тип объекта – открытый рудник.

При отработке месторождения на очистку направляют следующие виды сточных вод:

- карьерные воды;
- поверхностные сточные воды с промышленных площадок;
- хозяйственно-бытовые сточные воды.

Подотвальные сточные воды используются в системе оборотного водоснабжения обогатительной фабрики; для сбора, аккумуляции и транспортировки их в хвостохранилище предусмотрена система водоотведения с прудами-накопителями. В связи с территориальной удаленностью площадок система водоотведения решается локально для каждой площадки с выводом постоянно образующихся карьерных вод и формирующихся сезонных подотвальных и поверхностных сточных вод.

Карьерные и поверхностные сточные воды поступают в пруд-накопитель карьерных вод для аккумуляции сточных вод, их усреднения по составу и расходу. Карьерные воды через пруд-накопитель направляются на очистку на очистные сооружения, где проходят очистку совместно с поверхностными сточными водами.

После очистки на локальных очистных сооружениях сточные воды совместно с карьерными и хозяйственно-бытовыми сточными водами направляются на сброс в поверхностный водный объект.

Пример:

Тип объекта – подземный рудник.

При эксплуатации подземного рудника образуются хозяйственно-бытовые, поверхностные, подотвальные и шахтные стоки.

Поверхностный сток с наземной территории рудника, а также подотвальный сток направляются раздельно на очистку на комплектных очистных сооружениях,

выполненных в контейнерном исполнении с обогревом и усиленной теплоизоляцией, полной заводской готовности. Очистные сооружения предусматривают предварительное отстаивание стоков в пруду-отстойнике с последующим двухступенчатым физико-химическим осветлением на механических и сорбционных фильтрах с применением коагуляции и окисления.

Очищенные подотвальные и шахтные стоки сбрасываются в поверхностный водный объект.

Данные по основным потокам и эмиссиям при открытой разработке железорудных месторождений приведены в соответствующем разделе ИТС 25-2021 «Добыча и обогащение железных руд».

Сточные воды карьеров формируются в основном из карьерных, дренажных и атмосферных сточных вод. В процессе осушения месторождения и откачки воды из карьера происходит, кроме количественного истощения запасов подземных вод, загрязнение водных объектов веществами, содержащимися в откачиваемых из карьера сточных водах, в первую очередь – взвешенными веществами, представленными частицами полезного ископаемого и вмещающих пород разной крупности.

При использовании гидравлических способов разработки и переработки полезных ископаемых технологические сточные воды образуются в значительных объемах.

Так, на Лебединском ГОК потребности в воде на 98,8 % осуществляются за счет повторного ее использования. Речная вода используется только на компенсацию испарения и фильтрационных потерь в хвостохранилище.

Данные по воздействию добычи и обогащения руд на состояние окружающей среды приведены в ИТС 23-2017 «Добыча и обогащение руд цветных металлов», ИТС 25-2021 «Добыча и обогащение железных руд» и других.

Пример:
Тип объекта – месторождение полиметаллических руд.

При отработке месторождения предусмотрены:

- очистка карьерных сточных вод на очистных сооружениях перед выпуском в водный объект;
- очистка подотвальных сточных вод на локальных очистных сооружениях (ЛОС) перед выпуском в водный объект;
- очистка ливневых, талых, поливомоечных сточных вод промплощадки на очистных сооружениях. После очистки сточные воды отводятся в пожарные водоемы, откуда вода используется в т.ч. на поливомоечные нужды. Излишки отводятся на сброс;
- очистка бытовых сточных вод на очистных сооружениях с обеззараживанием.

Пример:
Тип объекта – гидрометаллургический цех.

На промплощадке имеются следующие системы водоотведения:

- канализация бытовая;
- канализация дождевая;
- водосборная сеть склада кека.

Бытовые сточные воды в сети предприятия и далее направляются на очистные сооружения местного водоканала.

Отвод поверхностных сточных вод с территории промплощадки происходит системой канав в отстойник, оборудованный противофильтрационным экраном из геомембраны, для аккумуляции и механической очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Для удаления нефтепродуктов в отстойнике предусматривается устройство нефтесорбирующих бонов, из которых формируется заграждение, которое размещается на поверхности воды в каждой из секций отстойника.

Очищенный поверхностный сток подается в систему оборотного водоснабжения для полного использования в технологическом процессе. Поскольку сточные воды в полном объеме используются в технологической системе водоснабжения, степень очистки принята исключительно для технологических целей, нормирование сбросов в водный объект не требуется.

2.2.3 Сточные воды угледобывающей промышленности

Формирование сточных вод осуществляется практически на всех этапах технологического процесса при проведении горных выработок. Сточные воды можно разделить по происхождению на следующие группы.

1 Шахтные и карьерные воды (более 90 % массы сточных вод). Они содержат взвешенные вещества (неорганическую пыль) от проведения буровзрывных, вскрышных и добычных работ; нефтепродукты от разлива масел, топлива, эмульсии; нитриты и нитраты, образующиеся при взрывании взрывчатых веществ; железо, образующееся в результате окисления пирита (зачастую встречается во вмещающих породах), металлических конструкций и частей оборудования. Под шахтами и разрезами формируются депрессионные воронки, в которые собираются подземные и поверхностные воды с большой территории.

2 Хозяйственно-бытовые воды.

3 Технологические (производственные) воды, образующиеся в процессе работы обогатительной фабрики. Как правило, эти воды очищаются и повторно используются в технологическом процессе. Например, на некоторых обогатительных фабриках реализованы проекты реконструкции, предусматривающие замыкание водно-шламовых схем, что позволяет не сбрасывать смесь воды и угольной пыли (шлам) в пруды-отстойники, а запускать ее в повторный цикл после отделения шлама на фильтр-прессах.

4 Поверхностные (ливневые) воды. На предприятиях угольной промышленности они обычно отводятся вместе с карьерными, шахтными и производственными водами на общие очистные сооружения.

Часть сточных вод может быть возвращена в технологический процесс. Однако вернуть в технологический процесс удается лишь небольшую долю сточных вод (до 10 %), формирующихся на угледобывающих предприятиях. Таким образом, требуется строительство очистных сооружений.

Методы очистки сточных вод применяются в различных сочетаниях в зависимости от качества воды, подаваемой на очистку. Кроме того, на схемы очистных сооружений влияют экономическое состояние предприятий, требования контролирующих органов и

исторические факторы. Решение о возможности реализации того или иного способа очистки и (или) их комбинаций определяется индивидуально в каждом конкретном случае. Подробная информация приведена в ИТС 37-2017 «Добыча и обогащение угля».

Пример:

Тип объекта – очистные сооружения угледобывающего комплекса.

Для очистки на очистные сооружения поступают:

- шахтные воды;
- стоки ливневой и производственной канализации;
- стоки ливневой канализации с площадки очистных сооружений шахтных, ливневых и производственных стоков.

Очистные сооружения включают следующие этапы очистки:

- предварительная обработка стоков – введение растворов коагулянтов и флокулянтов в трубопроводы шахтной воды перед подачей стоков в отстойник шахтных, ливневых и производственных стоков;
- отстаивание в горизонтальном отстойнике шахтных, ливневых и производственных стоков – земляная заглубленная открытая емкость, разделенная на две карты разделительной дамбой: карта № 1 и карта № 2 (одна карта рабочая, другая резервная);
- очистка в блоках динамического осветления в здании насосно-фильтровальной станции.

Сброс очищенной воды происходит в поверхностный водный объект, при этом предусмотрена возможность использования очищенной воды на технологические нужды шахты.

Пример:

Тип объекта – подземная добыча угля.

Добыча ведется с параллельным водопонижением уровней воды в затопленных шахтных выработках путем последовательного вскрытия выработок горными работами и контролируемым спуском воды из них в выработанное пространство разреза и дальнейшей откачкой смешанных карьерных и поверхностных сточных вод в очистные сооружения участка.

Для организации сбора и отвода подземных и поверхностных стоков в выработке (в пониженных местах) предусмотрено устройство зумпфов-водосборников, откуда водоотливными установками по напорным трубопроводам карьерные сточные воды перекачиваются в очистные сооружения сточных вод участка.

Для организации сбора и отвода поверхностных стоков с внешних породных отвалов вдоль подошвы отвалов имеются водосборные канавы с отводом стоков в выработку участка и в пруды-отстойники поверхностных сточных вод, конструктивно представляющие собой грунтовые выемки (копаные емкости) прямоугольной формы. По дну и бортам отстойников предусмотрено устройство противофильтрационных экранов толщиной 0,5 м из глины. Для очистки поверхностных вод от нефтепродуктов предусмотрено использование бонов с сорбентом. Из прудов-отстойников в водооборотный цикл на технологические нужды забирают все аккумулированные в них объемы воды.

Отвод и очистка карьерных сточных вод происходят в очистных сооружениях котлованного типа, выполненных в виде выемки, состоящих из: приемной емкости; секции осветленной воды; фильтрующего массива; секции чистой воды.

2.2.4 Сточные воды при переработке природного и попутного газа

Текущие уровни эмиссий, потребления ресурсов и удельные показатели образования отходов технологий переработки природного газа приведены в ИТС 50-2017 «Переработка природного и попутного газа». Основную часть эмиссий загрязняющих веществ при переработке газа составляют выбросы в атмосферный воздух, однако на любом предприятии присутствуют технические сооружения, эксплуатация которых приводит к появлению сточных вод, для которых требуется предусмотреть системы очистки и отведения.

Пример:

Тип объекта – газоперерабатывающий завод (ГПЗ).

На ГПЗ образуются бытовые, производственные, производственно-дождевые, солесодержащие, дождевые сточные воды, которые собираются в сети канализации и в напорном режиме посредством КНС отводятся на дальнейшую очистку на площадку КОС.

На площадке ГПЗ имеются следующие системы канализации:

- хозяйственно-бытовых сточных вод с комплексом биологической очистки и сбросом в водный объект;

- производственно-дождевой канализации – предназначена для приема и отвода сточных вод от производственных процессов, от гидроиспытаний, пропарки и промывки технологического оборудования, атмосферных осадков с отбортованных или обвалованных площадок склада дизтоплива, дизельных электростанций собственных нужд. Система производственно-дождевой канализации рассчитана на прием 50 % противопожарного расхода воды;

- дождевой канализации – предназначена для сбора дождевых сточных вод с дорог, проездов, незастроенной территории, кровель зданий, стоянок автотранспорта, которые собираются через дождеприемники и водоотводные канавы в сеть дождевой канализации.

На площадке КОС предусмотрены следующие сооружения: КОС хозяйственно-бытовых стоков, КОС производственно-дождевых и дождевых стоков; резервуары (усреднители) бытовых стоков; резервуар (усреднитель) производственно-дождевых стоков; резервуары (усреднители) дождевых стоков; резервуары очищенных стоков; насосная станция перекачки очищенных стоков; КНС бытовых стоков.

Загрязненные производственно-дождевые и дождевые сточные воды направляются на совместную очистку на единых КОС, включающих следующие этапы очистки: механическая очистка; физико-химическая очистка; доочистка на осветлительных и угольных сорбционных фильтрах; обеззараживание.

Излишек очищенных производственно-дождевых и дождевых сточных вод, не востребованный на производственные и противопожарные нужды ГПЗ, направляется на сброс в водный объект совместно с очищенными бытовыми стоками.

2.2.5 Сточные воды химической промышленности

Для каждого типа предприятий химической промышленности характерен свой состав сточных вод, что требует индивидуального подхода при выборе метода и оборудования для их очистки.

Рассматривая сбросы производственных сточных вод предприятий химической промышленности, следует отметить, что в большинстве случаев сброс напрямую в водный объект не осуществляется.

Способы снижения сбросов:

- предварительная очистка сточных вод перед сбросом во внешние источники;
- снижение образования сточных вод за счет вторичного использования в производственных процессах, организации и (или) модернизации водооборотных циклов (в частности, внедрение бессточных систем);
- сжигание стоков;
- передача третьим лицам для вторичного использования либо с целью более глубокой очистки на сторонних очистных сооружениях.

На большинстве производств технологические сточные воды собираются, очищаются от загрязняющих веществ и направляются на повторное использование в производстве. Дебалансные воды, которые не могут быть использованы, после очистки сбрасываются в поверхностные водные объекты или удаляются в водовмещающие пласты горных пород (раздел 1.4.5 ИТС НДТ 47-2017), или передаются сторонним организациям для дальнейшего использования или очистки, или могут быть дополнительно очищены на собственных очистных сооружениях.

Подробная информация по составу сточных вод отрасли представлена в отраслевых справочниках по НДТ ИТС 18-2019 «Производство основных органических химических веществ», ИТС 19-2020 «Производство твердых и других неорганических химических веществ», ИТС 31-2021 «Производство продукции тонкого органического синтеза», ИТС 32-2022 «Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых» и некоторых других.

Пример:

Тип объекта – комплекс по производству основных органических продуктов.

На комплексе предусмотрены следующие системы водоотведения:

- система бытовой канализации – для приема и отведения бытовых сточных вод;
- система ливневой канализации – для сбора и отвода поверхностного стока (дождевого и талого);
- система промливневой канализации – для приема и отвода нейтральных нефтесодержащих производственных сточных вод и ливневых вод с территории технологических установок, из обвалований парков;
- система химзагрязненной канализации – для отвода в напорном режиме химзагрязненных стоков от технологического оборудования, а также отвода сточных вод самотеком с очистных сооружений в сеть предприятия в случае нарушения работы очистных сооружений.

Стоки промливневой, химзагрязненной канализаций и часть стоков бытовой канализации направляются на очистные сооружения сточных вод с последующим возвратом очищенных стоков на технологические нужды.

На очистных сооружениях реализованы следующие методы очистки: механическая очистка в радиальных отстойниках; физико-химическая очистка, включая коагуляцию, флокуляцию, флотацию воздухом; биологическая очистка: в аэротенках; ультрафильтрация в мембранном резервуаре; доочистка на установке обратного осмоса; а также обезвоживание нефтяного шлама и осадка.

Очищенные промышленные сточные воды после установки обратного осмоса скважинными насосами высокого давления закачиваются в скважины.

2.2.6 Сточные воды предприятий пищевой промышленности и животноводства

Сточные воды при производстве продуктов питания весьма различны по составу, тем не менее для них, как правило, характерны высокие значения ХПК и БПК. Также могут отмечаться высокие концентрации общего азота и фосфора, преимущественно в составе органических соединений, а также в виде фосфатов, если они применяются в технологическом процессе, например, при производстве колбасных изделий.

Состав сточных вод от интенсивного разведения свиней в большой степени зависит от организации процесса обращения с навозом/пометом. Эти сточные воды высоко загрязнены не только органическими веществами, но и аммонийным азотом.

Также в сточных водах некоторых пищевых производств, например, растительного масла, может иметь место пониженное содержание азота и фосфора, что может являться проблемой для процесса биологической очистки сточных вод (идеальное соотношение БПК : N : P составляет примерно 100 : 5 : 1).

Более подробно информация представлена в соответствующих разделах ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания, ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней» и ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы».

2.2.7 Сточные воды легкой промышленности

Основные воздействия на окружающую среду оказывают сточные воды текстильной и кожевенной промышленности.

Сточные воды текстильной промышленности содержат: взвешенные вещества, соединения фосфора и азота, металлов (железа, меди, цинка, никеля, хрома и др.), нитраты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), сульфаты, хлориды и др. Экологической проблемой является загрязнение сточных вод красителями, хорошо заметными визуально. При отбелке тканей соединениями хлора в сточных водах может присутствовать заметное количество хлорорганических соединений.

Сточные воды, образующиеся на кожевенных заводах, содержат: хлориды, сульфаты, гидроксид кальция, сульфиды, соединения хрома, белковые вещества (присутствие которых обусловливает высокое значение БПК), дубильные вещества, ПАВ, жировые вещества, красители и проч. В процессе промывки шкур и кож в сточные воды попадает поваренная соль, вымываемая из законсервированных солевым методом шкур крупного рогатого скота. В процессе золения (обработка шкур высококонцентрированным сульфидом натрия и извести), необходимого для

растворения шерсти, образуется зольный раствор, который после отстаивания и донасыщения используется повторно, а также образуются токсичные сточные воды, содержащие 5,0–8,0 г/л сульфидов. В случае сброса обеззоливающего раствора в общий поток сточных вод увеличивается концентрация аммонийного азота и сульфатов, наблюдается превышение ПДК в десятки раз. При применении на кожевенных заводах коагулянтов для очистки сточных вод образуется значительное количество осадка (до 75 % к массе перерабатываемого сырья) с высокой влажностью – до 85 %.

2.3 Описание применяемых технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод

Очистка производственных сточных вод осуществляется с целью защиты водных объектов от загрязнения (снижения негативной нагрузки на принимающий водный объект), повторного использования очищенных сточных вод для технических нужд предприятий, создания систем оборотного водоснабжения, рекуперации и последующей утилизации ценных компонентов сточных вод.

Разработка универсальной технологической схемы очистки практически невозможна в связи с разнообразием физико-химического состава сточных вод различных производств. Поэтому для различных категорий производственных сточных вод следует разрабатывать технологические схемы их очистки на основе типовых решений для различных отраслей промышленности.

Основным критерием при выборе технологии очистки промышленных сточных вод является состав воды, а именно наличие в ней тех или иных загрязняющих веществ. В зависимости от состава воды проектируются локальные и общие (общезаводские и централизованные) системы очистки сточных вод промышленных предприятий.

Укрупненно, в зависимости от состава, промышленные сточные воды можно условно разделить на три группы:

- сточные воды, загрязненные минеральными веществами. Это сточные воды предприятий металлургической, машиностроительной, горно- и угледобывающей промышленности, предприятий по производству минеральных удобрений, кислот, строительных материалов и др.;

- сточные воды, загрязненные преимущественно органическими примесями. Это сточные воды, образующиеся на предприятиях мясомолочной, рыбной, пищевой, целлюлозно-бумажной, микробиологической, химической промышленности, а также предприятий по производству пластмасс, каучука и др.;

- сточные воды, загрязненные одновременно минеральными и органическими веществами. Это сточные воды, образующиеся в технологическом процессе предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности, к этой же группе могут быть отнесены сточные воды полигонов ТБО, предприятий по производству сахара, витаминов, консервов, бумаги, продуктов органического синтеза и др.



Рисунок 2.3 – Классификация производственных сточных вод по основным загрязняющим веществам

Приведенная классификация, представленная в таблице 2.3 и на рисунке 2.4, является не единственно возможной, однако ее можно взять за основу на начальном этапе проектирования очистных сооружений.

Основные загрязнители сточных вод и соответствующие методы их очистки приведены в таблице 2.4.

Существующие методы очистки сточных вод подразделяются на:

- физические (механические) методы очистки сточных вод, в основном применяемые для удаления взвешенных веществ, включают, но не ограничиваются, отстаиванием, фильтрованием, центрифугированием и другими;
- химические методы очистки сточных вод в основном базируются на окислительно-восстановительных реакциях, в том числе на реакции нейтрализации;
- физико-химические методы очистки сточных вод включают, но не ограничиваются методами коагуляции, флотации, сорбции, экстракции, а также термическими методами очистки и обезвреживания;
- электрохимические методы очистки сточных вод;
- биологические методы очистки сточных вод.

Таблица 2.3 – Классификация методов очистки производственных сточных вод

№ п/п	Методы очистки сточных вод	Технологии
1	Физические (механические)	Процеживание и отстаивание. Удаление всплывающих примесей. Удаление взвешенных частиц под действием. центробежных сил (осаждение в гидроциклонах, центрифугирование и др.). Удаление твердых взвешенных веществ фильтрованием (фильтрование через зернистый слой, через фильтрующие и (или) мембранные перегородки и др.)
2	Химические	Нейтрализация сточных вод и перевод ионов тяжелых металлов в малорастворимое состояние (реагентная нейтрализация сточных вод, перевод ионов тяжелых металлов в малорастворимое состояние, фильтрование кислых сточных вод через нейтрализующие материалы, нейтрализация смешением сточных вод и др.). Окисление примесей сточных вод с использованием газообразного и сжиженного хлора, диоксида хлора, хлорной извести, гипохлоритов кальция и натрия, перманганата калия, бихромата калия, перекиси водорода, кислорода воздуха, озона, пиролюзита и др.). Восстановление примесей сточных вод
3	Физико-химические	Коагуляция. Флокуляция. Флотация. Адсорбция и ионный обмен. Экстракция. Термические методы очистки и обезвреживания сточных вод (выпаривание, огневое обезвреживание и др.)
4	Электрохимические	Электрохимическое окисление и восстановление. Электрокоагуляция. Электрофлотация. Другое
5	Биологические методы очистки сточных вод	Аэрационная очистка сточных вод в биологических реакторах с активным илом. Очистка сточных вод на биофильтрах

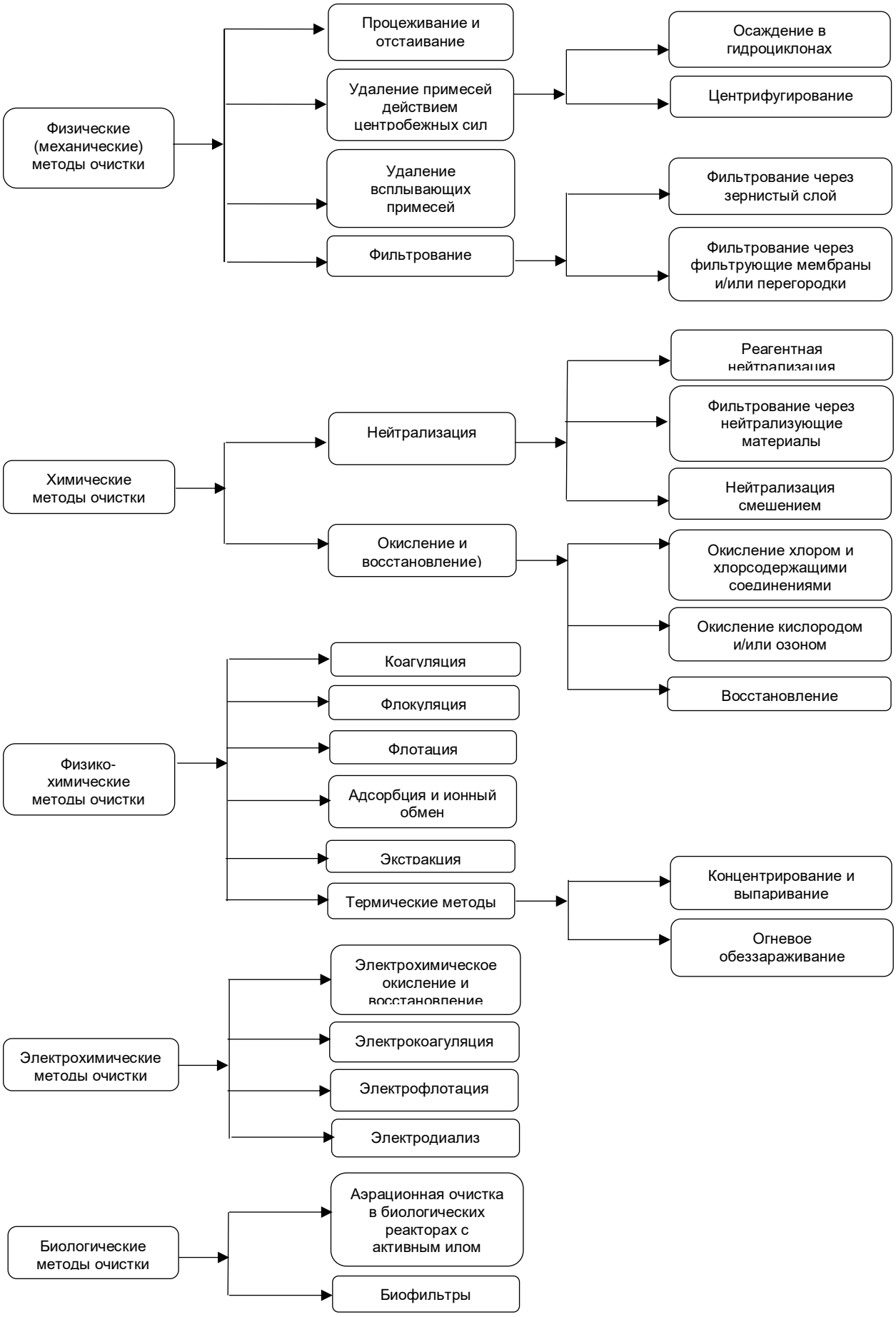

Рисунок 2.4 – Классификация методов очистки производственных сточных вод

Таблица 2.4 – Основные загрязнители сточных вод и соответствующие методы их очистки

Технология	Взвешенные вещества	БПК ХПК ООУ	Трудно окисляемые ХПК/ ООУ	АОХ, ЭОХ (экстрагируемые органически связанные галогены)	Азот общий	Азот аммонийный, аммиак	Фосфаты (по фосфору)	Тяжелые металлы	Сульфиды	Сульфаты	Фенолы	Нефтепродукты, нефть	Кислоты, щелочи
Нейтрализация	(X)							(X)					X
Сепарация	X												
Коагуляция/ флокуляция	X	X[1,2]						X	X			X[1]	
Осаждение	X	X[3]						X[4]	X[5]				
Флотация	X	X[1]						X[4]				X	
Фильтрование	X	X[3]						X[4]					
Микрофильтрация/ ультрафильтрация	X[6]	X[2,3]						X				X	
Разделение нефти и воды	X	X										X	
Гидроциклонирование	X												
Электрокоагуляция	X	X						X					
Химическое осаждение			X				X	X		X			
Кристаллизация							X	X					
Химическое окисление (предварительное)		X	X	X					X		X		
Окисление перекисью водорода (предварительное)[7]		X	X	X	X						X		

Продолжение таблицы 2.4

Технология	Взве-шен-ные веще-ства	БПК ХПК ООУ	Трудно окисля-емые ХПК/ ООУ	АОХ, ЭОХ (экстраги-руемые органически связанные галогены)	Азот общий	Азот аммо-нийный, аммиак	Фосфаты (по фосфору)	Тяже-лые метал-лы	Суль-фиды	Суль-фаты	Фено-лы	Нефте-продукты, нефть	Кислоты, щелочи
Окисление кислородом[7]		X	X	X							X		
Химическое восстановление								X[8]					
Гидролиз		X		X									
Нанофильтрация / обратный осмос		X	X	X	X	X	X	X			X		
Электродиализ			X										
Адсорбция		X[9]	X	X	X	X		X			X	X	
Ионный обмен		X[10]						X		X			
Экстракция		X	X	X							X		
Дистилляция		X	X	X									
Испарение[7]		X[11]		X	X	X	X	X					
Первапорация		X[12]	X[12]	X[12]									
Сжигание сточных вод[7]		X	X	X[13]	X	X		X[14]			X	X	
Анаэробная очистка		X		X[15]	X[15]			X[16,17]		X			
Биологическое удаление соединений серы/ тяжелых металлов								X	X	X			
Аэробная очистка		X		X[15]	X	X	X	(X)	X		X		
Нитрификация/ денитрификация					X	X							

Окончание таблицы 2.4

Технология	Взве-шенные веще-ства	БПК ХПК ООУ	Трудно окисляемые ХПК/ ООУ	АОХ, ЭОХ (экстраги-руемые органически связанные галогены)	Азот общий	Азот аммо-нийный, аммиак	Фос-фаты (по фос-фору)	Тяже-лые метал-лы	Суль-фиды	Суль-фаты	Фено-лы	Нефте-продукты, нефть	Кис-лоты, ще-лочи
Биологическое удаление фосфора							X						
Удаление фосфора химическим осаждением							X						
Отстойники	X	X											
Песчаные фильтры	X												

Примечание.
(1) – нерастворенные органические вещества;
(2) – некоторые макромолекулы;
(3) – только твердые вещества;
(4) – нерастворенные соединения тяжелых металлов;
(5) – коллоиды;
(6) – мелкодисперсные вещества;
(7) – методы, применимые к концентрированным сточным водам;
(8) – Cr(VI);
(9) – включая красители, поверхностно-активные вещества, нитросоединения, хлорсодержащие соединения, фенолы
(10) – ионные органические вещества;
(11) – нелетучие органические вещества;
(12) – летучие органические вещества;
(13) – требуется специальное оборудование для сжигания сточных вод;
(14) – переносится в золу или сточные воды, поступающие из мусоросжигательной установки;
(15) – только биоразлагаемая часть;
(16) – в сочетании с соединениями серы, осажденными в виде сульфидов;
(17) – переносится в осадок.

Ниже рассмотрены основные процессы очистки промышленных сточных вод и приведено краткое описание физических, химических, физико-химических и биологических методов очистки и обезвреживания сточных вод, использование которых способно обеспечить высокую степень очистки.

Для удаления взвешенных веществ из сточных вод используются гидромеханические процессы процеживания (периодические и непрерывные), отстаивания (гравитационное и центробежное), фильтрования. Коллоидные примеси удаляются методом агрегации с использованием коагулянтов и (или) флокулянтов. Выбор метода зависит от размера взвешенных частиц, их концентрации и физико-химических свойств, расхода сточных вод и требуемого уровня эффективности очистки.

Химическая обработка промышленных сточных вод может применяться как самостоятельный метод очистки для использования очищенных стоков в оборотном снабжении предприятия или в качестве предварительной очистки перед их подачей на биологическую очистку, а также после нее как метод доочистки или как метод, обеспечивающий извлечение из сточных вод ценных компонентов. К химическим методам очистки относятся процессы нейтрализации (допустимыми значениями pH считается интервал от 6,5 до 8,0 ед. pH), перевода ионов тяжелых металлов в малорастворимые соединения, окисления и восстановления.

Физико-химические методы используются для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных твердых и (или) жидких частиц (агрегатов), растворенных газов, минеральных и органических веществ. К таким методам относятся процессы коагуляции, флотации, адсорбции, ионного обмена, экстракции, мембранные методы (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос) и другие. Эти методы позволяют достигать глубокой и стабильной степени очистки при меньшей чувствительности к изменениям нагрузки и составу сточных вод. Технологические схемы с применением данных методов могут быть легко автоматизированы и использованы для рекуперации и последующей утилизации ценных компонентов сточных вод.

Электрохимические методы очистки природных и сточных вод основаны на использовании электрической энергии.

Биологический метод является наиболее универсальным и широко применяемым при очистке сточных вод различной категории. Он основан на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества в качестве питания в процессе своей жизнедеятельности. Процесс разрушения органических и неокисленных неорганических веществ, называемый биохимическим окислением, протекает с участием аэробных или анаэробных микроорганизмов.

Аэробные процессы очистки, основанные на использовании аэробных групп микроорганизмов, применяются преимущественно для минерализации органических веществ, растворенных в жидкой фазе сточных вод. Анаэробные микробиологические процессы применяются для минерализации как растворенных органических веществ, так и твердой фазы сточных вод, они протекают в замедленном темпе, идут без доступа кислорода и используются главным образом для сбраживания осадков сточных вод.

Процессы биохимического окисления осуществляются как в естественных условиях (поля фильтрации, биологические пруды), так и в искусственно созданных очистных сооружениях – биологических реакторах (биофильтры и аэротенки). Действующим агентом очистки в аэротенках является активный ил, в биофильтрах −

биологическая пленка, которые представляют собой частицы органического вещества, населенные различными группами микроорганизмов.

Представленный перечень методов носит информативный характер, не является законченным и неизменным. Более подробные примеры методов построения систем очистки производственных сточных вод приведены в соответствующих отраслевых справочниках.

2.4 Подходы, методы, меры и мероприятия, направленные на очистку производственных сточных вод от основных загрязняющих веществ

В данном разделе представлены базовые подходы к очистке сточных вод от наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ, представленных в значимых концентрациях. Уточненные технологические решения и мероприятия представлены в отраслевых справочниках ИТС.

2.4.1 Очистка от взвешенных веществ

В сточных водах предприятий практически всех рассматриваемых отраслей промышленности содержатся взвешенные вещества – минеральные и органические загрязнения.

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют механические методы, часто дополняемые коагуляцией и флокуляцией: процеживание, отстаивание, гидроциклонирование, центрифугирование, флотацию, фильтрование.

Для выделения грубых крупнодисперсных частиц загрязняющих веществ, а также попавшего в воду мусора большинство предприятий устанавливают в лоток, по которому отводятся сточные воды, решетки, чаще всего – с ручным съемом задержанных веществ. Иногда решетки устанавливают в колодце и в приемных резервуарах насосных станций.

Мелкодисперсные взвешенные вещества предприятия удаляют главным образом в отстойниках. На большинстве предприятий используют горизонтальные отстойники, которые компактны и поэтому при равных гидравлических нагрузках (в сравнении с другими отстойниками) занимают меньшие площади. При этом многие предприятия сталкиваются со сложностями эксплуатации таких отстойников вследствие трудности удаления выпавшего осадка, поскольку применяемые скребковые механизмы часто выходят из строя и осадок приходится выгружать вручную после опорожнения отстойника. Эффективность очистки и уровни сбросов при осаждении твердых частиц приведены в таблице 2.5.

Для интенсификации удаления плавающих загрязнений (нефтепродуктов, масел, жиров и проч.) отдельные предприятия применяют скиммеры различной конструкции.

Таблица 2.5 – Эффективность очистки и уровни сбросов при осаждении твердых частиц

Загрязнитель	Эффективность очистки (%)	Уровень сбросов (мг/л)	Комментарии
Взвешенные вещества	60–90	5–35(1)	после окончательного осветления
Осаждаемые твердые вещества	90–95	нет информации	
Примечание. (1) – среднее годовое значение 24-часовых составных проб.			

Поскольку эффективность выделения взвешенных загрязняющих веществ в отстойниках зависит от продолжительности отстаивания, многие предприятия применяют отстойники, оборудованные блоками (модулями) тонкослойных пластин, что позволяет сократить время отстаивания сточных вод. При этом высота слоя отстаивания составляет 70–100 мм, что значительно меньше слоя в традиционных отстойниках. Чем меньше толщина слоя сточной воды, тем ниже удельная нагрузка на площадь отстаивания.

На многих предприятиях для повышения эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют реагенты – коагулянты и флокулянты. В этом случае отстойные сооружения включают камеры реакции и хлопьеобразования.

Для выделения мелкодисперсной взвеси, например, угольной мелочи, на многих предприятиях применяют реагентную напорную флотацию. При этом в очистном сооружении камера флотации совмещена с камерой хлопьеобразования. Эффективность очистки и уровни сбросов в процессе флотации приведены в таблице 2.6.

Для глубокой очистки от взвешенных мелкодисперсных коллоидных загрязняющих веществ многие предприятия применяют фильтрование, что в большинстве случаев позволяет использовать очищенную воду в технологических процессах.

Многие предприятия используют фильтры в качестве второй и третьей ступеней осветления в схеме с отстойниками или флотаторами. Эффективность очистки и уровни сбросов, связанные с фильтрацией, приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.6 – Эффективность очистки и уровни сбросов в процессе флотации

Загрязнитель	Эффективность очистки (%)	Уровень сбросов (мг/л)
Взвешенные вещества	85–96	5–30(1)

Таблица 2.7 – Эффективность очистки и уровни сбросов, связанные с фильтрацией

Загрязнитель	Эффективность очистки (%)	Уровень выбросов (мг/л)	Комментарии
Взвешенные вещества	нет информации	< 10 мг/л	хлопья активного ила
	80–99,99	< 10 мг/л	песчаный фильтр

Для повышения эффекта механической очистки сточных вод многие предприятия применяют физико-химические методы очистки. На большинстве предприятий используют коагулянты, флокулянты и композиционные материалы, корректируя при этом pH подщелачиванием или подкислением. На ряде предприятий благодаря

использованию полиоксихлорида алюминия в качестве реагента эффективность коагуляционной очистки сточных вод значительно повышается.

На ряде предприятий используют только флокулянты; иногда коагулянты и флокулянты используют совместно.

В качестве самостоятельных реагентов при осветлении сточных вод, содержащих минеральные примеси различной природы (угольную пыль, алюмосиликаты, желтый железоокисный пигмент, гидроксиды металлов), на многих предприятиях используют анионные и катионные флокулянты.

При использовании минерального коагулянта совместно с анионными или катионными флокулянтами отдельные предприятия достигают 92–97 % эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ с одновременным снижением ХПК от 30 % до 90 % в зависимости от начальной величины.

Для очистки сточных вод окрасочных производств на ряде предприятий используют сульфат или хлорид алюминия в дозах 50–100 мг/дм³, что позволяет снизить величину ХПК на 65–68 % и удалить взвешенные вещества на 88–99 %.

Для очистки моющих растворов, применяемых на моющих установках, на многих предприятиях применяют ультрафильтрацию, поскольку ультрафильтрационные мембраны задерживают загрязнения, находящиеся в моющем растворе, пропуская элементы моющего раствора и ПАВ примерно на 70 %, что позволяет с некоторой корректировкой повторно использовать моющий раствор – на ряде предприятий установки включены в технологический цикл мойки.

Для очистки сточных вод, образующихся на кожевенных заводах и содержащих не только взвешенные вещества, но и ПАВ и сульфиды (13–87 мг/дм³ в общем потоке сточных вод), отдельные предприятия отрасли в качестве реагента используют сульфат железа ($FeSO_4$), а также сульфат алюминия ($Al_2(SO_4)_3$) совместно с флокулянтами с последующим отстаиванием. При этом достигают степени очистки сточной воды 70–85 % при исходном содержании взвеси до 2 г/дм³.

Сточные воды, образующиеся в производстве фосфорных удобрений и желтого фосфора, имеют кислый характер, поэтому многие предприятия нейтрализуют их известью, а для ускорения осаждения добавляют флокулянты, что позволяет добиться эффективности очистки до 99 %.

2.4.2 Очистка сточных вод от минеральных масел и нефтепродуктов

На большинстве предприятий основную часть нефтепродуктов и масел, содержащихся в сточных водах и находящихся в грубодисперсном состоянии, отделяют в нефтеловушках, после чего сточные воды, как правило, подвергают флотации, а для глубокой очистки – сорбции.

Для моющих и обезжиривающих растворов, имеющих концентрацию эмульгированных масел до 7 г/дм³, ряд предприятий применяет трехступенчатую очистку, в процессе которой сточные воды проходят отстойник-масло-нефтеловушку (первая ступень) и электрокоагулятор-электрофлотатор (вторая ступень), после чего концентрация масел снижается до 50 мг/дм³, взвешенных веществ – до 20 мг/дм³. Третья ступень предусматривает использование сепараторов или фильтров, что позволяет снизить содержание масел до менее чем 5 мг/дм³ и использовать воду в оборотном

водоснабжении. Недостатком метода является образование значительного количества трудно обезвоживаемого осадка и его утилизации.

На ряде предприятий отработанные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) с концентрацией эмульгированных масел до 10–25 г/дм³ подвергают локальной очистке с помощью реагентно-флотационного, реагентно-сепарационного, электрокоагуляционного методов, предварительно удалив основной объем масел.

Таблица 2.8 – Эффективность очистки и уровни сбросов в процессе флотации

Загрязнитель	Эффективность очистки (%)	Уровень сбросов (мг/л)	Комментарии
Нефтепродукты, нефть	нет информации	5–15	В зависимости от эффективности химического вещества, используемого для процесса флотации, а также от начальной концентрации нефтепродуктов
	нет информации	2–10	Химическое производство, после нескольких сепараторов API

На отдельных предприятиях применяют электрокоагуляцию или комбинированный реагентно-электрокоагуляционный метод, что позволяет повторно использовать осветленную воду.

На ряде предприятий при реагентно-флотационной очистке используют сульфат алюминия, что позволяет снизить содержание масел до 10–100 мг/дм³ в зависимости от исходной концентрации, связанности и дисперсности масел в воде. Применение многократной реагентной напорной флотации позволяет снизить концентрацию мелкодисперсных связанных масел в очищенных сточных водах до 10–25 мг/дм³.

На отдельных предприятиях применяют реагентно-сепарационный метод (центрифугирование) с добавлением в эмульсию (СОЖ) серной кислоты для разрушения эмульсии перед сепарацией, что позволяет снизить концентрацию масел после отстаивания до 20–25 мг/дм³.

Электрокоагуляционный метод применяют на ряде предприятий для разрушения отработанных эмульсий, содержащих эмульсолы, и более стойких эмульсий. Очистку проводят в электролизерах с применением алюминиевых электродов по следующей схеме: добавление кислоты до достижения pH = 2 – предварительное отстаивание и усреднение сточных вод – удаление осадка и свободных масел – подкисление до pH = 5–6 – обработка в электролизере с удалением пены – отстаивание – фильтрование.

На большинстве рассмотренных нефтеперерабатывающих заводов схема очистки сточных вод включает четыре стадии.

1 Механическая очистка от жидких и твердых грубодисперсных примесей в песколовках; затем в нефтеловушках удаляются всплывающие частицы с гидравлической крупностью 0,8 мм/с (на старых заводах) и 0,3–0,5 мм/с (на новых и

модернизированных заводах), после них вода содержит до 100–150 мг/дм³ нефтепродуктов. Применение тонкослойных полочных нефтеловушек позволяет снизить содержание нефтепродуктов в сточной воде до 50–80 мг/дм³. Доведение количества нефтепродуктов в сточных водах до 20–30 мг/дм³ обеспечивается реагентной флотацией. Для механической очистки воды на ряде новых предприятий вместо песколовок применяют открытые безнапорные гидроциклоны.

2 Физико-химическая очистка от коллоидных частиц, обезвреживание сточных вод электрообессоливающих установок (ЭЛОУ). В качестве коагулянтов используют в основном соли алюминия и железа при поддержании необходимого значения pH. Для повышения эффективности очистки добавляют флокулянты. В качестве коагулянтов на отдельных предприятиях используют также отходы производства диоксида титана. На ряде предприятий применяют установки реагентной флотации с использованием в качестве коагулянтов $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ и флокулянтов. Вместо минеральных коагулянтов на отдельных предприятиях используют катионные органические полиэлектролиты. Содержание нефтепродуктов снижается до 20–30 мг/дм³.

3 Биологическая очистка от органических примесей.

4 Доочистка биологически очищенных сточных вод с использованием фильтров с активированным углем.

Использование фильтрования после флотации позволяет сократить концентрацию нефтепродуктов до 1–2 мг/дм³ с одновременным сокращением содержания органики. В сточных водах второй канализационной системы нефтеперерабатывающих заводов после флотации содержание нефтепродуктов снижается до 20–30 мг/дм³; БПК5 этих вод в среднем составляет 160 мгО/дм³, ХПК – 400 мгО/дм³.

Сточные воды ряда рассмотренных машиностроительных заводов, загрязненные маслами (50–400 мг/дм³) и механическими примесями (100–300 мг/дм³), на отдельных предприятиях подвергают очистке отстаиванием с предварительной коагуляцией сульфатом алюминия (30–60 мг/дм³) с добавлением известкового молока до pH = 7,5–8,5, на большинстве предприятий вместо коагулянтов применяют флокулянты. Очищенные воды могут содержать масла (3–10 мг/дм³) и механические примеси (2–10 мг/дм³).

2.4.3 Очистка сточных вод от фенолов

Загрязнение сточных вод фенолами происходит, к примеру, при термической и химической переработке древесины, каменного угля, торфа, сланцев, нефти, а также при производстве красителей, лекарственных средств, синтетических волокон и пластмасс на основе формальдегидов, в текстильной и некоторых других отраслях легкой промышленности.

Большинство предприятий осуществляют очистку фенолсодержащих сточных вод вначале механическими методами для удаления грубодисперсных взвешенных загрязнений, затем физико-химическими и химическими методами для разрушения комплексов и удаления мелкодисперсных фенолсодержащих загрязнений. Более глубокую очистку проводят биологическими методами, при применении которых удаляют коллоидные и растворенные загрязняющие вещества, содержащие фенол.

До использования биологических очистных сооружений большинство предприятий снижают концентрацию смол в сточных водах до 25–35 мг/дм³ путем отстаивания, флотации и фильтрования; отдельные предприятия применяют более глубокую очистку на фильтрах с кварцевым песком.

На отдельных предприятиях применение таких физико-химических регенерационных методов, как эвапорация (отгонка с водяным паром) и экстракция, позволяет снизить концентрацию смол до 3–4 г/дм³ и обеспечить утилизацию извлекаемых фенолов.

В процессе эвапорации одновременно с фенолами удаляют крезолы, нафтолы, карбоновые кислоты и др. Отогнанные с паром вещества извлекают из него с помощью щелочи (если эти вещества являются слабыми кислотами) или раствора кислоты (если они являются слабыми основаниями). Перед эвапорацией предварительно удаляют из воды NH_3, H_2S и CO_2, которые повышают pH воды (NH_3), способствуя диссоциации фенолов и прекращению их отгонки в таком состоянии, или понижают pH (H_2S, CO_2), отгоняясь вместе с фенолом, нейтрализуя раствор щелочи, который перестает поглощать фенол. Степень обесфеноливания при эвапорации составляет от 80 % до 90 %. Отдельные предприятия применяют эвапорацию в тех случаях, когда преимущества компактности установки, простоты эксплуатации, полной автоматизации, отсутствия контакта сточной воды с реагентами позволяют пренебречь сравнительно низкой эффективностью обесфеноливания воды в процессе отгонки летучего аммиака, при которой наблюдается значительный расход щелочи, водяного пара, потери фенола.

Конечным этапом удаления фенолов может являться биологическая очистка, производимая предприятиями по одно- или двухступенчатым схемам. При двухступенчатой схеме очистки степень извлечения фенолов достигает 99,1–99,8 %.

Для извлечения фенола из воды после установок экстракционного обесфеноливания многие предприятия применяют метод адсорбции с использованием в качестве сорбентов активированных углей, кокса, золы, шлаков и др. После 15 циклов адсорбции-десорбции уголь подвергают термической регенерации.

При наличии (наряду с фенолами) в сточных водах роданидов и цианидов, например, в коксохимических производствах, биологическую очистку осуществляют в несколько ступеней: на первой ступени сточные воды очищают от фенолов с помощью фенол-разрушающих бактерий, на второй – от роданидов и цианидов с помощью роданид-разрушающих бактерий, на третьей производят окончательную доочистку сточных вод.

2.4.4 Удаление из сточных вод соединений тяжелых металлов

Сточные воды, содержащие ионы металлов, образуются в гальванических цехах многих предприятий различных отраслей, а также при химической и электрохимической обработке металлов – на предприятиях машиностроения, приборостроения, станкостроения, автомобилестроения, электронной, авиационной, кожевенной, химической, текстильной промышленности, а также черной и цветной металлургии. На предприятиях радиоэлектронной промышленности используются значительные количества соединений меди и цинка. При нанесении медно-цинкового покрытия образуются сточные воды, содержащие до 20–25 мг/дм³ ионов меди и 40–45 мг/дм³ ионов цинка. Сточные воды машиностроительных заводов могут содержать хром и медь

в концентрации до 400–500 мг/дм³, а никеля – в концентрации в несколько десятков мг/дм³.

Выбор метода очистки сточных вод большинство предприятий осуществляют исходя из концентрации и состава загрязнений, возможности утилизации ценных компонентов и возвращения воды в производство, требуемой глубины очистки, других конкретных условий:

- реагентный метод не всегда позволяет утилизировать ценные примеси, выделяемые при очистке, и его эффективность может быть недостаточной для достижения необходимых концентраций, что потребует проведения доочистки, усложнит и повысит стоимость очистных сооружений, а также может привести к образованию больших объемов водонасыщенных и плохо уплотняющихся осадков;

- регенеративная ионообменная очистка требует предварительной подготовки воды. Эффективность очистки зависит от минерализации воды и снижается при высоком солесодержании, но позволяет достичь глубокой очистки и утилизировать ценные компоненты;

- применение регенеративного метода при гиперфильтрации высокоминерализованной воды приводит к усложнению схемы, но позволяет получить обессоленную воду, что особенно важно в случаях, когда это требуется для основного производства. Полученные концентраты направляют на выпарку.

В большинстве случаев выбор методов и схем очистки воды от гальванического производства большинство предприятий производят опытным путем с привлечением химических лабораторий и на основе технико-экономических расчетов.

На большинстве рассмотренных предприятий наиболее часто применяемыми являются ионообменные и сорбционные процессы, позволяющие осуществлять глубокую очистку слабо концентрированных (по цветным и тяжелым металлам) сточных вод.

При очистке сточных вод, содержащих ионы металлов, многие предприятия применяют неуглеродные сорбенты естественного и искусственного происхождения (глинистые породы, цеолиты, отходы ряда производств). Так, на ряде предприятий сорбционное извлечение из сточных вод Cr (VI) осуществляют отходами деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Отдельные предприятия используют в качестве сорбентов поликремниевые кислоты, входящие в состав шлаков, шламов и других отходов производства.

На отдельных предприятиях применяют высокоэффективный метод сорбционной очистки гальваностоков с использованием керамического фильтрующего гранулированного материала. Механизм удаления металлов из воды такой же, как и при реагентной очистке: металлы переводят в щелочной среде, создаваемой загрузкой, в гидроксиды, которые закрепляются и удерживаются на поверхности гранул. При ухудшении сорбционной способности керамического фильтрующего гранулированного материала проводят его регенерацию. Достоинствами этой технологии являются низкие капитальные и эксплуатационные расходы, очистка гальваностоков до установленных нормативов с возможной организацией оборотного водоснабжения, очистка гальваностоков от всех тяжелых металлов в одной сорбционной колонне.

При электрохимической очистке сточных вод от соединений Cr (VI) многие предприятия применяют: а) электрокоагуляционный метод; б) восстановление хроматов

на пористом угольном катоде в кислой среде, а также восстановление хроматов на проточном объемно-пористом катоде в электролизере с разделенными пористой перегородкой катодным и анодным пространствами. Перед восстановлением вплотную к перегородке со стороны анодного пространства устанавливают сетку из электропроводного коррозионно стойкого материала и подают на нее анодный потенциал. Преимуществами электрохимических методов являются простота, удобство обслуживания и низкое солесодержание очищенных сточных вод. Недостатками метода являются необходимость принудительной вентиляции над аппаратом и пассивация электродов, которая имеет место в нейтральных и щелочных слабосоленых сточных водах.

Для очистки сточных вод от соединений хрома реагентными методами в качестве реагентов-восстановителей большинство предприятий используют натриевые соли сернистой кислоты – сульфит (Na_2SO_3) и гидросульфит ($NaHSO_3$). На отдельных предприятиях используют гидроксиды кальция и натрия, карбонат натрия, сульфид натрия, различные отходы, например, феррохромовый шлак

Для удаления небольших количеств ионов тяжелых металлов на отдельных предприятиях используют пирит, применяя фильтрование сточной воды через гранулированный пирит или непосредственно вводя порошковый пирит в сточную воду, а также сульфиды любых других нетоксичных металлов, произведение растворимости которого больше произведения растворимости сульфида металла, извлекаемого из сточной воды.

Поскольку гидроксиды и сульфиды тяжелых металлов образуют устойчивые коллоидные системы, в схемах очистки предприятия используют коагулянты и флокулянты для интенсификации процесса их осаждения.

Для извлечения металлов, а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений на многих предприятиях применяют ионообменную очистку сточных вод. Применение данного метода позволяет осуществлять рекуперацию ценных веществ при высокой степени очистки воды. Степень извлечения ионов металлов зависит от их концентрации в сточной воде, pH, общей минерализации воды, а также от наличия и концентрации ионов кальция и железа. Для рекуперации металлов предприятия используют сильнокислотные (в водородной форме) и слабокислотные (в натриевой форме) катиониты.

2.4.5 Очистка сточных вод от СПАВ

Для очистки сточных вод от СПАВ большинство предприятий применяют:

- флотацию;
- сорбцию;
- ионный обмен;
- экстракцию;
- коагуляцию и (или) флокуляцию;
- деструктивные методы очистки сточных вод;
- электрохимическую обработку воды.

Деструктивную очистку производят окислительными методами: УФ-облучения (фотолиз), реагентной деструкцией, термическими методами, хлорированием,

электроокислением, на отдельных предприятиях применяют озонирование, представляющее собой эффективное, но дорогое решение.

На ряде предприятий применяют диффузионные и ионообменные методы, а также обратный осмос и электродиализ, эффективность которых достигает 90 %. При утилизации удаляемых СПАВ предприятия производят предочистку, позволяющую снизить загрязненность утилизируемого продукта.

Поскольку большинство используемых СПАВ биологически устойчивы и не могут быть окислены биохимическим путем, предприятия применяют биохимическую очистку только для «мягких» (неионогенных) СПАВ.

Технологические схемы очистных сооружений предприятий включают одну или несколько ступеней (в зависимости от требований к качеству очищенной воды), в пределах которых методы очистки от СПАВ применяются в разных сочетаниях. Поскольку в сточных водах наряду со СПАВ всегда присутствуют загрязнения (нефтепродукты, смолы, минеральные масла и т.д.), на большинстве предприятий в технологическую схему включен блок предочистки.

Для очистки от СПАВ на нескольких предприятиях также применяют электрофлотацию, учитывая, что диаметры пузырьков образующегося при диссоциации воды газа, которые генерируются на пластинчатых катодах, составляют до 0,2 мм и имеют однородный состав, а катоды в виде проволочной сетки (при толщине проволоки менее 0,5 мм) позволяют получать наиболее мелкие пузырьки.

При использовании сорбционной очистки большинство предприятий используют сорбенты в виде порошков, поскольку большие размеры молекул и ионов ПАВ делают недоступными для них поровые пространства многих гранулированных сорбентов; например, поглощающая емкость активированных углей составляет всего 1,0-2,0 % от веса сухого материала.

На ряде предприятий применяют совмещение реагентных способов и сорбции. Схема очистки сточных вод может быть одноступенчатой и двухступенчатой: на первой ступени сточную воду обрабатывают порошком сорбента и перемешивают в реакторе, после чего она поступает на ступень реагентной очистки. При одноступенчатой схеме сорбент вводят перед камерой хлопьеобразования или, что хуже, непосредственно в отстойник или во флотационную камеру. При двухступенчатой схеме сорбционные возможности вводимого сорбента используются более полно, достигается глубокая очистка сточных вод, сокращаются затраты реагентов.

На отдельных предприятиях обратный осмос проводят на завершающей ступени в сочетании с применением механических (отстаивание, центрифугирование, фильтрование) и физико-химических (коагуляция и флокуляция) методов.

2.4.6 Удаление из сточных вод биогенных элементов

2.4.6.1 Очистка от азотсодержащих веществ

В сточных водах предприятий азотной, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, резинотехнической и других отраслей промышленности может присутствовать азот в виде нитритов, нитратов, солей аммония, азотсодержащих органических соединений. В сточных водах производств аммиака, карбамида, аммиачной селитры также содержатся соли аммония, азотистые соединения.

Выбор метода очистки предприятия основан на знании форм соединений азота (аммонийный, нитратный, нитритный) и их количества. Поэтому при локальной очистке и доочистке сточных вод на ряде предприятий применяют отдувку аммиака, ионный обмен, нитрификацию и денитрификацию, остальные методы – в широком диапазоне концентраций азота.

Поскольку растворимость аммиака увеличивается при понижении температуры, эффективность удаления аммиака значительно варьируется: по данным предприятий, в зимний период удаляется от 30 % до 50 %, в летний — до 98 %. Для повышения pH до необходимых значений (10–11,5 ед.) многие предприятия подщелачивают воду, например, известковым молоком. Воздух с аммиаком пропускают через раствор серной кислоты с целью получения 10-процентного раствора сульфата аммония или поглощают водой для получения аммиачной воды, используемой в качестве удобрения.

На ряде предприятий для удаления аммиака применяют процесс адсорбции-хлорирования: сначала сточную воду с аммиаком хлорируют (при этом в зависимости от условий образуются монохлорамин или дихлорамин, трехххлористый или молекулярный азот), затем производят сорбцию хлора и хлораминов активным углем, фильтруя воду через слой угля.

На отдельных предприятиях используют клиноптилолит, относящийся к классу цеолитов и обладающий чрезвычайно высокой избирательной способностью по отношению к ионам аммония. Перед подачей сточной воды на клиноптилолитовые фильтры из нее удаляют (коагуляцией, фильтрованием) взвешенные вещества. При концентрации аммиака в сточных водах до 100–150 мг/дм³ эффективность очистки достигает 90–97 %. Для регенерации фильтров используют 5–10-процентный раствор хлорида натрия или известкового молока, затем загрузку отмывают водой. Выделяющийся из раствора аммиак (при проведении процесса в щелочной среде) поглощают серной кислотой, а образующийся при этом сульфат аммония можно использовать в качестве удобрения.

В целях удаления азотсодержащих органических соединений предприятия применяют различные виды перегонки, экстракцию, адсорбцию. Для выделения анилина из анилиновой воды применяют азеотропную дистилляцию (при содержании анилина в воде около 4 % (масс.)), при этом более 95 % анилина отделяется в виде гетероазеотропной смеси с водой. Затем органический анилиновый слой подвергают вакуум-ректификации с получением безводного анилина.

Для очистки сточных вод от азотсодержащих органических соединений многие предприятия применяют экстракцию, которая позволяет извлечь до 99-99,5 % целевых продуктов. На многих химических предприятиях удаляют из сточных вод капролактам – бутилацетатом, нитробензол – бензолом; извлеченный нитробензол применяют для экстракции анилина.

Для извлечения из сточных вод практически для всех органических азотсодержащих веществ многие предприятия применяют адсорбцию на активированном угле с последующей регенерацией адсорбента.

Для удаления совместно присутствующих в сточных водах аммонийного азота и ортофосфатов на ряде предприятий применяют электрохимический метод, проводя процесс в электролизере при наличии в воде гидроксида магния, который с ионами фосфора и аммиака образует нерастворимую комплексную соль.

Большинство предприятий применяют для очистки сточных вод от соединений азота нитрификацию и денитрификацию. В качестве субстрата используют любые биологически окисляемые органические соединения: углеводы, спирты, органические кислоты, продукты распада белков и т.д. Необходимое соотношение величины БПК в сточных водах к нитратному азоту примерно равно 4:1.

Для процессов нитрификации и денитрификации большинство предприятий применяют традиционные сооружения биохимической очистки – биофильтры и аэротенки различного типа с регенераторами и без них.

На ряде предприятий (преимущественно расположенных в южных районах) процессы нитрификации и денитрификации проводят в естественных условиях в биологических прудах.

Пороговые концентрации веществ, токсичных для активного ила, приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Пороговые концентрации репрезентативных веществ, токсичных для активного ила

Вещество	Ингибирующая концентрация (мг/л)
Кадмий (Cd^{2+})	2–5
Хромат (CrO_4^{2-})	3–10
Медь (Cu^{2+})	1–5
Никель (Ni^{2+})	2–10
Цинк (Zn^{2+})	5–20
Хлор (Cl_2)	0,2–1
Цианид (CN^-)	0,3–2
Нефтепродукты, нефть	>25
Фенолы	200–1000
Сероводород/сульфид	5–30

2.4.6.2 Очистка от фосфорных соединений

В производственных сточных водах фосфор встречается в виде ортофосфатов, полифосфатов, гораздо реже – фосфорсодержащих органических соединений и элементарного фосфора.

Для удаления соединений фосфора из сточных вод большинство предприятий применяют механические, физико-химические, электрохимические, химические и биологические методы, а также их комбинации.

Вначале с помощью механической очистки удаляют фосфор, находящийся в сточной воде в виде суспендированных частиц. При этом фосфорсодержащие частицы шлама отделяют от сточной воды в отстойниках и открытых гидроциклонах. Для очистки сточных вод от фосфора многие предприятия применяют методы, основанные на окислении взвешенных и растворенных частиц фосфора кислородом воздуха, гипохлоритами или другими окислителями.

Для очистки сточных вод от ортофосфатов на ряде предприятий применяют схему, включающую отстойник и два последовательно установленных открытых гидроциклона. Для интенсификации процесса осаждения используют коагулянты ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_2$) и флокулянты (полиакриламид). Использование коагулянтов позволяет

повысить эффект очистки до 98 %, а флокулянтов – увеличить производительность примерно в 2 раза. Образующийся фосфорный шлам, содержащий 10–30 % фосфора, направляют на сжигание или установку дистилляции (упаривания). На отдельных предприятиях в качестве реагентов используют отработанные травильные растворы, добавляя известковое молоко или едкий натр для создания оптимального значения pH среды.

На ряде предприятий для очистки от растворенных соединений фосфора применяют адсорбцию на доломите или волокнистом материале с нанесенным на него гранулированным оксидом металла третьей и четвертой групп.

На отдельных предприятиях для удаления фосфатов из сточных вод применяют кристаллизацию, которая осуществляется на фильтрах или в отстойниках со взвешенным слоем с затравочным материалом из минералов, содержащих фосфат кальция, костяной уголь, шлак доменных печей и др.

На ряде предприятий применяют электрокоагуляционно-флотационный метод очистки от фосфатов с использованием алюминиевых и железных электродов.

На большинстве предприятий фосфор удаляют биологическим методом, применяя различные схемы, сочетающие в себе биологический процесс и химическое осаждение, что позволяет добиться более высокого качества очистки воды, чем при применении одного из них.

Для повышения эффективности очистки от нерастворимых соединений фосфора отдельные предприятия используют барботажные флотаторы.

Также отдельные предприятия применяют фильтрование для дополнительного (до 20 % от его содержания в очищенной воде) удаления общего фосфора за счет глубокого удаления взвешенных веществ, при этом достигают удаления 90 %–95 % первоначального содержания фосфора.

2.4.7 Очистка сточных вод от цианидов и мышьяка

Очистку сточных вод от цианидов (например, $[Cu(CN)_3]^{2-}$, $[Cd(CN)_2]^{2-}$, $[Zn(CN)_2]^{2-}$) и мышьяка большинство предприятий производят с помощью химических, физико-химических и электрохимических методов. На большинстве предприятий осуществляют реагентную очистку.

При применении химических методов многие предприятия осуществляют обезвреживание циансодержащих сточных вод с помощью известкового молока и хлорсодержащих реагентов (жидкого хлора, гипохлоритов кальция и натрия, хлорной извести и проч.), поддерживая pH сточных вод в пределах 10,5–11 ед. и принимая дозу активного хлора равной 3,5 части по массе на 1 часть цианида.

Активный хлор применяется в виде хлорной воды, получаемой с помощью хлораторов. В связи с тем, что применение жидкого хлора требует соблюдения особых требований (работа с сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ)), использование хлорной воды в качестве реагента допускается, только если на предприятии ее получают для других целей.

Окисление цианидов до цианатов проходит в одну ступень за счет атомарного кислорода в момент его выделения из окислителя. Гидролиз проходит в кислой среде и при аэрации воды, поэтому перед поступлением в отстойники циансодержащие воды подкисляют до pH = 5,3 ед. В двухступенчатом процессе цианиды окисляются до N_2 и

CO_2. На второй ступени вводят дополнительное количество окислителя, а также образовавшийся на первой ступени цианат.

Для очистки от цианидов на отдельных предприятиях используют гипосульфит натрия, перманганат калия и пероксид водорода. Полное окисление цианидов осуществляют озоном, который реагирует с цианидами в слабощелочной среде быстро и полностью, образуя первоначально менее токсичные цианаты. Цианаты могут гидролизироваться в воде или окисляться далее. Процесс озонирования идет при pH = 10,5–13 ед.

Преимуществами применения в качестве окислителя перекиси водорода являются: обезвреживание цианидов до ПДК; самопроизвольное разложение избытка (остаточного количества) H_2O_2 в сточной воде; стабильность солесодержания обрабатываемого стока; протекание реакции без образования токсичных промежуточных соединений.

При высоких концентрациях цианидов в сточных водах на ряде предприятий применяют электрохимическую очистку. При этом для повышения электропроводности сточных вод и снижения энергопотребления в воду добавляют NaCl; разрушение цианидов происходит за счет электрохимического окисления на аноде в результате разложения NaCl. Анод изготовляют из графита, катод – из стали. Применение электрохимической очистки позволяет достичь практически полной очистки сточных вод от цианидов.

На отдельных предприятиях очистку сточных вод от цианидов проводят с помощью ионного обмена и обратного осмоса, при этом извлечение простых и комплексных цианидов производится на анионитах. Поглощение цианидов из щелочных сточных вод осуществляют анионитами в солевой форме; одним из продуктов реакции обмена является гидроцианид HCN. Анионит регенерируют 3-4-процентным раствором аммиака. При использовании обратного осмоса на мембранах задерживается от 85 % до 90 % цианистых соединений, которые поступают в концентрат, направляемый на обработку, что является недостатком метода.

При совместном присутствии цианидов с роданидами в сточных водах (например, в коксохимических производствах) отдельные предприятия производят очистку сточных вод биохимическим путем на двухступенчатой установке. На первой ступени окисляются органические загрязнения (в первую очередь фенолы), на второй – роданиды и цианиды (с помощью роданид-разрушающих бактерий).

Для очистки сточных вод от мышьяка большинство предприятий применяют химические, физико-химические, электрохимические методы в сочетании с механическим отстаиванием и фильтрованием.

Очистку больших объемов сточных вод с высоким содержанием мышьяка большинство предприятий проводят методом химического осаждения мышьяка в виде труднорастворимых соединений: солей ортомышьяковой (H_3AsO_4) и метамышьяковистой ($HAsO_2$) кислот, арсенатов и арсенитов щелочноземельных металлов и в виде сульфидов.

На отдельных предприятиях (при исходном содержании мышьяка в воде не более 100 мг/дм³) проводят глубокую очистку посредством адсорбции мышьяка в виде твердого раствора на осадке фосфата кальция, образующемся при взаимодействии фосфорной кислоты с $Ca(OH)_2$.

Поскольку соединения As^{+5} удаляются из сточных вод более эффективно, чем As^{+3}, а также осадок As^{+5} менее растворим и его хранение дешевле, на многих предприятиях перед осаждением As^{+3} окисляют до As^{+5}. В качестве окислителей используют хлорную известь, гипохлоритную пульпу, пероксид водорода, азотную кислоту, озон, пиролюзит.

Сточные воды с небольшой концентрацией мышьяка на отдельных предприятиях окисляют фильтрованием через слой пиролюзита (диоксид марганца (MnO_2)), который дополнительно обладает сорбционными свойствами. При этом осаждение проводят известковым молоком в присутствии фосфат-ионов. Для активации пиролюзит обрабатывают едким натром или концентрированной серной кислотой, учитывая, что, хотя кислота меньше десорбирует мышьяк, она полнее растворяет шлам, образующийся на поверхности пиролюзита.

Для извлечения мышьяка, присутствующего в сточных водах в малых концентрациях, на отдельных предприятиях применяют фильтрование через ионитовый фильтр или сорбцию на активном угле.

Для удаления из сточных вод As^{+3} на ряде предприятий применяют катодное восстановление с осаждением на катоде и дальнейшей рекуперацией.

Выбор метода очистки сточных вод предприятия основан на химическом анализе сточных вод и опытной проверке выбранных реагентов и методов очистки.

2.5 Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на предприятиях, в технологических процессах которых не образуются производственные сточные воды

В ряде технологических процессов, реализованных на объектах I и II категорий, производственные сточные воды не образуются. Это обусловлено тем, что вода или не участвует в технологических процессах, или присутствует в незначительном количестве и испаряется полностью. Таковы, например, процессы производства цементного клинкера, листового и тарного стекла.

Однако на таких объектах I и II категорий происходит образование хозяйственно-бытовых сточных вод: функционируют туалеты, душевые, столовые, комнаты отдыха, административные корпуса и др. Оценить поток таких сточных вод можно с использованием СП 30.13330.2010 «Внутренний водопровод и канализация зданий»; в документе установлены примерные нормы расхода в душевых бытовых помещений промышленных предприятий – 60 л на человека в смену. Кроме того, на обсуждаемых объектах могут образовываться поверхностные сточные воды – дождевые, талые, поливомоечные и др.

В тех случаях, когда промышленные площадки расположены в черте населенных пунктов, как правило, принимается решение о заключении договоров об отведении хозяйственно-бытовых и поверхностных вод на предприятия, осуществляющие деятельность в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения.

В иных случаях объекты I и II категорий могут руководствоваться основными положениями информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» и технологическими показателями

НДТ, установленными в ИТС 10-2019 и утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 года № 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов», однако только в случае, если в такие системы наряду с хозяйственно-бытовыми сточными водами принимаются также сточные воды от объектов, перечисленных в Правилах отнесения централизованных систем водоотведения (канализации) к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 года № 691 и в количестве, определенном данными Правилами. При этом необходимо учитывать категории очистных сооружений по мощности; по всей вероятности, речь будет идти о сверхмалых (10–100 м³/сут.) или малых (101–1000 м³/сут.) очистных сооружениях.

При выборе технологических показателей НДТ и расчете технологических нормативов сброса следует также учитывать категорию принимающего водного объекта; категории устанавливаются в соответствии с «Правилами отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов», утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 26.10.2019 г. № 1379.

Очистные сооружения хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод промышленных предприятий считаются отнесенными к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов со дня вступления в силу акта органа, уполномоченного на утверждение схемы водоснабжения и водоотведения. Технологические показатели НДТ для очистных сооружений хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод промышленных предприятий (при сбросе в природные водные объекты) приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.10 – Технологические показатели НДТ для очистных сооружений хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод промышленных предприятий

Категории очистных сооружений по мощности	Технологические показатели (среднегодовые значения концентрации загрязняющих веществ в очищенных хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных водах промышленных предприятий, сбрасываемых в водные объекты категории Б, не более, мг/л)						
	Взвешенные вещества	ХПК	$БПК_5$	Азот аммонийный	Азот нитратов	Азот нитритов	Фосфор фосфатов
При сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории А							
Сверхмалые – средние очистные сооружения	10	40	5	1	9	0,1	0,7
При сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Б							
Малые – средние очистные сооружения	15	80[1]	10	1,5	12	0,25	1 (1,5)[2]
Сверхмалые очистные сооружения	15	80[1]	12	8	18	0,25	5
При сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории В							
Средние очистные сооружения	15	80	12	2	9	0,15	5
Сверхмалые – небольшие очистные сооружения	15	80	12	8	18	0,25	5
При сбросе в водный объект (часть водного объекта) категории Г							
Сверхмалые – средние очистные сооружения	15	80	12	8 (20)	18	0,25	5

Примечания.

[1] При сбросе сточных вод в водные объекты, указанные в перечне водных объектов, которые полностью расположены на территориях соответствующих субъектов Российской Федерации и использование водных ресурсов которых осуществляется для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения 2 и более субъектов Российской Федерации, утвержденном распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2008 года № 2054-р, среднегодовое значение концентрации ХПК составляет 40 мг/л.

[2] Значение, указанное перед скобками, принимается для вновь строящихся небольших и средних очистных сооружений, значение, указанное в скобках, принимается для малых очистных сооружений, а также для реконструируемых небольших и средних очистных сооружений.

[3] Значение, указанное в скобках, принимается при среднегодовой температуре поступающих на очистные сооружения сточных вод, составляющей менее 14 ˚С.

Раздел 3 Определение наилучших доступных технологий

ИТС 8 представляет собой межотраслевой документ методического характера, адресованный в первую очередь предприятиям, объекты которых отнесены к I категории, применимый также на объектах II и III категорий. В ряду межотраслевых справочников НДТ этот документ занимает особое место, так как в нем приведены сведения о технологических, технических и управленческих подходах, информация о которых полезна для принятия решений, касающихся очистки сточных вод на крупных предприятиях.

Из множества потенциально применимых технологических, технических и управленческих подходов предприятиям (технологам, экологам, менеджерам) необходимо выбрать те, которые наилучшим образом отвечают стоящим перед ними задачам, имеющим технологическую, отраслевую и региональную специфику, а также, в ряде случаев, зависящим от мощности производства.

Определение наилучших подходов к очистке производственных сточных вод проведено на основе требований ст. 67 Федерального закона от 10 января 2002 года № 7 «Об охране окружающей среды» и рекомендаций «Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной», утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 23 августа 2019 года № 3134.

В связи с тем, что сбор информации в рамках актуализации ИТС 8 не предусматривал проведение анкетирования множества компаний / предприятий, которых отнесены к объектам I категории НВОС, сведения, поступившие от членов ТРГ 8 и других заинтересованных сторон, содержали описание современных способов очистки сточных вод от приоритетных загрязняющих веществ и примеров успешного применения различных технологий очистки производственных сточных вод.

Поэтому критерий «Наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо другие предусмотренные международными договорами Российской Федерации показатели», активно используемый разработчиками отраслевых информационно-технических справочников, в случае ИТС 8 трансформировался в вариант «Снижение негативного воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ, для очистки сточных вод от которых применяется данное технологическое решение».

Критерий «Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации» технологии определяется ее распространенностью, так как именно факт использования конкретных подходов для очистки производственных сточных вод до уровней, соответствующих требованиям НДТ (или другим применимым требованиям), свидетельствует о том, что затраты на внедрение и эксплуатацию технологии приемлемы для предприятий различных отраслей промышленности.

Учет критерия «Применение ресурсо- и энергосберегающих методов» получил наибольшее отражение при выборе НДТ управленческого характера, так как цели, задачи и планируемые показатели повышения ресурсной и энергетической эффективности формируются в рамках развития соответствующих систем менеджмента.

Критерий «Промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» нашел применение при актуализации справочника, так как, как уже отмечено, в ИТС 8 приведена информация о тех решениях, которые уже нашли практическое применение на различных российских предприятиях, отнесенных к областям применения НДТ.

Критерий «Период внедрения» предусматривает учет характерных для различных отраслей промышленности периодов времени, в течение которых происходит обновление технологического оборудования и даже самих технологий производства тех или иных видов продукции. В части внедрения новых методов очистки сточных вод речь может идти об учете таких факторов, как, например, сравнительно недавняя (и затратная) реконструкция очистных сооружений на конкретном предприятии. Обсуждение проекта ИТС 8 с бизнес-сообществом в 2022 году свидетельствует о том, что период внедрения (а вернее, период принятия решений о внедрении) новых технологических процессов очистки сточных вод может увеличиться, в частности, в связи с необходимостью отечественного оборудования и выпуска отечественных реагентов.

Раздел 4 Наилучшие доступные технологии, относящиеся ко всей области применения справочника НДТ

1 НДТ организационно-управленческого характера

НДТ 1-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента

Принципы экологического менеджмента детально изложены в стандарте ГОСТ Р ИСО 14004-2017. Системы экологического менеджмента. Общие руководящие принципы по внедрению.

С учетом рекомендаций стандарта НДТ 1-1 включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:

- определение экологических приоритетов предприятия его высшим руководством (приверженность высшего руководства принципам экологического менеджмента рассматривается как необходимое условие для успешного применения остальных принципов экологического менеджмента);
- разработка и утверждение плана действий;
- осуществление плана действий на основе:

  а) ответственности и компетентности персонала, включая высшее руководство;

  б) системности действий;

  в) обучения, информирования и участия персонала в реализации мероприятий, связанных с внедрением принципов экологического менеджмента;

  г) документирования действий;

  д) эффективного управления процессом;

  е) наличия и реализации программы технического обслуживания;

  ж) наличия плана мероприятий на случай аварийных и чрезвычайных ситуаций;
- анализ достигнутых результатов на основе производственного экологического контроля, внутреннего и (или) независимого внешнего аудита и проведение корректирующих мероприятий с ведением соответствующего учета.

Все эффективные системы экологического менеджмента включают в себя концепцию постоянного улучшения, означающую, что управление окружающей средой представляет собой непрерывный процесс, а не проект, который в конечном итоге подходит к концу.

НДТ 1-2. Повышение квалификации персонала

НДТ включает наличие у предприятия программы повышения квалификации персонала (стажировок, переподготовки, аттестаций и т. п.), задействованного в технологических процессах очистки сточных вод.

НДТ 1-3. Снижение вероятности чрезвычайных ситуаций

НДТ предусматривает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:

– установление договорных отношений между двумя и более юридическими и (или) физическими лицами, эксплуатирующими отдельные производственные объекты, находящиеся на территории одной промышленной площадки, с целью развития сотрудничества по вопросам охраны окружающей среды и безопасности персонала;

– установление порядка взаимодействия между ответственными подразделениями и (или) должностными лицами, эксплуатирующими объекты очистки сточных вод;

– принятие планов действий при возникновении чрезвычайных ситуаций на уровне предприятия, а также на всех производственных объектах или промышленных площадках предприятия в целях обеспечения надлежащего устранения утечек вредных веществ;

– наличие на случай чрезвычайной ситуации на предприятии резервного хранилища для аварийного сброса сточных вод и (или) воды для обеспечения противопожарных мер.

2 НДТ в области энергосбережения и ресурсосбережения

НДТ 2-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении со сточными водами

НДТ в области энергосбережения и повышения энергоэффективности реализуется посредством учета положений стандарта ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. В отраслевых ИТС присутствуют разделы, посвященные вопросам энерго- и ресурсоэффективности, в которых также приведены соответствующие численные показатели. Эти показатели следует принимать во внимание при определении целей и задач предприятий в области повышения энерго- и ресурсоэффективности.

НДТ 2-2. Сокращение энергопотребления при обращении с технологическими и сточными водами

НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:

– многократное использование теплоносителя;

– использование избыточного пара;

– рекуперацию тепла экзотермической реакции посредством выработки пара низкого давления;

– энергетически зависимую дистилляцию;

– применение устройств плавного пуска и частотного привода двигателей насосных и воздуходувных агрегатов;

– гидрофобную эффективную теплоизоляцию (на глубину промерзания) стен и перекрытий резервуаров, каналов и сооружений, применяемых при очистке сточных вод.

НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления на объекте обработки сточных вод

НДТ включает принятие программы организации энергопотребления, ключевыми позициями которой являются:

– формирование системы, позволяющей устанавливать цели и задачи в области повышения энерго- и ресурсоэффективности, а также отслеживать потребление ресурсов;

– модернизация оборудования, систем и элементов управления для повышения энерго- и ресурсоэффективности;

– по возможности регулирование приводов насосного оборудования в системах с изменяющимися расходами вод;

– использование биогаза, образовавшегося при анаэробной очистке сточных вод, для получения электроэнергии и/или тепла при условии экономической целесообразности (применимо на новых и модернизируемых предприятиях);

– повышение квалификации, проведение обучения лиц, занятых в области обработки сточных вод, принципам повышения энерго- и ресурсоэффективности производственных процессов.

НДТ 2-4. Сокращение водозабора и образования сточных вод

НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, в том числе экономической целесообразности, следующие подходы и их сочетание:

– раздельное канализование технологических сточных вод, условно чистых атмосферных или иных вод в целях их повторного использования в технологическом процессе или последующего смешения с общим очищенным потоком сточных вод перед сбросом в водные объекты;

– предупреждение смешивания условно чистых охлаждающих вод с загрязненными технологическими водами и направление их на повторное использование;

– подачу вод в технологический процесс (где это возможно) через форсунки с регулируемым давлением (по потребности);

– использование автоматического управления расходом технических вод по мере необходимости и прекращением их подачи;

– обработку (части) технических вод на месте с целью улучшения их качества, повышающего возможность их рециркуляции и повторного использования;

– сокращение до минимально возможного уровня использования артезианских вод в технологических процессах за счет повторного использования очищенной воды;

– повторное использование охлаждающих вод и вод из вакуумных насосов;

– сокращение использования воды питьевого качества для производственных целей и целей пожаротушения, за исключением производственной необходимости в некоторых отраслях промышленности и отсутствия других источников водопотребления;

– удаление жидких технологических продуктов из трубопроводов сжатым воздухом или вакуумом вместо воды;

– очистку сточных вод до требований к технической воде и ее использование в производственных целях (создание замкнутого цикла водопользования);

– очистку сточных вод до требований к технической воде и ее передачу для использования на других предприятиях, включая сельскохозяйственные;

– включение непосредственно в технологический процесс оборудования и установок очистки воды, образующейся в технологическом процессе (например, на гальванических и окрасочных производствах, моющих установках и др.), в качестве конструктивного узла основного технологического оборудования в целях снижения потребления энергии и сырья, включая воду, а также сокращения капитальных и эксплуатационных расходов на очистные сооружения.

НДТ 2-5. Сокращение до минимально возможного уровня водопотребления технологических процессов

НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, в том числе экономической целесообразности, следующие подходы:

– применение безводных технологических подходов, в некоторых случаях – с использованием вакуума;

– использование замкнутых контуров охлаждения;

– использование противоточных промывочных систем вместо прямоточных;

– использование распыления воды вместо водяных струй;

– использование в технологических процессах условно чистых атмосферных вод, отводимых с крыш и навесов (при их наличии).

НДТ 2-6. Повышение степени повторного использования сточных вод

НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, следующие подходы:

– определение и оценка минимально приемлемого качества вод при использовании для каждого из технологических процессов;

– выявление возможности повторного использования очищенных и подготовленных сточных вод с определением соответствующей их качеству технологии очистки;

– рециркуляция воды в замкнутых водяных контурах, в том числе в циклах охлаждения технологического оборудования;

– использование противоточных схем повторного использования сточных вод, при которых подаваемая чистая вода используется последовательно, по мере ее загрязнения, на новых стадиях процесса;

– использование сточных вод для целей удаления и обработки отходов (смачивания золы, удаления и гранулирования шлака и т. п.);

– поглощение сточных вод, концентрированных по биоразлагаемым органическим и биогенным загрязняющим веществам, органическими наполнителями с последующим использованием последних в качестве удобрения;

– повторное использование очищенной воды в засушливых регионах для полива при наличии технической возможности использования и (или) при экономической целесообразности.

НДТ 2-7. Создание системы сбора и разделения сточных вод

Данная НДТ включает, в зависимости от конкретных условий, в том числе экономической целесообразности, следующие подходы:

– создание систем водного баланса и учет потоков сточных вод, образующихся на предприятии, и формирование (для новых предприятий) или

совершенствование (для действующих предприятий) на этой основе систем канализации, сбора и разделения сточных вод и их очистки;

– разделение потоков сточных вод, образующихся при различных технологических операциях, для возможности проведения локальной очистки оптимальным способом, максимального возврата в процесс веществ и (или) очищенной воды;

– разделение потоков образующейся отработанной отводимой воды по степени и видам загрязнений с целью их локальной очистки и снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения;

– раздельный сбор потенциально более загрязненных вод и потенциально менее загрязненных вод;

– раздельный сбор технологических вод (например, конденсата и охлаждающих вод) для упрощения их повторного использования;

– сбор атмосферных поверхностных стоков в коллекторы водостока и резервуары-усреднители для их обработки и последующего использования;

– использование систем сбора утечки и переливов технологических потоков с возвратом в производство;

– использование двух (и более) систем канализации с раздельным сбросом поверхностного стока с территории предприятия и близким к ним по составу вод, производственных сточных вод, образующихся на предприятии, в том числе сточных вод, загрязненных специфичными загрязняющими веществами, а также отдельное отведение бытовых сточных вод на сооружения централизованных систем водоотведения (при их наличии).

НДТ 2-8. Максимально возможное извлечение из сточных вод веществ, представляющих собой потери сырья, полупродуктов, продукции и пр., и их последующее использование

НДТ заключается в максимальном извлечении из отводимых вод содержащихся в них веществ, представляющих собой потери сырья, полупродуктов или продукции, с последующим их возвратом в технологической процесс или иным использованием.

НДТ 2-9. Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций

НДТ заключается в замене реагентов, используемых при очистке сточных вод, на менее токсичные и имеющие методики химического анализа для определения их остаточных концентраций при наличии экономической целесообразности и технической возможности замены используемых реагентов.

НДТ 2-10. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка

НДТ заключается в использовании систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов.

3 НДТ производственного экологического контроля

Общие принципы производственного экологического контроля (ПЭК) и его метрологического обеспечения подробно изложены в ИТС 22.1-2021, который имеет межотраслевой, сквозной характер и распространяется на все виды деятельности. Принципы выбора наилучших доступных методов ПЭК описаны в разделе 3 ИТС 22.1-2021, представлены требования к метрологическому обеспечению ПЭК.

Также в ИТС 22.1-2021 представлена позиция разработчиков справочника НДТ в отношении разработки национальных стандартов в области НДТ применительно к отраслевым системам производственного экологического контроля.

Дополнительные направления производственного экологического контроля:

- ведение систематических наблюдений за состоянием и загрязнением подземных вод в случае прямого или косвенного влияния хозяйственной деятельности на их качество;
- применение интегральных методов мониторинга качества очищенных сточных вод с определением общего азота, общего фосфора, общего органического углерода и включение указанных методов в систему автоматического контроля.

4 НДТ предотвращения негативного воздействия обработки сточных вод на окружающую среду

НДТ 4-1. Снижение уровня загрязнения сточных вод

НДТ заключается в снижении уровня загрязнения сточных вод сырьем, продукцией или отходами производства посредством применения следующих технологических подходов:

- предотвращение сброса в сточные воды жидких концентрированных веществ (продуктов, полупродуктов, готовой продукции, кубовых остатков, концентратов и т. п.) путем применения технологий их переработки с получением вторичной продукции, наличия резервных накопителей и резервного варианта переработки;
- использование промышленного оборудования и систем сбора сточных вод, изготовленных из коррозионностойких материалов или материалов, имеющих специальные покрытия;
- использование косвенных систем охлаждения (если иное не требуется для технологических процессов);
- использование более чистого сырья и вспомогательных реагентов для сокращения загрязнений в локальных сточных водах и общем стоке предприятия;
- подбор и замена реагентов, используемых в качестве добавок в водоборотные воды, на менее токсичные и разрешенные к применению в Российской Федерации, при наличии экономической целесообразности и технической возможности такой замены;
- использование твердых (асфальтовых, бетонных или химзащищенных) оснований в местах проведения погрузочно-разгрузочных работ с обваловкой или бордюрами с организованным 100-процентным отведением поверхностных вод на очистные установки;

– хранение тары с сырьем или отходами на твердых (асфальтовых, бетонных или химзащищенных) основаниях, сток с которых осуществляется в водосборный колодец.

НДТ 4-2. Предотвращение загрязнения почв и подземных вод

НДТ заключается в применении следующих технологических подходов:

– создание и поддержание в рабочем состоянии поверхности промышленной площадки, включая проведение мероприятий по предотвращению или быстрой ликвидации утечек и разливов, а также обеспечение обслуживания дренажных систем и других подземных коммуникаций;

– обеспечение на предприятии герметичности внешних и внутренних канализационных сетей;

– обеспечение целостности и герметичности всех сооружений и оборудования для очистки сточных вод с организацией надежной гидроизоляции иловых карт, прудов-отстойников, аварийных резервуаров, усреднителей и др., а также площадок размещения обезвоженных осадков;

– оснащение всех площадок всех отстойников и других объектов обработки сточных вод, где могут иметь место утечки, приямками с насосами и автоматическими уровнемерами для предупреждения аварийных ситуаций;

– разработка и реализация программы профилактических гидравлических испытаний, тестирования и проверки емкостей и трубопроводов;

– проведение регулярных проверок для выявления возможных утечек на всех фланцах и запорной арматуре трубопроводов, используемых для транспортирования вод; ведение журнала для документирования результатов таких проверок;

– обеспечение функционирования системы сбора любых утечек из фланцев и запорной арматуры трубопроводов, используемых для транспортирования сырья и материалов, за исключением случаев, когда фланцы или арматура конструктивно заблокированы;

– регулярный осмотр подземных трубопроводов визуально или с помощью специальных управляемых камер или устройств для обнаружения повреждений и возможных утечек;

– создание и развитие наблюдательной сети скважин на потенциальных или уже выявленных очагах загрязнения подземных горизонтов в районах техногенных объектов;

– документирование информации и хранение данных, полученных по результатам осуществления программы тестирования и проверки емкостей и трубопроводов, в порядке и объемах, определенных законодательством.

НДТ 4-3. Предотвращение нарушения условий эксплуатации централизованных систем водоотведения

НДТ при сбросе производственных сточных вод в централизованные системы водоотведения заключается в использовании локальных очистных сооружений, а также применении технологий основного производства, сокращающих сброс загрязнений в сточные воды, с целью снижения концентраций загрязняющих веществ до установленных требований сброса в такие системы, обеспечивающих предотвращение

следующих проблем эксплуатации сооружений централизованных систем водоотведения:

– ускоренное разрушение и (или) засорение канализационных сетей;

– затруднение эксплуатации оборудования канализационных насосных станций и очистных сооружений;

– оказание токсичного воздействия на активный ил сооружений биологической очистки;

– необоснованные экономические затраты на очистку сточных вод на очистных сооружениях централизованных систем водоотведения.

5 НДТ недопущения сбросов и утечек неочищенных сточных вод из систем их транспортирования на очистные сооружения

НДТ 5-1. Создание отдельных независимых канализационных систем для производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод

НДТ реализуется при общем планировании и проектировании канализационной системы новых предприятий.

НДТ 5-2. Использование крышек люков колодцев

Люки колодцев должны быть закрыты крышками, которые должны выдерживать прогнозируемые нагрузки от автотранспорта и проч.; должна обеспечиваться быстрая замена крышек при их поломке с целью сведения к минимуму аварийных ситуаций на дорогах и вероятности попадания в коллекторы мусора и других загрязнений.

НДТ 5-3. Резервирование источников электроснабжения для бесперебойной работы оборудования насосных станций

Оборудование насосных станций резервным электропитанием, например, с помощью дизельного генератора, с целью обеспечения непрерывной работы при сбоях централизованного питания; регулярное проведение технического обслуживания. Следует предусматривать резервную мощность насосного оборудования.

НДТ 5-4. Разработка, утверждение и реализация программы регламентного обслуживания канализационной системы

Программа регламентного обслуживания должна включать следующие меры:

– инвентаризация компонентов системы с указанием информации о сроке службы, конструкционных материалах, обслуживаемой площади стока, высотных отметок и т. п.;

– регулярная очистка песколовок, приемных резервуаров станций и канализационных коллекторов для удаления мусора, песка, масел, нефтепродуктов и других задержанных загрязнений, наличие которых может привести к засорению канализации и аварии насосного оборудования;

– проверка состояния конструкций системы канализации и выявление участков, требующих ремонта или технического обслуживания. Особого внимания могут требовать поврежденные или старые трубы, текущие соединения или уплотнения люков, часто засоряющиеся линии, линии с расходом воды на пределе пропускной способности

и участки с подозрением на просачивание воды внутрь или наружу (с наличием «свищей»);

– поддержка самотечных трубопроводов в надлежащем состоянии предпочтительно посредством использования бестраншейных технологий;

– документирование информации и хранение данных, полученных по результатам осуществления программы регламентного обслуживания канализационной системы.

НДТ 5-5. Установление приоритетности ремонтных работ

Установление приоритетности ремонтных работ должно производиться в зависимости от характера и тяжести неисправности. Незамедлительно следует осуществлять устранение засоров и (или) ремонт при возникновении перелива и в срочных случаях, когда неизбежно должен возникнуть перелив (например, при отказе насосной станции, разрыве линии канализации или ее засорении).

НДТ 5-6. Профилактическая прочистка канализационных сетей и насосных станций

НДТ является профилактическая прочистка канализационных сетей и насосных станций с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания:

- гидродинамическая прочистка;
- механическая прочистка (промывка);
- химическая прочистка;
- биологическая прочистка (с помощью биопрепаратов);
- термический метод;
- комбинированные методы;
- замена участков трубопровода (см. НДТ 5-4).

НДТ является использование специальных реагентов для расщепления жировых отложений в сточных водах перед сбросом их в городскую канализационную сеть.

6 НДТ предотвращения или сокращения шумового воздействия

НДТ 6-1. Шумоизоляция оборудования

НДТ заключается в снижении уровня шума от оборудования цехов очистки сточных вод и обработки осадков (сточных вод) посредством шумоизоляции оборудования и (или) помещений, характеризующихся высоким уровнем шума, например, насосной и компрессорной.

Раздел 5 Наилучшие доступные технологии, относящиеся к приоритетным областям применения НДТ

Применение нижеперечисленных НДТ позволяет решать наиболее актуальные экологические проблемы предприятий приоритетных областей применения НДТ и выполнять требования, предъявляемые к сточным водам, образующимся при нормальном режиме работы этих предприятий. В ряде случаев к НДТ отнесены также подходы, применяемые к сбросам вод, образующимся в аварийном режиме.

Раздел 5 сформирован с учетом того, что настоящий справочник по НДТ имеет методический характер, содержит обобщенную информацию об общих подходах к межотраслевым технологиям и (или) техническим и управленческим решениям по очистке сточных вод.

В настоящем разделе НДТ систематизированы в соответствии с классификацией экологических проблем.

На этапе обсуждения структуры справочника по НДТ ТРГ 8 пришла к выводу о необходимости классификации технологий по приоритетным областям применения НДТ, с тем чтобы НДТ, предложенные для приоритетных отраслей применения, рассматривались и для смежных отраслей. Однако при рассмотрении рабочей группой проекта соответствующего раздела оказалось, что отбор НДТ для каждого отдельного предприятия отраслей, не относящихся к приоритетным областям применения НДТ, оказывается слишком неоднозначным. Исходя из этого, было принято решение о группировке НДТ приоритетных отраслей применения не по отраслевому признаку, а по наличию конкретных загрязняющих веществ в сточных водах.

Таким образом, общий алгоритм выбора НДТ обращения со сточными водами на конкретном предприятии выглядит следующим образом:

а) выбор НДТ из раздела 4 с учетом указанных ограничений применения НДТ;

б) анализ потоков сточных вод предприятия;

в) выбор НДТ из раздела 5 с учетом области применения и указанных ограничений применения НДТ.

В настоящем справочнике по НДТ даны предварительные рекомендации об этапе жизненного цикла предприятия, на котором возможно внедрение каждой из приведенных НДТ. При этом под «новыми предприятиями» подразумеваются предприятия, находящиеся в стадии проектирования и, в некоторых специально неоговоренных случаях, в стадии строительства и пусконаладки; под «действующими предприятиями» – эксплуатируемые предприятия; под «модернизируемыми предприятиями» – действующие предприятия, на которых реализуется программа масштабной модернизации с заменой оборудования и совершенствованием технологических процессов или планируется реализация такой программы. Аналогичное содержание у понятий «новые очистные сооружения», «действующие очистные сооружения», «модернизируемые очистные сооружения».

Подразумевается, что все технологии, которые могут быть применены на действующих объектах, также могут быть применены на модернизируемых и новых, и все технологии, которые могут быть применены на модернизируемых объектах, также могут быть применены и на новых.

При этом, кроме специально оговоренных случаев, подразумевалось, что на новых предприятиях могут быть внедрены все указанные НДТ, поэтому возможность их внедрения на новых предприятиях особо не указывалась. Поскольку на момент формирования настоящего справочника НДТ достоверная информация по внедрению нижеприведенных НДТ практически отсутствовала (не более 4 % рассмотренных анкет, поступивших от предприятий), выводы о возможности внедрения НДТ на действующем и (или) модернизируемом предприятии делались на основе экспертных оценок специалистов соответствующих отраслей, членов рабочей группы, а также предложений, представленных на этапе общественного обсуждения настоящего справочника НДТ.

НДТ В-1. Сокращение поступления в сточные воды особо опасных и биологически неразлагаемых загрязняющих веществ

НДТ является сокращение поступления в сточные воды особо опасных и биологически неразлагаемых загрязняющих веществ с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости:

а) отказ от использования в производстве хлора во избежание образования хлорорганических веществ;

б) отказ от использования в производстве особо опасных веществ (например, полихлорированных бифенилов (ПХБ), пентахлорфенола, трихлорбензола, алкилфенолэтоксилатов мышьяка, ртути и их соединений, кадмия) с переходом на технологии, их не использующие;

в) замена в производстве биологически неразлагаемых химикатов на биологически разлагаемые, безвредные для окружающей среды, например биоразлагаемые хелатные реагенты, чистящие средства;

г) раздельный сбор и удаление остатка дезинфицирующих веществ после их использования, а также использованных консервантов.

Подходы а) и б) подлежат применению на модернизируемых объектах, подходы в) и г) – на действующих объектах.

НДТ В-2. 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 заканчивая 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 быстрооседающих частиц в песколовках и гидроциклонах;

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

г) интенсификация процессов отстаивания и флотации с помощью коагулянтов и флокулянтов, а также интенсификация процессов отделения твердой фазы с помощью введения затравок образования флокул/кристаллов/осадка, в том числе микропеска, и

оборудования отстойников тонкослойными элементами при реконструкции распределительных узлов;

д) тонкая очистка от взвешенных веществ с помощью фильтров;

е) глубокая очистка от взвешенных веществ с помощью мембран.

Подходы а) – е) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-3. 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.

Подходы а) – г) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-4. Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений

НДТ является применение нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) анаэробная биологическая очистка методом метанового сбраживания в биореакторах с удержанием биомассы. Применяется при концентрации БПК5 в сточных водах, как правило, не менее 1500 мг/л и БПК5/ХПК более 0,3 (на локальных очистных сооружениях применяется как самостоятельная стадия очистки, при сбросе в водные объекты – как первая стадия биологической очистки);

б) анаэробная биологическая очистка в биореакторах-смесителях (применяется при концентрации БПК5 в сточных водах (жидких отходах), как правило, при высоком содержании взвешенных веществ (более 20 г/дм3); обязательно должна сопровождаться последующей аэробной биологической очисткой жидкой фазы, за исключением случаев почвенной утилизации обработанной сточной воды);

в) аэробная биологическая очистка в аэротенках, биофильтрах и на комбинированных сооружениях (применяется при концентрации БПК5 в сточных водах, как правило, не более 2000 мг/дм3 и БПК5/ХПК более 0,3);

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

д) управление подачей воздуха в сооружения аэробной биологической очистки производится по сигналу от датчиков растворенного кислорода с использованием регулирования воздуходувок;

Подходы а) – д) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-5. Удаление из сточных вод азота нитратов, азота нитритов и аммонийного азота

НДТ является применение нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) отгонка аммонийного азота паром с добавлением щелочи (применяется при концентрациях аммонийного азота свыше 1 г/дм^3);

б) биологическая нитрификация — денитрификация в аэротенках, затопленных или дисковых биофильтрах (применяется при концентрациях аммонийного азота менее 1 г/дм^3);

в) доочистка от соединений азота в биопрудах.

Подходы а) – в) подлежат применению на модернизируемых объектах.

Более подробно описание НДТ, применяемых для удаления из сточных вод соединений азота, изложены в ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

НДТ В-6. Удаление из сточных вод фосфатов

НДТ является применение одного из нижеперечисленных подходов либо их комбинации, 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) доочистка от соединений фосфора (и азота) в биопрудах.

Подходы а) – г) подлежат применению на модернизируемых объектах.

Более подробно описание НДТ, применяемых для удаления из сточных вод фосфатов, изложены в ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

НДТ В-7. 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.

Подходы а) – ж) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-8. Очистка сточных вод, содержащих соединения тяжелых металлов

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 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.

Подходы а) – ж) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-9. 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.

Подходы а) и б) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-10. Сокращение массы осадка, образующегося на очистных сооружениях

НДТ является обезвоживание осадка, образующегося на очистных сооружениях, посредством применения одного из нижеперечисленных подходов с учетом условий применимости:

а) механическое обезвоживание в центрифугах, на ленточных и камерных фильтр-прессах, шнековых прессах, дегидраторах и других аппаратах;

б) обезвоживание в геоконтейнерах (геотубах).

Подходы а) и б) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-11. 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;

в) сжигание осадка (применяется при наличии в осадке токсичных соединений, при других проблемах, препятствующих утилизации, а также для получения энергии);

г) реагентная стабилизация осадка;

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

Подходы а) – г) подлежат применению на модернизируемых объектах.

Подход д) подлежит применению на действующих объектах.

НДТ В-12. Обработка осадков и отходов водоподготовки станций промышленного водоснабжения

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

а) сгущение и обезвоживание осадков водоподготовки;

б) концентрирование промывных вод ионитовых фильтров обессоливания или умягчения воды методом обратного осмоса.

Подходы а) и б) подлежат применению на модернизируемых объектах.

НДТ В-13. Термодистилляция

НДТ позволяет выводить из стоков неорганические водорастворимые соли, в том числе соли кальция в виде карбонатов и сульфатов и магний в виде гидроксида магния. Соли выводятся поэтапно при помощи реагентного осаждения и концентрирования с последующим доупариванием с образованием кристаллического продукта, который может складироваться на шламонакопителе или полезно использоваться. Технология упаривания совместно с реагентной обработкой позволяет выводить сульфаты в виде гипса, тем самым уменьшая количество водорастворимых солей. Для подготовки стоков перед упариванием предусматриваются узлы нейтрализации, усреднения и осветления.

Раздел 6 Перспективные технологии

В соответствии с ГОСТ Р 56828.15-2016 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. Следует приводить сроки, в течение которых перспективные технологии могут стать коммерчески доступными». Вместе с тем в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 21 июля 2014 года № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» критерием доступности наилучшей технологии служит «промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду». Таким образом, для целей настоящего справочника НДТ во избежание исключения из рассмотрения технологий, уже применяемых в промышленности в ограниченном масштабе, следует отнести и те технологии, рассмотрение которых невозможно в разделе наилучших доступных технологий вследствие недостаточно широкого применения в Российской Федерации.

Наряду с принципиально новыми подходами, к перспективным технологиям (далее – ПТ) в области очистки сточных вод следует отнести использование новых комбинаций, существующих и активно применяемых технологических подходов, а также исследование новых сфер применения существующих технологических подходов, которые специально не описываются в настоящем разделе, поскольку их затруднительно выявить для всех или большинства областей применения настоящего справочника НДТ. К примеру, многие технологические подходы к очистке сточных вод, применяемые, согласно проанализированным анкетам, в нефтеперерабатывающей промышленности, до сих пор не применяются в других отраслях промышленности, где также имеется нереализованный потенциал их применения. Рассматривать такие технологии в качестве НДТ в настоящем справочнике НДТ методологического характера недопустимо, поскольку отсутствует опыт их внедрения в значительной части областей применения справочника НДТ. В то же время рассматривать их в качестве перспективных технологий не представляется возможным, поскольку они не подпадают под формальные критерии, будучи, как правило, внедренными более чем на двух промышленных предприятиях.

Таким образом, поскольку отбор технологий при разработке справочника НДТ осуществлялся на основе анализа анкет, во избежание неопределенности, ведущей к рассмотрению в качестве перспективных уже применяемых в промышленности технологий, в настоящем разделе рассмотрены только технологии, находящиеся (по данным авторов справочника НДТ) в Российской Федерации и за рубежом на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ или опытно-промышленного внедрения либо не внедренные в Российской Федерации.

ПТ-1. Фитотехнологии очистки сточных вод

Группа технологий предназначена для доочистки сточных вод от взвешенных веществ, азота, фосфора, органических соединений и др., а также для обеззараживания

сточных вод. Хотя приоритетной сферой применения данной группы технологий является очистка городских сточных вод, проведенные в Российской Федерации исследования показали эффективность применения технологии для доочистки сточных вод предприятий по производству минеральных удобрений, свиноводческих комплексов и др., а опыт использования фитотехнологий за пределами Российской Федерации – и для доочистки ливневых, шахтных вод, промышленных (в основном пищевой отрасли) сточных вод и др.

Технологии заключаются в использовании искусственно созданных очистных сооружений со специфическим составом микроорганизмов, развивающихся в корневой зоне растений и на иных субстратах, находящихся в водной среде. По сути, фитоочистные системы являются аналогом естественных водно-болотных объектов, которые, будучи дополнены рядом технических элементов и встроены в естественный ландшафт, способны эффективно играть роль водоочистных систем.

Опыт применения фитотехнологий в Дании, Швеции, Норвегии и Северной Америке почти на тысяче объектов показал, что они остаются эффективными даже при низких температурах; при этом зимнее снижение активности систем незначительно по сравнению с теплым летним периодом при наличии терморегулирующего слоя, защищающего сооружение от промерзания зимой.

Капитальные затраты при применении фитотехнологий на 20–30 % ниже, чем для традиционных очистных сооружений.

Достоинствами технологий являются очень низкие эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание, а также отсутствие необходимости вывоза осадка, малая численность персонала, отсутствие необходимости в реагентах.

Недостатками технологий являются сезонность, длительность процесса и относительно невысокая эффективность очистки.

Например, на Корпангском месторождении «Карельского окатыша» воды в прудах-отстойниках фильтруют с помощью торфяного субстрата с болотной растительностью и фитомодулей. На Яковлевском ГОК Компании «Северсталь» в Белгородской области запущена экспериментальная фитоочистная система сточных вод пруда-отстойника с использованием искусственных плавающих островов.

ПТ-2. Биосорбционная доочистка сточных вод

Технология предназначена для глубокого удаления из сточных вод органических веществ, включая микрозагрязнения и окисления аммонийного азота.

Технология заключается в следующем: доочищаемую воду обрабатывают в фильтре-биореакторе с псевдоожиженной загрузкой в виде гранулированного активного угля. Конструктивно обеспечивается удержание загрузки в сооружении. Рециркулирующая жидкость насыщается кислородом в эрлифтах.

При достаточном времени обработки достигают снижения ХПК на 40–60 %, $БПК_5$ – до менее чем 3 мг/л.

Достоинствами технологии являются длительный срок службы гранулированного угля и высокая эффективность по сравнению с использованием инертных носителей биопленки.

Технология разработана в 1980-е годы в СССР. Несмотря на выполненные научные работы и опытно-промышленное использование в ряде проектов, широкого практического распространения не получила.

ПТ-3. Окисление загрязнений сточных вод ферратами

Технология предназначена для глубокой очистки и обеззараживания сточных вод, удаления взвешенных веществ, фосфатов, снижения ХПК и БПК. Сообщается также об удалении катионов токсичных металлов (кроме хрома и мышьяка, а также цинка) с помощью ферратов, превосходящих по своей окислительной способности озон и перекись водорода.

Технология заключается в использовании в качестве окислителя ферратов, представляющих собой двухвалентные соли высокоокисленного железа (Fe^{6+}) с анионом FeO_4^{2-} и восстанавливающихся при окислении органических соединений до Fe^{3+}. Продуктом разложения в растворе самих ферратов является гидроксид железа, выделяющийся в виде коллоидных агрегатов, имеющих очень развитую поверхность, что обеспечивает дополнительную очистку посредством коагуляции. В качестве дезинфектанта ферраты обеспечивают более глубокое и надежное обеззараживание (по сравнению с хлором), не формируя токсичных соединений. Вода после обработки нетоксична.

Сообщается, что удаление общего органического углерода от начальной величины 12 мг/дм³ составляет 30–35 %, $БПК_5$ от начальной величины 13 мг/дм³ – 90–95 %, при дозах по феррату калия 4–6 мг/дм³; при дозах 10–15 мг/дм³ сообщается об удалении ХПК ниже 10 мгO_2/дм³.

Ферраты способны эффективно окислять микрозагрязнения; значимое удаление (до 70 % по трихлорэтилену) достигается при дозе 30 мг/дм³ и времени контакта 40 мин.

Проведены опыты по очистке сточных вод после вторичной обработки от стойких органических веществ (лекарственных препаратов). При этом расход ферратов составлял 2,5 мг (Fe)/дм³, степень деградации различных препаратов находилась в пределах 67–88 %.

ПТ-4. Озонирование сточных вод в сочетании с использованием пероксида водорода

Технология предназначена для обезвреживания содержащихся в сточных водах органических соединений.

Технология базируется на использовании обычного реактора для озонирования и дозатора пероксида водорода. После проведения озонирования добавляют пероксид водорода; при этом более эффективным считается ступенчатое дозирование.

В лабораторных условиях получены хорошие результаты очистки сточных вод предприятий фармацевтической и текстильной промышленности, а также фильтрата полигонов для хранения твердых бытовых отходов.

ПТ-5. Удаление азота из сточных вод посредством анаэробного окисления аммония

Технология предназначена для удаления азота из высококонцентрированных (по аммонийному азоту) сточных вод.

Технология анаэробного окисления аммония (АНАММОКС) базируется на использовании автотрофных бактерий (планктомицетов) и проводится в две стадии: на первой проводится частичная нитрификация для получения нитрита ($2NH_4^+ + 3O_2 = 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$), на второй – собственно реакция окисления аммония нитритом ($NH_4^+ + NO_2^- = N_2 + 2H_2O$), используемым в качестве акцептора электронов. С учетом роста бактерий и потребления нитрита на другие процессы в целом молярное соотношение общего аммонийного азота к нитриту составляет 1:1,3.

Технология не является самостоятельным процессом, а протекает только в комбинации с частичной нитрификацией, которая обеспечивает достаточное количество нитрита.

Применение процессов частичной нитрификации и данной технологии приводит к существенной экономии энергии на аэрацию (свыше 1 кВт-ч/кг азота) по сравнению с традиционным процессом нитрификации-денитрификации. Эксплуатационные и капитальные затраты снижаются благодаря компактности реакторов: при прочих равных условиях площадь, занимаемая сооружениями, при применении данной технологии в 3 раза меньше, чем при нитрификации-денитрификации.

В настоящее время технология применяется в промышленных масштабах на многих объектах за пределами Российской Федерации (Нидерланды, Япония, Австрия). В Российской Федерации в промышленных масштабах технология не применялась. На Люберецких очистных сооружениях Москвы функционирует пилотная установка с объемом основного реактора 20 м³ для очистки фильтрата центрифуг, обезвоживающих сброженный осадок сточных вод.

ПТ-6. Аэробная биологическая очистка сточных вод с применением гранулированных илов

Технология предназначена для удаления из сточных вод биогенных элементов и ориентирована на получение активных илов с пониженным иловым индексом и высокими седиментационными способностями.

Технология базируется на применении принципов получения аэробных гранул, объединяющих в себе четыре основные группы микроорганизмов, обеспечивающих анаэробные процессы. Во внешних слоях располагаются аэробные гетеротрофы и нитрификаторы, а денитрификаторы и фосфатаккумулирующие денитрифицирующие бактерии находятся внутри гранулы. Такая структура гранулы обусловлена глубиной проникновения субстратов и кислорода в биопленку.

Основными условиями для реализации технологии являются циклический процесс, восходящий поток сточной воды, ограниченное время для седиментации, а также регулирование кислородных условий.

Достоинством технологии является возможность многократной интенсификации процесса.

ПТ-7. Ускоренная коагуляция/флокуляция и тонкослойное отстаивание сточных вод

Технология предназначена для удаления взвесей и цветности, тяжелых металлов и золы из стоков ТЭЦ и сталеплавильных предприятий, доочистки с целью удаления взвеси и связанных с ней загрязнений, известково-содового умягчения для производства деминерализованной воды.

Технология базируется на использовании микропеска (песка с размером зерен 45–100 мкм) в качестве затравочных зерен для хлопьеобразования. Микропесок обеспечивает развитую поверхность, которая усиливает флокуляцию и одновременно является балластом или весом, ускоряющим осаждение. Хлопья, утяжеленные микропеском, имеют уникальные характеристики осаждения, позволяющие использовать отстойники с очень высокими расходами на водосливах и коротким временем пребывания отстаиваемой воды. Площадь, требуемая для размещения установки, в 5 раз меньше площади классического полочного отстойника или флотатора с растворенным воздухом и примерно в 20 раз меньше традиционной системы осветления.

Технология позволяет достичь эффективного снижения концентраций по взвеси, коллоидному веществу, фосфору, тяжелым металлам и фекальным колиформам (более 90 %), по БПК и ХПК (около 60 %) даже при изменчивых показателях исходных стоков.

Достоинствами технологии являются высокая эффективность очистки (снижение показателя мутности более 90 %); компактность (площадь, требуемая для размещения установки, в 5 раз меньше площади традиционного полочного отстойника или флотатора с растворенным воздухом и примерно в 20 раз меньше традиционной системы осветления); возможность простой модернизации действующих очистных сооружений; очень короткое время выхода на режим (менее 10 мин); возможность полной автоматизации с дистанционным управлением.

В качестве замены микропеска также используется магнетит (Fe_3O_4), позволяющий увеличить массу и осаждаемость хлопьев, обеспечивая при этом более высокую степень осветления и почти полное удаление твердых частиц размером более 10 мкм.

ПТ-8. Кристаллизация фосфатов из возвратных потоков сооружений обработки осадка

Технология предназначена для очистки возвратных потоков от фосфатов с получением сырья для производства удобрений.

Технология базируется на обработке возвратного потока (как правило, фильтрата или фугата от обезвоживания сброженного осадка) в реакторе с псевдоожиженным слоем песка с добавлением реагента (соль магния). В результате взаимодействия магния, фосфатов и аммонийного азота образуется нерастворимое вещество струвит (магний-аммонийфосфат), центрами кристаллизации которого в условиях псевдоожиженного слоя выступают частицы песка. Струвит по описываемой технологии представляет собой практически готовое фосфорно-азотное удобрение, нуждающееся лишь в сушке и фасовке.

ПТ-9. Мембранная дистилляция

Технология предназначена для выделения/концентрирования нелетучих соединений (например, ионов, кислот, коллоидов, макромолекул) из водных потоков и удаления из воды следовых количеств летучих органических соединений, таких как бензол, хлороформ и трихлорэтилен.

Мембранная дистилляция (МД) представляет собой процесс, при котором только молекулы пара проходят через пористые гидрофобные мембраны. Очищаемая вода, подлежащая обработке МД, должна находиться в непосредственном контакте с одной стороной мембраны и не проникать в сухие поры мембран. Гидрофобная природа мембраны препятствует попаданию жидких растворов в ее поры за счет сил поверхностного натяжения. В результате на входах в поры мембраны образуются границы раздела жидкость/пар. В МД сама мембрана действует только как барьер, удерживающий границы раздела жидкость/пар на входе в поры, и нет необходимости быть селективным, как это требуется в других мембранных процессах, таких как первапорация. Основные требования к процессу МД заключаются в том, что мембрана не должна смачиваться, а в ее порах должны находиться только пары и неконденсирующиеся газы. Размер пор мембран, используемых в МД, составляет от 10 нм до 1 мкм. Движущей силой МД является трансмембранная разность давлений паров.

ПТ-10. Применение микроорганизмов для очистки трудноокисляемых органических соединений

Метод заключается в использовании улучшенных природных микроорганизмов (например, прокариотических клеток или бактерий, фотосинтезирующих бактерий или эукариот, таких как дрожжи, грибки и фотосинтезирующие микроводоросли) для очистки сточных вод, содержащих стойкие к воздействию органические соединения. Весь процесс состоит из трех этапов:

1 Селекция встречающихся в природе микроорганизмов.

2 Создание микробных вариантов с улучшенными характеристиками для очистки от целевых загрязнителей сточных вод.

3 Внедрение улучшенных микроорганизмов в процесс водоподготовки.

Этот метод является альтернативой таким методам, как химическое окисление или сжигание, применим для сточных вод, имеющих высокое ХПК и трудно окисляемые органические соединения. Экологическое преимущество его заключается в снижении уровней трудноокисляемых органических соединений.

Раздел 7 Методологические основы технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения, не являющихся централизованными системами водоотведения поселений и городских округов, принимающих производственные и производственно-дождевые сточные воды от объектов НВОС I категории

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 установлены критерии отнесения объектов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду. К I категории в соответствии с п. 15 ч. 1 относятся объекты по сбору и обработке сточных вод в части, касающейся очистки сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) с объемом 20 тыс. куб. метров в сутки отводимых сточных вод и более. Данные объекты, если они поставлены на учёт как самостоятельные объекты НВОС I категории и принимают на очистку сточные воды от различных абонентов, обязаны получать КЭР и в его составе технологические нормативы сбросов сточных вод, определенные на основе технологических показателей НДТ.

В соответствии с пунктом 28 статьи 2 Федерального закона от 7 декабря 2011 года № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» в настоящее время действует следующее понятие централизованной системы водоотведения (канализации) – это «комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для водоотведения». В пункте 28.1 этой же статьи дано определение: централизованная системы водоотведения поселения или городского округа – это «комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для водоотведения с территории поселения или городского округа».

В соответствии с п. 4 Постановления Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 года № 691 «Об утверждении Правил отнесения централизованных систем водоотведения (канализации) к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов и о внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 05.09.2013 № 782» «централизованная система водоотведения (канализации) является централизованной системой водоотведения поселений или городских округов при соблюдении совокупности следующих критериев»:

«а) объем сточных вод, принятых в централизованную систему водоотведения (канализации), указанных в пункте 5 Правил, составляет более 50 процентов общего объема сточных вод, принятых в такую централизованную систему водоотведения (канализации) (далее – объем сточных вод, являющийся критерием отнесения к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов)».

Согласно п. 5 данных Правил сточными водами, принимаемыми в централизованную систему водоотведения (канализации), объем которых является критерием отнесения к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, являются:

а) сточные воды, принимаемые от многоквартирных домов и жилых домов;

б) сточные воды, принимаемые от гостиниц, иных объектов для временного проживания;

в) сточные воды, принимаемые от объектов отдыха, спорта, здравоохранения, культуры, торговли, общественного питания, социального и коммунально-бытового назначения, дошкольного, начального общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования, административных, научно-исследовательских учреждений, культовых зданий, объектов делового, финансового, административного, религиозного назначения, иных объектов, связанных с обеспечением жизнедеятельности граждан;

г) сточные воды, принимаемые от складских объектов, стоянок автомобильного транспорта, гаражей;

д) сточные воды, принимаемые от территорий, предназначенных для ведения сельского хозяйства, садоводства и огородничества;

е) поверхностные сточные воды (для централизованных общесплавных и централизованных комбинированных систем водоотведения);

ж) сточные воды, не указанные в подпунктах «а» – «е» настоящего пункта, подлежащие учету в составе объема сточных вод, являющегося критерием отнесения к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, в случае, предусмотренном п. 7 Правил.

Пункт 7 Правил относит к сточным водам, принимаемым в централизованную систему водоотведения (канализации), объем которых является критерием отнесения к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, сточные воды, показатели состава которых удовлетворяют показателям, установленным данным пунктом.

Согласно п. 107. гл. V. Правил холодного водоснабжения и водоотведения (Постановление Правительства от 29 июля 2013 года № 644) в зависимости от своего предназначения централизованные системы водоотведения подразделяются на следующие виды:

«а) централизованные бытовые системы водоотведения, предназначенные для приема, транспортировки и очистки сточных вод, образовавшихся в результате хозяйственно-бытовой деятельности населения (далее – хозяйственно-бытовые сточные воды), а также сточных вод, образовавшихся в результате производства продукции и (или) оказания услуг (далее – производственные сточные воды), при условии их соответствия требованиям, установленным настоящими Правилами».

Таким образом, ЦСВ, не относящиеся к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, и при этом основной вид экономической деятельности которых – это сбор и обработка сточных вод, составляют группу остальных ЦСВ, предназначенных для приема, транспортировки и очистки сточных вод, образовавшихся в результате производства продукции и (или) оказания услуг, а также образовавшихся в результате хозяйственно-бытовой деятельности населения, т.е. ЦСВ производственных сточных вод и производственно-дождевых сточных вод (далее – ЦСВ ПСВ/ПДСВ, ЦСВ).

Изложенная ниже методика имеет своей целью создание основы для разработки и введения законодательной и нормативной базы нормирования ЦСВ ПСВ/ПДСВ.

1 При рассмотрении конкретной ЦСВ ее абоненты подразделяются на две группы:

А. Отнесенные к I категории НВОС и подлежащие технологическому нормированию сбросов (если бы сброс их сточных вод осуществлялся напрямую в

водный объект) согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 в случае, если они осуществляют сброс в данную ЦСВ загрязненных производственных и производственно-дождевых сточных вод.

Б. Прочие абоненты, отнесенные к другим категориям НВОС, а также абоненты, отнесенные к I категории НВОС, но осуществляющие в данную ЦСВ сброс только хозяйственно-бытовых и условно чистых сточных вод.

2 Исходными данными для определения технологических показателей ЦСВ ПСВ/ПДСВ являются:

- величины максимального объема сбросов в ЦСВ для каждого из ее абонентов;
- значения ТП, установленные в отраслевых ИТС и выраженные в мг/дм³.

3 Если в отраслевом ИТС технологические показатели представлены в кг/т произведенной продукции, технологические показатели в мг/дм³ рассчитываются на основе годового объема сточных вод и годового объема выпускаемой продукции.

4 Перечень маркерных веществ для ЦСВ ПСВ/ПДСВ на сбросе в водный объект определяется как совокупность маркерных веществ предприятий-абонентов группы А, определенных в соответствующих отраслевых справочниках.

5 В случае, если в ЦСВ ПСВ/ПДСВ осуществляется прием хозяйственно-бытовых сточных вод поселений и городских округов, к перечню, определенному в соответствии с п. 4, добавляются маркерные вещества, установленные в ИТС 10-2019.

6 Технологические показатели сбросов очищенных сточных вод ЦСВ ПСВ/ПДСВ определяются по формуле:

$$C_{\text{ТП}}^{\text{ЦСВ}} = \frac{\sum_1^n (C_{\text{ТП}i}^{\text{А}} \text{ x } Q_i^A)}{\sum_1^n Q_i^A},$$

где:

$C_{\text{ТП}}^{\text{ЦСВ}}$ – ТП сбросов очищенных сточных вод ЦСВ ПСВ/ПДСВ, мг/дм³;

$C_{\text{ТП}i}^{\text{А}}$ – значение ТП сброса в водный объект для i-го абонента группы А согласно ИТС НДТ, мг/дм³;

Q_i^A – максимальное значение расхода сточных вод, отводимого в ЦСВ для i-го абонента группы А, тыс. м³ в год.

7 Для абонентов группы А, у которых в сточных водах отсутствует маркерное вещество, определенное в соответствии с пунктами 4, 5, для такого вещества значение технологического показателя принимается равным минимальному из значений ТП, учитываемых в расчете.

8 Показатели качества и количества сточных вод абонентов группы Б в расчете технологических показателей не участвуют.

Пример расчета технологических показателей сбросов очистных сооружений централизованных систем водоотведения ПСВ/ПДСВ приведен в приложении Г.

Заключительные положения и рекомендации

Для разработки справочника по НДТ была сформирована техническая рабочая группа ТРГ 8 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях», в состав которой вошли 102 представителя различных российских организаций. Состав ТРГ 8 был утвержден приказом Росстандарта от 15 марта 2022 года № 809 «О технической рабочей группе «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».

ИТС 8 – межотраслевой информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям; информация, изложенная в справочнике, подготовлена таким образом, чтобы ее можно было использовать в целях оптимизации работы очистных сооружений на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и отнесенных к объектам I и II категорий в соответствии с критериями, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий», за исключением очистных сооружений централизованных систем водоотведения поселений, городских округов.

В процессе актуализации ИТС 8 было организовано широкое обсуждение проекта справочника, принятых подходов, а также были учтены рекомендации экспертного, научного и делового сообщества. Важной отличительной чертой ИТС 8-2022 является разработка порядка установления технологических показателей сбросов очищенных сточных вод для централизованных систем водоотведения производственных сточных вод и производственно-дождевых сточных вод.

Члены ТРГ 8 надеются, что информация, изложенная в ИТС 8-2022, будет полезна техническим рабочим группам, актуализирующим отраслевые информационно-технические справочники и разрабатывающим новые технологические показатели содержания загрязняющих веществ в очищенных производственных сточных водах промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Приложение А
(обязательное)
Перечень наилучших доступных технологий

№	Наименование НДТ	Ограничения в использовании
1	НДТ 1-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов экологического менеджмента	Универсальная
2	НДТ 1-2. Повышение квалификации персонала	Универсальная
3	НДТ 1-3. Снижение вероятности чрезвычайных ситуаций	Универсальная
4	НДТ 2-1. Внедрение и постоянная поддержка принципов энергосбережения и ресурсосбережения при обращении со сточными водами	Универсальная
5	НДТ 2-2. Сокращение энергопотребления при обращении с технологическими и сточными водами	Универсальная
6	НДТ 2-3. Сокращение энергопотребления на объекте обработки сточных вод	Универсальная
7	НДТ 2-4. Сокращение водозабора и образования сточных вод	Универсальная
8	НДТ 2-5. Сокращение до минимально возможного уровня водопотребления технологических процессов	Универсальная
9	НДТ 2-6. Повышение степени повторного использования сточных вод	Ограничения при производстве продуктов питания и напитков, производстве тепловой энергии
10	НДТ 2-7. Создание системы сбора и разделения сточных вод	Универсальная
11	НДТ 2-8. Максимально возможное извлечение из сточных вод загрязняющих веществ и их последующее использование	Универсальная
12	НДТ 2-9. Использование применяемых для очистки сточных вод реагентов, имеющих методики определения остаточных концентраций	Универсальная
13	НДТ 2-10. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка	Универсальная
14	НДТ 3. НДТ производственного экологического контроля	Универсальная
15	НДТ 4-1. Снижение уровня загрязнения сточных вод	Универсальная
16	НДТ 4-2. Предотвращение загрязнения почв и грунтовых вод	Универсальная
17	НДТ 4-3. Предотвращение нарушений условий эксплуатации централизованных систем водоотведения	Универсальная
18	НДТ 5-1. Создание отдельных независимых канализационных систем для производственных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод	Универсальная

Окончание таблицы

№	Наименование НДТ	Ограничения в использовании
19	НДТ 5-2. Использование крышек люков колодцев	Универсальная
20	НДТ 5-3. Резервирование источников электроснабжения для бесперебойной работы оборудования насосных станций	Универсальная
21	НДТ 5-4. Разработка, утверждение и реализация программы регламентного обслуживания канализационной системы	Универсальная
22	НДТ 5-5. Установление приоритетности ремонтных работ	Универсальная
23	НДТ 5-6. Профилактическая прочистка канализационных сетей и насосных станций	Универсальная
24	НДТ 6-1. Шумоизоляция оборудования	Универсальная
25	НДТ В-1. Сокращение поступления в сточные воды особо опасных и биологически не разлагаемых загрязняющих веществ	Ограничения применения ряда НДТ на действующих объектах
26	НДТ В-2. Удаление из сточных вод загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом	Ограничения применения на действующих объектах
27	НДТ В-3. Очистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных масел и жиров	Ограничения применения на действующих объектах
28	НДТ В-4. Очистка сточных вод от биологически разлагаемых органических загрязнений	Ограничения применения на действующих объектах
29	НДТ В-5. Удаление из сточных вод азота нитратов, азота нитритов и аммонийного азота	Ограничения применения на действующих объектах
30	НДТ В-6. Удаление из сточных вод фосфатов	Ограничения применения на действующих объектах
31	НДТ В-7. Очистка сточных вод, содержащих биологически не разлагаемые и (или) токсичные органические загрязнения	Ограничения применения на действующих объектах
32	НДТ В-8. Очистка сточных вод, содержащих тяжелые металлы	Ограничения применения на действующих объектах
33	НДТ В-9. Очистка сточных вод от сульфидов	Ограничения применения на действующих объектах
34	НДТ В-10. Сокращение массы осадка, образующегося на очистных сооружениях	Ограничения применения на действующих объектах
35	НДТ В-11. Стабилизация органического вещества осадка	Ограничения применения ряда НДТ на действующих объектах
36	НДТ В-12. Обработка осадков и отходов водоподготовки станций промышленного водоснабжения	Ограничения применения на действующих объектах
37	НДТ В-13. Термодистилляция	Универсальная

Приложение Б
(обязательное)
Ресурсная и энергетическая эффективность

Основополагающим подходом при очистке сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях является применение технологий ресурсосбережения и энергосбережения, специально рассмотренных в подразделе 2 «НДТ в области энергосбережения и ресурсосбережения» раздела 4 «Наилучшие доступные технологии, относящиеся ко всей области применения справочника НДТ».

Приложение В
(обязательное)
Технологические показатели
сбросов загрязняющих веществ с очистных сооружений ЦСВ ПСВ/ПДСВ

Настоящее приложение устанавливает порядок определения технологических показателей сбросов загрязняющих веществ с очистных сооружений ЦСВ ПСВ/ПДСВ.

Перечень маркерных веществ для ЦСВ ПСВ/ПДСВ на сбросе в водные объекты определяется как совокупность маркерных веществ предприятий-абонентов группы А, определенных в соответствующих отраслевых справочниках.

В случае если в ЦСВ ПСВ/ПДСВ осуществляется прием хозяйственно-бытовых сточных вод поселений и городских округов, к перечню, определенному на основании соответствующих отраслевых справочниках, добавляются маркерные вещества, установленные в ИТС 10-2019.

Технологические показатели сбросов очищенных сточных вод ЦСВ ПСВ/ПДСВ определяются по формуле:

$$C_{\text{ТП}}^{\text{ЦСВ}} = \frac{\sum_1^n (C_{\text{ТП}i}^{\text{А}} \text{ x } Q_i^A)}{\sum_1^n Q_i^A},$$

где:

$C_{\text{ТП}}^{\text{ЦСВ}}$ – ТП сбросов очищенных сточных вод ЦСВ ПСВ/ПДСВ, мг/дм^3;

$C_{\text{ТП}i}^{\text{А}}$ – значение ТП сброса в водный объект для i-го абонента группы А согласно ИТС НДТ, мг/дм^3;

Q_i^A – максимальное значение объема сточных вод, отводимого в ЦСВ для i-го абонента группы А, тыс. м^3 в год.

Приложение Г
(справочное)
Пример расчета технологических показателей сбросов с очистных сооружений ЦСВ ПСВ/ПДСВ

Перечень абонентов ЦСВ ПСВ/ПДСВ с объемами их годового сброса приведен в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Данные по абонентам ЦСВ ПСВ/ПДСВ

Номер абонента	Область деятельности	Номер ИТС	Группа абонентов	Объем сброса, тыс. м³/год
1	Производство азотных минеральных удобрений	ИТС НДТ 2-2019	А	10 000
2	Переработка нефти	ИТС НДТ 30-2021	А	15 000
3	Очистные сооружения смешанных (городских) сточных вод	ИТС НДТ 10-2019	А	1 600
4	Области деятельности, не отнесенные к областям применения НДТ		Б	1 500
Всего				28 100

Получение сводного перечня маркерных веществ для ЦСВ приведено в таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Перечни маркерных веществ

Абонент-1	Абонент-2	Абонент-3	Сводный перечень маркерных веществ для ЦСВ ПСВ/ПДСВ
Взвешенные вещества Аммоний-ион Нитрит-анион Нитрат-анион Фосфор фосфатов ХПК	Взвешенные вещества ХПК $БПК_{полн}$ Нефтепродукты (нефть) Хлорид-анион Сухой остаток Сульфат-анион Нитрат-анион (азот нитратов) Аммоний-ион	Взвешенные вещества $БПК_5$ ХПК Аммоний-ион Нитрат-анион (азот нитратов) Нитрит-анион Фосфор фосфатов	Взвешенные вещества ХПК $БПК_5$ Аммоний-ион Нитрит-анион Нитрат-анион Фосфор фосфатов Нефтепродукты (нефть) Хлорид-анион Сульфат-анион Сухой остаток

Таблица Г.3 – Концентрации маркерных веществ в соответствии с ИТС НДТ

Маркерное вещество	Концентрация, мг/дм³ (ТП)			Расчетное значение ТП сброса ЦСВ ПСВ/ПДСВ, мг/дм³
	Абонент-1	Абонент-2	Абонент-3	
Расход сточных вод, тыс. м³/год	10 000	15 000	1 600	
Взвешенные вещества	35	17	15	23,6
ХПК	100	66	80	79,6
$БПК_5$	-	19 ($БПК_{полн.}$) 13,29($БПК_5$)	10 ($БПК_5$)	11,9
Аммоний-ион	15	8	1,93	10,2
Нитрит-анион	3,3	-	0,82	1,8
Нитрат-анион	120	61	53,14	82,7
Фосфор фосфатов	2,8	-	1	1,7
Нефтепродукты (нефть)	-	1,4	-	1,4
Хлорид-анион	-	181	-	181
Сульфат-анион	-	238	-	238
Сухой остаток	-	1131	-	1131
Примечание. Технологические показатели (ТП) сбросов загрязняющих веществ (маркерных веществ) для абонентов взяты из соответствующих справочников по НДТ.				

Пример расчета ТП по взвешенным веществам и фосфору фосфатов для **ЦСВ ПСВ/ПДСВ** с использованием исходных данных таблицы Г.3.

1 Определение ТП по взвешенным веществам:

1.1 Выбираем из таблицы Г.3 технологический показатель по данному веществу для абонента-1: 35 мг/дм³, что соответствует 35 г/м³.

1.2 Умножаем 35 (г/м³) на годовой объем сброса, 10 000 000 (м³), получаем 350 000 000 (г).

1.3 Рассчитываем аналогично для абонента-2 и абонента-3, получаем соответственно: 255 000 000 (г) и 24 000 000 (г).

1.4 Складываем получившиеся произведения, получаем 629 000 000 (г).

1.5 Делим 629 000 000 (г) на общий годовой объем сброса 26 600 000 (м³) для абонентов группы А, относящихся к I категории НВОС (данные из таблицы Г.1), получаем 23,6 г/м³, что соответствует 23,6 мг/дм³ – расчетное значение ТП сброса ЦСВ для взвешенных веществ.

2. Определение ТП по фосфору фосфатов:

1.1 Выбираем из таблицы Г.3 технологический показатель по данному веществу для абонента-1: 2,8 мг/дм³, что соответствует 2,8 г/м³.

1.2 Умножаем 2,8 (г/м³) на годовой объем сброса, 10 000 000 м³, получаем 28 000 000 (г).

1.3 Для абонента-2 технологический показатель для фосфора фосфатов принимается равным минимальному из значений ТП, учитываемых в расчете, т.е. 1 мг/дм³, что соответствует г/м³ (ТП для абонента-3).

1.4 Умножаем 1(г/м³) на годовой объем сброса для абонента-2: 15 000 000 (м³), получаем 15 000 000 (г).

1.5 Рассчитываем аналогично для абонента-3, получаем 1600 000 (г).

1.6 Складываем получившиеся произведения, получаем 44 600 000 (г).

1.7 Делим 44 600 000 (г) на общий годовой объем сброса 26 600 000 м³ для абонентов группы А, относящихся к I категории НВОС (данные из таблицы Г.1), получаем 1,7 (г/м³), что соответствует 1,7 (мг/дм³) – расчетное значение ТП сброса ЦСВ для фосфора фосфатов.

Библиография

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016).
2. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».
3. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р.
4. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
5. 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».
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 «О поэтапном графике создания в 2015 - 2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий (с изменениями и дополнениями)».
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».
9. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 23 августа 2019 года № 3134 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии».
10. ГОСТ Р 113.00.03-2019 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.
11. ГОСТ Р 56828.15-2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.
12. ГОСТ Р 113.00.04-2020 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.
13. ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».
14. ИТС 16-2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».
15. ИТС 18-2016 «Производство основных органических химических веществ».
16. ИТС 19-2016 «Производство твердых и других неорганических химических веществ».
17. ИТС 22.1-2021 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения».
18. ИТС 23-2017 «Добыча и обогащение руд цветных металлов».
19. ИТС 25-2017 «Добыча и обогащение железных руд».
20. ИТС 30-2021 «Переработка нефти».
21. ИТС 31-2021 «Производство продукции тонкого органического синтеза».
22. ИТС 32-2017 «Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых».
23. ИТС 37-2017 «Добыча и обогащение угля».
24. ИТС 38-2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии».
25. ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней».
26. ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы».
27. ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания».
28. ИТС 50-2017 «Переработка природного и попутного газа».

29. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году».
30. Основные показатели охраны окружающей среды: статистический бюллетень. – Москва, 2021 г. – 109 с.
31. Абрамович И.А. Утилизация сточных вод. – Харьков. РИП «Оригинал». 1998. – 272 с.
32. Белевцев А.Н., Гандурина Л.В., Двинских Е.В, Морозова К.М., Мясников И.Н., Пономарёв В.Г, Скирдов И.В., Соколова Е.В. Швецов В.Н. Отчет о научно-исследовательской работе «Создание классификатора технологий для очистки сточных вод и обработки осадков». – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 2002. – С. 68.
33. Бондарь С.Н., Чабанова О.Б. Инновационные методы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности // Харчова наука і технологія. – 2013. – № 4 (25). – С. 94–98.
34. Боравский Б.В., Скобелев Д.О., Венчикова В.Р., Боравская Т.В. Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения – М.: Изд-во Коорд.-инф. Центра содействия предприятиям СНГ в вопросах безопасности хим. продукции, 2013. – 218 с.
35. Брославский Л.И. Экология и охрана окружающей среды: законы и реалии США и России / Ecology and Environment Protection: Laws and Practices USA and Russia/ монография / Л.И. Брославский. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 317 с.
36. Водный Кодекс Республики Беларусь № 149-З от 30 апреля 2014 г. URL: http://naviny.org/2014/04/30/by3060.htm.
37. Данилович Д.А. Энергосбережение и альтернативная энергетика на очистных сооружениях канализации // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 1. – С. 9–20.
38. Есин М.А., Смирнов А.В. Комплексные решения MY BIO для биологической очистки сточных вод. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017, № 3.
39. Есин М.А., Ромашко А.В. Отечественный опыт реализации мембранных биореакторов по технологии «MY MBR» для очистки производственных сточных вод. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017, № 6.
40. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н.И. Лихачёв, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.
41. Кофман В.Я. Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод (часть 2) // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013, № 11. – С. 68–78.
42. Ксенофонтов, Б.С. Очистка воды и почвы флотацией. М: Новые технологии. 2004, 224 с.
43. Мешенгиссер Ю.М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод. – М.: ООО «Издательский Дом «Вокруг цвета», 2012, 211 с.
44. Ольшанская Л.Н., Собгайда Н.А., Русских, М.Л., Валиев, Р.Ш., Арефьева, О.А. Фиторемедиационные технологии в решении проблем загрязнения гидросферы // Инноватика и экспертиза. – 2012. – Вып. 2 (9). – С. 166–172.
45. Пономарёв В.Г. Процессы разделения суспензий сточных вод. Конструкции сооружений. – М.: СоюзДизайн, 2014. – 228 с.
46. Пономарёв В.Г., Иоакимис Э.Г. Образование и очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Союз Дизайн, 2009. – 352 с.
47. Постановление Минприроды РБ 16 26.05.2017 «О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» URL: http://www.vitebskoblvodokanal.by/wp-content/uploads/2017/07/5-%D0%A2.pdf.
48. Постановление о требованиях к осуществлению сброса сточных вод в водоемы Германии (перевод на русский язык). Немецкое общество по международному сотрудничеству (ГИЦ) Гмбх. Москва, 2021.
49. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие 2 2 т. А.Е. Кузнецов и др. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2012 – 629 с.

50. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие 2 2 т. А.Е. Кузнецов и др. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2012 – 485 с.
51. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
52. Ромашко А.В. Опыт реализации локальных очистных сооружений предприятий пищевой промышленности по технологии «MY DAF». Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017, №5.
53. Скобелев Д.О., Боравский Б.В., Чечеватова О.Ю. Наилучшие доступные технологии. Учебное пособие. – М.: АСМС, 2015. – 176 с.
54. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике : Информационный сборник / В. В. Абрамов и др.; под общ. ред. В. Я. Путилова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 388 с.
55. Спеллман Ф.Р. Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация: пер. 2-го англ. изд. Под ред. М.И. Алексеева – Спб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 1312 с.
56. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. пер. с фр. – СПб.: Новый журнал, 2007.
57. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград. Панорама, 2015.
58. Храменков С.В., Данилович Д.А. Предварительная анаэробная очистка концентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 1-2. – С. 28–32.
59. Эпов А.Н. Очистка сточных вод предприятий агропромышленного комплекса.
60. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. 2016. 633 p. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/common-waste-water-and-waste-gas-treatmentmanagement-systems-chemical-sector-0.