ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 10 — 2015

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ, ГОРОДСКИХ ОКРУГОВ

Москва
Бюро НДТ
2015

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение VII
Краткое содержание справочника НДТ VII
Обзор документов, использованных при разработке справочника НДТ XII
Предисловие XIV
Часто используемые сокращения XV
Область применения 1
Раздел 1. Общие сведения об очистке сточных вод централизованных систем водоотведения поселений 5
1.1 Образование и отведение сточных вод 5
1.1.1 Виды сточных вод и систем водоотведения 5
1.1.2 Многолетняя динамика водоотведения 9
1.1.3 Загрязнения сточных вод поселений 10
1.1.4 Специфика условий контроля расхода и загрязненности сточных вод. 16
1.1.5 Неравномерность образования ГСВ 18
1.2 Очистка сточных вод ЦСВ населенных пунктов 19
1.2.1 Задачи и методы очистки сточных вод 19
1.2.2 Специфика терминологии подотрасли применительно к описанию НДТ 23
1.2.3 Технологические и экологические аспекты развития подотрасли очистки сточных вод в СССР и России 25
1.3 Роль подотрасли в защите водных объектов от негативного воздействия поселений на водные объекты 28
1.4 Информация по подотрасли 29
1.4.1 Общие сведения о предприятиях подотрасли 29
1.4.2 Организационные и экономические основы работы подотрасли. Экономические показатели предприятий отрасли 32
1.4.3 Анализ объектов подотрасли по производительности, срокам эксплуатации, производительности, нагрузке 38
1.5 Градации объектов подотрасли по производительности для дальнейшего использования в справочнике НДТ 46
1.6 Энерго- и ресурсопотребление подотрасли 49

1.7 Особенности условий модернизации объектов подотрасли 52
1.8 Системные проблемы отрасли ВКХ и подотрасли очистки сточных вод 54
Раздел 2. Описание используемых технологических процессов 58
2.1 Очистка городских сточных вод 58
2.1.1 Технологическая схема процесса ОС ГСВ 58
2.1.2 Краткое описание основного природоохранного оборудования. Типичные технологические процессы очистки сточных вод, применяемые в отрасли 81
Подпроцесс № 1. Выделение плавающих грубых примесей (процеживание) 81
Подпроцесс № 1–1 82
Подпроцесс № 2. Удаление оседающих грубых примесей (песка) 83
Подпроцесс № 3. Обработка пескового осадка (пульпы) 85
Подпроцесс № 4. Аккумулирование (усреднение) расхода сточной воды 86
Подпроцесс № 5. Осаждение взвешенных веществ (осветление) 87
Подпроцесс № 6. Обработка в биореакторах биологической очистки 90
Подпроцесс № 7. Подача сжатого воздуха 95
Подпроцесс № 8 Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора 96
Подпроцесс № 9 Доочистка 97
Подпроцесс № 10. Приготовление и дозирование растворов реагентов 100
Подпроцесс № 11. Обеззараживание очищенной воды 100
Подпроцесс № 12 Концентрирование жидких осадков 101
Подпроцесс № 13. Стабилизация жидких осадков 102
Подпроцесс № 13Б-1. Обработка и утилизация биогаза 103
Подпроцесс № 14. Обеззараживание осадков 104
Подпроцесс № 15. Уплотнение стабилизированных осадков 105
Подпроцесс № 16. Обезвоживание осадка 105
Подпроцесс № 17. Дополнительная выдержка в естественных условиях осадков, подсушенных на иловых площадках или механически-обезвоженных 106

Подпроцесс № 18. Компостирование осадков 107
Подпроцесс № 19. Производство почвогрунтов из осадка 108
Подпроцесс № 20. Термическая сушка осадка 108
Подпроцесс № 21 Сжигание осадка (термоутилизация) 109
2.1.3 Вспомогательное природоохранное оборудование для ОС ГСВ 114
2.1.4 Текущие уровни потребления ресурсов и производства вторичной продукции на ОС ГСВ 116
2.2 Очистка поверхностных сточных вод 117
2.2.1 Технологическая схема процесса ОС ПСВ 117
2.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и производства вторичной продукции на ОС ПСВ 125
Раздел 3. Текущие уровни эмиссии в окружающую среду 127
3.1 Общая информация 127
3.2 Сбросы в водные объекты 140
3.2.1 Сбросы от сооружений очистки городских сточных вод 140
3.2.2 Сбросы сооружений очистки поверхностных сточных вод 153
3.2.3 Интегральная оценка сбросов в водные объекты 155
3.3 Выбросы в атмосферу 161
3.4 Образование отходов 166
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий 173
4.1 Особенности методологии определения НДТ применительно к подотрасли 173
4.2 Анализ технологий как возможных НДТ для очистки городских сточных вод 177
4.2.2 Обеззараживание сточных вод 214
4.2.3 Подпроцессы обработки осадка 217
4.3 Анализ технологий как возможных НДТ для ОС ПСВ 235
4.3.1 Сооружения гравитационной очистки 235
4.3.2 Гидробиологические методы 239
4.3.3 Фильтрационная очистка и доочистка 242
4.3.4 Обеззараживание 245
4.3.5 Обезвоживание осадка 245
4.4 Определение НДТ 245
4.4.1 НДТ для ОС ГСВ 246
4.4.2 Определение НДТ для ПСВ 261

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии 265
НДТ 1 265
НДТ 2 265
НДТ 3 266
НДТ 4 267
НДТ 5 269
НДТ 6 270
НДТ 7 271
НДТ 8 273
НДТ 9 274
НДТ 10 275
НДТ 11 276
НДТ 12 277
НДТ 13 278
НДТ 14 278
НДТ 15 280
НДТ 16 281
Раздел 6. Экономические показатели наилучших доступных технологий 281
6.1 Стоимость перехода на НДТ 281
6.2 Анализ экономической доступности внедрения НДТ для организаций ВКХ 288
6.3 Экономический анализ экологической эффективности использования НДТ 291
Раздел 7. Перспективные технологии 303
7.1 Снижение загрязненности по ХПК, удаление специфических органических загрязнений (нефтепродукты, СПАВ), микрозагрязнений, тяжелых металлов 305
7.1.1 Биосорбционная очистка 305
7.1.2 Сорбционная доочистка на активном угле 306
7.1.3 Сорбционная доочистка на минеральных сорбентах 307
7.1.4 Биосорбционная доочистка 308
7.1.5 Фотокаталитическая доочистка 310
7.1.6 Окисление ферратами 310
7.1.7 Доочистка озонированием 312
7.1.8 Доочистка на мембранах 314

7.2 Извлечение ценных составляющих сточных вод 315
7.2.1 Кристаллизация фосфатов из возвратных потоков сооружений обработки осадка 315
7.3 Снятие ограничений по применению НДТ в ряде неблагоприятных ситуаций 316
7.3.1 Денитрификация нитратного азота с добавлением субстрата 316
7.3.2 Мембранное илоразделение 317
7.4 Расширение возможности получения вторичной продукции из осадка ГСВ 320
7.4.1 Аэробная термофильная автотермичная стабилизация жидких осадков 320
7.4.2 Вермикомпостирование осадка 321
7.4.3 Пиролитическая газификация осадка 322
7.4.4 Остеклование осадка 323
7.4.5 Получение жидкого топлива из осадка 324
7.4.6 Суперкритическое жидкофазное окисление 325
7.5 Получение экологического эффекта, не уступающего НДТ, при существенно меньших затратах 326
7.5.1 Удаление азота через нитрит 326
7.5.2 Группа технологий с улучшенной нитрификацией 327
7.5.3 Аноксидное окисление аммония (АНАММОКС-технологии) 328
7.5.4 Фитотехнологии очистки ГСВ 330
7.5.5 Обезвоживание осадков в геоконтейнерах 330
7.5.6 Биосушка осадка 331
7.5.7 Электроосмотическое обезвоживание 332
Заключительные положения и рекомендации 334
Приложение А 336
Приложение Б 351
Приложение В 366
Приложение Г 367
Библиография 372

Введение

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации, разработанным в результате анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых при очистке сточных вод централизованных систем водоотведения поселений и городских округов.

Краткое содержание справочника НДТ

Введение. Во введении приведено краткое содержание справочника НДТ и обзор нормативных правовых документов, использованных при его разработке.

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

Область применения. В разделе приводится детализация области применения НДТ, на которую распространяется действие справочника НДТ в соответствии с действующим законодательством. Определена граница отнесения к области применения очистных сооружений, принимающих как сточные воды поселений (через централизованную систему водоотведения), так и сточные воды объектов, на которых осуществляется производство продукции или оказание услуг (напрямую).

Раздел 1. В подразделе 1.1 описаны различные аспекты образования и отведения сточных вод централизованных систем водоотведения поселений (далее в обобщенном понимании именуются просто сточными водами). Показано, что на объектах подотрасли осуществляется очистка двух принципиально различных потоков сточных вод: смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод (городские сточные воды, ГСВ), а также поверхностных сточных вод (ПСВ). Приведена информация об источниках образования и системах отведения сточных вод, факторах, влияющих на количество сточных вод, тенденции многолетней динамики притока на очистные сооружения, о показателях и величинах загрязненности сточных вод и ее зависимости от источников сброса, о факторе неравномерности притока и специфике контроля показателей расхода и загрязненности.

В подразделе 1.2 кратко изложены задачи и методы очистки сточных вод, технологические и экологические аспекты развития подотрасли очистки сточных вод в СССР и России, показана специфика подотрасли с точки зрения методологии НДТ.

В подразделе 1.3 показана ведущая роль подотрасли в защите водных объектов от негативного воздействия поселений на водные объекты.

В подразделе 1.4 приведена общая информация по подотрасли, в том числе: расположение и масштабы подотрасли, организационные и экономические основы работы подотрасли, экономическое положение предприятий, приведены данные по количеству предприятий и объектов, подпадающих под обязательный переход на НДТ и получение комплексных разрешений, а также имеющих право добровольно присоединиться к нормированию по технологическим показателям.

Приведены данные по объектам подотрасли, полученные путем анкетирования: по производительности, срокам эксплуатации, производительности, нагрузке по сточным водам, загрязненности поступающих сточных вод. В подразделе 1.5 введены градации объектов подотрасли по производительности.

В подразделе 1.6 приведены данные по энерго- и ресурсопотреблению подотрасли, в том числе по данным анкетирования.

В подразделе 1.7 описаны особенности условий модернизации объектов подотрасли, в подразделе 1.8 — системные проблемы отрасли водопроводно-канализационного хозяйства в целом и подотрасли очистки сточных вод в частности. Определена основная задача данного справочника НДТ: обеспечить предъявление достижимых нормативов к очистным сооружениям и достижение наибольшей эколого-экономической эффективности применяемых технологий.

Раздел 2. В подразделе 2.1 приведено отдельное описание двадцати одного подпроцесса, и основного применяемого оборудования для очистки городских сточных вод, Приведены результаты анализа данных двухсот анкет по применению основных подпроцессов очистки городских сточных вод. Описано вспомогательное природоохранное оборудование. Приведена информация по текущим уровням потребления ресурсов и производства вторичной продукции.

В подразделе 2.2 приведено аналогичное описание двенадцати подпроцессов и соответствующего оборудования для поверхностных сточных вод. Дана имеющаяся информация по объектам этой части подотрасли, текущим уровням потребления ресурсов и производства вторичной продукции на объектах очистки поверхностных сточных вод.

Раздел 3. В подразделе 3.1 описаны методологические особенности подотрасли, обоснован перечень загрязняющих веществ, по которым должно осуществляться технологическое нормирование (так называемые технологические показатели биологической очистки сточных вод). Приведена информация по сложившейся ситуации с кон-

тролем атмосферных эмиссий. Обоснована невозможность использования методологии маркерных веществ применительно к очистке городских сточных вод. Определены маркер загрязненности очищенных поверхностных сточных вод и маркер содержания дурнопахнущих веществ в выбросах.

В подразделе 3.2 детально проанализировано по 18 показателям по данным анкет качество очистки городских сточных вод (показатели сбросов в водные объекты). Сделан вывод об очень значительных различиях в качестве очистки и существовании нескольких групп объектов, требующих применения различных подходов.

Также по имеющейся информации проанализированы сбросы с объектов очистки поверхностных сточных вод.

Введена система интегральной оценки качества очищенных сточных вод, основанная на суммировании соотношений качества очищенных сточных вод к целевым технологическим показателям, достигаемым при использовании различных технологий (показатель ИПКО).

Приведены результаты расчета показателя ИПКО для основных технологий очистки сточных вод, а также для всех проанкетированных объектов. По результатам анализа обоснованы максимальные значения показателей ИПКО отдельно для ГСВ и ПСВ, являющиеся основанием требовать от объектов первоочередного перехода на НДТ.

В подразделе 3.3 приведена информация по выбросам дурнопахнущих веществ от очистных сооружений ГСВ, дана Классификация подпроцессов, использующих открытые поверхности, по интенсивности выделения дурнопахнущих веществ, ранжированы технологические факторы, влияющие на интенсивность выделения дурнопахнущих веществ.

Обоснована нецелесообразность нормирования эмиссий и, напротив, целесообразность нормирования эффективности воздействия на выбросы.

В подразделе 3.4 показана множественность факторов, влияющая на образование отходов на сооружениях очистки сточных вод, приведены данные по диапазону возможного образования отходов. Обоснована нецелесообразность нормирования количества образующихся отходов и целесообразность нормирования эффективности обработки осадков, размещаемых как отходы.

Раздел 4. В подразделе 4.1 показаны особенности методологии определения НДТ применительно к подотрасли. Перечислены основные экологические задачи, которые должны решаться с помощью НДТ. Обоснована необходимость для данной подотрасли в целях предотвращения нерационального расходования инвестиционных ре-

сурсов применения НДТ, обеспечивающих максимальную эколого-экономическую эффективность, а также использования комбинированного подход, с учетом возможностей водного объекта при выборе технологии как НДТ.

С использованием методологии ИПКО обоснована возможность использования комбинированного подхода, основанного на использовании четырех уровней (по достигаемому экологическому результату) апробированных технологий (групп технологий), которыми располагает отрасль. Сформулированы предложения по ранжированию водных объектов для целей выбора НДТ также в пределах четырех групп (категорий А – Г).

В подразделе 4.2 выполнен анализ технологий, как возможных НДТ для ГСВ, в том числе технологий очистки сточных вод, доочистки, обеззараживания, стабилизации и сокращения массы осадка. Приведено описание референц-объектов, выбранных по данным анкетирования, по литературным и экспертным данным.

В подразделе 4.3 приведена аналогичная информация по ПСВ.

В подразделе 4.4 проведено собственно определение НДТ на базе критериев, установленных законодательством, действующими в данной сфере стандартами и рекомендациями. Определены НДТ для групп подпроцессов для ГСВ и ПСВ. Проведена комплексная оценка преимуществ, которые могут быть достигнуты при внедрении НДТ; по возможности приведены данные о достигаемом качестве очитки, образовании отходов, потреблении ресурсов и повышении энергоэффективности.

Раздел 5. Приводится описание универсальных НДТ, применимых для большинства областей применения НДТ, в том числе НДТ организационно-управленческого характера; энергосбережения и ресурсосбережения; производственного экологического контроля; предотвращения и сокращения образования запахов, НДТ предотвращения и сокращения шумовых выбросов.

Приводится краткое описание ранее обоснованных в разделе 4 НДТ очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. Всего описано 75 отдельных НДТ, сгруппированных по 16 группам. Часть из них является универсальной, для других приводятся данные по ограничению применимости НДТ, в том числе в зависимости от масштаба объекта, условий сброса в водные объекты, действующих или новых очистных сооружений.

Раздел 6. В подразделе 6.1 приведена информация по стоимости мероприятий по переходу на НДТ, обобщенная по данным части анкет, содержавших достаточную информацию по данным разделам. Всего приведена информация по 36 реализованным или запланированным проектам, разделенная по шесть групп.

В подразделе 6.2 проведен анализ экономической доступности внедрения НДТ для организаций водопроводно-канализационного хозяйства, выполненный для нескольких вариантов: с новым строительством и реконструкцией, в условиях высокого (в среднем по отрасли) и низкого тарифов. Сделан вывод о недоступности для подавляющего числа организаций водопроводно-канализационного хозяйства строительства новых очистных сооружений или сооружений термической переработки осадка.

В подразделе 6.3 проведен анализ эколого-экономический эффективности использования НДТ. Вначале приведено сравнение способов выражения экономических показателей технологий. Сделан вывод, что оптимальным инструментом для экономической оценки НДТ является эколого-экономическая эффективность затрат жизненного цикла технологии (включая оборудование и сооружения, с помощью которых она реализована). Проведено сравнение пяти вариантов технологий ОС ГСВ. Показано, что при новом строительстве удельные затраты удаления одного и того же количества загрязнений на стадии доочистки до ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения в 8 раз выше, чем на стадии биологической очистки. При реконструкции эта разница составляет 12 раз.

Сделан вывод, что система нормирования должна обеспечивать безусловный приоритет мероприятий по внедрению технологий удаления азота и фосфора в аэротенках (и им подобных методов) по сравнению с доочисткой. Применение доочистки должно рассматриваться как НДТ только в строго ограниченных ситуациях строгой охраны водных объектов. Во всех других ситуациях использование в проекте подпроцессов доочистки эквивалентно нанесению ущерба водным объектам в результате нехватки средств, неэффективно потраченных на данном объекте, для получения базового эффекта на другом объекте.

Раздел 7. В начале раздела сформулирована классификация развивающихся (перспективных) методов в составе пяти групп, различающихся степенью разработки и апробации. К ним относятся технологии, находящиеся на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, опытно-промышленного внедрения, производственной апробации, а также зарубежные технологии, по которым отсутствует информация о применении на территории Российской Федерации.

Приведены основные проблемы, прежде всего экологические, не решаемые технологиями, отнесенными к НДТ. Приведено описание технологий, направленных на решение данных проблем.

Заключительные положения и рекомендации. В разделе приводятся сведения о членах технической рабочей группы, принимавших участие в разработке спра-

вочника НДТ, их взаимное согласие по отдельным положениям справочника 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 НДТ приводится дополнительная информация.

Библиография. Перечень источников, использованных при разработке справочника НДТ «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов». Библиография содержит перечень источников, использованных при разработке информационно-технического справочника НДТ «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

Обзор документов, использованных при разработке справочника НДТ

При разработке справочника НДТ были использованы следующие документы:

- Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

- Федеральный закон от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

- Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»;

- Федеральный закон от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»;

- постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»;

- распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2014 г. № 2674-р;

- распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.10.2014 г. № 2178-р;

- распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.03.2014 г. № 398-р;

- приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.03.2015 г. № 665 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии»;

- ПНСТ 21—2014 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника;

- ПНСТ 22—2014 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения;

- ПНСТ 23—2014 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

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

Поскольку в ЕС отсутствует справочник НДТ по очистке коммунальных сточных вод, при разработке справочника НДТ были использованы некоторые общие подходы, перечисленные в предисловии. Также был использован опыт США по реализации принципа НДТ в сфере очистки сточных вод.

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

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника НДТ установлены требованиями Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [12] и постановлением Правительства Российской Федерации от 23.12.2014 г № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».

1 Статус документа

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

2 Информация о разработчиках

Справочник разработан технической рабочей группой № 10 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (ТРГ 10), состав которой утвержден приказом Росстандарта от 17 июля 2015 г. № 833 «О технической рабочей группе «Очитска сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (ред. от 18.11.2015 г.).

Перечень организаций и их представителей, принимавших участие в разработке справочника, приведен в разделе «Заключительные положения и рекомендации».

Справочник представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (Бюро НДТ) gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Справочник содержит описание технологических процессов и оборудования, применяемых при очистке сточных вод централизованных систем водоотведения поселений и городских округов, организационных и технических способов, методов, в том числе, позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергоэффективность, ресурсосбережение. Из описанных технологических процессов, оборудования, организационных и технических способов, методов определены решения, являющиеся НДТ и установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при очистке сточных вод централизованных систем водо-

отведения населенных пунктов была собрана в процессе разработки справочника в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по НДТ и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

5 Взаимосвязь с международными и российскими аналогами

Справочник разработан с использованием принципов и положений Директивы ЕЭС «Об очистке городских стоков (91/271/EEC)» и Рекомендации 28E/5 «Очистка городских сточных вод», а также принципов справочников Европейского союза по НДТ «Обработка/обращение со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности» (European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector); «Отходоперерабатывающая промышленность» (European Commission. Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries).

Справочник разработан во взаимосвязи со справочником «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».

6 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1580.

Справочник НДТ введен в действие с 1 июля 2016 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.e-ecolog.ru

Часто используемые сокращения

Сокращение	Расшифровка
ЦСВ	Централизованная система водоотведения
ГСВ	Городские сточные воды
ПСВ	Поверхностные сточные воды
ОС	Очистные сооружения
ЭЧЖ	Эквивалентная численность жителей

Сокращение	Расшифровка
ТП БОСВ	Технологические показатели биологической очистки (городских) сточных вод
$ПДК_{рыбхоз}$	ПДК для воды водных объектов рыбохозяйственного назначения
ВКХ	Водопроводно-канализационное хозяйство
ПП	Проектная производительность
КЭ	Кислородный эквивалент
СВО	Сухое вещество осадка
ППЭЭ	Программа повышения экологической эффективности
ЦТП	Целевой технологический показатель
БО	Полная биологическая очистка
БН	Полная биологическая очистка с нитрификацией
БНЧСД	Полная биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией
БНД	Биологическая очистка с удалением азота
БНДФ	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (обобщенное определение)
БНДБФ	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора
БНДБХФ	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора
Ф/ФР	Фильтры (зернистые и мембранные) / фильтры с применением реагентов
БФ	Биофильтры
БП	Биопруды
Хи ГХ	Обеззараживание хлором и гипохлоритом
УФ	Обеззараживание УФ-облучением
АС	Аэробная стабилизация
МС	Анаэробное (метановое) сбраживание
ИП	Уплотнение и сушка на иловых площадках
ИПФ	Сгущение и сушка на иловых площадках с флокулянтом
ТС	Термическая сушка
СЖ	Сжигание

Принятая в справочнике классификация ОС ГСВ по производительности

Наименование категории ОС по производительности	Производительность очистных сооружений по поступающим органическим загрязнениям, выраженная в единицах эквивалентной численности жителей (ЭЧЖ)	Расход поступающих сточных вод, $м^3$/сут
Сверхкрупные	Более 3 млн	Свыше 600 тыс.
Крупнейшие	1–3 млн	200–600 тыс.
Крупные	200 тыс. — 1 млн	40–200 тыс.
Большие	50 тыс. — 200 тыс.	10–40 тыс.
Средние	20 тыс. — 50 тыс.	4–10 тыс.
Небольшие	5 тыс. — 20 тыс.	1–4 тыс.
Малые	500–5 тыс.	100–1000
Сверхмалые	50–500	10–100

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЯМ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ, ГОРОДСКИХ ОКРУГОВ

Дата введения — 2016 – 07 – 01

Область применения

В соответствии с Перечнем областей областей применения наилучших доступных технологий, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.12.2014 г. № 2674-р, деятельность в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов относится к данной области целиком, без ограничения производительности по объему отводимых сточных вод.

Масштаб данных объектов очистки сточных вод, которые обязаны осуществлять переход на НДТ в соответствии с требованиями Федерального закона от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [12] определяется Правительством Российской Федерации. Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» утвержден следующий критерий: сбор и обработка сточных вод в части, касающейся очистки сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) (с объемом отводимых сточных вод 20 тыс. куб. м и более в сутки).

Отраслевая область применения справочника определяется из его названия «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов». Таким образом, область применения определяется значениями следующих терминов:

- сточные воды;
- очистка сточных вод;
- централизованные системы водоотведения;
- поселения, городские округа.

Согласно пункту 19 статьи 1 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ сточные воды – дождевые, талые, инфильтрационные, поливо-

моечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади.

Согласно пункту 23 статьи 2 Федерального закона от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (далее — ФЗ «О водоснабжении и водоотведении), сточные воды централизованной системы водоотведения - принимаемые от абонентов в централизованные системы водоотведения воды, а также дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, если централизованная система водоотведения предназначена для приема таких вод.

Согласно пункту 28 той же статьи централизованная система водоотведения (канализации) — комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для водоотведения.

Согласно пункту 1 статьи 2 ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» абонент — физическое либо юридическое лицо, заключившее или обязанное заключить договор горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) договор водоотведения, единый договор холодного водоснабжения и водоотведения.

Важно отметить, что, согласно пункту 111 Правил холодного водоснабжения и водоотведения, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 г. № 644, абоненты обязаны соблюдать требования к составу и свойствам сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения, установленные настоящими Правилами, в целях предотвращения негативного воздействия сточных вод на работу централизованной системы водоотведения.

Согласно пункту 32 ГОСТ 17.1.1.01—77. «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения» очистка сточных вод - обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

Согласно части 1 статьи 1 Федерального закона от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»:

поселение — городское или сельское поселение;

городское поселение — город или поселок, в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления;

сельское поселение — один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пунктов (поселков, сел, станиц, деревень, хуторов, кишлаков, аулов и других сельских населенных пунктов), в которых местное самоуправление осу-

ществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления;

городской округ — городское поселение, которое не входит в состав муниципального района и органы местного самоуправления которого осуществляют полномочия по решению ... вопросов местного значения поселения и вопросов местного значения муниципального района, а также могут осуществлять отдельные государственные полномочия, передаваемые органам местного самоуправления федеральными законами и законами субъектов Российской Федерации.

Таким образом, справочник распространяется на объекты, осуществляющие обработку сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ, а также обработку образующихся в этих процессах осадков, применительно к сточным водам, принимаемым от абонентов в технологически связанные между собой инженерные сооружения, расположенные в поселениях различных видов, предназначенные для приема, транспортировки и очистки сточных вод, а также дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, принимаемые в аналогичные сооружения, предназначенные для этой цели.

Важным обстоятельством является разграничение объектов очистных сооружений централизованных систем водоотведения поселения поселений и городских округов от сооружений очистки сточных вод, образовавшихся при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг.

Однако, нормативные правовые акты не содержат информации, которая позволила бы количественно разграничить ситуации, в которых справочник применим, либо не применим в подобных ситуациях.

В ОКВЭД (Общероссийский классификатор видов экономической деятельности ОК 029—2001, введен в действие постановлением Госстандарта России от 6 ноября 2001 г. 454-ст) — код 37.00 «Сбор и обработка сточных вод».

В ОКПД (Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОК 034—2007 (ОКПД) (КПЕС 2002) (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2007 г. № 329-ст)) к области применения имеет отношение код 37.00.11.140 «Услуги по очистке сточных вод (включая бытовые и промышленные сточные воды, воду из плавательных бассейнов и т. д.) с использованием физических, химических и биологических методов, таких как разжижение, просеивание, фильтрование, седиментация и аналогичные услуги».

Обе эти формулировки могут быть использованы для определения области определения справочника только с ограничением сферы их применения очисткой сточных вод поселений, городских округов так как:

- формулировка ОКПД включает в себя очистку промышленных сточных вод (без указания, что эти воды сбрасываются в централизованные системы водоотведения);

- формулировка ОКВЭД однозначно выходит за пределы справочника, т.к. включает в себя сбор сточных вод, а также очистку промышленных сточных вод и целый ряд услуг в области эксплуатации систем водоотведения.

На основании анализа нормативных документов и значений терминов, к сфере применения настоящего правочника отнесены:

- все сооружения очистки сточных вод городских (хозяйственно-бытовых), централизованных общесплавных систем водоотведения, а также централизованных ливневых систем водоотведения, предназначенные для этой цели в соответствии с проектной документацией;

- очистные сооружения моногородов и близких ним по структуре поселений, т.е. сооружения, изначально предназначенные как для очистки производственных сточных вод крупного градообразующего предприятия (группы предприятий), так и для очистки сточные вод от жилой застройки, нагрузка на которые от сточных вод централизованной системы водоотведения данного поселения (городского округа), или их совокупности, превышает 50% (в годовом исчислении) хотя бы по одному из следующих показателей:

- масса ХПК (химическое потребление кислорода);

- масса азота аммонийного;

- масса фосфора фосфатов;

- объем сточных вод.

При этом при определении масштаба объекта в соответствии с определениями, принятыми в настоящем справочнике, принимается только нагрузка, поступающая со сточными водами ЦСВ поселения, городского округа.

Отнесение объекта к области действия настоящего справочника не означает невозможность отнесения его к области применения отраслевого справочника, к которому данный объект может относиться. Данный вопрос решается в соответствии с областью применения соответствующего справочника.

В неоднозначных ситуациях рекомендуется при выдаче комплексного экологического разрешения принимать решение об отнесении объекта к областям применения

справочников и полноту применения их положений к объекту на основе анализа всех существенных факторов.

Раздел 1. Общие сведения об очистке сточных вод централизованных систем водоотведения поселений

1.1 Образование и отведение сточных вод

1.1.1 Виды сточных вод и систем водоотведения

Классификация сточных вод (СВ), принятая в России, приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация сточных вод (СВ)

Вид сточных вод	Происхождение
Хозяйственно-бытовые сточные воды	В результате хозяйственно-бытовой деятельности в жилом секторе, объектах социально-культурной сферы, на всех предприятиях (от санузлов, кухонь, мест приема пищи и т. п.)
Производственные сточные воды	В процессе производства товаров и услуг
Поверхностные сточные воды (дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, принимаемые в централизованную систему водоотведения)	В результате выпадения дождей, таяния снега, мойки дорожных покрытий, при искусственном водопонижении, а также инфильтрации в коллекторе

В зависимости от способа транспортировки поверхностных сточных вод на территории поселений и промышленных зон применяют общесплавную, раздельную, неполную раздельную или полураздельную системы водоотведения — см. таблицу 1.2.

Таблица 1.2 — Виды систем водоотведения

Вид системы водоотведения	Описание, условия применения	Преимущества	Недостатки
Общесплавная	Прокладывается одна сеть трубопроводов, по которой на очистные сооружения транспортируются все категории сточных вод: бытовые, производственные и поверхностные (дождевые, талые и поливомоечные)	Общесплавные системы отвечают высоким требованиям благоустройства населенных пунктов	Очень большие затраты на строительство сетей и насосных станций, очистных сооружений. При выпуске части сточных вод в водный объект (при осадках нерасчетной интенсивности) происходит загрязнение разбавленными ГСВ. В сильные дожди и паводки нарушается стабильная работа сооружений очистки городских сточных вод. Выделение запахов через дождеприемные решетки

Вид системы водоотведения	Описание, условия применения	Преимущества	Недостатки
Полная раздельная	Применяются две сети — городская канализация, в которую принимают хозяйственно-бытовые и допущенные к приему производственные сточные воды (их смесь именуется городскими сточными водами, (ГСВ)), и дождевая канализация. В крупных промышленных зонах используют производственные сети. Оптимальны независимо от крупности городов в климатических районах с большой интенсивностью дождей (не менее 80 л/с на 1 га продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения 1 год)	С точки зрения охраны водных объектов от загрязнения раздельные системы водоотведения при наличии в их составе централизованных (или локальных) очистных сооружений (на каждой из систем) являются наиболее эффективными. Не производится сброс неочищенных городских сточных вод. Более стабильная работа очистных сооружений	Более дорогостоящая. Прокладка двух и более сетей. В сложившейся практике в большинстве случаев дождевая канализация не имеет очистных сооружений
Неполная раздельная	Имеет лишь одну полноценную водоотводящую сеть — городскую канализацию. Поверхностные сточные воды отводятся по лоткам, кюветам и др.	Минимальные затраты на систему водоотведения	Неудовлетворительное состояние городской инфраструктуры
Полураздельная система водоотведения	Используются две водоотводящие сети: производственно-бытовая (городская) и дождевая. В местах их пересечения устраиваются разделительные камеры, которые (в зависимости от расхода) перепускают в городскую сеть поверхностные сточные воды	Оптимизация затрат на прокладку сетей, очистка наиболее загрязненной части дождевого и всего талого стока производится совместно с городскими сточными водами на сооружениях биологической очистки	

В большинстве крупных городов Российской Федерации канализация построена по принципу полной раздельной системы: одна из сетей предназначена для отведения

городских сточных вод, другая — служит для транспортировки поверхностных сточных вод.

Однако даже при полных раздельных системах водоотведения только в теории поверхностные сточные воды не принимаются в систему городской канализации. На практике среднегодовой неорганизованный дополнительный приток поверхностного стока в систему городской канализации составляет 4 % — 7 % общего поступления сточных вод в систему водоотведения. Однако в периоды продолжительных интенсивных дождей и при снеготаянии неорганизованный среднесуточный приток может возрастать до 25 % — 40 % [1].

Потерявшие герметичность и частично разрушенные трубопроводы могут длительное время до размыва грунта и аварии работать как дренажные. При этом они собирают не только утечки из расположенного выше водопровода, но и грунтовые воды. На практике также встречаются и элементы полураздельной системы, т. е. врезки дождевой системы в городскую канализацию (как по проекту, так и без него), цель которых — не допустить затопления отдельных территорий. Часты случаи открытия люков городской канализации в сильные ливни.

Поступление неорганизованного притока в систему городской канализации сильно зависит от времени года и интенсивности выпавших осадков. Дни максимального притока в городскую канализацию — это всегда дни затяжных дождей или интенсивного снеготаяния.

При среднегодовой величине неорганизованного дополнительного притока, составляющей обычно до 10 % от общего поступления сточных вод в систему городской канализации, его доля в периоды продолжительных интенсивных дождей возрастает до 25% — 40 % [1]. Чем ниже удельное водопотребление, тем выше становится доля неорганизованного притока в дни максимального притока: учтенный приток снижается, а неорганизованный остается неизменным, так как зависит от протяженности, состояния сети, эксплуатационных приемов, но не от учтенного расхода.

Сточные воды, отводимые системой городской канализации, включают в себя:

- сточные воды, принимаемые от абонентов, за сброс которых взимается плата;

- дополнительный приток от объектов системы водопроводно-канализационного хозяйства (могут сбрасываться без взимания платы);

- неорганизованный приток, попадающий в ЦСВ в виде поверхностного стока и грунтовых вод, а также сброс неучтенной (неоплаченной) воды, потребленной через незаконные врезки, без счетчиков, либо полученной не из централизованных источников водоснабжения, не учитываемых в оплате за водоотведение.

В систему дождевой (ливневой) канализации поступают поверхностные воды как с селитебных территорий, так и площадок промышленных предприятий и иных предприятий и организаций, которые являются абонентами организаций, осуществляющих водоотведение.

Грань между поверхностным стоком с территорий, которые являются естественным источником питания гидрографической сети поселений, и сточными водами, которые должны отводиться и очищаться, очень условна. Поверхностными сточными водами является загрязненный поверхностный сток с городских территорий, отличающихся значительным содержанием загрязняющих веществ, т. е. от промышленных зон, районов многоэтажной жилой застройки с интенсивным движением автотранспорта и пешеходов, крупных транспортных магистралей, торговых центров, а также с территорий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В то же время поверхностный сток территорий населенных пунктов, не подвергающихся антропогенному воздействию, загрязнен существенно меньше.

1.1.2 Многолетняя динамика водоотведения

В населенных пунктах, как правило, основная часть расхода сточных вод образуется от хозяйственно-бытовой деятельности населения (как в домах, так и на рабочих местах). Общепринято оценивать его величиной удельного водоотведения, литров/человека в сутки. Поскольку учету подвергается потребляемая водопроводная вода, то чаще оценивают удельное водопотребление (хотя между этими понятиями существует вышеописанная разница).

Удельное водопотребление зависит от различных факторов. К факторам, влияющим на увеличение водопотребления, относятся: высокая наружная температура воздуха, размер поселения, высокий уровень жизни, оснащенность горячим водоснабжением, развитие промышленности, давление в сети, утечки из сети. К факторам, влияющим на уменьшение водопотребления, относятся: дефицит воды, высокая оснащенность водосчетчиками, регулирование давления в сети, высокая стоимость воды.

Динамика водопотребления за два 25-летних отрезка времени за последние 50 лет характеризуется прямо противоположно. В советский период водопотребление населенных пунктов неуклонно нарастало. Причиной этого был рост населенных пунктов, а также увеличение доли канализованных территорий, рост промышленности, увеличение фактического водопотребления в условиях отсутствия учета воды, а также почти повсеместные утечки в быту через неисправные водоразборные приборы. В начале 1990-х годов, ненадолго удержавшись на достигнутом уровне, общее водопотребление

в населенных пунктах стало стремительно (на 4 % — 5 % в год) сокращаться. Причинами явились как резкое падение промышленного производства, так снижение удельного водопотребления в быту.

К настоящему времени фактор снижения производства уже в основном исчерпал свое влияние. Но снижение водопотребления, примерно на 2,5% — 3,5 % в год, продолжается. Теперь уже его причиной является именно изменение удельного водопотребления, происходящее вследствие:

- осознанной экономии воды населением там, где установлены квартирные водосчетчики (в совокупности с резким ростом стоимости воды);
- замены старого, протекающего сантехоборудования на новое, надежное;
- регулирования напоров в сети, осуществляемого организациями ВКХ.

Снижение водопотребления напрямую отражается на водоотведении. По данным Росстата в целом по Российской Федерации средний расход сточных вод в ЦСВ снизился с 1995 г. по 2013 г. с 42,3 до 28 млн $м^3$/сут, т. е. более чем на 1/3. В крупных городах снижение было более выраженным и достигало 50 %.

Водоотведение по системе дождевой канализации определяется следующими факторами:

- охватом городских территорий коллекторной сетью системы дождевой канализации;
- характеристиками территорий (доля водонепроницаемых покрытий, грунтовых поверхностей, газонов и т. п.);
- долей поверхностного стока, принимаемого (поступающего) в систему городской канализации;
- климатическими факторами.

Как по условиям образования, так и по степени загрязненности различают:

- дождевой сток;
- талый сток;
- поливомоечные сточные воды.

1.1.3 Загрязнения сточных вод поселений

1.1.3.1 Загрязнения городских сточных вод

Сточные воды поселений загрязнены, прежде всего, в результате хозяйственно-бытовой деятельности населения. Также приблизительно 20 % — 40 % сточных вод поступает от абонентов, не относящихся к жилому фонду.

Основную массу веществ, присутствующих в сточных водах, составляют органические соединения. В сточной воде присутствуют сотни отдельных веществ, большая часть которых идентифицируется как белки, жиры и углеводы. Применительно к задачам очистки сточных вод, содержание органических загрязнений измеряют количеством кислорода, расходуемого на их окисление в ходе проведения аналитического определения:

- в биохимическом процессе — величиной БПК (биохимическое потребление кислорода). Используют показатели $БПК_5$ и $БПК_{полн}$, определяемые после 5 и 20 суток инкубации соответственно. На практике используют, как правило, показатель $БПК_5$, однако, нормирование производится в величинах $БПК_{полн}$;

- в химическом процессе — величиной ХПК (химическое потребление кислорода).

Соединения азота и фосфора определяют как в формах минеральных соединений, так и в формах общего азота и общего фосфора (в отечественной практике очень редко).

Сточные воды поселений (как ГСВ, так и ПСВ) значительно загрязнены бактериями, вирусами, простейшими организмами, среди которых могут присутствовать возбудители опасных заболеваний.

Городские сточные воды содержат сотни соединений, из которых с технологической и экологической точек зрения, с учетом разбавления, значение имеют не более 30 (обобщенный перечень контролируемых на практике загрязнений сточных вод приведен в таблице 3.3, раздела 3,). Результаты анализа фактических данных по загрязненности сточных вод приведены в разделе 1.3.8.

При, казалось бы, близких условиях происхождения не существует двух потоков ГСВ одинакового состава. Различия вызваны:

- приемом (или отсутствием приема) поверхностных сточных вод в систему канализации;

- уровнем благоустройства жилого фонда поселений;

- величиной удельного водопотребления;

- составом производственных сточных вод;

- интенсивностью инфильтрации в трубопроводы (либо эксфильтрации из трубопроводов);

- долей концентрированных потоков (завоз из выгребов автотранспортом, возвратные потоки от обработки осадка).

Важная расчетная величина — удельное количество загрязняющих веществ, поступающих от одного жителя (см. таблицу 1.3) [2]. Этот показатель используют, в частности, при расчетах (когда достоверные фактические данные о сточной воде отсутствуют и известна только численность населения).

Таблица 1.3 — Загрязненность сточных вод из расчета по удельному количеству загрязняющих веществ, поступающих от одного жителя

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут *	Концентрация загрязнений в сточной воде, мг/л **
Взвешенные вещества	65	217
$БПК_5$ неосветленной жидкости	60	200
Азот общий	13	43
Азот аммонийных солей	10,5	35
Фосфор общий	2,5	8
Фосфор фосфатов $P\text{-}PO_4$	1,5	5
* При обеспеченности 85 %. * При норме водоотведения 300 л/чел в сутки.		

Производительность очистных сооружений по поступающим органическим загрязнениям принято оценивать величиной эквивалентного числа жителей (ЭЧЖ). За ЭЧЖ принимается масса органического загрязнения по $БПК_5$, равная 60 г О (формула расчета — см. раздел 1.5). В ЕС эту характеристику используют для целей нормирования.

С понятием ЭЧЖ связана важная закономерность формирования нагрузки на ОС ГСВ: снижение расхода сточных вод, вызванное только экономией воды, не приводит к уменьшению нагрузки по загрязняющим веществам на ОС, а лишь к увеличению концентрации этих загрязнений. За 20–25 лет снижения притока на ОС ГСВ реальное снижение нагрузки по загрязнениям произошло только за счет закрытия промышленных предприятий в населенных пунктах.

Наряду с измеряемыми величинами загрязненности сточных вод, они характеризуются наличием грубодисперсных механических примесей: отбросов и песка. Их количество в сточных водах не измеряется в виду практической невозможности адекватного пробоотбора. Количество этих загрязнений вынужденно определяется путем измерения их фактически уловленных объемов, что не включает в себя часть загрязнений, не задержанных на стадии процеживания и отделения песка.

Загрязняющие вещества хозяйственно-бытового происхождения, относимые к ТП БОСВ, образуются не только в жилом секторе, а другие загрязняющие вещества (условно называемые в настоящем справочнике техногенными загрязнениями) — не только на производственных предприятиях. Данные анализа сточных вод от жилого сектора [3] показывают, что в их составе определяют весьма существенные концентрации нефтепродуктов (масла косметических средств), СПАВ, фенолов (в том числе и естественного происхождения).

Источниками поступления тяжелых металлов (микроэлементов – меди и цинка) в бытовые сточные воды является их потребление с пищей, а также в составе витаминов. Кроме того, цинк, медь, а также хром контактируют с водопроводной водой как материалы внутренних покрытий труб (цинк), составные части латуни (медь и цинк), из которой изготовлены смесители и различные другие устройства на внутренних сетях водоснабжения, а также внешние покрытия водоразборных устройств и других элементов (хром).

Также тяжелые металлы могут в существенных, относительно $ПДК_{рыбхоз}$ количествах, находится в водопроводной воде, что не противоречит санитарным нормам, которые на несколько порядков (по меди — в 1000 раз) выше данных ПДК. На практике повышенные концентрации таких веществ в питьевой воде обусловлены большей частью их естественным природным содержанием.

С природной водой в значительных количествах могут поступать такие вещества, как медь, цинк, марганец, алюминий, железо. Тяжелые металлы могут поступать в поверхностные источники с нарушенных и природных ландшафтов, особенно приуроченных к близкому залеганию коренных пород или жил. Содержание железа в подземных водах в значительных количествах характерно для большой части территории Российской Федерации.

Также существенные количества вышеописанных загрязняющих веществ попадают в сточные воды на микропредприятиях, занимающихся бытовым обслуживанием населения, в том числе в авторемонтных мастерских, прачечных, химчистках, медицинских и учебных учреждениях, на которых не могут быть применены методы локальной очистки.

И напротив, сточные воды очень многих абонентов, не относящихся к жилому фонду, в значительной степени формируются в основном в результате хозяйственно-бытовой деятельности, аналогичной жилому фонду.

Для сточных вод общесплавных и ливневых систем водоотведения (а при выраженной инфильтрации — и для бытовых систем водоотведения) различный вклад тех-

ногенных загрязнений обуславливается также приемом поверхностных сточных вод, которые не только содержат такие характерные для поверхностного стока загрязнения, как взвешенные вещества и нефтепродукты, но и могут содержать ряд металлов, обусловленный их повышенным содержанием (геохимический фон) в подземной (грунтовой и более глубоких подземных горизонтов) воде.

1.1.3.2 Загрязнения поверхностных сточных вод

Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока, формирующегося на селитебных территориях поселений, являются продукты эрозии почвы, смываемые с газонов и открытых грунтовых поверхностей, пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, хранящихся на открытых складских площадках, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора от автотранспорта и другой техники. Специфические загрязняющие компоненты выносятся поверхностным стоком, как правило, с территорий промышленных зон или попадают в него из приземной атмосферы.

В отдельных населенных пунктах, в особенности в курортных городах юга России, по причине недостаточного развития сети городской канализации, в системы дождевой канализации осуществляется сброс хозяйственно-бытовых сточных вод.

В ПСВ могут попадать специфические загрязнения, смываемые с территорий, прилегающих к промышленным предприятиям (но им не принадлежащих), а также сточные воды ряда производств, не разрешенные без очистки к приему в дождевую систему водоотведения, такие как автохозяйства, автомойки, предприятия общественного питания и бытового обслуживания. В ряде поселений, там, где эти недопустимые практики получили распространение, а также при неудовлетворительном санитарном состоянии водосборных бассейнов уровень загрязненности ПСВ специфическими компонентами и по микробиологическим показателям приближается к показателям загрязнения, характерным для ГСВ.

Все загрязняющие вещества, присутствующие в поверхностном стоке поселений, разделяют на:

- минеральные и органические примеси естественного происхождения, образующиеся в результате абсорбции газов из атмосферы и при эрозии почвы, в том числе: растворенные органические и минеральные вещества, а также грубодисперсные примеси (частицы песка, глины, гумуса);

- вещества техногенного происхождения в различном фазово-дисперсном состоянии: нефтепродукты, вымываемые компоненты дорожных покрытий, соединения тя-

желых металлов, СПАВ и другие компоненты, перечень которых зависит от профиля предприятий местной промышленности;

- бактериальные загрязнения, поступающие в дождевую канализацию при неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии территории и канализационных сетей.

Усредненные данные по удельному выносу естественных примесей с дождевым стоком с территории больших городов при плотности населения, близкой к 100 чел/га, а также средних и малых городов с современным уровнем благоустройства приведены в таблице 1.4 [4].

Таблица 1.4 — Удельный вынос загрязняющих веществ с городских территорий

Загрязняющие компоненты	Удельный вынос, кг/(га·год)
Взвешенные вещества	2500 [1)]
Органические вещества по показателям:	
- ХПК	1000
- $БПК_{20}$	140
Нефтепродукты	40
Биогенные элементы:	
- соединения азота	6
- соединения фосфора	1,5

[1)] Для малых и средних городов со старой малоэтажной застройкой и недостаточным уровнем благоустройства усредненный удельный вынос взвешенных веществ на 20 % больше.

По остальным показателям при отличии селитебной плотности от величины 100 чел/га используют поправочный коэффициент, равный П/100, где П — селитебная плотность населения рассматриваемого объекта.

Характерным и наиболее опасным для водных объектов является загрязнение поверхностных сточных вод нефтепродуктами, как правило, сорбированными на взвешенных веществах.

Разброс значений загрязненности ПСВ городских поселений по основным загрязняющим компонентам гораздо больше, чем у ГСВ, и может достигать двух порядков.

На загрязненность ПСВ в сторону понижения влияет приток инфильтрационных и дренажных вод (так называемый собственный расход коллектора). Эти воды, как правило, слабо загрязнены. По имеющейся информации, интенсивность этого притока такова, что в период дождей малой интенсивности он способен в несколько раз раз-

бавлять загрязненные поверхностные воды [5]. Происхождение собственного расхода в значительной степени связано с дренированием утечек из системы водоснабжения.

1.1.4 Специфика условий контроля расхода и загрязненности сточных вод.

ГСВ характеризуются неравномерностью расхода и непредсказуемостью состава возможных загрязняющих веществ. Это затрудняет производственный контроль как предприятием-абонентом, так и организацией ВКХ.

Проблемы усложняются действием следующих объективных факторов:

Это связано с действием следующих объективных факторов:

- измерение относительно небольших расходов сточных вод весьма затруднительно. Это связано как с безнапорным характером движения сточной воды в трубопроводах, так и с наличием в сточных водах разного рода грубодисперсных загрязнений и источников биообрастаний, которые не дают возможности применять для учета сточных вод оборудование, используемое в водоснабжении. На рынке существуют приборы, в том числе электронные, способные (по декларации производителей) измерять небольшие расходы сточных вод в безнапорных трубопроводах. Но стоимость их очень высока, что при наличии нескольких выпусков очень затратно для абонента;

- очень большую проблему представляет адекватный пробоотбор при небольших расходах сточных вод, что связано с технической невозможностью (без использования автоматических пробоотборников) отобрать пробы из лотка канализационного колодца при недостаточном слое сточных вод. К сожалению, применение автоматических пробоотборников крайне редко, в том числе по причине их значительной стоимости;

- внутрисуточная динамика расхода и концентрации загрязнений.

Практически отсутствует возможность целенаправленного воздействия на состав сточных вод. В современной ситуации 75 % — 85 % их образуется в жилом секторе, на который не распространяются никакие регуляторные воздействия (за редким исключением возможных мер со стороны организации, эксплуатирующей многоквартирный дом, в случае засоров канализационных трубопроводов при наличии доказательств вины жильца). Современные бытовые сточные воды характеризуются ощутимыми концентрациями нефтепродуктов (1–3 мг/л), СПАВ, фенолов (как продуктов жизнедеятельности), цинка, меди и других веществ. За последнее десятилетие в несколько раз выросли концентрации СПАВ и фосфорных соединений (фосфатов) в результате их использования в качестве детергентов в быту.

Сбросы предприятий-абонентов регулируются рядом нормативных актов, предписывающим им соблюдать допустимые концентрации. Однако фактическое выполне-

ние этих требований на практике не всегда может быть надежно проконтролировано. Ряд производств, являющихся непрерывными, может быть проконтролирован относительно легко (с учетом проблем отбора проб, описанных выше). Производства с прерывистым производственным циклом, к сожалению, часто обладают и пользуются техническими возможностями по уменьшению сбросов при проведении контрольного отбора проб. Известна также проблема недостаточной достоверности отчетности.

И тем более неконтролируемы моменты залповых сбросов, в особенности, когда со сточными водами сбрасываются жидкие отходы производства, осадки локальных очистных сооружений, некачественная продукция либо сырье.

В крупном населенном пункте на практике обнаружить виновного в залповом сбросе весьма затруднительно, а на уровне доказательств факта сброса для суда — многократно труднее.

Сверхнормативные сбросы могут фиксироваться путем применения специальных постов контроля сбросов с использованием автоматических пробоотборников и (или) автоматических анализаторов. Однако стоимость только оборудования для такого поста очень высока. Техническая рабочая группа не располагает информацией о наличии в Российской Федерации на выпусках абонентов таких постов, предназначенных для контроля со стороны организации, эксплуатирующей ЦСВ.

Возможности влияния на состав ПСВ, поступающих на очистку, весьма высоки. К таким возможностям, например, относятся:

- поддержание улиц города в порядке, своевременная уборка мусора с улиц, недопущение стихийных свалок;

- организационно-технические мероприятия, направленные на сокращение выноса примесей за счет организации регулярной уборки территории, поддержание городских магистралей и улиц в порядке, своевременный ремонт дорожных покрытий, а также ограждение зон озеленения бордюрами, исключающими смыв грунта во время интенсивных ливневых дождей, уборка мусора с дворовых территорий, недопущение стихийных свалок, организация уборки и вывоза снега с автомагистралей, стоянок автомобильного транспорта и т. д.;

- надлежащая вертикальная планировка, препятствующая смыванию грунта на тротуары и проезжие части города;

- недопущение разливов автомобильного топлива и масла.

Но эти возможности находятся вне сферы компетенции организаций, эксплуатирующих ЦСВ.

Однако они могут влиять на сбросы ПСВ от территорий промышленных предприятий, путем своевременного контроля сточных вод, выявления подключений сброса промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в дождевую сеть. Но это очень трудоемкая работа, требующая наличия специального оборудования для телеинспекции сетей для выявления незаконных врезок.

С учетом изложенного следует констатировать следующее:

- возможности организаций, эксплуатирующих ЦСВ, влиять на состав сырья, поступающего на обработку (т. е. сточных вод), весьма и весьма ограничены;

- состав сточных вод имеет вероятностный характер, особенно поверхностных сточных вод, концентрации основных загрязняющих компонентов в которых изменяются в течение одного дождя от максимально возможных до нуля. Любые величины, принимаемые для расчетов сооружений, должны иметь вероятностную оценку (процент обеспеченности данной величины).

1.1.5 Неравномерность образования ГСВ

Понятие неравномерности образования относят только к ГСВ, так как расход ПСВ описывается иными, вероятностными, закономерностями, связанными с атмосферными явлениями.

Приток сточных вод в значительной степени неравномерен, что отражает суточный и сезонный ритм жизни населения и работы промышленности. Неравномерность выражается как часовая (в течение суток) и суточная (в течение года). Часовая неравномерность, выражаемая часовым коэффициентом неравномерности ($К_{час}$); увеличивается при снижении удельного водопотребления в результате мер экономии воды водоканалом и населением.

Чем меньше населенный пункт и короче канализационная сеть, тем более выражены суточные колебания притока сточных вод на ОС ГСВ (выше $К_{час}$).

Основные причины суточной неравномерности в течение года:

- сезонные изменения численности населенных пунктов (отток населения из городов, приток в курортные зоны);

- резкие увеличения поступления ливневых вод в периоды сильных ливней и снеготаяния.

Дни с максимальными притоками сточных вод в централизованную систему водоотведения ГСВ, как правило, приходятся на осенний сезон, когда на фоне устойчивого увеличения ежедневного притока бытовых сточных вод нередки затяжные дожди, либо на период весеннего снеготаяния.

Применительно к ПСВ неравномерность поступления стоков в систему водоотведения настолько велика, что имеет определяющее значение, как при расчете сети дождевой канализации, так и сооружений очистки. В большинстве случаев весь объем поверхностных сточных вод в период выпадения ливневых или затяжных малоинтенсивных дождей не может быть направлен на очистку по технико-экономическим соображениям.

Согласно СП 32.13330–2012 [2] на очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностного стока, которая образуется в периоды выпадения дождей, таяния снега и от мойки дорожных покрытий в количестве не менее 70 % годового объема стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности, и всего объема стока с площадок предприятий, территория которых может быть загрязнена специфическими веществами с токсичными свойствами или значительным количеством органических веществ.

Обязательным элементом сооружений очистки ПСВ являющие аккумулирующие резервуары, выполняющие функции не только накопления стока, но и его усреднения и частично – осветления.

Поверхностные сточные воды с территорий промышленных зон, строительных площадок, складских хозяйств, автохозяйств, а также особо загрязненных участков, расположенных на селитебных территориях поселений (бензозаправочные станции, автостоянки, автобусные станции, торговые и торгово-логистические комплексы и др.), перед сбросом в централизованные системы водоотведения ГСВ или ПСВ должны подвергаться очистке на локальных очистных сооружениях.

1.2 Очистка сточных вод ЦСВ населенных пунктов

1.2.1 Задачи и методы очистки сточных вод

Подотрасль очистки сточных вод возникла в России в конце XIX — начале XX века практически одновременно с системами канализации.

Представления о том, почему и до какой степени надо чистить сточные воды поселений, в последние 120 лет неоднократно изменялись. Всегда в его основе лежало представление о необходимости защиты водных объектов от загрязнения, однако цели и направления этой защиты последовательно расширялись по мере углубления знаний о процессах в водных объектах и о составе сточных вод. Изначально, как уже сказано, преследовалась в основном цель защиты источника питьевого водоснабжения, поэтому в начале развития отрасли, во второй половине XIX века, под загрязнениями подра-

зумевали оседающие органические вещества, для удаления которых были разработаны отстойники различных конструкций, затем, с начала XX века, — также и органические загрязнения. Практически сразу универсальным методом их удаления стала биологическая очистка (так называемая вторичная, после первичной — в отстойниках), которая, начав развиваться как метод естественной очистки (поля фильтрации, биопруды), быстро трансформировалась в искусственный процесс. Технологии очистки в аэротенках (с помощью активного ила — неприкрепленного сообщества микроорганизмов) и в биофильтрах (с помощью прикрепленной биопленки) были разработаны практически одновременно. Однако вначале преимущественное развитие (особенно в СССР) получали щебеночные биофильтры как более простые сооружения, не требующие специального оборудования (воздуходувных агрегатов и аэраторов). На уровне вплоть до малых и небольших ОС ГВС (в терминологии таблицы 1.18) эти сооружения были преимущественно распространены вплоть до 1970-х годов и на сегодняшний день эксплуатируются на десятках (оценочно — до 200) объектах.

На всех объектах очистки ГСВ, построенных в тот период, используется классический набор сооружений механической очистки, включающий в себя процеживание, удаление песка и первичное отстаивание.

Следующей задачей, которая стала решаться (но не везде: в Европе она не ставилась до конца XX века), было обеззараживание сточных вод, которое на практике было тождественно их хлорированию.

На всем протяжении этого периода развития подотрасли очень большое воздействие на нее оказывала санитарно-гигиеническая наука.

Во второй половине XX века подотрасль начала развиваться и как природоохранная, а не только санитарная. В 1960–1970-е годы на фоне массового строительства водохранилищ была осознана проблема негативного влияния на водные объекты азота и фосфора (так называемых биогенных элементов). Это привело к бурному развитию технологий, направленных на их удаление, а затем к промышленному внедрению этих методов.

Одновременно с развитием методов очистки сточных вод возникла задача обработки осадка. В первые десятилетия развития подотрасли она решалась использованием иловых площадок, затем, с ростом масштабов очистных сооружений, возникла необходимость в более быстром и эффективном сокращении объема осадка, что привело к созданию аппаратов механического обезвоживания. Нестабильные свойства осадка, склонность к быстрому загниванию потребовали развития методов стабилизации (обеспечения стабильности осадка при хранении и использовании). Стремление

уменьшить объемы удаляемого осадка привело к развитию технологий термической обработки (сушка, сжигание и др.).

За рубежом в последние годы основное направление совершенствования ОС ЦСВ в настоящее время находится не в экстенсивной (повышение качества очистки и расширение перечня гарантированно удаляемых загрязнений), а в интенсивной плоскости и прежде всего заключается во внедрении технологий, направленных на энерго- и ресурсоэффективность. Происходит кардинальная смена парадигмы ОС ЦСВ — с переходом от задачи очистки (уничтожения загрязнений) к задаче рекуперации всех компонентов сточных вод, при сохранении эффективности очистки. Прежде всего, этот подход направлен на энергетическую сферу, на использование веществ, выделенных из сточных вод, для получения энергии. По ряду причин, главная из которых – отсутствие мер по стимулированию альтернативной энергетики, а также из-за обилия нерешенных задач в части очистки сточных вод, данное направление модернизации ОС ЦСВ в России практически не развивается.

Таким образом, современная инженерная наука и практика различают следующие задачи, решаемые подотраслью очистки городских сточных вод, обеспеченные специально разработанными технологиями и методами расчета:

- удаление грубодисперсных примесей, песка, плавающих веществ;
- удаление органических загрязнений (без выделения индивидуальных веществ);
- удаление соединений азота и фосфора;
- обеззараживание очищенных вод;
- обработка осадков сточных вод с целью получения побочной продукции (биогаза, органического удобрения, почвогрунта, рекультиванта и т. п.) или практически неопасного или малоопасного отхода, предназначенного для размещения в окружающей среде.

Нерешенность одной или нескольких из этих задач на конкретных ОС формирует экологические проблемы, связанные с данным объектом.

Закономерности специальной очистки ГСВ от тяжелых металлов, других специфических загрязнений детально не исследовались, и данная задача на практике не решалась.

Начиная с 70-х годов XX века активно изучается проблема тяжелых металлов, затем токсичных органических веществ, однако в основном применительно к осадкам сточных вод, где могут накапливаться эти вещества, выделяемые в процессе очистки. Результатом этих исследований явились как технологические, так и административные решения в этой сфере. Применительно к сточным водам поселений не были разрабо-

таны и не применяются специфические технические решения для дополнительного снижения концентраций тяжелых металлов и специфических органических соединений. За рубежом эта ситуация не рассматривается как проблема, требующая решения: эффективность биологической очистки по удалению тяжелых металлов признается достаточной. В результате сбросы остаточных концентраций тяжелых металлов со сточными водами поселений контролируются, а также во многих странах подлежат оплате, но не нормируются.

В XXI веке большое внимание уделяется воздействию гормональных и лекарственных препаратов на высшие водные организмы и (через попадание в водозаборы) на организм человека. Однако эти исследования пока что не получили технологического развития применительно к сточным водам поселений.

Проблема поверхностных сточных вод в разных странах решалась по-разному. В Европе исторически развивалась общесплавная система водоотведения со сбором всех видов сточных вод в одну систему. Это также было связано с тем, что в XIX веке в Европе решалась только задача отведения сточных вод из города и защиты источников питьевого водоснабжения (путем сброса сточных вод ниже по течению).

В России, где строительство систем канализации началось существенно позднее, были приняты во внимание недостатки общесплавных систем (существенно большие диаметры коллекторной сети, гораздо более неравномерная нагрузка на очистные сооружения и др.), и развитие пошло по пути создания раздельных и полураздельных систем водоотведения. В первую очередь создавались системы отведения городских сточных вод и сразу — сооружения их очистки.

Проблема очистки поверхностных сточных вод до начала 1970-х годов игнорировалась. Общая тенденция развития водоохранной деятельности в нашей стране была направлена преимущественно на сокращение сброса загрязняющих веществ с ГСВ, тогда как ПСВ, образующиеся на территории поселений, относили к категории условно чистых, и их влияние на качество воды водных объектов практически не учитывалось. Основной задачей считалось их отведение во избежание подтопления пониженных территорий жилой застройки и предприятий. Строительство централизованных систем дождевой (ливневой) канализации предусматривалось преимущественно в крупных и средних городах. Выпуск ПСВ в водные объекты проводился без очистки и запрещался на участках водоемов, специально отведенных для отдыха населения.

Первые нормативные требования на строительство очистных сооружений для поверхностного стока были сформулированы только в 1975 году в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (в этой редакции не действуют на

настоящий момент). С этого момента началось массовое проектирование и строительство сооружений по очистке поверхностных сточных вод.

Однако на сегодняшний день очистке подвергается не более 10 % годового объема поверхностного стока, организованно отводимого с территории поселений. Наиболее развита система отведения и очистки поверхностного стока в г. Москве, однако и там существующие очистные сооружения принимают поверхностный сток с 35 % канализованной территории города.

Технологически задачи очистки поверхностных сточных вод последовательно развивались от удаления плавающих веществ к очистке от взвешенных и органических загрязнений, прежде всего нефтепродуктов. Удаление фосфатов там, где это актуально, производят с помощью реагентов-коагулянтов, которые также интенсифицируют удаление взвешенных веществ. Освоение технологий с биоплато позволяет (в теплый период) удалять азот там, где это актуально. С помощью УФ-установок возможно решать задачу обеззараживания ПСВ.

1.2.2 Специфика терминологии подотрасли применительно к описанию НДТ

Сопоставление терминологии очистки сточных вод и терминов описания производственных процессов приведено в таблице 1.5.

Таблица 1.5 — Место основных процессов отрасли в терминологии НДТ

Основные термины описания производственных процессов	Определение согласно ПНСТ 22—2014	Функциональный аналог в очистке городских сточных вод	Существенные отличия
Сырье	Предмет труда, уже претерпевший известные изменения под воздействием труда и подлежащий дальнейшей переработке	Поступающие сточные воды	Сточные воды не являются предметом труда
Производственный процесс	Совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, трансформирующая входные потоки в выходные потоки	Очистка сточных вод и обработки осадка	Производственный процесс является не производством товара, а услугой

Основные термины описания производственных процессов	Определение согласно ПНСТ 22—2014	Функциональный аналог в очистке городских сточных вод	Существенные отличия
Технологические процессы	Процедуры добычи сырья, его обработки, транспортирования, складирования и хранения продукции, которые являются основной составной частью производственного процесса	Отдельные стадии основного процесса очистки сточной воды и обработки осадка и сопутствующих процессов	Очистка сточных вод — это выделенная в данную сферу регулирования группа технологических процессов большого производственного процесса водоотведения
Продукция	Полезный результат производственной деятельности промышленного предприятия, соответствующий нормативным документам, технической документации, предназначенный для реализации потребителям	Очищенные сточные воды, а также техническая вода, вода для полива	Совпадает (должно совпадать) в части соответствия нормативной и технической документации. Не совпадает в части реализации потребителю. Применительно к ЦСВ потребитель оплачивает услугу отведения и очистки воды. Де-факто оплачивается существующий уровень очистки. Может также оплачиваться переход на более глубокую очистку (инвестиционная составляющая тарифа)

Основные термины описания производственных процессов	Определение согласно ПНСТ 22—2014	Функциональный аналог в очистке городских сточных вод	Существенные отличия
Побочная продукция	Продукция, полученная в результате утилизации отходов основного производства, или побочные продукты основного производственного процесса	Продукция из осадка сточных вод или на его основе: биогаз, метан; удобрения (органические, органо-известковые, органоминеральные, компосты, фосфорные); почвогрунты, рекультиванты; электрическая и тепловая энергия, полученные из веществ, теплоты или потенциальной энергии сточных вод и т. д.	Совпадает. Больше оснований считать это побочными продуктами

1.2.3 Технологические и экологические аспекты развития подотрасли очистки сточных вод в СССР и России

В середине 1970-х годов подотрасль очистки сточных вод в СССР, несмотря на чрезвычайно низкую доступность специализированного оборудования, занимала по результатам своей работы одно из лидирующих мест в мире. Практически все города были оснащены сооружениями биологической очистки. Разработки отечественных специалистов позволили решать задачи очистки с минимальным объемом сооружений и капитальных вложений.

Начиная с этого периода, развитие подотрасли на значительный период времени было направлено по пути углубления очистки от взвешенных веществ. Значительные средства вкладывались в сооружения доочистки сточных вод, создававшиеся на базе зернистых фильтров. Стадия доочистки позволяла повысить эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ и органических соединений (БПК) всего на несколько процентов при стоимости сооружений и их эксплуатации до половины затрат на основной процесс очистки. Большинство построенных в тот период сооружений доочистки в настоящее время не работает или работает неэффективно (см. раздел 3).

При этом до середины 1990-х годов решение актуальной задачи удаления азота и фосфора практически игнорировалось (несмотря на серьезный уровень проведенных в 1980-е годы исследований), тогда как за рубежом уже со второй половины

1970-х годов технологии удаления азота и фосфора активно применялись при создании ОС ГСВ. Следует отметить, что задача создания сооружений доочистки ГСВ от взвешенных веществ и органических соединений, определяемых показателем БПК, не столь актуальна для промышленно развитых зарубежных стран и на сегодняшний день.

Однако, пожалуй, важнейшее влияние на развитие подотрасли оказало фактическое распространение на сбросы сточных вод требований по соблюдению ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Важно отметить, что данные ПДК были разработаны для оценки состояния водных объектов, но никак не для нормирования сбросов сточных вод. Нормативы этих ПДК едины для всей территории Российской Федерации, и их применение не зависит от природно-климатических, геохимических, гидрохимических и гидрологических особенностей водоемов. Это приводит к тому, что действие данных ПДК распространяется на водные объекты, в которых естественные фоновые концентрации веществ могут превышать установленный ПДК в десятки раз.

При разработке ПДК проблема их технической достижимости в процессах очистки в принципе не рассматривалась.

Учитывая отсутствие технологий достижения большей части этих требований и очень высокую стоимость достижения большинства остальных, переход к новой системе требований привел к развитию сразу нескольких негативных процессов:

- дезориентация подотрасли в части ориентиров развития. В этом качестве в виде одинаковых по значимости задач предъявлялись, например, удаление соединений азота и тяжелых металлов. Тогда как на практике никаких мер по удалению тяжелых металлов никогда и нигде не предпринималось в связи с отсутствием специальных технологий;

- формирование отношения ко всем нормативным требованиям как к невыполнимым, что тормозит реализацию реальных задач;

- значительные бессмысленные затраты на разработку разделов проектов на стадии доочистки, которые во многих случаях были отнесены на 2-ю очередь строительства и никогда не были реализованы;

- массовое развитие тенденции к искажению фактических данных о загрязненности сбрасываемой воды, начиная с показателей проектов, которые не согласовывались без декларации невыполнимого соблюдения $ПДК_{рыбхоз}$ и заканчивая искажением данных химико-аналитического контроля работы сооружений;

- отказ ответственных и профессиональных компаний с мировым именем от участия во многих конкурсах на создание очистных сооружений в условиях предъявления нереализуемых требований достижения $ПДК_{рыбхоз}$, и, как итог, — распространение на рынке компаний, готовых получать заказы путем недобросовестных обещаний полного соблюдения всех требований;

- сокращение притока частных инвестиций в подотрасль при столь шатких условиях работы.

Введение системы оплаты за сбросы и, в особенности, Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [6] все это, создало условия, при которых любым работающим не только по проекту, но и лучше проекта ОС ЦСВ можно вменить необходимость оплаты компенсации вреда на суммы, многократно превышающие годовой доход организации ВКХ от этого вида деятельности.

Требование очищать стоки до величин концентраций показателей ниже аналогичных естественных фоновых значений приводит к ситуации, когда стоки с более низким содержанием загрязняющих веществ, чем в водном объекте, все равно рассматриваются как недостаточно очищенные, к таким предприятиям выдвигаются требования по внесению сверхнормативной платы и предъявляются многомиллионные требования о возмещении вреда окружающей среде без доказательства причинения самого факта вреда, а только на основе отчетности самого предприятия.

Примерно такая же ситуация возникла в сфере очистки ПСВ. Вместо создания большего количества объектов очистки, обеспечивающих удаление основной массы загрязнений, требование соблюдения ПДК загрязняющих веществ на выпуске очищенных сточных вод в водный объект сформировали тенденцию строительства немногочисленных технически сложных, дорогостоящих в строительстве и эксплуатации очистных сооружений с многоступенчатой технологической схемой очистки, ориентированных на достижение нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения.

В целом нереалистичная система нормирования существенно затормозила модернизацию очистных сооружений подотрасли, препятствовала притоку инвестиций в нее и тем самым нанесла значительный ущерб состоянию водных объектов.

Настоящий справочник, как элемент системы технологического нормирования сбросов в рамках реформы, проводимой Правительством Российской Федерации в этой сфере, призван создать обоснованную базу для реалистичного нормирования, что позволит предотвратить нерациональные затраты для бюджетов всех уровней, пред-

сказуемые условия работы для инвесторов. Результатом этого должно явиться максимально возможное в сложившихся условиях уменьшение негативного воздействия на окружающую среду от объектов подотрасли.

1.3 Роль подотрасли в защите водных объектов от негативного воздействия поселений на водные объекты

По данным Минприроды России (Доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2013 году), в 2013 году в результате производства и распределения электроэнергии, газа и воды (раздел Е ОКВЭД) образовалось 31,5 млрд $м^3$ сточных вод, что составило 73 % от общего количества сточных вод в стране. Однако значительная часть этого объема относится к незагрязненным водам от производства электроэнергии. Из общего количества загрязненных сточных вод (15,7 млрд $м^3$) 8,7 млрд $м^3$ приходится на сточные воды, образовавшиеся от деятельности по разделу Е. По данным Росстата (на основе данных таблицы 1.5), 7,65 млрд $м^3$ от этой величины (49 %) приходится на сбросы ЦСВ.

По данным статистики, около 1,17 млрд $м^3$ сточных вод было сброшено предприятиями группы Е без очистки, из общего объема неочищенных стоков по стране (3,3 млрд $м^3$). Таким образом, доля неочищенных сбросов от общего объема сбросов в этой статистической группе, включающей сбросы ЦСВ, составляет 15 %, при том, что по всем остальным группам эта доля равна 26 %. Однако использованный статистический подход не позволяет оценить долю собственно ЦСВ в неочищенных сбросах.

К статистической группе «сброшено нормативно очищенных вод» в группе Е отнесены 1,08 млрд $м^3$, однако отраслевая принадлежность данного объема неизвестна.

Статистическая отчетность, таким образом, суммирует абсолютно разнородные потоки: промышленные сточные воды (причем от не самых водоемких и опасных для водных объектов отраслей) и сточные вод от населенных пунктов, проходящие по ОКВЭД под названием «производство воды». Таким образом, жизнедеятельность городов приравнивается к функционированию одного из секторов ВКХ, не имеющих отношения к ГСВ и ПСВ и в производимом анализе вообще не выделяется.

Такой подход к сбросам ОС ЦСВ как к сбросам промышленных предприятий противоречит Водному кодексу Российской Федерации, согласно которому (статья 65, часть 16) централизованные системы водоотведения (канализации), централизованные ливневые системы водоотведения относятся к сооружениям, обеспечивающим охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод.

Негативное воздействие на водные объекты оказывают населенные пункты в результате жизнедеятельности их населения и работы организаций, образующих сточные воды. При этом ОС ЦСВ сами не образуют практически никаких загрязнений. Технологический процесс на них (подробнее — см. раздел 2) не приводит к образованию новых сточных вод и отходов, а лишь концентрирует и трансформирует уже содержащиеся в поступающем потоке загрязняющие вещества. Согласно проектам, технологический процесс представляет собой преобразование (рекуперацию) сточных вод в потоки веществ, безвредные для окружающей среды и (или) используемые в различных отраслях хозяйства. Таким образом, ОС ЦСВ имеют водоохранное значение, что закреплено в Водном кодексе Российской Федерации, а не представляют экологическую опасность.

Потенциальная экологическая опасность ОС ЦСВ (прежде всего ОС ГСВ) возникает при реализации рисков нарушения технологического процесса, в том числе в результате аварий. Также на практике из-за проблем с утилизацией осадка они становятся отходами, часто накапливаются на иловых площадках, загрязняя окружающую среду.

1.4 Информация по подотрасли

1.4.1 Общие сведения о предприятиях подотрасли

Расположение и масштабы подотрасли соответствуют расположению и численности населенных пунктов в Российской Федерации.

По состоянию на 01.01 2014 г. (Росстат. Распределение муниципальных учреждений по типам муниципальных образований на 1 января 2014 года) в Российской Федерации насчитывалось: городских округов — 520, поселений городских — 1660, поселений сельских — 18 525. Согласно законодательству, понятие «поселение» не тождественно понятию «населенный пункт». «Поселение» — это не градостроительная, а управленческая единица. Применительно к городским поселениям это понятие совпадает, к сельским — нет. Поселение часто включает в себя несколько населенных пунктов.

Однако количество существующих ЦСВ и их очистных сооружений (ОС ЦСВ) далеко не тождественно количеству населенных пунктов, относящих к этим категориям по следующим причинам:

- значительная часть средних и малых сельских поселений (за исключением недавно созданных, представляющих собой коттеджные поселки с ЦСВ) не имеет централизованных систем водоотведения;

- значительная часть поселений имеет ЦСВ только для смеси бытовых и производственных сточных вод (так называемая раздельная система водоотведения), при этом поверхностные стоки отводятся по рельефу, без применения ЦСВ;

- значительная часть ЦСВ поверхностного стока не имеет сооружений очистки, сброс стока осуществляется непосредственно в водные объекты, без очистки.

Кроме того, не все города и поселки городского типа имеют ЦСВ для отведения городских сточных вод. По данным за 2008 год, к ним относились 29 городов (около 3 % общего их числа в стране). В их числе были: 5 городов в Республике Саха (Якутия), 3 города в Новосибирской области, по 2 города в Калужской, Костромской, Курганской областях, Республике Тыва и Красноярском крае, по 1 городу в Пермском и Алтайском краях, Брянской, Воронежской, Архангельской, Астраханской, Пензенской, Ульяновской, Свердловской, Омской, Читинской областях. Кроме того, еще 273 поселка городского типа (20 % от общего числа в Российской Федерации) не располагают ЦСВ.

Данные Росстата по состоянию на июль 2014 года приведены в таблице 1.6. Как видно, ситуация несколько улучшилась: теперь ЦСВ отсутствует в 2 % городов и 18 % поселков городского типа.

Таблица 1.6 — Статистические данные по количеству ЦСВ

Число населенных пунктов, имеющих канализацию (на конец года)	Значение
Города	1070
в процентах от общего их числа	98
Поселки городского типа	1013
в процентах от общего их числа	82
Сельские населенные пункты	7131
в процентах от общего их числа	5
Установленная пропускная способность очистных сооружений — всего, тыс. $м^3$ в сутки	57190,7
в городской местности	54042,9
в сельской местности	3147,8
Использование мощности очистных сооружений канализации — всего, в процентах	49
в городской местности	51

Согласно данным статистики общее количество ЦСВ составляет 9214 единиц. Данные по количеству ОС ЦСВ отсутствуют, но номинально оно должно быть близко к

количеству ЦСВ и составлять около 9 тыс. При проектной производительности 57,19 млн $м^3$/сут средняя проектная производительность одной ЦСВ составляет 6200 $м^3$/сут, а средний приток — около 3000 $м^3$/сут.

Следует отметить, что существенная недогрузка очистных сооружений на практике далеко не всегда означает комфортные условия эксплуатации и наличие резерва мощности. По данным членов технической рабочей группы, значительная часть ОС сельских поселений и поселков городского типа находится в неудовлетворительном состоянии, а часть полностью вышла из строя. На многих более крупных ОС часть линий очистки выведена из эксплуатации из-за неудовлетворительного технического состояния. Кроме того, проектная производительность в подавляющем числе ситуаций относится к возможности сооружений осуществлять задачу удаления органических загрязнений, тогда как проведение очистки от биогенных элементов требует примерно в 2 раза большего времени обработки. Также существенно, что сокращение расхода сточных вод (см. ниже), имевшее место в последние 25 лет, не означало пропорционального сокращения нагрузки по загрязнениям, в большей степени определяющим время обработки сточной воды.

Таким образом, средняя нагрузка в 50 % от проектной мощности (см. таблицу 1.6) лишь показывает некоторую вероятность реконструкции данных сооружений с переводом на новые технологии, без строительства дополнительных объемов емкостей.

Информация по количеству объектов очистки ПСВ населенных пунктов весьма незначительна, что в целом отражает ситуацию по стране. Информация по существующим объектам в ходе сбора анкет была получена только от Москвы и Санкт-Петербурга. По экспертному мнению специалистов, очистные сооружения ПСВ от селитебных территорий существуют (как специализированные инженерные объекты) практически только в крупных городах.

Тем не менее в Москве на общее число водовыпусков (около 1400 ед.) приходится немногим более 160 °С. Общая площадь водосбора, сточные воды с которой очищаются хотя бы в самых простых сооружениях (пруды, щитовые загрязнения), не превышает 50 тыс. га, тогда как только площадь автодорог в пределах Садового кольца превышает 700 тыс. га.

В Санкт-Петербурге, где вся неисторическая часть застройки канализована по раздельной схеме, на 1038 выпусков в водные объекты имеется 4 ОС ПСВ, созданных за последние 25 лет. Они очищают менее 2 % всех ПСВ.

Данные по количеству предприятий и объектов, подпадающих под обязательный переход получение комплексных разрешений (1-я категория)

На настоящий момент критерий отнесения установлен постановлением Правительством Российской Федерации от 28.09.2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» к 1-й категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду отнесены объекты очистки сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) с объемом отводимых сточных вод 20 тыс. куб. м и более в сутки, что примерно соответствует численности населения свыше 50 тыс. человек (т. е. средние городам и выше по численности), основное внимание в данном справочнике посвящено этой группе населенных пунктов.

Общее количество объектов, которые должны быть отнесены к 1-й категории, составляет не более 600 (с учетом того, что ряд городов имеет более одного ОС ГСВ с объемом отводимых сточных вод 20 тыс. $м^3$ и более в сутки, а также с учетом немногочисленных ОС ПСВ, удовлетворяющих этим условиям).

Оценочные данные по общему количеству объектов в отрасли, имеющих право добровольно присоединиться к нормированию по технологическим показателям (согласно пункту 12 статьи 31.1 Федерального закона от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ (с изм. от 29.12.2014 г.) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»).

Общее количество ЦСВ, по данным Росстата, составляет свыше 8 тыс. объектов. Однако подавляющее большинство сельских населенных пунктов не имеет ЦСВ, таким образом, данное количество имеет существенный резерв роста. Столь большое количество объектов, которые имеют право переходить на получение комплексного разрешения, создаст проблемы, которые могут быть разрешены разработкой и включением в законодательство норм общего действия (НОД) для такого рода объектов, т. е. общеприменимых обязательных требований, не связанных с получением индивидуальных комплексных разрешений.

1.4.2 Организационные и экономические основы работы подотрасли. Экономические показатели предприятий отрасли

Обычно эксплуатация всего водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) осуществляется единой организацией, которая традиционно называется водоканалом. В отдельных случаях очистка сточных вод происходит на самостоятельных от водоканалов предприятиях, принимающих сточные воды на очистку либо по договору с орга-

низацией, эксплуатирующей ЦСВ, либо по отдельным договорам с абонентами. В ряде случаев эксплуатацией систем ЦСВ и очисткой стоков занимаются предприятия, не относящиеся к сектору ЖКХ.

Большая часть организаций, эксплуатирующих ОС ЦСВ находится в муниципальной собственности (в хозяйственном ведении МУП, учрежденных муниципалитетом, в составе имущества ВКХ). Часть объектов ОС ЦСВ была приватизирована и принадлежит частным компаниям. Часть крупных объектов управляется несколькими крупными частными операторами по договорам аренды и концессии.

Существующая система отношений между муниципалитетами и водоканалами во многих случаях не способствует развитию отрасли. Основные фонды предприятий ВКХ до 1990-х годов были сформированы за счет средств местного и государственного бюджетов (кроме тех, которые принадлежали крупным предприятиям), а большинство организаций ВКХ было подведомственно муниципалитетам. В последующий период, несмотря на то, что задачи этих организаций и их финансовые возможности практически никак не изменились, существование водоканалов в форме МУП привело к иллюзии их отдельного функционирования относительно городов, которые они обслуживают. В результате требования по улучшению качества очистки предъявляются не руководству населенных пунктов, в которых образуются сточные воды и которым принадлежат основные фонды, а водоканалам (МУП) как якобы самостоятельным организациям, при этом загрязнителям водных объектов. Такая подмена адресата претензий, в том числе и обоснованных, многократно снижает их эффективность, сводя результаты к составлению планов, не обеспеченных финансированием.

Данная ситуация кардинально может быть изменена лишь при переходе к системе управления организациями ВКХ на основе концессий (и подобным взаимно ответственным схемам отношений муниципалитетов и отраслевого бизнеса). Однако реализацию этих схем сдерживают недостижимые требования к сбросам сточных вод и риски претензий по возмещению вреда водным объектам, в размере, превышающем годовой доход от работы объекта. Для зарубежных компаний практически невозможно инвестировать средства на таких условиях. Два единственных (при этом технически и экономически удачных) прецедента крупных зарубежных инвестиций в ОС ЦСВ и в ОС районов Южное Бутово и Зеленоград г. Москвы стали возможными только в рамках внутреннего соглашения с водоканалом, который сохранил за собой ответственность перед контролирующими органами за сброс очищенных сточных вод.

Экономическая основа отрасли — получение организациями ВКХ оплаты за свои услуги от абонентов по тарифу за поданную водопроводную воду и принятые сточные

воды. Размер тарифа жестко контролируется территориальными органами Федеральной службы по тарифам. Тариф может включать в себя инвестиционную компоненту, но при этом общая величина тарифа не может превышать прошлогоднюю больше, чем на установленный Правительством индекс. Увеличение тарифа на услуги водоснабжения и водоотведения, как правило, не превышает инфляцию. При этом значительная часть ежегодного роста тарифа теряется за счет более существенного роста тарифов на энергоносители, удорожания нерегулируемых статей затрат (реагенты, оборудование и др.), введение новых платежей, а также, что очень существенно, за счет продолжающегося ежегодного снижения водопотребления и водоотведения. Поскольку доля переменных затрат, прямо зависящих от расхода воды, в организациях ВКХ не превышает 40 %, то при снижении расхода, например, на 4 %, только для компенсации этого (без учета инфляционного фактора) необходимо повысить тариф на 2,5 % — 3 %. В результате действия данных факторов средства, которыми располагают организации ВКХ, в реальном выражении сокращаются от года к году.

Для предприятий ВКХ снижение потребления воды не только приводит к уменьшению дохода, но и неизбежно требует дополнительных вложений на замену силового и технологического оборудования, мощности которого становятся избыточными, перекладку трубопроводов водоснабжения с уменьшением диаметра труб для борьбы с застоем воды в сетях. Однако из-за применения экономически необоснованного тарифа в отрасли средств на обеспечение энергоэффективности практически нет.

В результате действия всех описанных факторов, убыточными, по данным Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, являются более 80 % организаций ВКХ.

Дополнительно к тарифу организации ВКХ имеют право выставлять абонентам компенсационную плату за негативное воздействие на сооружения ЦСВ и за сброс загрязняющих веществ в водные объекты (последний платеж — только абонентам, сбрасывающим менее 200 $м^3$/сут, крупные абоненты должны вносить этот платеж в бюджет).

В общей себестоимости услуги водоотведения собственно очистка сточных вод (включая обработку осадка), в большинстве случаев занимает не более 30 % — 40 %, остальные средства расходуются на эксплуатацию сетей и насосных станций водоотведения.

Величина стоимости услуг водоотведения (по сети городских сточных вод) в разных поселениях существенно различается. Некоторые данные (информация Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения) приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 — Средняя стоимость услуги водоотведения по федеральным округам и некоторым регионам Российской Федерации (за 2-е полугодие 2014 г.)

Округ, субъект Российской Федерации	Тариф (включая надбавки для потребителей), руб./м^3
Российская Федерация	23,44
Центральный федеральный округ (ЦФО)	22,74
Тульская область	13,72
Костромская область	34,44
Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)	25,32
Калининградская область	8,42
Республика Коми	48,13
Южный федеральный округ (ЮФО)	24,04
Республика Адыгея	13,8
Краснодарский край	28,81
Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО)	14,58
Республика Дагестан	3,06
Ставропольский край	22,25
Приволжский федеральный округ (ПФО)	18,86
Республика Мордовия	11,41
Республика Марий Эл	26,07
Уральский федеральный округ (УрФО)	25,18
Свердловская область	14,94
Ямало-Ненецкий АО	73,13
Сибирский федеральный округ (СФО)	23,0
Кемеровская область	14,11
Красноярский край	33,62
Дальневосточный федеральный округ (ДФО)	44,39
Приморский край	17,24
Чукотский АО	173,48
Примечание – По каждому ФО приведена минимальная и максимальная величины тарифов по субъектам Российской Федерации.	

Как видно из таблицы 1.7, величина тарифов даже по соседним и близким к друг к другу по природным и экономическим условиям округам может различаться в несколько раз. Это вызвано тем, что тарифное регулирование происходило «от достигнутого» уровня, принципы технологического обоснования тарифа для достижения необходимого качества услуг не применяются.

Процесс очистки сточных вод не является производством товара, а является услугой, оказываемой абонентам ЦСВ по очистке их сточных вод. При этом абонент оплачивает данную услугу исходя из фактических затрат организации, эксплуатирующей ОС ЦСВ и фактически применяемых технологий, т. е., если на ОС ЦСВ используется примитивная, малоэффективная, но при этом и малозатратная технология (либо вообще отсутствует очистка), то стоимость этой услуги для абонента окажется предельно низкой (нулевой), а если производится глубокая очистка сточных вод, переработка и утилизация осадка, то стоимость услуг для абонента будет максимальной. В аналогичной ситуации, применительно к свободной рыночной ситуации, услуги или товары ненадлежащего качества (не обеспечивающие безопасность окружающей среды) были бы запрещены, но в сфере услуг водоотведения такой подход не применим. Поскольку сфера услуг ЦСВ не является рыночной, а относится к естественным монополиям, то интересы потребителя в этой сфере призваны защищать ФСТ и ФАС. Однако в своей деятельности они руководствуются не обязательностью обеспечения требований по глубокой очистке, а лишь поддержанием работоспособности регулируемых объектов при соблюдении предельных индексов роста тарифов. Тенденция такого развития негативна — отсутствие очистки при минимальном тарифе. Таким образом, к сожалению, регулирование данной сферы разбалансировано: предъявление одними госорганами требований к качеству услуги в виде жестких требований к сбросу очищенных сточных вод противоречит позиции других госорганов признавать неизбежный существенный рост цены на эту услугу.

В таблице 1.8 приведены данные по себестоимости услуг очистки сточных вод в конкретных населенных пунктах (получены в рамках анкетирования предприятий), по сравнению с тарифами на услугу водоотведения в этих поселениях. Учитывая малый объем данных по объектам ОС ПСВ (соответствующий количеству данных объектов в подотрасли), здесь и далее, в случае если вид сточных вод не указан, приводимые данные и информация относятся к ОС ГСВ.

Таблица 1.8 — Сравнение себестоимости очистки сточных вод с тарифом на водоотведение

№ ОС, федеральный округ	Проектная производительность ОС, тыс. $м^3$/сут	Приток в 2014 году, тыс. $м^3$/сут	Технология	Себестоимость на ОС, руб./$м^3$	Тариф на водоотведение, руб./$м^3$
1, СЗФО	330	213	Удаление азота и фосфора, с реагентами	7,17	20,81
2, ЦФО	80	37	То же	14,33	23,36
3, СЗФО	72	31	То же	11,1	
4, СЗФО	17,1	14,9	То же	6,74	
5, СЗФО	41	12,6	Удаление азота	53,75	4,67
6, СЗФО	10	5,5	То же	13,3	
7, СЗФО	10,5	4,5	То же	27,78	14,27
8, ЦФО	3000	2136	1/3 — удаление азота, 2/3 — полная биол. очистка	5,9	23,36
9, ЦФО	3000	1740	Полная биол. очистка	6,54	23,36
10, ПФО	1200	781	То же	2,95	10,21
11, ПФО	650	383	То же	3,63	13,48
12, ЮФО	135	102	То же	4,36	11,65
13, СФО	86	55	То же	7,38	10,48
14, СФО	80	34	То же	14,37	10,56
15, ДФО	55	25,5	То же	9,58	21,6
16, СКФО	14	2,9	То же	20,67	13,7

Данные таблицы 1.8 позволяют сделать следующие выводы:

- величины себестоимости очистки по объектам различаются (за вычетом крайних значений) до 5 раз;

- себестоимость возрастает с 3–6 руб./$м^3$ для крупнейших станций до 10–15 руб./$м^3$ для ОС с притоком 5–50 тыс. $м^3$/сут;

- затраты на очистку сточных вод зачастую не коррелируют с результатом очистки. Обычные станции полной биологической очистки (№ 13–15) и самые эффективные

по качеству очистки современные сооружения (№ 2–4), при одинаковой загрузке в процентах от проектной производительности (ПП) имеют одинаковую себестоимость;

- на многих объектах имеет место ситуация, когда себестоимость очистки существенно выше тарифа на водоотведение, т. е. работа ОС обеспечивается за счет других источников (других составляющих тарифа либо платы абонентов за сверхнормативные сбросы);

- в целом ситуация с себестоимостью на ОС по противоречивости и разбросам значений повторяет общую ситуацию с тарифами (таблица 1.7).

1.4.3 Анализ объектов подотрасли по производительности, срокам эксплуатации, производительности, нагрузке

При сборе информации по справочнику запрос на предоставление информации был адресован 404 поселениям и городским округам (всем, население которых превышает 40 тыс. чел. и в которых, соответственно, может образовываться сточных вод свыше 20 тыс. $м^3$/сут).

Распределение этих населенных пунктов по численности населения приведено в таблице 1.9.

Таблица 1.9 — Распределение населенных пунктов — объектов рассылки анкет по численности населения

Категория населенных пунктов	Численность населения, тыс. чел.	Оценочный расход сточных вод*, тыс. $м^3$/сут	Количество в Российской Федерации
Города-миллионники	Свыше 1000	Свыше 300	12
Крупнейшие города	500–1000	150–300	25
Крупные города	250–500	75–150	36
Большие города	100–250	30–75	91
Средние города	50–100	15–30	157
Малые города	Для целей разработки справочника при анкетировании была ограничена диапазоном 40–50 (объекты I категории)	12–15	89
Всего			404

* При общем удельном водоотведении 300 л/чел в сутки.

Были получены заполненные анкеты от 200 поселений и городских округов, от всех федеральных округов и большинства субъектов Российской Федерации. Таким образом, выборка полученной информации составляет около 50 %, что следует оценить как весьма представительную. В населенных пунктах, направивших анкеты, проживает 60% городского населения Российской Федерации.

Распределение объектов очистки сточных вод, относимых к I-й категории по территории Российской Федерации и ее субъектам полностью соответствует распределению крупных населенных пунктов по территории.

Наибольшее количество таких объектов находится в следующих субъектах Российской Федерации:

- Московская область — 42;
- Краснодарский край — 20;
- Ростовская область — 15;
- Кемеровская область и Свердловская область — по 14;
- Ленинградская область — 13;
- Иркутская область — 11;
- Ставропольский край, Татарстан и ХМАО — по 10.

На эти 10 субъектов приходится около 40 % всех объектов I-й категории.

Объекты подотрасли, по которым были получены анкеты, для дальнейшего анализа были разделены на три группы по проектной производительности (ПП):

- свыше 300 тыс. $м^3$/сут: анкеты получены от 19 предприятий по 20 °С;
- от 100 до 300 тыс. $м^3$/сут: анкеты получены от 28 предприятий по 30 °С;
- менее 100 тыс. $м^3$/сут: анкеты получены от 133 предприятий по 150 °С.

Объем данных, полученных по объектам очистки ПСВ, признан недостаточным для анализа. Данные были получены всего от двух предприятий. Информация о ситуации в них приведена ниже.

Анализ распределения ОС по годам постройки (сроку службы), а также данные о проведении реконструкции приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 — Анализ распределения ОС ГСВ по годам постройки (сроку службы)

Годы постройки ОС (фактический срок службы)	Группы ОС с различной ПП, %		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
До 1970 года (45 лет)	22,7	20	13
С 1970 по 1980 годы (35–45 лет)	50	38	36

Годы постройки ОС (фактический срок службы)	Группы ОС с различной ПП, %		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
С 1980 по 1990 годы (25–35 лет)	13,7	25	32
С 1990 по 2000 годы (15–25 лет)	4,5	4	13
С 2000 года (менее 15 лет)	9,1	13	6
Подвергались реконструкции или расширению с 2010 года, %	57	15	37
Примечание – Расчетный срок службы бетонных очистных сооружений – 50 лет.			

Во всех трех диапазонах производительности ОС основные мощности были построены в период с 1970 по 1985 год. Крупные и средние станции достраивались до 1990 года. Среди станций есть сооружения, построенные после 2000 года, — от 6 % до 13 % сооружений.

До 1990 года в основном осуществлялась достройка сооружений и ввод дополнительных блоков. После 2000 года строительство новых блоков и станций велось уже с применением новых технологий с удалением азота или азота и фосфора. Реконструкции с изменением технологии приходятся на 2000–2015 годы. Несмотря на существенные доли объектов, подвергшихся реконструкции в 2 группах из трех, реконструктивные мероприятия в основном касались отказа от хлорирования в пользу УФ-облучения и перехода на механическое обезвоживание. Доля объектов, на которых реализованы технологии удаления азота (или азота и фосфора) не превышает 10 % (подробнее — см. раздел 2).

Анализ удельного водоотведения (л/чел. в сутки) показывает, что приток сточных вод на ОС ГСВ формируется в весьма широком диапазоне (см. таблицу 1.11).

Таблица 1.11 — Величины удельного водоотведения

Диапазоны притока	Удельный брутто-приток на ОС на 1 жителя (с учетом промышленности и неорганизованного притока), л/чел. в сутки, для групп ОС с различной ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс.$м^3$/сут
Центральный диапазон (60 % от всех ситуаций, от 20 % до 80 % обеспеченности)	270–440 (50 % — 270–470)	180–400 (60 %)	180–410
Минимальные значения	240	130	80

Диапазоны притока	Удельный брутто-приток на ОС на 1 жителя (с учетом промышленности и неорганизованного притока), л/чел. в сутки, для групп ОС с различной ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс.$м^3$/сут
Максимальные значения	550	670	710

Как видно из таблицы 1.10, с уменьшением производительности диапазон удельных расходов значительно расширяется. Следует отметить, что при этом значения менее 100 л/чел. в сутки соответствует неполному водоотведению и (или) частичному отсутствию централизованного водоснабжения. В целом для станций производительностью 100–300 тыс. $м^3$ в сутки и особенно менее 100 тыс. $м^3$ в сутки имеется резерв снижения водопотребления (и, соответственно, притока на ОС ГСВ) путем принятия мер по экономии воды.

Как было отмечено в разделе 1.1.2, в последние десятилетия произошло существенное снижение нагрузки на ОС ГСВ. Распределение ОС по величине гидравлической нагрузки, в процентах от ПП показано в таблице 1.12.

Таблица 1.12 — Оценка фактической гидравлической нагрузки на ОС

Оценка нагрузки	Группы ОС с различной ПП, %		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Работают с незначительной перегрузкой	0	11	1
Близко к проектной производительности (70 % — 100 %)	21	27	12
Существенно недогружены (50 % — 70 %)	48	42	19
Низкая нагрузка (менее 50 %)	32	20	68

Таким образом, имеющиеся мощности сооружений на большинстве рассмотренных станций имеют хороший потенциал для внедрения современных технологий биологической очистки, который на данный момент мало реализован. Однако следует учитывать два важных фактора:

- основные мощности сооружений были построены в 70–80-х годах и при реконструкции требуется больший или меньший объем восстановления состояния железобетонных конструкций. Это увеличивает стоимость работ от 50 % до 500 % относительно ретехнологизации (изменения технологии с заменой оборудования);

- с учетом того, что массовая нагрузка на ОС ГСВ формируется пропорционально количеству жителей с учетом сбросов промышленных предприятий, величина недогрузки по проектным показателям абсолютно не тождественна недогрузке по загрязняющим веществам. На ОС ГСВ только сооружения механической очистки и отстаивания рассчитывают по расходу, остальные сооружения — по массовой нагрузке.

Ситуация с ОС ПСВ в ГУП «Мосводосток» — единственном в России предприятии, эксплуатирующем значительное число таких систем, — приведена ниже.

Первые очистные сооружения для селитебных водосборных площадей были разработаны в Москве в трех видах: пруды-отстойники, сооружения камерного типа (СКТ) и щитовые заграждения в акватории р. Москвы.

Задачей первых очистных сооружений являлось задержание в полном объеме мусора, частично взвешенных веществ и нефтепродуктов. При этом предусматривалось снижение концентрации загрязнений в среднем по взвешенным веществам до 30–50 мг/л, а по нефтепродуктам — до 5–8 мг/л. На очистное сооружение направлялась наиболее загрязненная часть поверхностного стока от дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности в пределах 0,05–0,1 года, а также часть талых вод.

Для пропуска пиковых расходов дождевых и талых вод предусматривалось устройство обгонного коллектора, направляющего эти стоки мимо очистных сооружений с последующим сбросом в водные объекты без очистки. Считалось, что указанные стоки несут значительно меньшее количество загрязнений, чем стоки, поступающие с первыми порциями дождей. Таким образом, на данном этапе аккумулирование поверхностного стока не предусматривалось. Однако по технико-экономическим соображениям для снижения диаметров коллекторной сети при большой протяженности главных коллекторов в системе водоотведения устраивались регулирующие резервуары.

В середине 1980-х годов начали использоваться очистные сооружения, оснащенные блоками тонкослойного отстаивания и фильтрами (кассетными) доочистки. Такие сооружения давали больший эффект, нежели пруды-отстойники, СКТ или щитовые заграждения. Их габариты были в 2–2,5 раза меньше.

С середины 1990-х годов в связи со строительством МКАД и 3-го транспортного кольца на балансе ГУП «Мосводосток» появились так называемые сооружения глубокой очистки накопительного типа с последующей доочисткой сточных вод многоступенчатой напорной фильтрацией. По достигаемому эффекту очистки (по основным показателям загрязнения) указанные ОС почти выходят на качество очистки поверхностных

сточных вод на уровне $ПДК_{рыбхоз}$, однако при обслуживании водосборной площади более 20–30 га стоимость их эксплуатации весьма высока.

В тот же период начали применяться сооружения габионного типа (СГТ). Площадь водосборного бассейна для таких сооружений незначительна — от 1,5 до 5,0 га. В основном они применяются для очистки стоков с дорожных покрытий и близрасположенных откосов.

Также находят применение сооружения с реагентной обработкой, флотационной очисткой, фильтрацией на пенополистирольных фильтрах.

Ситуация по загрязненности ГСВ по результатам анализа анкет показана в таблицах 1.13, 1.14.

Таблица 1.13 — Загрязненность поступающих сточных вод по органическим загрязнениям

Диапазон загрязненности, взвешенные вещества, мг/л/ $БПК_5$, мг/л	Распределение загрязненности по взвешенным веществам/$БПК_5$, % для ОС с ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Низкоконцентрированные (менее 150/130)	21/22	28/31	30/30
Среднеконцентрированные (150–250/150–230)	41/42	48/48	50/57
Высококонцентрированные (свыше 250/230)	32/36	24/21	20/13
Примечание – Перед чертой — взвешенные вещества, после черты — $БПК_5$			

Таблица 1.14 — Загрязненность поступающих сточных вод по азоту и фосфору

Диапазон загрязненности по аммонийному азоту, мг/л/ фосфору фосфатов, мг/л	Распределение загрязненности по аммонийному азоту/фосфору фосфатов, %, для ОС с ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Низкоконцентрированные (менее 25/менее 2,2)	5,6/22,2	41/33	30/30
Среднеконцентрированные (25–35/2,2–3)	66,6/38,9	40/41	38/33
Высококонцентрированные (свыше 35/3,0)	27,8/38,9	19/26	32/37

Анализ концентраций поступающей сточной воды показывает увеличение разброса встречаемости с уменьшением производительности станции, что объясняется большим диапазоном удельных расходов и увеличением влияния промышленных сто-

ков с уменьшением производительности станции. Характерные диапазоны для городских стоков представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 — Характерные диапазоны концентраций основных загрязнений в исходных ГСВ

Загрязняющие вещества	Диапазоны загрязненности сточных вод, мг/л			
	Низкоконцентрированные сточные воды	Среднеконцентрированные сточные воды	Концентрированные сточные воды	При влиянии промышленных сточных вод
Взвешенные вещества	Менее 150	150–250	Свыше 250	Больше 400
$БПК_5$	Менее 130	130–230	Свыше 230	Больше 400
ХПК	Менее 300	300–600	Свыше 600	Больше 800
Азот аммонийный	Менее 25	25–35	Свыше 35	Более 50
Фосфор фосфатов	Менее 2,2	2,2–3,5	Свыше 3,5	Более 5

В результате снижения удельного водоотведения уже на 25 % — 35 % ОС с ПП свыше 100 тыс. $м^3$/сут поступают сточные воды, которые в условиях Российской Федерации следует оценить как высоконцентрированные. Следует обратить внимание, что в условиях Западной Европы, в особенности ФРГ, где норма водоотведения во многих населенных пунктах ниже 80 л/чел. в сутки, понятие высококонцентрированных сточных вод существенно отличается: они характеризуются как минимум вдвое большими значениями загрязненности по взвешенным веществам и $БПК_5$. Этот факт оказывает существенное воздействие при использовании в Российской Федерации технологий очистки, разработанных для Западной Европы.

Несмотря на снижение удельного водоотведения, около 1/3 всех ОС с ПП менее 300 тыс. $м^3$/сут получают низкоконцентрированные сточные воды, в том числе по азоту и фосфору.

Важный фактор для использования технологии удаления азота — температура сточных вод. Данные по распределению минимальных среднемесячных температур приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 — Температура поступающих сточных вод

Средняя температура за месяц с минимальными (зимними) значениями, °С	Распределение температуры, средняя за месяц с минимальными (зимними) значениями, %, для ОС с ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Очень холодная, менее 12	14,3	14,9	47
Умеренно холодная, 12–16	42,9	51,8	37
Теплая, свыше 16	42,8	33,3	16

Для ОС с ПП 100–300 тыс. $м^3$/сут основной диапазон температуры стоков 12 °С — 16 °С, а для ОС с ПП менее 100 тыс. $м^3$/сут наиболее характерна температура 12 °С — 14 °С, причем стоки с температурой 10 °С и менее составляют 23 %, что существенно для оценки возможности проведения процесса нитрификации.

Анализ влияния ОС ГСВ на окружающую среду по данным анкет приведен в разделе 3.

В виду минимальной информации, полученной из анкет, в таблице 1.17 приводятся данные СП 32.13330–2012 [2] по загрязненности ПСВ, полученные ранее специалистами в результате обобщения многолетних исследований по изучению состава ПСВ поселений, расположенных в различных климатических районах страны.

Таблица 1.17 — Примерные значения концентраций загрязняющих веществ в дождевом и талом стоках для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий

Тип участка	Загрязненность поверхностных сточных вод, мг/л					
	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества	$БПК_5$	Нефтепродукты	Взвешенные вещества	$БПК_5$	Нефтепродукты
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий (центральная часть города с административными зданиями, торговыми и учебными центрами)	400	30	8	2000	50	20
Современная жилая застройка	650	40	12	2500	70	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	60	20	3000	85	25

Тип участка	Загрязненность поверхностных сточных вод, мг/л					
	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества	$БПК_5$	Нефте-продукты	Взвешенные вещества	$БПК_5$	Нефте-продукты
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2000	65	18	4000	110	25
Кровли зданий и сооружений	< 20	< 10	0,01–0,7	< 20	< 10	0,01–0,7
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	40	< 1	1500	70	< 1

Наиболее загрязненным по всем показателям, по данным Свода правил, является талый сток, который по значению показателя БПК приближается к низкоконцентрированным хозяйственно-бытовым сточным водам.

1.5 Градации объектов подотрасли по производительности для дальнейшего использования в справочнике НДТ

К I-й категории природопользователей, для которых будет обязателен переход на НДТ, и получение комплексного разрешения на основании технологических показателей, отнесены все объекты очистки сточных вод ЦСВ с объемом поступающих сточных вод свыше 20 тыс. $м^3$/сут (для ОС ГСВ соответствует мощности очистных сооружений 50-60 тыс. ЭЧЖ (в терминологии Свода правил [2]).

Принцип классификации объектов ОС является предметом дискуссий. Расход сточных вод — традиционный, привычный параметр. Однако он не в полной мере отражает как природоохранную роль объектов ОС ЦСВ, так и потенциальную экологическую опасность, так как при разных величинах удельного водопотребления поселения с одинаковой численностью населения могут образовывать расходы сточных вод, отличающиеся в 2–3 раза. Учитывая тенденцию к снижению этих показателей, возможен самопроизвольный переход объектов из одного диапазона в другой, даже при росте населения обслуживаемых ими населенных пунктов. Это может дезориентировать субъекты регулирования.

Расход сточных вод определяет объемы меньшей по стоимости инвестиций части объектов ОС ГСВ, а именно сооружений механической очистки, вторичного отстаивания, обеззараживания, доочистки. Более информативным параметром для класси-

фикации ОС ГСВ является параметр «эквивалентная численность жителей» (ЭЧЖ). Этот параметр присутствует в Своде правил [2]:

«9.1.3 Общую производительность очистных сооружений по поступающим органическим загрязнениям (эквивалентная численность жителей, ЭЧЖ) допускается определять по формуле

$$N_{peq} = 1000B_{en5} / 60, \quad (1)$$

где B_{en5} — максимальная средняя нагрузка по $БПК_5$ на ОС за 2 недели за 3-летний период наблюдений, кг O_2/сут;

60 — расчетное количество загрязнений по $БПК_5$ от одного жителя, г O_2/чел. в сутки.

Величина ЭЧЖ строго пропорциональна массе органических загрязнений, поступающих на объекты ОГСВ. Таким образом, она включает в себя не только загрязнения от жителей, но и от всех прочих абонентов. Величина ЭЧЖ (как производная от массовой нагрузки по загрязнениям) при расчете сооружений определяет объемы наиболее дорогостоящих объектов ОС ГСВ: сооружений биологической очистки и обработки осадка.

Параметр ЭЧЖ используется как базовый для классификации объектов в ЕС и в Хельсинской конвенции [7], в частности, в которой оперируют выражением «нагрузка стоков, эквивалентная стокам от (число) жителей».

В то же время параметр расхода сточных вод в большинстве случаев определяет объемы инвестиций в ОС ПСВ и позволяет осуществлять классификацию объектов централизованного отведения поверхностных сточных вод.

Классификация ОС ЦСВ ГСВ для целей данного справочника, на основании параметра ЭЧЖ с использованием классификации типов поселений по Градостроительному кодексу Российской Федерации от их численности [8], приведена в таблице 1.18.

Таблица 1.18 — Классификация ОС ЦСВ ГСВ по производительности

Наименование категории ОС	Нагрузка по $БПК_5$ на ОС ЦСВ со сточными водами, поступающими из населенного пункта, кг/сут	Условная численность, в единицах ЭЧЖ	Расход поступающих сточных вод, $м^3$/сут (ориентировочно)*
Сверхкрупные	Более 180 тыс.	Более 3 млн.	Свыше 600 тыс.
Крупнейшие	60 тыс. — 180 тыс.	1–3 млн.	200–600 тыс.
Крупные	12 тыс. — 60 тыс.	200 тыс. — 1 млн.	40–200 тыс.
Большие	3 тыс. — 12 тыс.	50 тыс. — 200 тыс.	10–40 тыс.

Наименование категории ОС	Нагрузка по $БПК_5$ на ОС ЦСВ сточными водами, поступающими из населенного пункта, кг/сут	Условная численность, в единицах ЭЧЖ	Расход поступающих сточных вод, $м^3$/сут (ориентировочно)*
Средние	1200–3000	20 тыс. — 50 тыс.	4–10 тыс.
Небольшие	300–1200	5 тыс. — 20 тыс.	1–4 тыс.
Малые	30–300	500–5 тыс.	100–1000
Сверхмалые	3–30	50–500	10–100

* При брутто-норме водоотведения, принятой для данных расчетов равной по нижней границе основного диапазона для большинства ОС ГСВ (таблица 1.11), составляющей около 200 л на зарегистрированного жителя населенного пункта.

В дальнейшем в данном справочнике приведенные в таблице 1.18 наименования категорий ОС ГСВ употребляются в соответствии с ПП этих ОС, указанной в таблице.

Поскольку в разделе 5 для установок категорий не более «средних» определены более мягкие технологические показатели НДТ, важно учитывать эффект агломерации и освоения пригородных территорий. С этой целью к средним ОС вне зависимости от фактического расхода сточных вод отнесены все поселения на определенном расстоянии от крупных поселений:

- в зоне 50 км от границ городов с населением свыше 3 млн чел.;
- в зоне 30 км от границ городов с населением свыше 1 млн чел.;
- в зоне 15 км от границ городов с населением свыше 250 тыс. чел.;
- в зоне 5 км от границ городов с населением свыше 100 тыс. чел.

Кроме того, для отнесения ОС к соответствующей категории расстояние (по длине водотока) от их выпуска сточных вод до ближайшего следующего организованного выпуска должно составлять:

- для отнесения к сверхмалым — не менее 1 км;
- для отнесения к малым — не менее 3 км;
- для отнесения к небольшим — не менее 10 км.

Если указанные расстояния не выдерживаются, то оба близрасположенных ОС относятся к категории средних.

Для классификации ОС ПСВ используется расчетный расход.

В настоящем справочнике под ОС ПСВ подразумеваются специальные инженерные сооружения, и не подразумеваются русловые пруды, являющиеся элементами гидрографической сети города.

Классификация ОС ЦСВ ПСВ (кроме прудов) по поступающему расходу приведена в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Классификация ОС ЦСВ ПСВ по поступающему расходу

Наименование категории ОС	Расход поступающих сточных вод, $м^3$/сут *
Очень крупные	Свыше 20 тыс. $м^3$/сут *
Крупные	5–20 тыс.
Большие	1–5 тыс.
Средние	200–1000
Небольшие	50–200
Малые	Менее 50
* Расчетный расход в сутки с максимальным притоком.	

1.6 Энерго- и ресурсопотребление подотрасли

Энергопотребление

Подотрасль ОС ЦСВ ГСВ, наряду с водоснабжением, относится к числу наиболее энергоемких в инфраструктуре населенных пунктов, в совокупности уступая только метрополитену в тех городах, где он имеется.

Основное количество энергии расходуется на подачу воздуха в аэротенки биологической очистки для обеспечения растворения в иловой смеси необходимого количества кислорода, потребляемого бактериями в процессе разложения загрязнений. В идеальном случае подача воздуха и, соответственно, расход электроэнергии должны быть пропорциональны поступлению со сточными водами загрязнений, на окисление которых расходуется кислород. Учитывая то, что загрязненность сточных вод, как показано выше, изменяется в очень широком диапазоне, данные по энергопотреблению отнесены не к метрам кубическим сточной воды, а к килограмму суммы кислородокисляемых веществ (кислородный эквивалент, КЭ) в сточных водах, к которым отнесены вещества, определяемые как $БПК_5$ и аммонийный азот. Величина КЭ рассчитана по формуле

$$КЭ = 4{,}6\ C_{N-NH4} + C_{БПК5}. \quad (2)$$

Идеальное (с минимальными неэффективными потерями) потребление электроэнергии на подачу воздуха в зависимости от технологического процесса составляет 0,25–0,40 кВт·ч/кг КЭ (минимум — при оптимизированной технологии удаления азота с

денитрификацией, максимум — для развитой нитрификации без удаления азота денитрификацией, подробнее — см. разделы 2 и 4). При загрязненности сточной воды по таблице 1.3 этот диапазон будет соответствовать 0,075–0,12 кВт·ч/м^3 при использовании первичного отстаивания и 0,09–0,145 кВт·ч /м^3 без первичного отстаивания.

Анализ фактических анкетных данных по энергопотреблению сооружений биологической очистки ОС ЦСВ ГСВ приведен в таблице 1.20.

Таблица 1.20 — Удельное энергопотребление сооружений биологической очистки

	Удельное энергопотребление, кВт·ч/кг КЭ, для ОС с ПП		
	более 300 тыс. м^3/сут	100–300 тыс. м^3/сут	менее 100 тыс. м^3/сут
Диапазон	0,23–0,9	0,44–2,1	0,38–14
Среднее значение	0,52	0,6	1,37
Средний диапазон (+/−20 % от среднего значения)	0,42–0,62	0,40–0,85	0,95–2,2
Теоретическая потребность	0,25–0,40		

До 40 % крупных станций работают в энергоэффективном режиме с удельными расходами, близкими к расчетным параметрам. При этом 30 % сооружений с расходами более 0,6 кВт·ч/кг КЭ нуждаются в улучшении технологии аэрации.

В диапазоне ПП 100–300 тыс. м^3/сут так же около 35 % сооружений работают с хорошими энергетическими показателями, однако перерасходы энергии для 30 % сооружений более существенны. Еще хуже картина энергоэффективности процесса очистки для станций ПП менее 100 тыс. м^3 в сутки. Практически для большинства сооружений характерно высокое потребление энергии, причем значения могут на порядок и более отличаться от оптимальных. Основная причина этого – невозможность уменьшить расход воздуха в условиях недогрузки станции. Взаимосвязь нагрузки на станцию и расхода энергии представлена на рисунке 1.1. Хорошо видно, что в условиях нагрузки менее 25 % от ПП, когда теоретически необходимо оставить в работе менее одной воздуходувки, на части объектов возникают весьма существенные перерасходы энергии. Для реализации существенного потенциала повышения энергоэффективности на станциях производительностью менее 100 тыс. м^3 в сутки потребуется замена воздуходувок в соответствии с реальными расходами сточных вод.

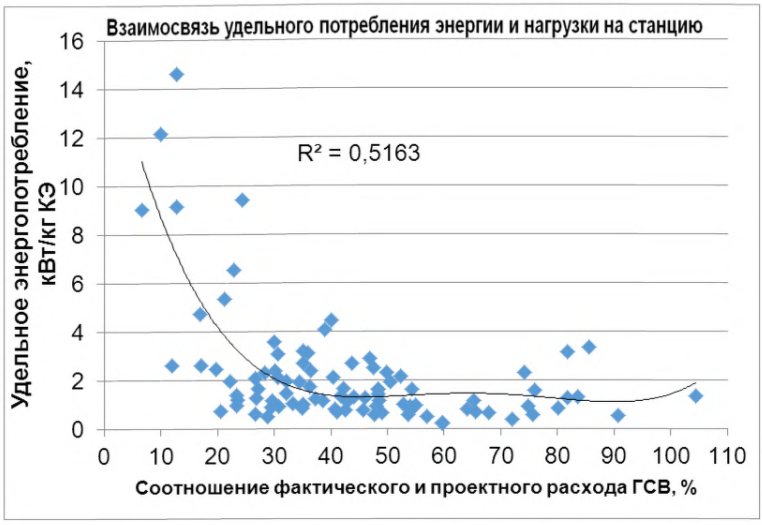


Рисунок 1.1 — Зависимость удельного энергопотребления от нагрузки на ОС ГСВ по сточным водам

Даже если рассматривать достаточно благополучные по энергопотреблению станции, то на современном уровне развития технологий подотрасль располагает значительным резервом сокращения энергопотребления относительно существующего уровня. Энергопотребление аэротенков может быть снижено относительно средних значений (каждая следующая цифра относится к применению на фоне использования предыдущего мероприятия, т. е. величины не суммируются):

- на 20 % — 25 % — за счет использования эффективных систем аэрации;

- на 15 % — 20 % — за счет регулируемой подачи воздуха в соответствии с потребностью сооружений в кислороде;

- на 10 % — 15 % — за счет использования энергосберегающих технологических процессов биологической очистки.

В сумме использование данных подходов способно снизить энергопотребление на аэротенки на 40 % — 50 %.

Важно отметить, что в настоящее время сформировалась тенденция отказа от первичных отстойников с использованием только биологической очистки, определяемая, прежде всего, стремлением улучшить условия применения технологий удаления азота и фосфора при очистке низкоконцентрированных ГСВ, а также при неблагоприятных соотношениях органических загрязнений и азота. Однако неоправданный отказ от осветления ГСВ влечет за собой существенный рост энергозатрат.

Переход к использованию альтернативных энергоисточников может довести внешнее энергопотребление практически до нуля. Это достигается путем энергогенерации, прежде из биогаза, получаемого при анаэробной стабилизации осадка.

Другой, существенно больший источник генерации энергии, в данном случае тепловой, возможен за счет утилизации тепла сточных вод путем использования тепловых насосов. Это позволяет при использовании соответствующего количества электроэнергии получать такое количество тепла, которое может найти применение только вне ОС, если в нем есть потребность.

Следует отметить, что коэффициент преобразования энергии на ГСВ практически максимальный и существенно выше, чем при классическом использовании тепловых насосов, извлекающих тепло из грунтовых вод, так как температура сточной воды существенно выше. Однако окупаемость проектов энергогенерации в разумные сроки не всегда возможна, требуется проведение технико-экономических проработок.

Энергопотребление ОС ПСВ относительно невелико. Оно минимально для отстойных сооружений, но существенно возрастает при использовании флотаторов или зернистых фильтров, работающих с промывкой.

Потребление реагентов

Классическая технология ОС ГСВ (полная биологическая очистка) вообще не требует потребления реагентов. Механическое обезвоживание требует использования полиэлектролитов (органических флокулянтов). В массовом выражении эта потребность очень невелика (не более 3 кг/1000 $м^3$ сточной воды), однако это сложные в приготовлении и относительно дорогостоящие реагенты.

Удаление фосфатов в ряде технологий требует использования реагентов для осаждения. Для этого могут применяться соли железа или алюминия. При ориентации только на реагентные технологии потребность в них (по товарному веществу) может достигать 50–70 кг/1000 $м^3$ сточной воды. Поэтому приоритет должны получать безреагентные технологии удаления фосфора, с использованием улучшенного биологического поглощения активным илом.

1.7 Особенности условий модернизации объектов подотрасли

Как показано выше, все городские поселения России имеют очистные сооружения и подавляющая часть из них существенно недогружена. При этом переход на эффективные технологии очистки от биогенных элементов не может быть рациональным способом реализован как достройка сооружений, дополнительных к имеющимся, а

требует изменения технологии биологической очистки сточных вод в существующих сооружениях (либо создания новых сооружений).

Все эти условия формируют для большинства ОС ГСВ стандартную ситуацию, по которой внедрение НДТ биологической очистки требует проведения реконструкции существующих сооружений либо строительства новых рядом.

Вариант с новым строительством в большинстве случаев многократно дороже и приемлем только в следующих ситуациях:

- существующие сооружения конструктивно не соответствуют современным техническим и технологическим требованиям;

- состояние строительных конструкций неудовлетворительное и признана нецелесообразной их реконструкция;

- целесообразен перенос ОС на другую площадку.

Во всех других ситуациях, которых на практике не менее 50 %, целесообразно проводить реконструкцию существующих сооружений, как правило — аэротенков и вторичных отстойников. Недогрузка сооружений позволяет реализовать их переход на технологии с удалением азота и фосфора, требующие существенно большего времени обработки сточной воды.

Вариант с реконструкцией, однако, накладывает существенные ограничения на сроки модернизации ОС и качество очистки на них по следующим причинам:

- его необходимо реализовывать в несколько этапов (очередей), так как в период проведения СМР на одной части сооружений сточные воды должны очищаться на оставшейся части;

- как правило, до начала выполнения основных работ требуется выполнение вспомогательных, таких как прокладка новых каналов, устройство новых насосных станций и т. п.

Для минимизации перегрузки оставшихся частей станции реконструкция должна проводиться не менее чем в три очереди (кроме ОС, недогруженных на 50% и более). В результате этого на объектах, где необходимо восстановление железобетонных конструкций, общий срок реконструкции крупных объектов в три очереди, с учетом разработки и согласования проекта (до 2 лет), вспомогательных и пусконаладочных работ даже при достаточном финансировании, может составить до 10 лет, что выходит за установленную 219-ФЗ продолжительность срока перехода на НДТ.

После окончания реконструкции очереди ее проектная производительность (по новой технологии) уже не будет превышать, как правило, 50 % — 65 % от первоначальной величины (по классической технологии). В результате даже при разбиении ра-

бот по реконструкции ОС со стартовой нагрузкой 50 % от ПП на 3 очереди при производстве работ на 3-й, последней очереди первые две, ранее реконструированные, будут перегружены до 1,5 раз. Это приведет к ухудшению качества очистки воды в период реконструкции не только по отношению к новым проектным показателям, но и к качеству до реконструкции.

1.8 Системные проблемы отрасли ВКХ и подотрасли очистки сточных вод

К приоритетным общим проблемам отрасли следует отнести:

1) Высокий износ основных фондов (см. таблицу 1.9), причем не только ОС ЦСВ, но всех остальных (так, в среднем по стране в замене нуждается 46 % сетей, тогда как в идеальной ситуации эта величина не должна превышать 10 %), что в рамках единых организаций ВКХ приводит к перераспределению средств на более оперативные проблемы повышения надежности сетей и (или) ликвидации аварий на сетях. Также в подавляющем большинстве случаев для жителей и руководителей населенных пунктов качество питьевой воды играет гораздо более важную роль, чем качество очистки сточных вод.

2) Неработоспособная контрпродуктивная система нормирования сбросов очищенных вод (описана выше), которая должна быть реформирована действиями в рамках выполнения 219-ФЗ от 21.07.2014 г.

3) Тарифное регулирование «от достигнутого уровня», которое закрепило результаты всех изменений в этой сфере, произошедших в этой сфере за последние почти 25 лет. В результате тарифы на водоотведение в соседних субъектах федерации различаются до 3 раз (при том, что и более высокого из этих тарифов недостаточно для полноценного развития). Даже если считать, что тариф соответствует уровню сооружений, то такая ситуация консервирует отсталость: чем хуже очистка, тем ниже тариф, тем меньше возможности инвестировать в модернизацию сооружений.

4) Отрасль находится в глубоком кризисе в части инвестиций в нее:

- большинство организаций ВКХ убыточно и не может выделять средства на реконструкцию сооружений;
- средства регионов на развитие ВКХ весьма ограничены;
- выделение существенных средств госбюджета ограничивается ФЦП «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на пери-

од до 2018 года», а также программами подготовки к международным мероприятиям. Отдельная ФЦП по развитию ВКХ отсутствует;

- частные инвестиции фактически также невелики, при этом иностранные инвестиции в последние годы практически отсутствуют.

5) Плохо работающая, несмотря на новации в этой области, система взаимоотношений водоканалов и промышленных абонентов. Принятые в последние годы Федеральный закон от 7.12.2011 г. № 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении" [9] и Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 г. № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [10] не разрешили проблемы, имевшиеся в этой сфере, а создали дополнительные. Объявление крупных абонентов ЦСВ водопользователями с необходимостью разрабатывать НДС, не имеет под собой достаточных технических оснований и противоречит сути происходящих процессов. К абонентам по-прежнему продолжают предъявляться нереализуемые требования, что, по аналогии с ОС ЦСВ, никак не способствует созданию эффективных локальных очистных сооружений.

В то же время часты случаи негативного воздействия на ОС ГСВ промышленных сточных вод, сбрасываемых без предварительной очистки. Во многих относительно небольших поселениях жизненно важные для них промышленные предприятия (преимущественно пищевые производства), обеспечивающие занятость населения в них, сбрасывают сточные воды безо всякой очистки, что создает многократную перегрузку на ОС ГСВ по органическим соединениям, и без того находящиеся в запущенном состоянии.

6) Сложная ситуация с утилизацией осадков сточных вод. Несмотря на наличие достаточной нормативной базы по различным методам использования осадков, степень зарегулированности данной сферы такова, что практически 100 % осадков, соответствующих всем требованиям, либо захоранивается на полигонах, либо утилизируется по «серым» схемам. Данная ситуация не имеет никаких объективных оснований, и вызвана исключительно неэффективной системы регулирования.

7) Отсутствие реальной поддержки государством энергосберегающих технологий, в том числе альтернативной биоэнергетики, тормозит использование энергогенерирующих технологий.

Вышеописанные общие проблемы привели к формированию следующих основных экологических проблем подотрасли:

1) Существенная часть ОС, не подвергшихся своевременной реконструкции, находится в неудовлетворительном состоянии либо вообще выведена из эксплуатации. Также ряд сооружений не может справиться со сверхнормативными сбросами промышленных предприятий по органическим веществам. В результате на данных объектах превышаются (в том числе и многократно) проектные показатели 1960–1970-х годов по взвешенным веществам и БПК.

2) Большинство (более 90 %) имеющихся ОС ГСВ по своему уровню относятся к технологиям 1960-х годов и не обеспечивают удаление азота и фосфора.

3) На большинстве ОС ГСВ используется обеззараживание хлором и хлорреагентами, что, обеспечивая дезинфекцию, наносит выраженный экологический вред водным объектам. Он заключается как в токсичном воздействии хлора и хлорпроизводных на весь водный биоценоз, так и в накоплении хлорорганических соединений в водных организмах и донных отложениях (последнее формирует долговременные последствия). Распространенная (и считающаяся обязательной в США, где активно используется обеззараживание хлором) технология дехлорирования после хлорирования не применяется.

4) Практическое применение современных технологий очистки ПСВ селитебных территорий практически отсутствует, кроме Москвы. Более того, состояние сетей дождевой канализации в большинстве городов (как по степени охвата, так и по техническому состоянию) таково, что основной задачей организаций ВКХ в области дождевой канализации является обеспечение отведения дождевых и талых вод во избежание подтопления территорий с предотвращением материального ущерба жилому сектору, транспортной инфраструктуре и промпредприятиям.

5) Несмотря на существенное изменение к лучшему ситуации с обезвоживанием осадка, многие ОС ГСВ продолжают накапливать их на иловых площадках. Кроме того, на подавляющем числе ОС ГСВ как по объективным, так и по субъективным причинам произошел отказ от эксплуатации сооружений стабилизации осадка, что приводит к загрязнению подземных вод и атмосферы.

6) Существенной проблемой многих сооружений, в значительной степени определяющей отношение к ним населения, является выделение запахов, ощущаемых в жилой застройке, на путях перемещения жителей и в местах их работы. Эта очевидная потенциальная проблема решалась в России (СССР) с начала развития подотрасли путем принятия мер пассивной защиты — установления санитарно-защитных зон (СЗЗ)

необходимого размера. Однако развитие населенных пунктов во многих местах приводит к нарушению этих зон. Кроме того, во многих случаях эти нормы были изначально нарушены.

Проведенный анализ проблем подотрасли показывает, с одной стороны, обилие экологических проблем, связанных с использованием устаревших технологий, и столь же существенную нехватку финансирования для их решения, с другой стороны. Нерешенные экологические проблемы есть проявление все той же проблемы нехватки средств. Накопившееся техническое отставание есть результат накопившегося за 25 лет недофинансирования подотрасли. Эффективные технологии очистки ГСВ технически были доступны и 20 лет тому назад, проблема была и заключается только в нехватке финансирования.

Бесполезно ставить подотрасли, которая смогла за 20 лет в не самых неблагоприятных экономических условиях модернизировать до современного уровня только 10 % сооружений биологической очистки, задачу реконструировать остальные 90 % за 7 лет, отведенные на переход на НДТ.

Сложившаяся в подотрасли ситуация определяет необходимость применения видоизмененных подходов в применении НДТ и в трактовке самой терминологии. Термин «наилучшие» в данных условиях должен означать наибольшую эколого-экономическую эффективность технологии — максимальное количество предотвращенного вреда окружающей среде на рубль вложенных средств. Использование решений, которые ведут к перерасходу средств относительно решаемой задачи, таких, как строительство объектов без учета фактической отрицательной динамики водоотведения (про запас), а также применение стадии доочистки (без исключительных оснований для этого) не должно считаться переходом на НДТ.

Описанные в настоящем разделе особенности подотрасли, такие как повсеместная распространенность, огромное число объектов, которые в совокупности сбрасывают около 60% всех загрязненных сточных вод страны, при этом малая доля объектов, соответствующих современным требованиям, требуют трактовать определение НДТ, данное статьей 28.1 219-ФЗ как «наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на … объем производимой продукции…» не применительно к одному данному объекту, а в масштабах подотрасли в целом. В противном случае, если осуществлять модернизацию единичных объектов ориентируясь на наименьший уровень воздействия на данном объекте, сокращение общего воздействия на бассейн не будет достигнуто.

Требуемое законодательством достижение наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду в расчете на объем производимой продукции может быть обеспечено за счет использования следующих основных механизмов:

1) Учет при выборе технологий для конкретного объекта ОС численности населения в поселении, городском округе (производительность ОС согласно изложенной в настоящем разделе классификации);

2) Применение комплексного подхода, учитывающего фактическое экологическое состояние водных объектов при выборе технологий, применяемых как НДТ. Это позволит последовательно улучшать состояние водных объектов, не применяя более сложных и дорогостоящих технологий там, где в этом нет объективной необходимости. Для использования этого подхода необходима разработка града ций водных объектов по категориям, критериев отнесения к ним и внесение необходимых изменений в действующее законодательство.

3) Применение подхода с определением групп объектов ОС, различающихся по очередности их модернизации. На первом этапе необходимо сконцентрировать усилия именно на тех на объектах, качество очистки на которых существенно ниже среднеотраслевого уровня по данной группе по производительности сооружений. Для этого необходима выработка критериев выбора объектов для реконструкции на основании фактически обеспечиваемого качества очистки.

При определении НДТ в сфере очистки сточных вод поселений важно Очень важно при определении эколого-экономической эффективности Описание используемых технологических процессов

В настоящем разделе приведено описание основных технологических процессов, используемых в России в настоящее время при очистке сточных вод поселений. Информация приведена по результатам обработки анкет, а также по данным научно-технической литературы и данным, предоставленным членами технической рабочей группы.

Раздел 2. Описание используемых технологических процессов

2.1 Очистка городских сточных вод

2.1.1 Технологическая схема процесса ОС ГСВ

Всю совокупность применяемых технологий ОС ГСВ можно представить в виде одной обобщенной технологической схемы, включающей в себя как обязательные, так

и необязательные подпроцессы, большая часть из последних является опциональными либо альтернативными.

Информация об этапах технологического процесса приведена в таблице 2.1.

Обобщенная схема ОС ГСВ приведена на рисунке 2.1.

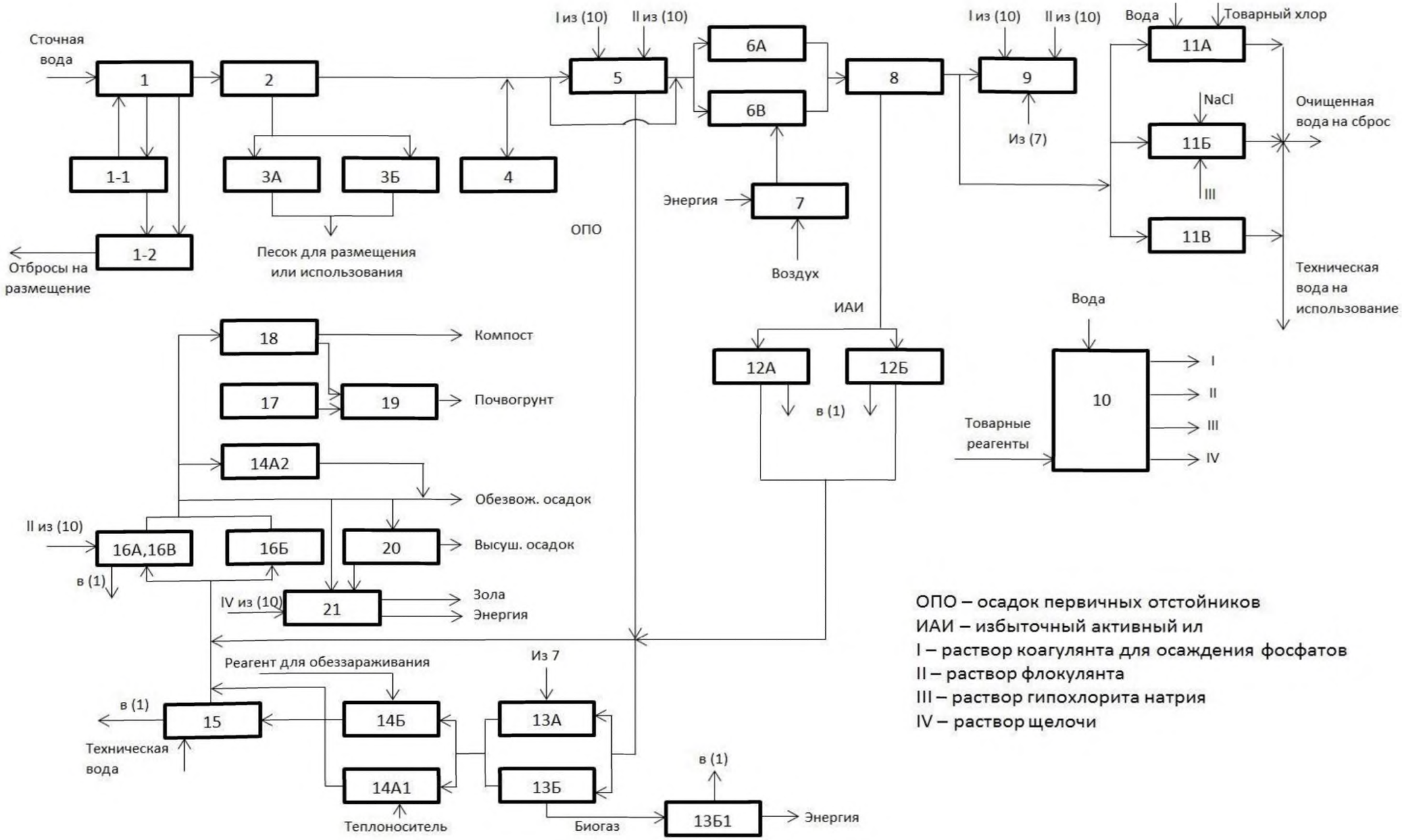


Рисунок 2.1 — Обобщенная технологическая схема

Легенда к рисунку 2.1

Номер подпроцесса	Наименование подпроцесса
1	Выделение плавающих грубых примесей (процеживание)
1-1	Обработка (отмывка и обезвоживание) грубых примесей, задержанных на решетках (ситах)
1-1	Обработка (отмывка и обезвоживание) грубых примесей, задержанных на решетках (ситах)
1-2	Сбор отбросов, задержанных на решетках (ситах) в контейнеры
2	Удаление оседающих грубых примесей (песка)
3	Обработка пескового осадка (пульпы)
4	Аккумулирование (усреднение расхода) сточной воды
5	Осаждение взвешенных веществ (осветление, первичное отстаивание)
6	Обработка в биореакторах биологической очистки: А — в биофильтрах; Б — в аэротенках
7	Подача сжатого воздуха
8	Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора
9	Доочистка
10	Приготовление и дозирование растворов реагентов
11	Обеззараживание очищенной, либо дочищенной воды: А – хлором; Б- гипохлоритом натрия, вариант 1 - использованием товарного гипохлорита натрия, вариант 2 - с получением электролитического гипохлорита натрия; В - УФ-облучением
12	Концентрирование избыточного активного ила (осадков): А. Гравитационное уплотнение; Б. Механическое сгущение
13	Стабилизация жидких осадков: А. Аэробная стабилизация; Б. Анаэробная стабилизация (метановое сбраживание)
13Б-1	Обработка и утилизация биогаза

Номер подпроцесса	Наименование подпроцесса
14	Обеззараживание осадков: А. Реагентное; Б1. Тепловое обеззараживание жидких осадков, Б2. Тепловое обеззараживание обезвоженных осадков
15	Уплотнение стабилизированных осадков
16	Обезвоживание осадка: А. Механическое; Б. Подсушка и выдержка осадков на иловых площадках в естественных условиях; В. Обработка флокулянтами, сгущение, подсушка и выдержка осадков, на иловых площадках в естественных условиях
17	Дополнительная длительная выдержка в естественных условиях осадков, подсушенных на иловых площадках, или механически обезвоженных
18	Компостирование обезвоженных или подсушенных осадков
19	Производство почвогрунтов из осадков
20	Термическая сушка осадков
21	Сжигание (термоутилизация) осадка
Примечания к рисунку 2.1: 1) технологическая схема является обобщенной. На конкретных объектах применяется часть из указанных подпроцессов. Входные потоки в подпроцессы, изображенные на схеме, также могут являться опциональными; 2) Номера подпроцессов в схеме на рисунке 2.1 соответствуют номерам в таблице 2.1	

Подавляющее большинство технологических схем ОС ГСВ полного цикла включает в себя следующие основные (обязательные) подпроцессы:

- механическая очистка;
- биологическая очистка;
- обеззараживание очищенной воды;
- обезвоживание осадка.

Все остальные технологические процессы могут присутствовать или нет. Минимальная технологическая схема не обязательно означает неполную, неэффективную либо саму дешевую. Она может быть также и весьма эффективной и (или) весьма дорогостоящей.

Любая технология, не содержащая вышеперечисленные стадии, является неполной и недостаточной. Такие технологии также находят применение, однако они оправданы исключительно в специальных условиях, например: технология без биологической очистки — с использованием физико-химической обработки и фильтрационной очистки. Этот процесс вынужденно применяется на некоторых удаленных объектах с временным (сезонным) пребыванием, где сооружения биологической очистки не могут быть использованы, так как они требуют длительного запуска (наращивание биомассы в течение 2–3 месяцев).

В более сложных ситуациях, когда ОС используются для очистки также значительных объемов производственных сточных вод, технологическая схема может быть сложнее, для обеспечения удаления специфических загрязнений последних. В этой ситуации ГСВ могут поступать не в начало технологической схемы. Также некоторые потоки (например, малозагрязненные производственные сточные воды) могут не подаваться в начало технологической схемы очистки ГСВ, а присоединяться на последующих стадиях.

Критерии отнесения ОС к сфере применения ИТС соответствующих отраслей определяются в отраслевых справочниках. Критерии отнесения к сфере применения данного справочника в подобных ситуациях определены в соответствующем разделе.

Обязательность обеззараживания очищенных вод — весьма дискуссионный вопрос. Нормативные правовые акты Российской Федерации требуют проводить обеззараживание всех объемов сбрасываемых сточных вод. Однако до недавнего времени в ЕС сама задача обеззараживания не ставилась, в том числе в связи с достаточно существенным эффектом в этом отношении процесса биологической очистки.

В течение десятков лет крупнейшие в стране ОС ГСВ – Курьяновские и Люберецкие очистные сооружения г. Москвы не имели обеззараживания. Это было обосновано тем, что они образуют от 30 % до 90 % расхода водных объектов, куда происходит сброс. В этой ситуации использование хлорирования оказало бы крайне негативное воздействие на состояние экосистемы этих водных объектов. При фактическом отсутствии хлорирования в течение вышеуказанного периода времени не было отмечено санитарно-эпидемиологических инцидентов на нижнем течении данных водных объектов, после сбросов биологически очищенных сточных вод.

В Санкт-Петербурге до нынешнего времени обеззараживание проходят только 19 % очищенных стоков, внедрение на весь расход планируется к 2024 году.

В настоящее время экологически безопасная технология УФ-обеззараживания доступна для любого масштаба объектов и выбор между обеззараживанием и экологическим состоянием водного объекта уже не стоит.

Важно отметить, что обеззараживание не имеет никакого экологического значения (для водных объектов понятие патогенных микроорганизмов лишено смысла), а лишь санитарно-эпидемиологическое. Поэтому в тех регионах и в те сезоны (холодное время года), где и когда контакт человека с водой водного объекта отсутствует, а разбавление высоко, нет никаких обоснований к использованию обеззараживания, кроме нормативного требования.

Все основное оборудование ОС ЦСВ относится к природоохранному (далее — основное природоохранное оборудование). На ОС может быть также использовано оборудование для очистки выбросов в атмосферный воздух (далее — вспомогательное природоохранное оборудование).

Следует отметить, что многие подпроцессы ОС, начиная с масштаба небольших, реализуются не в оборудовании, а в емкостных технологических сооружениях, выполненных строительным способом. Это делается исключительно по причине большого объема емкостей, не позволяющего применять для реализации этих стадий оборудование, изготовленное заводским способом. При этом оборудование используется как составная часть технологических сооружений, выполняя важные технологические функции (перемещение воды и осадка, аэрация, перемешивание и т. п.).

Далее под оборудованием в общем понимании подразумевается совокупность емкостных сооружений и оборудования, реализующих данный подпроцесс.

Таблица 2.1 — Обобщенное описание процесса очистки ГСВ

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Поступающая сточная вода	№ 1. Выделение плавающих грубых примесей (процеживание). Обязательный подпроцесс [1)]	Процеженная сточная вода	Решетки (сита). При большой производительности — комплектное транспортирующее оборудование (шнеки, ленточные транспортеры и т. п.)	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу
1. Грубые примеси, задержанные на решетках, либо ситах (отбросы с решеток). 2. Промывная вода	№ 1–1. Обработка (отмывка и обезвоживание) грубых примесей, задержанных на решетках, либо ситах. На практике — необязательный подпроцесс	1. Обработанные (отмытые и прессованные) грубые примеси (отбросы). 2. Промывная вода в поток неочищенной сточной воды	Гидропрессы, шнековые прессы, контейнеры. Часто оборудование для обработки грубых примесей блокируется с оборудованием для процеживания сточных вод	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу
Грубые примеси, задержанные на решетках, либо ситах (отбросы с решеток)	№ 1–2. Сбор отбросов с решеток (сит) в контейнеры; (обязательный подпроцесс)	Необработанные или обработанные грубые примеси (отбросы)	Контейнеры	Отбросы – отходы на размещение. Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Процеженная сточная вода. Сжатый воздух (в отдельных случаях)	№ 2. Удаление оседающих грубых примесей (песка). Обязательный подпроцесс [2]. Удаление всплывающих жировых примесей (опционально, для некоторых конструкций)	Неосветленная сточная вода	Песколовки (емкостные сооружения либо комплектное оборудование). 1. Компрессоры для аэрируемых песколовок. 2. Гидроэлеваторы для откачки песчаной пульпы. 3. Насосы для откачки песчаной пульпы. Скребковое или шнековое оборудование для транспортировки песка к приямкам (не во всех конструкциях)	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Песковая пульпа (песковой осадок). По варианту Б — также и техническая вода	№ 3. Обработка пескового осадка. *Обязательный подпроцесс* в том или ином исполнении. Вариант А. на песковых площадках. Вариант Б. В бункерах Вариант В. В аппаратах для отмывки и сепарации песка	А. Обезвоженный (подсушенный) песок. Б. Отмытый и обезвоженный песок	А. Песковые площадки. Б. Песковые бункеры. В. Аппараты для отмывки и сепарации песка	Если выделенный и обработанный песок не находит применения — отход на размещение. Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу
Неосветленная сточная вода	№ 4. Аккумулирование (усреднение расхода) сточной воды Необязательный подпроцесс	Неосветленная сточная вода (усредненный расход)	Регулирующие резервуары (емкостные сооружения). Могут применяться мешалки, аэрационные системы	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу (через «дыхательные» отверстия резервуаров)

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Неосветленная сточная вода. Раствор реагента для интенсификации осаждения взвешенных веществ и осаждения фосфора [3] из подпроцесса 10	№ 5. Осаждение взвешенных веществ (осветление, первичное отстаивание). Удаление жировых плавающих загрязнений. Целесообразность подпроцесса № 5 определяется исходя из качественного и количественного состава сточных вод и технологии биологической очистки. Первичное отстаивание может реализовываться с ацидофикацией осадка (см. раздел 4)	Осветленная сточная вода. Осадок первичных отстойников. Жировая масса	Первичные отстойники (емкостные сооружения), скребковое оборудование, насосы для откачки осадка. Жиросборники	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Осветленная сточная вода. Компримированный воздух [4]. Раствор реагента для осаждения фосфора [3]	№ 6. Обработка в биореакторах биологической очистки: вариант А — биофильтры; вариант Б — аэротенки. Обязательный подпроцесс. Биохимические реакции, происходящие в биореакторах в разных вариантах реализации подпроцесса, могут существенно отличаться	А. Обработанная вода с биопленкой на разделение. Б. Иловая смесь на разделение	Емкостные сооружения — биореакторы. Аэраторы (весьма разнообразные устройства для диспергирования воздуха в иловой смеси). Для технологий удаления азота (азота и фосфора) — также мешалки и насосы внутренней рециркуляции	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу
Атмосферный воздух	№ 7. Подача сжатого воздуха. *Обязательный подпроцесс* для аэротенков (кроме исключений по [3])	Сжатый воздух	Компрессоры (воздуходувки)	Шум. Высокое потребление электроэнергии

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Из подпроцесса 6А — обработанная вода. Из подпроцесса 6Б —иловая смесь	№ 8. Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора. Обязательный подпроцесс	Очищенная вода Для 6А — осадок (биопленка). Для 6Б — возвратный активный ил (из которого отводится избыточный активный ил)	Насосы для откачки активного ила (биопленки), частично для возврата в аэротенк, частично как избыточного на обработку. Вторичные отстойники (емкостные сооружения), скребковое оборудование	
Очищенная вода. Раствор реагента для удаления фосфора [4] Раствор реагента для флокуляции взвешенных веществ [4)]	№ 9. Доочистка Обязательность подпроцесса определяется условиями сброса очищенных вод	Доочищенная вода Промывная вода (не во всех вариантах) Осадок (не во всех вариантах)	Опционально: Фильтры с загрузкой, обеспечивающие отделение взвешенных веществ или/и окисление органических и азотистых соединений. Мембранные дисковые фильтры. Механические фильтры. Отстойники с ламелями (тонкослойными модулями). Биопруды (емкости в грунте)	Периодически — отработанная загрузка (не для всех вариантов). Осадок (не для всех вариантов)

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Товарный реагент (реагенты): соли железа, алюминия. Полиэлектролит (флокулянт). Гипохлорит натрия. Техническая вода	№ 10. Приготовление и дозирование растворов реагентов. Комплексный подпроцесс — может осуществляться на нескольких различных потоках. Необязательный подпроцесс	Растворы реагентов для применения	Баки для складирования запаса жидкого реагента, помещения для хранения сухого реагента. Растворно-расходные узлы с дозирующим оборудованием	
Очищенная (доочищенная) вода	№ 11. Обеззараживание очищенной, либо дочищенной воды. По нормативным документам — обязательный подпроцесс. Однако экологическая целесообразность отсутствует, а санитарно-эпидемиологическая зависит от местных условий водопользования и сезона сброса			Сброс очищенной сточной воды в водный объект

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Также: Жидкий хлор, водопроводная вода	№ 11А. Обеззараживание хлором	Обеззараженная вода. Также может быть подана на использование как техническая вода: - на собственные нужды предприятия; - другим потребителям	Склад жидкого хлора. Хлораторы. Смеситель. Контактный резервуар	Риск аварии с выбросом хлор-газа. Сброс в водный объект с обеззараженной воды активного хлора, хлораминов, хлорорганических соединений (при отсутствии дехлорирования)
Также: Вариант 1. Товарный гипохлорит натрия. Вода Вариант 2. Поваренная соль. Техническая вода	№ 11Б. Обеззараживание гипохлоритом натрия. Вариант 1. С использованием товарного гипохлорита натрия Вариант 2. С получением электролитического раствора гипохлорита натрия		Вариант 1. Склад товарного гипохлорита натрия, система дозирования. Вариант 2. Электролизер, растворные и расходные баки, система дозирования	Сброс в водный объект с обеззараженной воды активного хлора, хлораминов, хлорорганических соединений (при отсутствии дехлорирования)
	№ 11В. Обеззараживание УФ-облучением		Установки УФ-обеззараживания	Отработанные УФ-лампы (ртутьсодержащие отходы)

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Избыточный активный ил (либо иные жидкие осадки). По варианту Б — раствор флокулянта из подпроцесса № 10	№ 12 Концентрирование избыточного активного ила (осадков). А. Гравитационное уплотнение. Б. Механическое сгущение. Обязательный подпроцесс (есть исключения [6])	Уплотненный/сгущенный активный ил (осадок). Сливная вода	А. Уплотнитель (отстойное емкостное сооружение), скребковое оборудование Б. Механический сгуститель ила. Для всех вариантов — насосы для откачки уплотненного/сгущенного ила	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу
	№ 13. Стабилизация жидких осадков. Необязательный подпроцесс	Стабилизированная смесь осадков		
Осадок первичных отстойников. Избыточный активный ил. Компримированный воздух [3]	№ 13А. Аэробная стабилизация. Необязательный подпроцесс	Аэробно стабилизированная смесь осадков	Емкостные сооружения — стабилизаторы. Аэраторы (весьма разнообразные устройства для диспергирования воздуха в жидкости)	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Осадок первичных отстойников (из подпроцессов № 5 или № 12). Избыточный активный ил (из подпроцесса № 12)	№ 13Б. Анаэробная стабилизация (метановое сбраживание). Необязательный подпроцесс	Сброженная смесь осадков. Биогаз (смесь метана, углекислого газа, с примесями)	Емкостные сооружения-метантенки. Дозирующие и выгрузочные камеры. Мешалки, насосы, теплообменники	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу, прежде всего от камер загрузки и выгрузки
Биогаз. Воздух для сжигания	№ 13Б-1. Обработка и утилизация биогаза [5] Обязательный подпроцесс при наличии биогаза	Энергия. Сливные воды от осушки и очистки биогаза	Газгольдеры. Сбросная «свеча». Энергоустановки	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу из трубы энергоустановки. Периодически — отход для размещения (сработанная загрузка для очистки биогаза от сероводорода)

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Осадок первичных отстойников. Избыточный активный ил. Мезофильно сброженные осадки. Раствор препарата для обеззараживания. Водопроводная вода	№ 14А. Реагентное обеззараживание осадков Необязательный подпроцесс	Обработанные препаратом осадки	Система приготовления и дозирования раствора препарата для обеззараживания	
Осадок первичных отстойников. Избыточный активный ил. Мезофильно сброженные осадки. Обезвоженные осадки	№ 14Б. Тепловое обеззараживание осадков Необязательный подпроцесс	Обработанные теплом осадки	Система подогрева, выдерживания жидких осадков и рекуперации тепла (реактор и теплообменники). Либо инфракрасные нагреватели обезвоженного осадка	
Стабилизированная смесь осадков	№ 15. Уплотнение стабилизированных осадков. Необязательный подпроцесс	Уплотненная смесь осадков. Сливная вода	Уплотнитель (отстойное емкостное сооружение), скребковое оборудование, насосы для откачки уплотненного осадка	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Смесь осадков либо один вид осадка, в зависимости от различных подпроцессов	№ 16. Обезвоживание осадка. Обязательный подпроцесс			При отсутствии подпроцессов дальнейшей обработки осадка с получением продукции обезвоженный осадок удаляется как отход на размещение
Также: Раствор флокулянта из подпроцесса № 10. Техническая вода	№ 16А. Механическое обезвоживание	Обезвоженный осадок (кек). Фильтрат или фугат	Комплектное оборудование для механического обезвоживания: обезвоживающие аппараты (центрифуги, фильтр-прессы, шнековые прессы и др.), транспортные линии (шнеки, ленточные транспортеры), бункеры	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
	№ 16Б. Подсушка и выдержка осадков на иловых площадках в естественных условиях	Подсушенный осадок. Сливная вода	Бетонные или земляные сооружения — иловые площадки. Погрузочно-разгрузочная техника для уборки и вывозки осадка	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу. Периодически — выбросы от движущихся источников (автотранспорта). На земляных площадках — фильтрация иловой воды осадка в грунтовые воды
Также: Раствор флокулянта из подпроцесса № 10	№ 16В. Обработка флокулянтами, сгущение, подсушка и выдержка осадков, на иловых площадках в естественных условиях	Подсушенный осадок. Сливная вода	Бетонные или земляные сооружения — иловые площадки. Щелевые колодцы для отфильтровывания отделившейся воды. Погрузочно-разгрузочная техника для уборки и вывозки осадка	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу. Периодически — выбросы от движущихся источников (автотранспорта). На земляных площадках — фильтрация в грунтовые воды

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Обезвоженный осадок из подпроцесса № 16	№ 17. Дополнительная длительная выдержка в естественных условиях осадков, подсушенных на иловых площадках, или механически обезвоженных	Обработанный осадок	Открытые площадки	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу. Периодически — выбросы от движущихся источников (автотранспорта
Обезвоженный осадок из подпроцесса № 16. Органические наполнители	№ 18. Компостирование обезвоженных или подсушенных осадков	Компост	Оборудование очень разнообразно — от открытых площадок до закрытых биореакторов	Неорганизованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу (при проведении на открытых площадках. Периодически — выбросы от движущихся источников (автотранспорта). Организованный выброс — при проведении процесса в закрытых биореакторах и (или) в помещениях

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Обезвоженный или подсушенный осадок после подпроцессов № 13 и 16, или 16 и 17, 16 и 18. Другие компоненты почвогрунтов (в соответствии с конкретной технологией), в том числе: глина, песок, торф. Специальные добавки, в том числе для обеззараживания	№ 19. Производство почвогрунтов из осадков	Почвогрунт	Площадки приготовления на искусственном основании; узел смешения (в том числе барабанные смесители) и сепарации; погрузочно-разгрузочная техника	Выбросы от движущихся источников автотранспорта
Обезвоженный осадок из подпроцесса № 16	№ 20. Термическая сушка осадков	Термически высушенный осадок. В некоторых вариантах — конденсат выпара	Комплектные установки термосушки. Транспортные линии (шнеки, пневмотранспортеры), бункеры	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу. При сухой газоочистке — отработанные сорбенты

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование	Эмиссии
1	2	3	4	5
Вариантно или частично: - обезвоженный осадок из подпроцесса № 16 - высушенный осадок из подпроцесса № 20. Техническая вода. Щелочной реагент (для мокрой очистки газовых выбросов). Сорбенты для сухой газоочистки	№ 21. Сжигание (термоутилизация) осадка	Зола осадка. Сливная вода от очистки газовых выбросов	Комплектные установки сжигания. Транспортные линии (шнеки, пневмотранспортеры), бункеры. Системы очистки газовых выбросов	Организованный выброс веществ, загрязняющих атмосферу

[1] Есть исключения (см. раздел 2.2).

[2] Технология обработки песка может быть сложнее. Детальнее описано в 2.2.

[3] Не для всех разновидностей подпроцесса. С целью удаления фосфора фосфатов реагент может вводиться и другие точки основного процесса, а также и в возвратные потоки.

[4] Только в некоторых технологиях.

[5] Комплексный технологический процесс со своими подпроцессами. Детально описан ниже.

[6] Кроме уплотнения после совместной аэробной стабилизации (№ 13А) и обезвоживания на шнековых прессах (№ 16А).

2.1.2 Краткое описание основного природоохранного оборудования. Типичные технологические процессы очистки сточных вод, применяемые в отрасли

Подпроцесс № 1. Выделение плавающих грубых примесей (процеживание)

Необходим для обеспечения нормальной работы сооружений и оборудования, предотвращения аварий. Удаление отбросов также (частично) задерживает те плавающие включения, которые могут попадать в водные объекты с очищенной водой, не задержанные на основных стадиях очистки.

Правильно запроектированные и нормально работающие сооружения предварительной механической очистки обеспечивают эффективную работу последующих ступеней очистки сточных вод и обработки осадка. Отсутствие либо ненадлежащая работа сооружений предварительной механической очистки оказывает негативное воздействие на ОС ГСВ в целом.

Перечень наиболее распространенного оборудования для процеживания приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Перечень наиболее распространенного оборудования для процеживания

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Реечные (стержневые) решетки	Сточная вода протекает через совокупность установленных под наклоном к потоку стержней с фиксированными расстояниями между ними и движущимся скребком для прочистки и подъема наверх задержанных отбросов	Ширина прозоров от 60–80 мм (при использовании для предварительного грубого процеживания) до 5–6 мм. Обеспечивают так называемое одномерное процеживание, при котором длинные узкие включения могут проходить через решетки
Ступенчатые	Сточная вода протекает через совокупность установленных под наклоном ступенчатых полотен с фиксированными расстояниями между ними. Один набор полотен – (через одно) подвижный, один — неподвижный. Подъем отбросов осуществляется за счет возвратно-поступательного движения набора полотен – со ступени на ступень	Обеспечивает размер прозора до 3 мм. Эффективно работает с намывным слоем отбросов, обеспечивающим более эффективное задержание

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Ленточные (реечные и перфорированные)	Сточная вода протекает через совокупность пластиковых секций небольшой длины (либо фрагментов сит), оснащенных крючками и шарнирно связанных между собой в бесконечную ленту	Перфорированные устройства обеспечивают глубокое процеживание с двумерным эффектом (задерживаются все включения, которые больше размера отверстий). Реечные устройства по эффективности занимают промежуточное положение между ситами и стержневыми решетками
Барабанные (шнековые)	Сточная вода протекает изнутри наружу через барабанное вращающееся сито. Уловленные отбросы по центральному каналу отводятся шнеком	Наиболее эффективные устройства. Требуют предварительного удаления крупных включений. По производительности применимы до больших ОС включительно

Технологическая эффективность оборудования для процеживания практически неизмерима, так как содержание грубых включений в сточных водах не подвергается производственному контролю из-за практической невозможности адекватного отбора проб. Поэтому об эффективности оборудования судят по массе удержанных отбросов.

Согласно действующим нормам [2] допускается не предусматривать решетки в случае подачи сточных вод на станцию очистки насосами при установке перед насосами решеток с прозорами не более 16 мм или решеток-дробилок, при этом длина напорного трубопровода не должна превышать 500 м и на насосных станциях предусматривается вывоз задержанных на решетке отбросов.

Сооружения предварительной механической очистки относятся к наиболее интенсивно выделяющим выбросы ЗВ в атмосферный воздух, в особенности в тех случаях, когда вода на ОС подается с помощью напорной перекачки. Начиная с приемной камеры давление в жидкости снижается и происходит выделение растворенных в сточных водах летучих веществ с интенсивным выделением их в воздух.

Дробление отбросов на входе на ОС ГСВ не рекомендуется, так как это приводит к увеличению сброса частиц мусора с очищенной водой.

Подпроцесс № 1–1.

Обработка (отмывка и обезвоживание) грубых примесей, задержанных на решетках.

Отбросы с решеток (сит) имеют небольшой насыпной удельный вес, и их транспортировка обходится дороже. Они содержат значительное количество органических

загрязнений. Размещение этой массы на полигонах приведет к их гниению с выделением дурнопахнущих веществ. Эта проблема тем более выражена, чем меньше размеры прозоров (ячеек) процеживающих устройств.

Обезвоживание (прессование) с предварительной промывкой позволяет:

- сократить массу вывозимого отхода;

- обеспечить более высокую стабильность отхода (стойкость к загниванию);

- с промывной водой вернуть в основной процесс часть органики, необходимой для интенсификации процессов биологической очистки.

Для обеззараживания отбросов, как правило, используют пересыпание их хлорной известью ($CaOCl_2$).

Перечень наиболее распространенного оборудования для отмывки и обезвоживания отбросов с решеток приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Перечень наиболее распространенного оборудования для отмывки и обезвоживания отбросов с решеток

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Пресс для отбросов	Обезвоживание производится в перфорированном цилиндре с помощью поршня либо шнека	Уменьшение объема отбросов до 2 раз
Пресс с камерой предварительной промывки	Перед подачей на обезвоживание отбросы отмываются технической водой (перемешиванием в закрытой емкости)	Практически полная отмывка отбросов от взвешенных веществ. Более глубокое обезвоживание отбросов

Подпроцесс № 2. Удаление оседающих грубых примесей (песка)

Выделение грубых примесей (песка) необходимо для того, чтобы он не оседал в последующих сооружениях, препятствуя их работе. Неуловленный песок при наличии первичных отстойников осядет в них при отсутствии в сооружениях биологической очистки. При этом сооружение по удалению песка (песколовка) должно задерживать максимум песка и минимум органических загрязнений.

Также, как и применительно к грубым примесям, измерение эффективности задержания песка не практикуется. Эта задача представляет собой сложность даже для исследовательских целей. Об эффективности задержания песка судят по содержанию песка в осадке первичных отстойников (если таковые имеются). Содержание песка, не создающее трудностей для эксплуатации, не более 6 % от сухого вещества осадка

(не более 3 % при использовании высокоскоростных центрифуг для обезвоживания осадка).

Перечень наиболее распространенного оборудования для выделения песка из сточных вод приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Перечень наиболее распространенного оборудования для выделения песка из сточных вод

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Горизонтальная песколовка	Сточная вода движется в прямоугольной емкости при определенной скорости потока. Песок оседает под действием сил гравитации на дно и транспортируется (скребками или гидравлически) к приямку, откуда откачивается эрлифтом или насосом	Эффективное удержание песчаной фракции, но высокое содержание в осадке мелких неорганических (глина и т.п.) и органических частиц. Высокая зависимость от скорости в сооружении (расхода). Необходимо специальное оборудование для сгребания песка. Применяется, начиная со средних ОС
Горизонтальная песколовка с круговым движением воды	Сточная вода движется по кольцевому лотку, расположенному в конической емкости. Песок оседает на дно конуса через прорезь в дне кольцевого лотка	Эффективное удержание песка, но высокое содержание в нем органических и других минеральных частиц. Высокая зависимость от скорости в сооружении (расхода). Не требуется специальное оборудование для сгребания песка. Однако, рабочий объем, в котором непосредственно движется поток сточной воды, занимает всего около 15% строительного объема. Применяется в диапазоне малых — средних ОС

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Аэрируемая песколовка	Сточная вода движется в прямоугольной либо радиальной емкости, которая аэрируется пристенными пневматическими аэраторами. Воздух формирует в сооружении спиральный поток. Песок оседает на дно и транспортируется (скребками или гидравлически) к приямку, откуда откачивается эрлифтом или насосом	Использование воздуха позволяет не зависеть от скорости (расхода) воды. Пониженное содержание органики в песке. Максимальное выделение дурнопахнущих веществ по причине аэрации поступающей сточной воды. Нежелательны перед сооружениями биологического удаления фосфора. Применяется, начиная с малых ОС, однако эффективность задержания песка в нижнем диапазоне ПП невысокая, и в целом ниже, чем в других конструкций
Тангенциальная (вихревая) песколовка	Сточная вода в конической или круглой в плане емкости движется в тангенциальном направлении. Оседание песка происходит под действием сил гравитации и центробежной. Песок удаляется, как правило, гидроэлеваторами	Компактное и эффективное сооружение. Применяется на сверхмалых и малых ОС

Подпроцесс № 3. Обработка пескового осадка (пульпы)

Варианты А и Б. Песковые площадки и бункеры

Осуществляют обезвоживание и подсушку пескопульпы, без изменения состава сухого вещества.

Вариант В. Аппараты для отмывки песка

Отмывка от органических включений. Обезвоживание песка.

Перечень наиболее распространенного оборудования для обработки песка приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Перечень наиболее распространенного оборудования для обработки песка

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Песковые площадки	Песковая пульпа, откачиваемая из песколовок, разделяется в неглубоких бетонных или земляных емкостях, оборудованных дренажной системой для отвода сливной воды, на песок и сливную воду. Затем песок подсыхает (в соответствующий сезон) и вывозится	Источник дурнопахнущих запахов. Санитарно небезопасно. Не снижает содержания органических веществ в песке, последнее может составлять до 30 %
Песковые бункеры	В бункерах, в процессе накопления песка, происходит его естественный отжим. Отделенная сточная вода самотеком по трубопроводу возвращается в лотки перед песколовками	Не меняет состав песка, но обеспечивает содержание сухого вещества около 70 %
Аппараты отмывки и обезвоживания песка	Песковая пульпа, откачиваемая из песколовок, поступает в аппараты для отмывки песка от органических веществ. Применяют: - напорные гидроциклоны, - открытые конические емкости, в которых осуществляется перемешивание и (или) аэрация. Сливная вода из этих емкостей уходит через перелив, отмытый песок шнеком поднимается из приямка, при этом на надводном участке обезвоживается	Отмывка песка до содержания органических веществ не более 5 %. Содержание сухого вещества – не менее 80 %

Для подготовки песка к использованию как строительного материала он обрабатывается на виброгрохотах, дегельминтизируется и обеззараживается пропариванием (Курьяновские очистные сооружения, Москва).

Подпроцесс № 4. Аккумулирование (усреднение) расхода сточной воды

Предназначен для снижения часовой неравномерности поступления сточной воды на следующие по потоку сооружения. Позволяет уменьшить объем сооружений отстаивания, илоразделения и доочистки. Повышает стабильность работы биореакторов биологической очистки.

В качестве оборудования используются технологические емкости (регулирующие либо аварийно-регулирующие резервуары), объем которых обеспечит требуемое сни-

жение $К_{час.}$ Аккумулирующая емкость заполняется сточной водой в часы максимального притока и постепенно опорожняется в часы минимального и среднего притока.

Имеется опыт применения радиальных отстойников в качестве аккумулирующих емкостей.

На практике применяется только на некоторых построенных в последние годы сооружениях, с ПП от небольших и ниже. Свод правил [2] допускает применение данных резервуаров по технико-экономическому обоснованию. Они могут также применяться при КНС, решая одновременно задачу уменьшения пиковых расходов перекачки ГСВ.

Подпроцесс № 5. Осаждение взвешенных веществ (осветление)

Первая по ходу сточной воды стадия очистки, оказывающая существенное воздействие на ее загрязненность, поэтому носит также название первичной очистки, либо первичного отстаивания (в противопоставление илоотделению после биологической очистки с использованием отстойников, именуемого вторичным отстаиванием).

В современных технологических схемах целью осветления является выделение из сточных вод оптимального количества взвешенных загрязнений с целью уменьшить нагрузку на стадию биологической очистки. Это позволяет уменьшить объем образующихся осадков и сократить до 30 % — 50 % затраты электроэнергии на процесс очистки в целом. Выделение взвешенных органических веществ до биологической очистки, с последующей конверсией их в биогаз методом метанового сбраживания лежит в основе процессов энергогенерации на ОС ГСВ.

Перечень наиболее распространенного оборудования для осветления сточных вод приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Перечень наиболее распространенного оборудования для осветления сточных вод

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Отстойники. Применяется несколько конструкций, применимых на ОС различного масштаба	Сточная вода в условиях медленного движения потока от входа к выходу осветляется (происходит самопроизвольное осаждение взвешенных веществ). Осветленная вода переливается через водослив. Образующийся осадок уплотняется на дне и в приямках и затем отводится на обработку	Максимальная эффективность осаждения взвешенных веществ составляет 65 % — 70 % (чем выше исходное содержание, тем выше эффективность). Снижение $БПК_5$ может достигать 50 %
Вертикальные отстойники	Сточная вода выходит из центральной распредкамеры, движется в сторону дна, затем меняет свое направление, поднимается вверх, к водосливу. Осадок сползает по коническим стенкам	Минимальная эффективность, обусловленная несовершенной гидравликой. Простота эксплуатации: не требуется оборудование. Возможно залегание осадка на конических стенках днища. Высокая стоимость строительства вследствие большой глубины. Применимо только на ОС с ПП от небольших и ниже
Горизонтальные отстойники	Прямоугольное (вытянутое) сооружение, через которое вода движется от стенки до стенки. Осадок транспортируется к приямку (приямкам), расположенным у входа, с помощью одного из механических скребковых устройств	Максимальная технологическая эффективность, обусловленная более совершенной гидравликой. Максимальная компактность. Обязательно применение оборудования для сгребания осадка к приямкам. Более сложное и менее надежное оборудование, чем для радиальной конструкции. Применимы в широком диапазоне от небольших до сверхкрупных ОС

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Многоконусные отстойники	Квадратное сооружение, через которое вода движется от стенки до стенки (как в горизонтальных отстойниках). Осадок оседает на коническое днище и самопроизвольно сползает в приямки (как в вертикальных отстойниках)	Относительно невысокая эффективность. Простота эксплуатации: не требуется оборудование. Возможно залегание осадка на конических стенках днища. Высокая стоимость строительства вследствие большой глубины и материалоемкости. Более широкая сфера применения, по сравнению с вертикальными — от малых до средних ОС
Радиальные отстойники	Круглое сооружение, в котором вода выходит из центральной распредкамеры, движется к окружности. Осадок сгребается к центральному приямку либо к нескольким приямкам на коаксиальной окружности, с помощью скребков, как правило закрепленных на надводной вращающейся ферме. Ферма опирается на катки, движущиеся по опорной поверхности борта сооружения	Весьма высокая эффективность. Простое и достаточно надежное оборудование (илоскребы). Применимы от средних до сверхкрупных ОС
Примечание – Большинство конструкций первичных отстойников оснащены полупогружными досками и жиросборниками, для обеспечения предотвращения попадания всплывающих веществ в сооружения биологической очистки. Целесообразность этой функции первичных отстойников требует подтверждения по местным условиям. На ряде ОС ГСВ жиросборные конструкции демонтированы без негативных последствий для качества очистки.		

На вновь построенных или реконструированных объектах, где использованы технологии удаления азота и фосфора, место первичного отстаивания в технологической схеме и требования к нему изменяются по сравнению с обычной биологической очисткой (с удалением органических соединений).

Высокая эффективность удаления взвешенных веществ и, соответственно, части БПК может привести к недостаточному органическому питанию бактерий-денитрификаторов, реализующих процесс удаления азота (см. раздел 4). Первичная очистка не применяется при очистке от биогенных элементов сточных вод, имеющих низкое соотношение органических веществ к азоту (и к фосфору, если реализуется биоудаление фосфора).

На базе первичных отстойников может быть реализована технология повышения концентрации легкоокисляемых органических соединений в сточных водах для повышения эффективности процесса биологического удаления фосфора (см. раздел 4). Для этого процесс отстаивания в первичных отстойниках проводят с рециркуляцией осадка, что приводит к развитию процессов кислого брожения с выделением летучих жирных кислот (ЛЖК). ЛЖК необходимы для роста бактерий, способных накапливать фосфор и реализующих на очистных сооружениях процесс биологического удаления фосфора.

Первичное осветление является основой технологии физико-химической очистки, которая используется в тех случаях, когда биологическая очистка по объективным причинам не применима. Применение коагулянтов позволяет достичь глубокого удаления взвешенных веществ и очистки по $БПК_5$ до 80 %.

Распространенным методом удаления фосфатов из сточных вод также является применение коагулянтов перед первичным отстаиванием (см. раздел 4).

Подпроцесс № 6. Обработка в биореакторах биологической очистки

Ключевая и обязательная (кроме упомянутых в п. 2.1 вынужденных обстоятельств) стадия очистки. На объектах, где не используются методы доочистки (а это подавляющее число) эта стадия определяет технологические показатели по загрязняющим веществам для всего процесса очистки сточных вод применительно к сбросу очищенной воды в водные объекты.

Основное оборудование, используемое для биологической очистки, приведено в таблице 2.7, основные типы технологического подпроцесса биологической очистки в аэротенках — в таблице 2.8.

Таблица 2.7 – Основное оборудование, используемое для биологической очистки

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Вариант А. Биореакторы с биопленкой	Сточная вода очищается в результате потребления биопленкой в процессе аэробного окисления органических загрязнений и окисления аммонийного азота. Для окисления используется атмосферный воздух. Для развития биопленки используют различные виды загрузок	
Незатопленные биофильтры	Сточная вода стекает сверху вниз через слой загрузки. В капельные биофильтры с щебеночной загрузкой воздух проникает самопроизвольно, в аэрофильтры подается снизу вентиляторами. Биофильтры с пластиковой загрузкой, как правило, не требуют подачи воздуха	Сам по себе метод имеет хорошие технологические возможности (полная биологическая очистка и глубокое окисление аммонийного азота). Однако в Российской Федерации используют только архаичный вариант данного метода — с использованием в качестве загрузки щебня, на сооружениях не позднее 60-х годов постройки. Сточная вода должна предварительно пройти отстаивание. Применяемые в настоящее время технологии не позволяют проводить процесс денитрификации и, соответственно, удалять азот

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Затопленные биофильтры	Сточная вода поступает в биореактор, заполненный загрузкой (стационарной, либо подвижной). Воздух подается снизу через пневматическую аэрационную систему. Конструкция позволяет применять аноксидные (бескислородные) зоны для денитрификации, с перемешиванием мешалками. Очищенная вода направляется на отстаивание	Эффективный, надежный процесс для полной биологической очистки и нитрификации при использовании адекватной загрузки. При применении загрузки, недостаточно подходящей для данных условий, возможно накопление избыточного количества биопленки и ее отмирание с вторичным загрязнением воды. В ряде вариантов исполнения может быть использован для эффективного удаления азота, так как в неаэрируемых зонах биофильтра может быть осуществлен процесс денитрификации
Роторные биофильтры (биобарабаны)	Сточная вода протекает через лоток круглого сечения, в котором вращаются полузатопленные диски, закрепленные на валу, либо насыпная загрузка, расположенная в сетчатом барабане. На этих поверхностях развивается биопленка. Аэрация происходит за счет периодического прохождения биопленки через воздушную среду	Эффективность и сфера применения в настоящее время аналогичны незатопленным биофильтрам
Вариант Б. Аэротенки	Сточная вода обрабатывается в контакте с активным илом, после чего прошедшая через необходимые зоны аэротенка (с различными технологическими условиями) иловая смесь поступает на илоразделение. Основное количество отделенного ила рециркулирует в аэротенк. В необходимые зоны аэротенка с помощью аэрационных систем подается воздух. Неаэрируемые зоны перемешиваются.	Эффективный, надежный процесс при поддержании нагрузки в допустимом диапазоне и подаче достаточного количества воздуха. Технологические характеристики различаются в широком диапазоне в отличие от типа и разновидности процесса, реализуемого в аэротенке (см. таблицу 2.8)

Таблица 2.8 – Основные типы технологического подпроцесса биологической очистки в аэротенках

Подпроцесс	Краткое описание	Технологические показатели, мг/л **	
		Наименование	Возможные практически достигаемые значения, мг/л
Полная биологическая очистка	Удаление органических веществ путем биохимического окисления бактериями с потреблением кислорода воздуха	$БПК_5$	8–15 ***
Полная биологическая очистка с нитрификацией	Удаление органических веществ и окисление аммонийного азота до нитратов путем биохимического окисления соответственно, гетеротрофными и автотрофными группами бактерий с потреблением кислорода воздуха	$БПК_5$	2–8
		Аммонийный азот	Не более 1 мг/л
Биологическая очистка с удалением азота *	Удаление органических веществ и окисление аммонийного азота до нитратов путем биохимического окисления соответственно, гетеротрофными и автотрофными группами бактерий с потреблением кислорода воздуха. Биохимическое восстановление нитратов с потреблением органических веществ сточных вод	$БПК_5$	2–8
		Аммонийный азот	Не более 1 мг/л
		Азот нитратов	5–12
		Азот нитритов	0,1–0,3
Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	Биологическая очистка с удалением азота, с осаждением фосфатов за счет добавления реагентов	То же, что и при биологической очистке с удалением азота. Также фосфор фосфатов	Не более 0,7

Подпроцесс	Краткое описание	Технологические показатели, мг/л **	
		Наименование	Возможные практически достигаемые значения, мг/л
Очистка с биологическим удалением азота и фосфора	Удаление органических веществ и окисление аммонийного азота до нитратов путем биохимического окисления соответственно, гетеротрофными и автотрофными группами бактерий с потреблением кислорода воздуха. Биохимическое восстановление нитратов с потреблением органических веществ сточных вод. Биохимическое поглощение фосфатов гетеротрофными бактериями, потребляющими ЛЖК	То же, что и при биологической очистке с удалением азота. Также фосфор фосфатов	Не более 1,0
Очистка с биологическим удалением азота и химико-биологическим удалением фосфора	Удаление органических веществ и окисление аммонийного азота до нитратов путем биохимического окисления соответственно, гетеротрофными и автотрофными группами бактерий с потреблением кислорода воздуха. Биохимическое восстановление нитратов с потреблением органических веществ сточных вод. Биохимическое поглощение фосфатов гетеротрофными бактериями, потребляющими ЛЖК. Дополнительное осаждение фосфатов за счет добавления реагентов	То же, что и при биологической очистке с удалением азота. Также фосфор фосфатов	Не более 0,5
* Все процессы, описанные в данной таблице, подразумевают, в том числе, достижение показателей полной биологической очистки. ** Технологический показатель по содержанию взвешенных веществ зависит не от подпроцесса биологической очистки, а от подпроцесса илоразделения.			

Биологическая очистка любого типа обладает существенной эффективностью в отношении тяжелых металлов, а также специфических органических загрязнений.

Активный ил биологических ОС включает три составляющие — биологическую, органическую (вне биомассы) и неорганическую, каждая из которых способна связы-

вать ионы тяжелых металлов из водных сред. Микроорганизмы поглощают металлы в основном поверхностью клеток за счет физического и химического взаимодействия с поверхностью полисахаридного биополимерного геля, окружающего клетки бактерий активного ила. Таким образом, задержание тяжелых металлов активным илом происходит в основном в результате процесса сорбции. В условиях большого неисчерпанного резерва биолого-химической сорбционной системы активного ила остаточную несорбированную концентрацию веществ определяют ее физико-химические параметры.

Нефтепродукты и СПАВ удаляются активным илом с использованием иных механизмов, нежели тяжелые металлы, путем биохимического окисления. Учитывая незначительную нагрузку по этим загрязнениям на активный ил, эффективность их удаления находится на пределе возможностей биологической очистки, т. е. достигается предельная концентрация, которая может быть получена в процессе биологической очистки в данных условиях.

Подпроцесс № 7. Подача сжатого воздуха

Назначение — обеспечение подпроцесса биологической очистки необходимым количеством кислорода. Для протекания биохимических процессов в аэротенках и затопленных биофильтрах, а также некоторых процессов доочистки, концентрация растворенного кислорода не должна быть менее установленных величин.

Для обеспечения биореакторов биологической очистки (аэротенков, затопленных биофильтров) кислородом для проведения процессов окисления загрязнений применимы различные методы: пневматическая, механическая, струйная аэрация и др.

Однако на подавляющем большинстве существующих в Российской Федерации объектов используется пневматическая аэрация, подразумевающая подачу сжатого воздуха.

Для подачи воздуха на дно сооружений необходимо сжать большие объемы воздуха до избыточного давления 0,5–0,8 атм.

Так как подача воздуха в аэротенки является основной статьей энергозатрат процесса очистки ГСВ, то важной задачей данного подпроцесса является подача в биореакторы оптимально необходимых объемов воздуха с целью экономии расходуемой энергии.

Перечень наиболее распространенного оборудования для подачи воздуха в аэротенки и затопленные биофильтры приведен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Перечень наиболее распространенного оборудования для подачи воздуха в аэротенки и затопленные биофильтры

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Центробежные нерегулируемые компрессоры (воздуходувки)	Воздух, разгоняемый лопатками рабочего колеса, движется от центра к внешнему краю. Попадая в диффузор, он создает в нем давление	Высокий КПД. Малая возможность регулирования. Применимы начиная с небольших ОС
Центробежные регулируемые компрессоры (воздуходувки)	Производительность вышеописанной конструкции регулируется при постоянном давлении с помощью направляющих аппаратов с управляемой геометрией на потоке воздуха (на входе и на выходе)	Высокий КПД. Возможность регулирования расхода до 40 % от максимального при небольшой потере КПД. Применимы начиная со средних ОС
Компрессоры (воздуходувки) объемного действия	Вращающиеся парные роторы захватывают, сжимают и передавливают порции воздуха в напорный воздуховод	Невысокий КПД. Возможность регулирования расхода до 40 % от максимального при небольшой потере КПД. Применимы начиная со сверхмалых ОС. Использование на ОС выше больших экономически нецелесообразно

Подпроцесс № 8 Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора

После окончания биохимических процессов очистки в аэротенке необходимо отделить от активного ила очищенную воду, и вернуть основную часть активного ила в аэротенк обратно.

После окончания очистки в биофильтре очищенная вода содержит частицы вынесенной отмершей биопленки, которую необходимо отделить и направить на обработку.

Для этих обеих целей применяют гравитационное илоразделение. Перечень наиболее распространенного оборудования для илоразделения приведен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Перечень наиболее распространенного оборудования для илоразделения

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
А. Для отделения биопленки		
Вторичные отстойники	Используются все конструкции отстойников, описанные для подпроцесса № 5	Остаточное содержание взвешенных веществ в очищенной воде – не более 15 мг/л *
Б. Для разделения иловой смеси		
Вторичные отстойники	Используются все конструкции отстойников, описанные для подпроцесса № 5. Существенное отличие — могут применяться как илоскребы, так и илососы	Остаточное содержание взвешенных веществ в очищенной воде – не более 15 мг/л*. Применяется практически на всех ОС

Примечание:

1) На нескольких ОС ГСВ поселений производительностью до 1000 м^3/сут применяется мембранное илоразделение, реализуемое с помощью вакуумной фильтрации очищенной воды через ультрафильтрационные мембраны. Также на нескольких объектах применяется флотационное илоразделение (описание подпроцесса флотации – см. в подразделе 4.3.1.4, применительно к ПСВ). Однако данные о таких объектах в ходе работы над справочником не были получены

2) Илоразделение в отдельно расположенных вторичных отстойниках не является обязательным. Этот же процесс осуществляют в зонах отстаивания, встроенных в единый аэротенк-отстойник, что позволяет отказаться от использования систем сбора осевшего ила, и, в ряде случаев, его рециркуляции. Этот принцип использован в различных конструкциях компактных установок. В современных технических решениях илоразделение интенсифицируется за счет использования взвешенного слоя оседающего ила. Однако данные о таких объектах, эксплуатируемых в Российской Федерации, в ходе работы над справочником отсутствовали.

Подпроцесс № 9 Доочистка

Применяется для повышения качества очистки сточных вод глубже возможностей биологической очистки по взвешенным веществам, фосфатам, БПК, аммонийному азоту.

Наиболее распространенное оборудование для доочистки приведено в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Наиболее распространенное оборудование для доочистки

Оборудование	Краткое описание	Технологические показатели, мг/л	
		Наименование	Возможные практически достигаемые значения, мг/л
Зернистые фильтры	Очищенная вода фильтруется через слой зернистого загрузочного материала. Загрузка регенерируется (промывается) фильтрованной водой периодически или постоянно (в зависимости от конструкции). На новых объектах также используют для снижения концентрации фосфора с добавлением реагента перед фильтрами	Взвешенные вещества	Не более 5 мг/л
		Фосфор фосфатов	Не более 0,5 (при использовании реагента)
Дисковые фильтры	Очищенная вода фильтруется изнутри наружу через тонкую сетку, имеющую ячейки размерами не менее 10 микрон, натянутую на диски. Диски постоянно промываются фильтрованной водой под напором, промывная вода отводится. Используют также для снижения концентрации фосфора с добавлением реагента перед фильтрами	То же	То же
Биофильтры	Очищенная вода проходит через емкость биофильтра, заполненную загрузкой, на которой происходит развитие биопленки. Емкость может быть незатопленной и затопленной. Для некоторых конструкций затопленного биофильтра периодически проводят регенерацию путем усиленной аэрации	$БПК_5$	Не более 3 мг/л
		Азот аммонийный	Не более 1 мг/л
		Азот нитритов	Не более 0,1 мг/л

Оборудование	Краткое описание	Технологические показатели, мг/л	
		Наименование	Возможные практически достигаемые значения, мг/л
Когезионно-окислительные фильтры	Очищенная вода проходит через аэрируемую емкость биофильтра, заполненную загрузкой, которая одновременно используется для задержания взвешенных частиц активного ила и развития биопленки. Периодически фильтр подвергают регенерации путем усиленной аэрации	Взвешенные вещества	Не более 8 мг/л
		Азот аммонийный	Не более 1 мг/л *
Биопруды доочистки	Очищенная вода подвергается естественной биологической доочистке в емкостях, рассчитанных на пребывание в течение как минимум нескольких суток. Аэрация может быть естественной, либо искусственной. При использовании биопрудов с высшей водной растительностью большую роль в очистке играют также процессы фильтрации и биосорбции	Взвешенные вещества	Не более 8 мг/л
		Аммонийный азот	Не более 2 мг/л
		$БПК_5$	Не более 5 мг/л
* Только при подаче на фильтр частично нитрифицированной воды с содержанием аммонийного азота не более 3 мг/л.			

Примечание – На небольшом количестве объектов применяются также такие методы доочистки от взвешенных веществ, как ультрафильтрационные мембраны, дисковые (зажимные) механические фильтры и др. Однако данные о таких объектах отсутствуют.

При эксплуатация зернистых фильтров возникает целый ряд труднорешаемых проблем, к основным из которых относятся:

- необратимая (с использованием обычных методов промывки) кольматация загрузки;

- недостаточно эффективная работа дренажных систем,

- потеря загрузки при водо-воздушной промывке, когда вода и воздух подаются одновременно.

Подпроцесс № 10. Приготовление и дозирование растворов реагентов

Необходим для получения и дозирования в нужном количестве растворов реагентов, применяемых для:

- интенсификации первичного осветления;
- удаления фосфора;
- интенсификации доочистки;
- обезвоживания осадка;
- обеззараживания.

Основное оборудование для приготовления и дозирования растворов реагентов приведено в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Основное оборудование для приготовления и дозирования растворов реагентов

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Растворные баки	Емкость, оснащенная системой дозирования в нее товарного реагента и системой перемешивания	Соответствуют потребностям ОС
Насосы-дозаторы растворов реагентов	Насосы, обеспечивающие точное регулирование небольших расходов растворов, в том числе химически агрессивных	Соответствуют потребностям ОС

Подпроцесс № 11. Обеззараживание очищенной воды

Служит для достижения санитарно-гигиенических требований к сбрасываемой воде по содержанию микробиологических загрязнений. Перечень основного оборудования для обеззараживания приведен в таблице 2.13

Таблица 2.13 – Перечень основного оборудования для обеззараживания

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
№ 11А. Системы обеззараживания хлором	Сжиженный хлор, испаряясь в хлораторе, переходит в хлор-газ и при смешении с чистой водой образует хлорную воду. Хлорная вода подается на смеситель, где смешивается с очищенной сточной водой. После этого вода выдерживается в контактном резервуаре	Необходимое обеззараживание по бактериальным показателям. Токсичность обеззараженной воды (дехлорирование в России не используется ни на одном объекте). Содержание хлорорганических веществ

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
№ 11Б. Системы обеззараживания гипохлоритом натрия	Приготовленный из товарного реагента либо полученный в установке-электролизере из раствора хлорида натрия раствор гипохлорита смешивается с водой в смесителе. После этого вода выдерживается в контактном резервуаре	Необходимое обеззараживание по бактериальным показателям. Токсичность обеззараженной воды (так как дехлорирование в России не используется ни на одном объекте). Содержание хлорорганических веществ
№ 11В. Обеззараживание УФ- облучением	Вода проходит через установки УФ-обеззараживания канального или аппаратного типа	Обеззараживание по всем показателям, включая вирусы и цисты патогенных простейших. Отсутствие токсичности

Подпроцесс № 12 Концентрирование жидких осадков

Избыточный активный ил, представляющий собой часть потока возвратного активного ила, выгружаемого из вторичных отстойников, имеет слишком низкую концентрацию (4–8 кг сухого вещества/м^3). Для оптимизации большинства последующих подпроцессов необходимо повысить его концентрацию до 30–60 кг/м^3.

В ряде вариаций технологии уплотнению подвергают смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила. Иногда используют технологии с отдельным уплотнением осадка первичных отстойников.

Основное оборудование для уплотнения и сгущения осадка приведено в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Основное оборудование для уплотнения и сгущения осадка

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
13А. Аэробные стабилизаторы	Открытые емкости, конструктивно подобные аэротенкам (№ 5Б). Часть органического вещества смеси осадков (или только избыточного активного ила) окисляется в результате аэробного биохимического процесса, осуществляемого бактериями активного ила	Распад органического вещества осадка не превышает 20 % — 25 %. Высокое энергопотребление

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
13Б. Метантенки	Закрытые емкости без доступа воздуха, перемешиваемые мешалками (предпочтительно) и насосами. Содержимое метантенков нагревают паром (реже — в теплообменниках) до 53 °С (термофильный процесс) либо до 35 °С (мезофильный процесс, в два раза медленнее). Часть органического вещества смеси осадков разлагается до смеси метана и углекислого газа (биогаз) в результате анаэробного биохимического процесса (сбраживания), осуществляемого, в том числе, метановыми бактериями	Распад органического вещества до 45 % — 48 %. Выход биогаза около 900 л на тонну распавшегося органического вещества осадка. Очень низкие затраты электроэнергии. Затраты тепловой энергии до 160 ГДж/1000 $м^3$ обрабатываемого осадка
Примечание: приведенные процессы обработки жидких осадков — это не единственные способы их стабилизации. Этот же эффект достигается использованием подпроцессов компостирования (№ 18) и сушки (№ 19). Подпроцесс сжигания (№ 21) полностью устраняет органическое вещество осадка.		

Подпроцесс № 13. Стабилизация жидких осадков

Разложение легкоразлагаемых органических веществ в аэробных или анаэробных условиях, снижение запаха при последующей обработке или использовании, получение биогаза. Основное оборудование для стабилизации жидких осадков приведено в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Основное оборудование для стабилизации жидких осадков

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
13А. Аэробные стабилизаторы	Открытые емкости, конструктивно подобные аэротенкам (№ 5Б). Часть органического вещества смеси осадков (или только избыточного активного ила) окисляется в результате аэробного биохимического процесса, осуществляемого бактериями активного ила	Распад органического вещества осадка не превышает 20 % — 25 %. Высокое энергопотребление (около 1/2 потребности на полную биологическую очистку)

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
13Б. Метантенки	Закрытые емкости без доступа воздуха, перемешиваемые мешалками (предпочтительно) и насосами. Содержимое метантенков нагревают паром (реже — в теплообменниках) до 53 °С (термофильный процесс), либо до 35 °С (мезофильный процесс, в два раза медленнее). Часть органического вещества смеси осадков разлагается до смеси метана и углекислого газа (биогаз) в результате анаэробного биохимического процесса (сбраживания), осуществляемого, в том числе, метановыми бактериями	Распад органического вещества до 45 % — 48 %. Выход биогаза около 900 л на тонну распавшегося органического вещества осадка. Содержание метана – около 65%. Очень низкие затраты электроэнергии. Затраты тепловой энергии на подогрев осадка до 160 ГДж/1000 м^3 обрабатываемого осадка (термофильный процесс без рекуперации). Могут быть сокращены вплоть до 15-20% от данной величины, за счет использования рекуперации тепла, а также мезофильного процесса. Может использоваться вторичное тепло от подпроцессов сушки, сжигания, когенерации (при утилизации биогаза).
Примечание – Обработка жидких осадков — это не единственный способ их стабилизации. Этот же эффект достигается использованием подпроцессов компостирования (№ 18) и сушки (№ 19). Подпроцесс сжигания (№ 21) полностью устраняет органическое вещество осадка		

Подпроцесс № 13Б-1. Обработка и утилизация биогаза

Биогаз, выделяющийся в процессе анаэробного сбраживания, представляет собой топливо с энергетической ценностью примерно в 2/3 от метана (21–23 кДж/м^3). Его утилизация может обеспечить ОС ГСВ источником тепла для покрытия всех тепловых нужд (главное — затрат на подогрев метантенков) либо не менее половины электропотребления на ОС ГСВ и большую часть тепловых затрат.

Поскольку выход биогаза неравномерен, он нуждается в усреднении перед утилизацией.

Биогаз содержит в себе ряд загрязнений и включений, поэтому нуждается в предварительной обработке перед некоторыми видами утилизации. В частности, перед сжиганием в двигателях внутреннего сгорания необходимо удалить сероводород и силоксаны (кремнийорганические соединения). Последние способны при сжигании выделять из себя оксид кремния, формирующий стекловидные отложения.

Основное оборудование для обработки и утилизации биогаза приведено в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Основное оборудование для обработки и утилизации биогаза

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Для усреднения расхода		
Газгольдеры	Неизрасходованный на установке утилизации биогаз накапливается в емкости переменного объема	Соответствуют потребностям ОС
Для очистки		
Фильтры для очистки от сероводорода	Биогаз пропускают через фильтр с гранулами обогащенной железной руды. Сероводород, вступая в реакцию, задерживается в виде сульфида железа. Сработанную загрузку удаляют как отход	Эффективность соответствует требованиям для последующей утилизации биогаза в двигателях внутреннего сгорания. Как правило, не применяют при утилизации в паровых котлах
Фильтры для очистки от силоксанов	Биогаз пропускают через фильтр с активным углем, сорбирующим силоксаны. Сработанный активный уголь удаляют как отход	Эффективность соответствует требованиям для последующей утилизации биогаза в двигателях внутреннего сгорания. Не применяют при утилизации в паровых котлах
Для утилизации		
Специальные паровые котлы для биогаза (либо двухгорелочные котлы)	Биогаз сжигается в котельной с получением пара и горячей воды	КПД 80 % — 85 %. Из подготовки к утилизации требуется лишь удаление конденсата
Установки когенерации на основе двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Биогаз сжигается в ДВС, передающих энергию электрогенераторам. Тепло от охлаждения ДВС отводится в виде пара или горячей воды	КПД по электроэнергии около 45 %, по теплу около 40 %. Требуют предварительной очистки от сероводорода и силоксанов (описано выше)

Подпроцесс № 14. Обеззараживание осадков

Назначение: Обеззараживание жидких осадков от бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов, дегельминтизация.

Основное оборудование для обеззараживания осадков приведено в таблице 2.17. Обеззараживание осадков сточных вод также обеспечивается надлежащим

применением подпроцессов термофильного сбраживания в метантенках и компостирования, а также достаточным сроком вылеживания при реализации подпроцесса 17.

Таблица 2.17 – Основное оборудование для обеззараживания осадков

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
14А. Реагентное обеззараживание		
Система дозирования реагентов	Для дозирования реагентов в жидкий осадок применяют расходно-растворную емкость реагента и дозирующий насос	В случае применения реагента ингибитора-стимулятора обеспечивается только дезинвазия осадка
14Б. Термическое обеззараживание		
Установка теплового обеззараживания	Емкость для выдерживания при температуре 65 °С — 70 °С не менее 30 мин жидкого осадка, с системой теплообменников нагрева и рекуперации (при подогреве горячей водой) или только рекуперации (при нагреве подачей пара) Либо установки для обеззараживания обезвоженных осадков паром, или инфракрасным облучением	Обеспечивает полное обеззараживание осадка

Подпроцесс № 15. Уплотнение стабилизированных осадков

Назначение: в ходе стабилизации жидких осадков происходит распад существенной части органического вещества, что приводит к понижению содержания сухого вещества в осадке. Для оптимизации последующего обезвоживания проводят уплотнение.

Используемое оборудование идентично применяемому в подпроцессе № 12.

Подпроцесс № 16. Обезвоживание осадка

Назначение: удаление свободной влаги до остаточной влажности 70 % — 85 % путем подсушки в естественных условиях на иловых площадках или механического обезвоживания на аппаратах механического обезвоживания. Основное оборудование для обезвоживания осадка приведено в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Основное оборудование для обезвоживания осадка

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
16А. Аппараты механического обезвоживания	Жидкий осадок обрабатывают реагентами (в подавляющем числе случаев — органическими флокулянтами). В результате нарушения коллоидной структуры частиц осадка выделяется свободная вода. Она отделяется под давлением (в ленточных или камерных фильтр-прессах, либо шнековых прессах) или в центробежном поле (в центрифугах). Образующийся фильтр (фугат) отводится. Процесс обезвоживания может быть периодическим (камерные фильтр-прессы) или непрерывным (все остальные типы оборудования)	Потребление флокулянта определяется его свойствами и типом обезвоживающего оборудования и изменяется в диапазоне 3–9 кг/т сухого вещества. Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке также зависит от типа и свойств осадка, а также типа оборудования. Практический диапазон составляет 18 % — 30 %
16Б. Иловые площадки	Жидкий осадок наливают в неглубокие емкости (как правило, бетонные, либо земляные) — иловые площадки, оборудованные системой для отвода сливной воды. После расслоения осадка отделившуюся сливную воду удаляют на ОС ГСВ на очистку. После отвода воды осадок подсыхает (либо вымораживается) под действием климатических факторов. Ворошение, а затем буртование ускоряют этот процесс	Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке зависит в основном от соблюдения регламентных процедур и нагрузки на площадки. Практический диапазон составляет 25 % — 40 %
16В	При проведении подпроцесса аналогично № 16Б для ускорения расслоения на площадке осадок перед наливом обрабатывают катионным флокулянтом. Это многократно ускоряет отделение сливной воды и последующее подсушивание осадка	Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке – 30 % — 40 %

Подпроцесс № 17. Дополнительная выдержка в естественных условиях осадков, подсушенных на иловых площадках или механически-обезвоженных

Назначение: подготовка осадков к дальнейшему использованию в качестве органических удобрений, почвогрунтов, рекультиванта и т. д. В процессе выдержки в течение нескольких лет достигается дополнительное подсушивание, вымораживание, стабилизация и минерализация органических веществ, обеззараживание за счет развития

естественных микробиологических процессов. Подпроцесс целесообразен, если в технологической схеме до обезвоживания не используется термофильное сбраживание, либо после обезвоживания не применяется компостирование. Сооружения для дополнительной выдержки обезвоженных осадков в естественных условиях описаны в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Сооружения для дополнительной выдержки обезвоженных осадков в естественных условиях

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Существующие иловые площадки или специальные площадки стабилизации и обеззараживания осадков на искусственном основании	Осадки, подсушенные на иловых площадках до влажности примерно 80 % продолжают находиться на иловых площадках для дальнейшей дообработки. Осадки после механического обезвоживания транспортируются и выгружаются на иловые площадки или специальные площадки для дальнейшей дообработки. Для интенсификации процесса дообработки с целью снижения влажности, минерализации, обеззараживания производят ворошение и дальнейшее буртование. Выдержка может осуществляться от 2–3 до 5 лет и более, чем длительнее выдержка, тем выше степень минерализации и заметнее снижение массы осадка	При выдержке влажность снижается до 65 % — 40 % и менее; зольность увеличивается до 40 % — 55 %. Осадок превращается в рассыпчатую массу с землистым запахом. Выдержанный осадок в зависимости от достигнутых свойств может быть использован в качестве органических удобрений почвогрунтов и рекультивантов для технической рекультивации нарушенных земель

Подпроцесс № 18. Компостирование осадков

Назначение: подготовка осадков к дальнейшему использованию в качестве органического удобрения. При компостировании достигается стабилизация и гумификация органических веществ, обеззараживание, снижение влажности (не менее, чем до 50%) и массы осадка, улучшение физико-механических свойств компостируемой массы и обеспечивается товарный вид.

Применяют различные варианты технологий компостирования:

- буртовое компостирование (наиболее часто применимо);
- тоннельное компостирование с принудительной подачей воздуха и др.

Технология буртового компостирования осуществляется путем смешения осадка и наполнителя, буртования и ворошения буртов непосредственно на площадке с использованием погрузочно-разгрузочной техники или специализированной техники.

Подпроцесс № 19. Производство почвогрунтов из осадка

Назначение: получение на основе осадка почвогрунтов, рекультивантов.

Осадки, подсушенные на иловых площадках, механически обезвоженные, а также после дополнительной выдержки, или компост смешивают с неплодородным грунтом, песком, торфом, различными добавками. Полученную смесь пропускают через виброгрохот или другие устройства для сепарации и отделения крупных включений.

Получаемые технологические характеристики вторичной продукции соответствуют заданной рецептуре почвогрунта.

Подпроцесс № 20. Термическая сушка осадка

Назначение: снижение влажности осадка до 8 % — 35 %, сокращение массы по сравнению с обезвоженным осадком примерно в 4 раза, стабилизация осадка, обеззараживание, обеспечение его и сыпучести. Подготовка осадка к дальнейшему использованию в качестве органического удобрения, биотоплива или проведению дальнейшего процесса конверсии органического вещества в газообразное топливо (пиролиз и др.). Перечень основного оборудования для термической сушки приведен в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Перечень основного оборудования для термической сушки

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики		
		Наименование	Ед. изм.	Значение
Установки конвективного типа (прямая сушка)	Сушку осуществляют за счет непосредственной подачи дымовых газов от сжигания топлива в сушильный аппарат. Отходящие газы подвергают дожигу или тщательной очистке	Остаточная влажность	%	8–35 *
		Удельное энергопотребление	кДж/кг выпаренной воды	3300–3800

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики		
		Наименование	Ед. изм.	Значение
Установки кондуктивного типа (непрямая сушка)	Сушку осуществляют за передачу тепла от нагретого теплоносителя (термомасло, перегретая вода) через стенки к осадку. Теплоноситель нагревают посредством сжигания топлива. Для хорошей теплопередачи сушильный барабан вращается	Остаточная влажность	%	8–35
		Удельное энергопотребление	кДж/кг выпаренной воды	3550–4000 **
Комбинированные установки	Сушку осуществляют за счет непосредственной подачи дымовых газов от сжигания топлива и за счет передачи тепла от нагретого теплоносителя (термомасло, перегретая вода) через стенки сушильного барабана			Нет данных
* Верхнее значение — для применения частичной термосушки. ** Непрямая сушка в некоторых вариантах технологий позволяет осуществлять рекуперацию энергии испаренной влаги; в этих случаях энергопотребление снижается до 2300 кДж/кг выпаренной воды.				

Подпроцесс № 21 Сжигание осадка (термоутилизация)

Назначение: максимальное сокращение объема осадка путем окисления всей органической части осадка, получение тепловой энергии.

В России в настоящее время используют установки сжигания в псевдоожиженном слое песка (известен еще целый ряд вариантов реализации подпроцесса сжигания и применяемого оборудования, но для осадка ГСВ они пока не нашли применения в отечественной практике).

Осадок сжигается в горячем слое песка, который псевдоожижается поступающим в зону горения воздухом. Осадок в процессе псевдоожижения эффективно смешивается с песком, вода быстро испаряется, а органическое вещество окисляется. В верхней части печи, свободной от кипящего слоя, происходит доокисление в газовой фазе. Полученная в результате сжигания зола улавливается на электрофильтрах, а дымовые газы очищаются мокрой (щелочным реагентом) или сухой (рукавные фильтры) газоочисткой.

Потребность подпроцесса во внешних энергоресурсах и его величина зависят от содержания сухого вещества и органики в исходном осадке.

Содержание органического вещества в золе является важной технологической характеристикой и не должно превышать 5 %.

Далеко не все описанные выше подпроцессы оказывают непосредственное воздействие на эмиссии. Часть из них влияет на надежность работы ОС, их ресурсо- и энергопотребление, экономические показатели.

В части группы подпроцессов очистки сточных вод непосредственное воздействие на эмиссию загрязняющих веществ в водные объекты оказывают следующие подпроцессы № 6, 8, 9, 11. В части группы подпроцессов обработки осадка на эмиссии в виде объема потенциальных отходов и их свойств оказывают воздействие подпроцессы № 13, 16, 17, 18, 19.

Для удобства дальнейшего анализа данным подпроцессам присвоены условные обозначения (см. таблицу 2.21).

Таблица 2.21 — Условные обозначения подпроцессов

Наименование типа подпроцесса	Условное обозначение
Биологическая очистка	
Полная биологическая очистка	БО
Полная биологическая очистка с нитрификацией	БН
Биологическая очистка с удалением азота методом нитри-денитрификации	БНД
Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (обобщенное определение)	БНДФ
Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	БНДХФ
Очистка с биологическим удалением азота и фосфора	БНДБФ
Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора	БНДБХФ
Доочистка	
Зернистые и дисковые фильтры/с реагентами	Ф/ФР
Биофильтры	БФ
Биопруды	БП
Обеззараживание	
Хлором или гипохлоритом	ЖХ и ГХ
Дехлорирование после хлорирования	ДХ
УФ	УФ

Наименование типа подпроцесса	Условное обозначение
Обработка осадка	
Аэробная стабилизация	АС
Анаэробное (метановое) сбраживание	МС
Уплотнение и сушка на иловых площадках	ИП
Сгущение и сушка на иловых площадках с флокулянтом	ИПФ
Компостирование обезвоженного осадка	КО
Термическая сушка	ТС
Сжигание	СЖ

Результаты анализа данных полученных анкет по применению основных технологий на ОС ГСВ приведены в таблице 2.22.

Таблица 2.22 – Результаты анализа данных полученных анкет по применению основных технологий на ОС ГСВ

Показатели	Доля для групп ОС с различной ПП, % *			
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут	в целом по всем группам
Общее количество объектов, по которым учтены данные	20 ед.	30 ед.	150 ед.	Всего 200 ед.
Объекты с сооружениями биологической очистки	100	96,7	100	99,5
В том числе объекты, на которых биологическая очистка осуществляется в аэротенках	100	100	95,6	96,7
В том числе объекты, на которых биологическая очистка осуществляется в биофильтрах	0	0	4,4 *	3,3
Объекты, на которых применяется удаление азота (технология нитри- денитрификации)	20	16	14	15
Объекты, на которых применяется дефосфатация	10	10	8	8,5
Объекты, имеющие доочистку	20	29	31	29,6

Показатели	Доля для групп ОС с различной ПП, % *			
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут	в целом по всем группам
Объекты, на которых осуществляется УФ-обеззараживание	25	30	18	20,5
Объекты, имеющие обеззараживание хлором	35	32	28	29,3
Объекты, на которых осуществляется обеззараживание гипохлоритом натрия	30	22	24	24,3
Объекты, на которых осуществляется обеззараживание нехлорным реагентом	0	0	4	3,0
Объекты, на которых не производится обеззараживание	10	16	26	22,9
Объекты, на которых осуществляется аэробная стабилизация	20	16	24	22,4
Объекты, на которых осуществляется анаэробное сбраживание	35	13	8	11,5
Объекты, на которых осуществляется механическое обезвоживание осадка	80	71	31	41,9
* При использовании нескольких альтернативных технологий на объекте он учитывался в анализе с учетом доли каждой из технологий в общем объеме обрабатываемых сточных вод.				

Проделанный анализ объектов, по которым были заполнены анкеты, позволяет сделать следующие выводы:

- на всех, кроме одного, объектах, эксплуатируются сооружения биологической очистки;

- всего 6 из них реализованы по технологии биофильтров, причем все по устаревшей технологии (щебеночная загрузка). По данным членов технической рабочей группы, на ОС меньшей производительности (не относящихся к I-й категории) данная технология представлена существенно шире;

- менее 10 % из них используют современные технологии, обеспечивающие удаление азота и фосфора. Тенденция к увеличению этой доли с увеличением ПП есть, но не принципиальная;

- около 30 % объектов имеют сооружения доочистки от взвешенных веществ, однако согласно анализу анкет (раздел) эффективность подавляющего большинства этих сооружений очень низкая;

- экологически безопасное УФ-обеззараживание опережает в своем развитии технологии удаления азота и фосфора, достигнув 20 % от общего количества объектов;

- наибольший прогресс достигнут в переходе на механическое обезвоживание — его применяют свыше 40 % всех объектов и 75 % ОС с ПП свыше 100 тыс. $м^3$/сут (однако, следует отметить, что данная статистика не содержит информации о степени реализации механического обезвоживания);

- стабилизация осадка (анаэробное сбраживание и аэробная стабилизация) используется всего на 1/3 объектов, при этом на 2/3 от этого количества применяется малоэффективный и энергоемкий метод аэробной стабилизации. На большинстве объектов сооружения анаэробного сбраживания используются неэффективно или не эксплуатируются.

Ни на одном из объектов, по которым были присланы анкеты, не применяются специальные технологии очистки ГСВ от техногенных загрязнений (тяжелых металлов, СПАВ, нефтепродуктов, фенолов). Также, по данным экспертов — членов ТРГ, отсутствует информация об использовании таких технологий на других объектах. То же самое относится к растворенным минеральным загрязнениям (хлориды, сульфаты, общая минерализация).

По данным экспертов, большинство проектов, разработанных за последние 15–20 лет, содержат информацию о том, что они предусматривают очистку ГСВ до требований рыбохозяйственных ПДК. Однако эта информация не имеет отношения к реальным возможностям принятых в проектах технических решений и является лишь одним из негативных последствий предъявления нереализуемых требований (см. раздел 1.2.3). Как показано в разделе 3, факты выполнения требований рыбохозяйственных ПДК (не по нескольким показателям, а по всему перечню контролируемых показателей) в реальности отсутствуют.

Важным аспектом обработанных данных является их представительность в части диапазона ПП, не относящегося к I-й категории природопользования в терминологии 219-ФЗ. Рассылка анкет была адресована объектам, которые должны подпасть под

I-ю категорию (поступление сточных вод свыше 20 тыс. $м^3$). Наряду с такими объектами было получено определенное число анкет по объектам меньшей производительности. В анализ были включены объекты с производительностью свыше 5 тыс. $м^3$/сут.

Среди ОС ГСВ, относящихся ко II-й категории, можно выделить четыре основных группы (по экспертным данным членов ТРГ):

- сооружения с биофильтрами, построенные в 50–60- е годы;

- сооружения с аэротенками, аналогичные по технологии и конструкции применяемым на более крупных объектах;

- сооружения с компактными установками (заводского изготовления), построенные в 1970-е и 1980-е годы;

- новые сооружения, построенные за последние 20 лет по более или менее современным технологиям.

Значительная часть сооружений 1–3 перечисленных групп вышла из строя по причинам кольматации загрузки биофильтров и отсутствия необходимого ремонта.

Состояние и результаты работы новых сооружений весьма различны, так как существенная их доля построена по проектам, содержащим грубые ошибки, либо не обеспечена надлежащей эксплуатацией.

2.1.3 Вспомогательное природоохранное оборудование для ОС ГСВ

Поскольку основное производство ОС ГСВ осуществляет процесс очистки сточных вод, направленный на снижение эмиссий от поселений в водные объекты и почвы, то к категории вспомогательного оборудования относится оборудование для предотвращения эмиссий в атмосферу.

Информация по наиболее апробированному в условиях очистки выбросов ОС ГСВ оборудованию для очистки газовых выбросов приведена в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – Оборудование для очистки газовых выбросов, наиболее апробированное в условиях очистки выбросов ОС ГСВ

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Адсорберы	Загрязняющие вещества поглощаются специальными сорбентами (как правило, активным углем), расположенными в адсорберах. По мере заработки сорбент заменяют на новый. Могут применяться в самых разных масштабах, начиная со вставки в канализационный колодец	Удаление сероводорода на 85 % — 98 %. По технико-экономической целесообразности ограничены средними расходами выбросов (до 10 тыс. $м^3$/ч). Электроэнергия не требуется. Срок службы адсорбента – 0,5–2 года
Биофильтры	Загрязняющие вещества сорбируются и окисляются бипленкой, развивающейся на поверхности загрузочных материалов. Загрузка природного происхождения (кора, щепа) периодически заменяется. Полимерная пористая загрузка может регенерироваться от накопления серы	Удаление сероводорода на 90 % — 99,5 %. Потребление электроэнергии 0,5–2 Вт·ч/$м^3$. Универсально применимы
Плазмо-каталитические установки	В плазмохимическом реакторе газообразные вещества, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения углекислого газа и воды. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом	0,5–10 Вт·ч/$м^3$. Удаление сероводорода на 90 % — 99,5 %. Универсально применимы

Оборудование	Краткое описание	Технологические характеристики
Мелкодисперсное распыление дезодорирующего состава	Совокупность смеси эфирных масел и органических соединений, извлеченных из растений, взаимодействует с веществами, обладающими запахами, и разлагает их	Применяются на открытых площадках для борьбы с запахами от сооружений очистки сточных вод, обработки осадка. Эффективность на практике определяется частотой жалоб населения на запахи

2.1.4 Текущие уровни потребления ресурсов и производства вторичной продукции на ОС ГСВ

Как отмечено в разделе 1, основным сырьем являются сточные воды поселений. В качестве потребляемого сырья (в традиционном понимании) рассматриваются реагенты и расходуемые материалы (загрузка фильтров и т. п.). При этом на большом количестве объектов не используются ни реагенты, ни загрузка.

Данные по диапазону расхода сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ приведены в таблице 2.24, данные по выходу полупродуктов, побочных продуктов, энергоресурсов — в таблице 2.25.

Таблица 2.24 – Данные по расходу сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ

Наименование	Ед. изм.	Расход на 1 т продукции (1 $м^3$ очищенной сточной воды)	
		минимальный	максимальный
1. Поступающая сточная вода	$м^3$	1,0 *	1,0 *
2. Реагенты для удаления фосфора	кг **		
2.1. На основе железа		0	0,015
2.2. На основе алюминия		0	0,08
3. Реагенты для обезвоживания осадка	кг		
3.1. Органические полиэлектролиты (флокулянты)		0,0005	0,002
3.2. Хлорид железа (III)		0,007	0,018
3.3. Известь гашеная $Ca(OH)_2$		0,03	0,1
4. Загрузка (песок) для фильтров доочистки	кг	0	0,025
5. Энергоресурсы ***			
5.1. Электроэнергия	кВт·ч	0,15	1,0

Наименование	Ед. изм.	Расход на 1 т продукции (1 м^3 очищенной сточной воды)	
		минимальный	максимальный
5.2. Топливо (или тепловая энергия)	кг условного топлива	0,01	0,07

* Без учета индивидуальных особенностей баланса, с убылью части расхода (обезвоженный осадок) и дополнительными расходами (реагенты, водопроводная вода). Эти массовые потоки не превышают 1 % от расхода сточной воды.

** Данные приведены по расходу действующего элемента (железа или алюминия). Расход товарного реагента определяется как его конкретным химическим составом (долей элемента), так и концентрацией вещества.

*** Оценивая данные, следует учитывать:

- взаимозаменяемость энергоресурсов: тепловая энергия в виде пара или горячей воды, как правило, потребляется при наличии внешнего источника теплоснабжения, на объектах с мини-ТЭС потребление внешних неэлектрических ресурсов может быть выше и т. п.;

- очень большую зависимость потребления энергоресурсов от климатических условий расположения объекта.

Таблица 2.25 – Данные по выходу полупродуктов, побочных продуктов, энергоресурсов на ОС ГСВ

Наименование	Ед. изм.	Выход на 1 т продукции (1 м^3 очищенной сточной воды)	
		минимальный	максимальный
1. Удобрение из осадка сточных вод	кг (фактической влажности)	0,4	1,4
2. Компост из осадка сточных вод	кг (фактической влажности)	0,3	0,6
3. Электрическая энергия	кВт·ч	0	0,006
4. Тепловая энергия	кДж	0	1,5

2.2 Очистка поверхностных сточных вод

2.2.1 Технологическая схема процесса ОС ПСВ

В справочнике не рассматриваются сооружения на объектах гидрографической сети населенных пунктов, а также организационно-технические мероприятия по сокращению загрязненности ПСВ, не относящиеся к их очистке.

Совокупность применяемых технологий ОС ПСВ невозможно свести к одной обобщенной технологической схеме, они весьма разнообразны: от простейших до сложных многоступенчатых. И те и другие могут включать в себя как обязательные, так и необязательные подпроцессы (опциональные либо альтернативные).

Процесс выпадения атмосферных осадков носит вероятностный характер. При этом дождевой сток характеризуется чрезвычайной нестационарностью, как по расходам, так и загрязняющим компонентам, концентрация которых в течение одного дождя изменяется в самых широких пределах. Поэтому важнейшим вопросом технологии очистки ПСВ является усреднение расхода и состава стоков перед подачей на очистку. В связи с этим в качестве обязательного элемента в состав ОС ПСВ включаются сооружения для регулирования расхода и усреднения состава сточных вод.

В зависимости от принципа регулирования сточных вод, подаваемых на очистку, очистные сооружения ПСВ разделяются на два типа:

- накопительные, с регулированием стока по объему;

- проточные, с регулированием стока по расходу.

В настоящее время в практике очистки ПСВ находят применение оба типа сооружений. При этом сооружения накопительного типа наиболее полно соответствуют действующей в Российской Федерации законодательной и нормативно-методической базе проектирования, а также обеспечивают более высокий и стабильный эффект очистки ПСВ от основных загрязняющих компонентов — взвешенных веществ и нефтепродуктов.

На большинстве применяемых ОС не очищается весь объем собираемых ПСВ, так как это очень существенно увеличило бы стоимость сооружений.

На очистных сооружениях накопительного типа регулирование расхода и усреднение состава сточных вод, подаваемых на очистку, производится в аккумулирующем резервуаре. При заполнении резервуара поступающий поверхностный сток через разделительную камеру направляется на сброс без очистки. В этом типе ОС обеспечивается прием в аккумулирующий резервуар и последующее отведение на глубокую очистку всего объема стоков от часто повторяющихся малоинтенсивных дождей, а также наиболее концентрированной, начальной, части стока от высокоинтенсивных (ливневых) дождей. При этом в водный объект без очистки сбрасывается наименее концентрированная условно чистая часть стока, формирующегося в последней фазе высокоинтенсивных (ливневых) дождей.

На сооружениях проточного типа регулирование расхода ПСВ (без усреднения состава) осуществляется только в части отсечения максимального значения расхода,

который может быть подан на ОС. Это осуществляется в разделительной камере (ливнесброс), устраиваемой на подводящем коллекторе. До достижения максимального расхода на очистку направляется сток с переменным расходом от всех дождей с периодом однократного превышения интенсивности в пределах 0,05–0,2 года, а также часть стока с переменным расходом от дождей с периодом однократного превышения интенсивности более 0,2 года. Весь расход ПСВ свыше максимального значения сбрасывается без очистки. Важно отметить, что в водный объект без очистки поступает преобладающая часть стока от интенсивных ливневых дождей с максимальными расходами и, как правило, наибольшей концентрацией загрязняющих веществ. Это объясняется тем, что наибольший расход осадков во время ливня характерен в его начале, когда он смывает максимальное количество загрязнений. Таким образом, экологическая эффективность сооружений проточного типа значительно ниже, чем накопительных.

Также возможен вариант аккумулирования всего объема дождевого стока без сброса части его в водный объект, применяемый для дождевого стока, поступающий с сильнозагрязненных территорий.

На многих очистных сооружениях, применяемых для очистки ПСВ с территории промышленных территорий, стадия аккумулирования стока отсутствует. Это приводит к негативным последствиям, описанным в разделе 3.

Подавляющее большинство существующих ОС ПСВ включает в себя следующие основные (обязательные) подпроцессы:

- грубая механическая очистка;
- отстаивание;
- удаление осадка.

Все остальные технологические подпроцессы присутствуют не во всех ОС.

В таблице 2.26 приведено обобщенное описание процесса очистки ПСВ.

Таблица 2.26 – Обобщенное описание процесса очистки ПСВ

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование
1	2	3	4
Поступающая сточная вода	№ 1. Процеживание. Обязательный подпроцесс	Неочищенная процеженная сточная вода	Решетки (сита), мусоросборные корзины (контейнеры). При большой производительности — комплектное транспортирующее оборудование (ручные или механизированные решетки с автоматизированной системой очистки, ленточные транспортеры и т. п.)
Неочищенная процеженная сточная вода	№ 2. Удаление грубодисперсных механических примесей: - оседающих (песка, частиц грунта) и - всплывающих веществ (мусора, свободных нефтепродуктов). Обязательный подпроцесс	Неосветленная сточная вода	В простейших конструкциях строительная техника для выгрузки осадка. В наиболее сложных вариантах: - песколовки (емкостные проточные сооружения либо комплектное оборудование); - насосы для откачки песчаной пульпы на обезвоживание; - скребковое оборудование для транспортировки песка к приямкам (не во всех конструкциях)
Неосветленная процеженная сточная вода	№ 3. Аккумулирование сточных вод с целью регулирования расхода и усреднения состава. Может быть совмещено с отстаиванием. Обязательный подпроцесс (на практике это не всегда выполняется)	1. Неосветленная сточная вода (усредненного состава и расхода). 2. Предварительно осветленная сточная вода	Аккумулирующие резервуары (емкостные сооружения, железобетонные многосекционные по типу горизонтальных отстойников либо земляные). В приемной камере устанавливается мусоросборная корзина (контейнер), на выходе – нефтесборное устройство

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование
1	2	3	4
Неосветленная сточная вода. Растворы реагентов для интенсификации осаждения взвешенных веществ и осаждения фосфора из подпроцесса № 8	№ 4. Выделение взвешенных веществ (осветление) и свободных нефтепродуктов. Обязательный подпроцесс *. Как правило, производится методом безреагентного отстаивания. Может быть совмещен с аккумулированием (накоплением) стоков. Может быть применен в варианте флотационной очистки	Осветленная сточная вода. Минеральный осадок. Пленка нефтепродуктов	Сооружения объемного отстаивания (емкостные сооружения типа горизонтальных отстойников). В отдельных случаях скребковое оборудование, насосы для откачки осадка, нефтесборные устройства. Либо: флотационное оборудование
Неосветленная процеженная сточная вода	№ 5. Обработка в резервуаре-биопруде с высшей водной растительностью (эйхорния). Необязательный подпроцесс	Очищенная вода	Сооружения объемного отстаивания (емкостные сооружения). Культура эйхорнии. Закрытые обогреваемые сооружения по сохранению эйхорнии в зимний период
Осветленная вода	№ 6. Коалесцирующая обработка для выделения свободных нефтепродуктов. Необязательный подпроцесс	Вода, доочищенная от свободных нефтепродуктов. Сливная вода с высоким содержанием нефтепродуктов	Коалесцентные фильтры часто устанавливаются на выходе из емкостных сооружений отстаивания

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование
1	2	3	4
Осветленная вода (вариант — неосветленная) Вариантно: растворы реагентовиз подпроцесса № 8	№ 7. Дополнительное выделение мелкодисперсных взвешенных веществ и нефтепродуктов фильтрованием. Напорная или безнапорная фильтрация, либо контактная фильтрация (с реагентной обработкой) через слой зернистой загрузки (песка, гидроантрацита). Необязательный подпроцесс	Вода, доочищенная от взвешенных веществ и нефтепродуктов, в том числе эмульгированных. Промывная вода. Отработанная загрузка фильтров	Фильтры напорные и безнапорные
Товарные реагенты: - соли железа или алюминия; - полиэлектролиты (флокулянты). Техническая вода	№ 8. Приготовление и дозирование растворов реагентов. Комплексный подпроцесс — может осуществляться на нескольких различных потоках. Необязательный подпроцесс	Рабочие растворы реагентов для применения	Баки для складирования запаса жидкого реагента, помещения для хранения сухого реагента. Растворно-расходные узлы с дозирующим оборудованием
Осветленная вода или вода после фильтрации	№ 9. Биологическая очистка в биоплато (биопрудах). Необязательный подпроцесс	Очищенная вода. Периодически отмершая биомасса, отработанный грунт	Биоплато — гидробиологическое инженерное сооружение
Вода после фильтрации	№ 10. Сорбционная обработка для доочистки отэмульгированных нефтепродуктов. Необязательный подпроцесс	Очищенная вода. Периодически отработанный сорбент	Фильтры сорбционные, напорные

Входной поток	Этап процесса (подпроцесс)	Выходной поток	Основное технологическое оборудование
1	2	3	4
Очищенная вода	№ 11. Обеззараживание. На практике — необязательный подпроцесс	Очищенная вода	Установки УФ-обеззараживания
Осадок из отстойников (резервуаров)	№ 11А. Уплотнение и подсушка на песковых площадках	Подсушенный осадок. Сливная вода	Бетонные или земляные сооружения — песковые площадки. Спецавтотранспорт для уборки и вывозки осадка
Также: Раствор флокулянта из подпроцесса № 8. Техническая вода	№ 11Б. Обезвоживание в геоконтейнерах (геотубах)	Обезвоженный осадок (кек) Фильтрат	Бетонная площадка с отводом фильтрата. Специальные фильтрующие мешки — геотубы
Также: Раствор флокулянта из подпроцесса 10. Техническая вода	№ 11В. Механическое обезвоживание	Обезвоженный осадок (кек). Фильтрат	Комплектное оборудование для механического обезвоживания (шнековые или ленточные фильтры). Транспортные линии (шнеки, ленточные транспортеры), бункеры
Обезвоженный осадок	№ 12. Приготовление почвогрунтов	Почвогрунт. Отходы от просеивания	Площадки вылеживания (опционально). Виброгрохоты для просеивания почвогрунта. Строительная техника для погрузочно-разгрузочных работ

Единственная в стране полноценная система отведения и очистки ПСВ действует в г. Москве и эксплуатируется ГУП «Мосводосток». Система отведения представляет собой развитую коллекторно-речную сеть, которая включает в себя всю гидрографическую сеть города, частично заключенную в коллекторы, и водосточную сеть, которая охватывает до 90 % территории г. Москвы. Через водосточную сеть города в водные объекты сбрасывается до 500 млн. $м^3$ поверхностного стока.

Степень оснащения застроенных территорий Москвы очистными сооружениями недостаточна, так как существующие очистные сооружения принимают поверхностный сток с 35 % канализованной территории города. Все они расположены преимуществен-

но в устьевых участках коллекторно-речной сети. Существующие ОС ПСВ можно подразделить на пять типов:

- очистные сооружения механической очистки — пруды-отстойники, сооружения камерного типа, песколовки, щитовые заграждения;

- тонкослойные отстойники;

- очистные сооружения глубокой очистки;

- групповые очистные сооружения с реагентной очисткой;

- фильтровальные очистные сооружения (ФОС).

Пруды-отстойники — одна из первых конструкций очистных сооружений, представляющие собой многосекционные железобетонные резервуары, расположенные на водосточных коллекторах. В состав сооружений входят песколовки и горизонтальные отстойники с приспособлениями для задержания нефтепродуктов. Из оборудования также используется строительная техника для выгрузки осадка и скиммеры для отвода нефтепродуктов (не на всех сооружениях).

Сооружения камерного типа представляют сбой комбинированные подземные (располагаемые в камере) сооружения полного цикла механической очистки. К их основному оборудованию относятся:

- металлические съемные решетки на входе в сооружение для задержания плавающего мусора;

- сооружение для отстаивания;

- кассетные фильтры для безнапорной фильтрации.

В качестве загрузки в разное время использовались деревянные опилки, металлическая стружка, синтетические материалы (сипрон, капрон-щетина и др.), а также антрацит, шлаковата и другие утеплители, применяемые в строительстве.

Тонкослойные отстойники — разновидность прудов-отстойников, дополненная тонкослойными блоками.

На ФОС (появились в начале 2000-х годов) ПСВ через решетку поступают в приемный резервуар-отстойник, из которого насосами подаются сначала на пенополистирольные фильтры, затем под остаточным напором на фильтры, загруженные мезопористым углем, после которого поступают на сорбционную очистку в картриджные фильтры. Вариант этой технологии — безнапорные пенополистирольные фильтры с последующей сорбционной очисткой, без промежуточного фильтрования на угольных фильтрах.

Данные по эксплуатируемым ГУП «Мосводосток» сооружениям приведены в таблице 2.27.

Таблица 2.27 – Данные по сооружениям, эксплуатируемым ГУП «Мосводосток»

Наименование сооружения	Количество, единиц
Пруды-отстойники	45
Сооружения камерного типа	20
Щитовые заграждения	5
Фильтровальные ОС	30
Габионные фильтрующие ОС	39
Песколовки	18
Всего сооружений	157
Примечание – Также имеется 26 прудов-регуляторов и 4 сооружения других типов.	

Анализ состава ОС ГУП «Мосводосток» приведен в таблице 2.28.

Таблица 2.28 – Анализ состава ОС ГУП «Мосводосток»

Тип сооружений	Доля, %
Простейшие сооружения для отделения грубых примесей (щитовые заграждения и песколовки)	15
Сооружения с отстаиванием	29
Сооружения с фильтрованием различной эффективности	56

Таким образом, около 56 % всех ОС ПСВ в г. Москве относятся к технологиям, использующим процесс фильтрования, из них к современным высокотехнологичным можно отнести только треть (19 %).

В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» эксплуатируется всего 2 ОС ПСВ, еще 2 — на стадии ввода в эксплуатацию. На 3-х объектах предусмотрена напорная фильтрация через зернистые загрузки, на одном - технология с фильтрованием через торф.

2.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и производства вторичной продукции на ОС ПСВ

Как отмечено в разделе 1, основным сырьем являются сточные воды поселений. В качестве потребляемого сырья (в традиционном понимании) рассматриваются реагенты и расходуемые материалы (загрузка фильтров и т. п.). При этом на большом количестве объектов не используются ни реагенты, ни загрузка.

Рассматривать материально-энергетический баланс имеет смысл только для двух уровней технологий очистки, обеспечивающих, соответственно, существенную и глубокую очистку ПСВ:

- тонкослойное реагентное отстаивание;
- глубокая очистка с двухступенчатой напорной фильтрацией и сорбцией.

Данные по диапазону расхода сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ приведены в таблице 2.29. В связи с отсутствием достаточно представительной подборки данных по ОС ПСВ поселений приводятся данные для некоторых сооружений.

Таблица 2.29 – Данные по расходу сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ

№	Наименование	Ед. изм.	Расход на 1 т продукции (1 м^3 очищенной сточной воды)	
			минимальный	максимальный
1	Поступающая сточная вода	м^3	1,0	1,0
2	Реагенты	кг		
2.1	На основе алюминия (по Al)		0,012	0,017
2.2	Органические полиэлектролиты (флокулянты) — для очистки		–	0,002
2.3	Органические полиэлектролиты (флокулянты) — для обезвоживания осадка	кг	–	0,001
2.4	Загрузка (песок) для фильтров доочистки	кг	–	0,025
2.5	Сорбционная загрузка	кг	–	0,1
3	Энергоресурсы ***			
3.1	Электроэнергия	кВт·ч	0,03	0,28
3.2	Топливо (или тепловая энергия)	кДж	–	0,13

Получение энергии и топлива из ПСВ и их осадков невозможно. Обезвоженный (подсушенный осадок) используют в качестве почвогрунта (компонента почвогрунта) либо изолирующего материала на полигонах захоронения отходов. Количество получаемого почвогрунта либо изолирующего материала определяется загрязненностью ПСВ и эффективностью его очистки и может изменяться в чрезвычайно широком диапазоне.

Раздел 3. Текущие уровни эмиссии в окружающую среду

3.1 Общая информация

При оценке уровней эмиссий во все среды от ОС ГСВ и ПСВ необходимо принимать во внимание следующие аспекты:

1. Сокращение эмиссий в окружающую среду в виде сбросов загрязнений в водные объекты и обработка выделяемых в виде осадка загрязнений с производством вторичной продукции являются целью технологических процессов очистки сточных вод. Возможные эмиссии в виде выбросов в атмосферный воздух являются, таким образом, единственным потенциальным негативным воздействием, обусловленным проведением технологических процессов очистки сточных вод и обработки осадка.

2. Большое влияние на содержание загрязняющих веществ в очищенной воде оказывает принципиальное различие механизмов и (или) условий их удаления в системах биологической очистки ГСВ. Их сопоставление приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сопоставление механизмов и (или) условий удаления загрязняющих веществ в системах биологической очистки ГСВ

Механизм удаления из сточных вод	Условия реализации	Загрязняющие вещества, удаляемые по данному механизму	Следствия для технологии очистки и результата применения
Потребление вещества как основного субстрата для осуществления жизнедеятельности бактерий	При достаточном количестве веществ, обеспечивающих так называемую кинетику нулевого порядка (скорость потребления вещества не зависит от его концентрации)	Органические соединения (определяемые как БПК), аммонийный азот, нитраты	Чем выше нагрузка на сооружение, тем (при прочих равных условиях) выше остаточное содержание данного загрязнения. Существует выраженная зависимость между концентрациями входа и выхода

Механизм удаления из сточных вод	Условия реализации	Загрязняющие вещества, удаляемые по данному механизму	Следствия для технологии очистки и результата применения
Потребление вещества как одного из субстратов в количестве, не оказывающем влияния на жизнедеятельность бактерий	В большей части объема аэротенка — при очень низком содержании вещества, при котором потребление происходит очень медленно. Эффективность удаления данных органических загрязнений находится на пределе возможностей процесса, т. е. достигается предельная концентрация, которая может быть получена в процессе биологической очистки в данных условиях	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы. Также частично данный механизм относится к нитритам	Колебания входящей нагрузки не влияют на остаточное содержание. Изменения состояния активного ила, прежде всего как биохимической системы, напротив, могут оказывать большее воздействие на величину предельной концентрации
Сорбция веществ (соединений) органо-минеральной матрицей активного ила.	Нагрузка по сорбируемым веществам (соединениям) невелика и оставляет большой (свыше 80 %) неисчерпанный резерв биолого-химической сорбционной системы	Все тяжелые металлы, алюминий, мышьяк. При попытке достигнуть малых концентраций фосфатов с использованием достаточного количества реагентов — также и фосфаты	Колебания входящей нагрузки в весьма широком диапазоне (но ниже токсичного воздействия) не влияют на остаточное содержание. Изменения состояния активного ила как сорбционной системы (разнообразные физико-химические параметры), напротив, могут оказывать большее воздействие на остаточную концентрацию

Проведенная статистическая обработка большого массива данных за 3 года по 13 отдельным ОС и блокам ОС Москвы и Санкт-Петербурга [11] показала, что практически отсутствует взаимосвязь между среднемесячными значениями концентраций 11 техногенных загрязняющих веществ на входе на ОС и на выходе. Для 18 % ситуаций эта связь характеризуется как слабая (значение коэффициента детерминации R^2 в диапазоне 0,1–0,3), для 4 % — как умеренная (R^2 в диапазоне 0,3–0,5), а для осталь-

ных 78 % — как отсутствующая. Этот вывод хорошо согласуется с теоретическими предпосылками, изложенными в таблице 3.1.

Полученные в [11] данные означают, что любой (в рассмотренном диапазоне, который существенно ниже порога токсичного воздействия на активный ил) концентрации в сточной воде, поступающей на сооружения биологической очистки, может соответствовать любое (в рассмотренном диапазоне) значение концентрации на выходе. Концентрация техногенных загрязняющих веществ на входе изменяется в зависимости от сбросов абонентами (т. е. случайным образом) в диапазоне, характерном для данного населенного пункта. Нет никаких оснований для веществ, перечисленных в пунктах 2–3 таблицы 3.1, использовать линейную зависимость между входом и выходом при неизменной эффективности как коэффициенте пропорциональности. Наоборот, эффективность удаления тем выше, чем выше концентрация на входе (при не зависящей от нее концентрации выхода).

Из полученных данных и понимания основ процесса биологической очистки следуют важные выводы для практики очистки и нормирования, использованные в настоящем справочнике:

- нормирование большинства техногенных веществ в сбросах городских сточных вод бессмысленно, так как на сооружениях биологической очистки и доочистки невозможно целенаправленно управлять их удалением. Для получения эффекта удаления, на который способна биологическая очистка на каждом конкретном объекте, достаточно поддержание этих сооружений в нормальном работоспособном состоянии.

- нормирование сбросов промышленных абонентов по техногенным загрязнениям должно обеспечивать две цели: предотвращение токсичного воздействия на активный ил и предотвращение накопления токсичных веществ в осадках сточных вод, препятствующие их использованию как удобрения и сырья для производства почвогрунтов (требования к этим видам использования приведены в разделе 3.4). Обе эти цели обеспечиваются использованием правил холодного водоснабжения и водоотведения [10]. Установление для промышленных абонентов более низких требований не даст никакого дополнительного экологического эффекта, однако существенно повысит совокупные затраты на очистку сточных вод.

3. Контроль воздействий на окружающую среду (эмиссий в различные среды) от ОС осуществляется неравноценно. Сбросы ОС в водные объекты контролируются практически по всем веществам, которые присутствуют в значимых для этих объектов концентрациях. Вывозимые с площадок ОС осадки сточных вод также проходят необходимый контроль. Однако контроль выбросов в атмосферу на сооружениях на практи-

ке на большинстве объектов не дает результатов, информативных применительно к специфическим загрязнениям воздуха, характерных для ОС ГСВ. А основным видом воздействия выбросов ОС ГСВ является выделение дурнопахнущих веществ.

На очистных сооружениях дурнопахнущие вещества выделяются от точечных и неорганизованных источников. На подавляющем большинстве объектов объективный инструментальный контроль осуществляется только для точечных выбросов (из труб, вентсистем), однако применительно к ОС ГСВ они обеспечивают лишь малую долю выбросов веществ, которые характерны для них. Как правило, для точечных источников анализируются загрязняющие вещества, характерные для выбросов от установок сжигания топлива и выбросов, наиболее характерных для промпредприятий.

В таблице 3.2 на примере одних из лучших ОС в стране приведены типичные контролируемые параметры выбросов, по статистической отчетности.

Таблица 3.2А — Выдержка из статистической отчетности предприятия «Раздел 1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, их очистка и утилизация»

Код загрязняющего вещества	Загрязняющие вещества
0330	Диоксид серы
0337	Оксид углерода
0012	Оксиды азота (в пересчете на NO_2)
0401	Углеводороды (без летучих органических соединений)
0006	Летучие органические соединения (ЛОС)
0005	Прочие газообразные и жидкие

Таблица 3.2Б — Выдержка из статистической отчетности предприятия «Раздел 2. Выброс в атмосферу специфических загрязняющих веществ»

Код загрязняющего вещества	Загрязняющие вещества
0410	Метан
0101	Алюминий триоксид
0110	Ванадий пентоксид
0123	Железо триоксид (в пересчете на железо)
0128	Кальций оксид
0133	Кадмий оксид
0138	Магний оксид

Код загрязняющего вещества	Загрязняющие вещества
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)
0146	Медь оксид
0164	Никель оксид
0184	Свинец и его соединения
0188	Ртути соединения
0203	Хром (Хром шестивалентный)
0260	Кобальт оксид
0290	Сурьма
0303	Аммиак
0316	Гидрохлорид
0325	Мышьяк, неорганические соединения
0328	Углерод (сажа)
0333	Дигидросульфид
0342	Фториды газообразные
0415	Смесь углеводородов предельных С1-С5
0416	Смесь углеводородов предельных С6-С10
1042	Бутан-1-ол
1071	Гидроксибензол (фенол)
1246	Этилформиат
1314	Пропаналь
1325	Формальдегид
1531	Гексановая кислота
1707	Диметилсульфид
1716	Смесь природных меркаптанов
1849	Метиламин
2704	Бензин нефтяной малосернистый
2732	Керосин
2735	Масло минеральное нефтяное
2754	Углеводороды С12-С19
2908	Пыль неорганическая: 70 % — 20 %

Код загрязняющего вещества	Загрязняющие вещества
2920	Пыль меховая
3620	Диоксины

Эти таблицы демонстрируют бесполезность примерно 90 % отчетной информации по выбросам с точки зрения контроля выделения дурнопахнущих соединений.

И наоборот, вещества, измеряемые при контроле выбросов, даже при методически правильном пробоотборе (например, в Санкт-Петербурге и в Москве — сероводород и меркаптаны, а также фенол и аммиак), в недостаточной степени характеризуют полный спектр выбросов (общее количество выделяемых из выбросов ОС веществ, обладающих запахом — до 150) [13].

Образование дурнопахнущих веществ (одорантов) на сооружениях канализации происходит в жидкой фазе в результате протекания анаэробных (гнилостных) процессов. Выделение этих веществ в воздушную среду происходит в результате их улетучивания из жидкой фазы. Согласно закону Генри, концентрация одоранта в воздухе пропорциональна его концентрации в жидкости, причем коэффициент пропорциональности определяется природой одоранта.

Летучесть дурнопахнущих веществ в соответствии с характерными для них значениями коэффициента k соотносится следующим образом: метилмеркаптан: сероводород: аммиак: летучие жирные кислоты = 650000:54000:100:1. Значения ПДК и пороги обнаружения запаха некоторых дурнопахнущих веществ приведены в таблице 3.3 (приводится по [14]).

Таблица 3.3 – Значения ПДК и пороги обнаружения запаха некоторых дурнопахнущих веществ

Летучие вещества	ПДК, мкг/м^3		Порог запаха, мкг/м^3
	Рабочая зона	Селитебная зона	
Сероводород	10 000	8	14
Аммиак	20 000	200	32 000
Метилмеркаптан	800	0,05	0,4
Диметилсульфид	50 000	80	2,5
Пропионовая кислота	2000	15	61 000
Масляная кислота	10 000	10	400

Наряду с веществами, перечисленными в таблице 3.3, существенный вклад в наличие у выбросов неприятного запаха вносят такие азотистые циклические соединения, как скатол, индол и др. (продукты распада аминокислот).

Почти для всех веществ, выбрасываемых в атмосферу от поверхностей ОС ГСВ, ПДК установлен как органолептический, а не общетоксический (кроме аммиака, однако такие его концентрации для выбросов ОС ГСВ не характерны). Т. е. эти вещества обладают свойством формировать неприятные запахи, не создавая опасности для здоровья. Это объясняется тем, что большая часть этих веществ — естественного происхождения, образующихся при разложении белков, жиров и углеводов.

С учетом этого фактора, базируясь на соответствующем оборудовании, используются методики ольфактометрии. В этих методиках используют специальные единицы измерения запахов (ГОСТ 32673—2014) [15]. В ЕС действует европейская единица запаха ($ОУ_Е$). $ОУ_Е$ — это такое количество одоранта (ов), которое, будучи сосредоточено в одном кубическом метре нейтрального газа при стандартных условиях, вызовет физиологическую реакцию персонала, эквивалентную реакции, вызываемой одной Европейской эталонной массой запаха, равной 123 мкг n-бутанола, разведенной в одном кубическом метре нейтрального газа при нормальных условиях (концентрация 40 ppb). Концентрация запаха исходного образца численно равна его разбавлению до порога «распознавания», или количество $ОУ_Е/м^3$ (при стандартных условиях).

По ГОСТ 32673–2014 «3.1. Европейская единица запаха (Е3/$м^3$): количество пахучего вещества (пахучих веществ), которое, будучи разбавленным 1 $м^3$ нейтрального газа при нормальных условиях, вызывает физиологический отклик, эквивалентный отклику, вызываемому одной Европейской эталонной массой запаха (EROM), разбавленной 1 $м^3$ нейтрального газа при нормальных условиях».

Большой объем проведенных исследований по корреляции запахов и концентраций загрязняющих веществ [13] позволил определить в качестве маркерного вещества запахового воздействия ОС ГСВ сероводород. Поэтому в отсутствие ольфактометрических приборов в качестве маркера запахов должен использоваться сероводород.

4. Подотрасль обладает существенной спецификой в отношении применимости методологии использования маркерных веществ (в терминологии ПНСТ 22—2014).

Для ГСВ, поступающих на ОС, существует некоторая корреляция между величинами некоторых поступающих загрязнений, на удаление которых рассчитываются ОС (перечислены в таблице 1.3). Эта корреляция тем выше, чем больше доля бытового стока в ГСВ. Корреляция основана на наличии известной взаимосвязи загрязняющих веществ в бытовых СВ, основанной на жизнедеятельности человека. Наибольшая вза-

имосвязь для бытовых СВ существует между величинами ХПК и БПК. Для конкретных ОС ГСВ, принимающих преимущественно хозяйственно-бытовые сточные воды, имеющих данные по корреляции между этими величинами, определение ХПК для целей текущей эксплуатации дает существенное преимущество в быстроте (несколько часов против 5 сут для $БПК_5$), а также в более высокой точности. С учетом этой корреляции за рубежом величину ХПК в ряде случаев используют вместо $БПК_5$

Для других ЗВ хозяйственно-бытового происхождения из таблицы 1.3 степень этой корреляции недостаточно высока, разброс в индивидуальных пробах составляет не менее 25 % от средних величин соотношений загрязнений. Поэтому традиционно на ОС ГСВ используется индивидуальный контроль данных показателей.

В очищенной воде в связи с тем, что остаточная концентрация этих ЗВ определяется различными процессами на ОС, корреляция между этими веществами еще ниже, чем для входящего потока. Глубина процесса полной биологической очистки с нитрификацией (БО, БН) может быть достаточно хорошо охарактеризована показателем концентрации аммонийного азота. Однако этот показатель мало информативен в отношении взвешенных веществ. Процесс удаления азота может быть хорошо оценен по показателю общего азота, но он не даст никакой информации о содержании отдельных минеральных форм азота. Весьма значительное различие токсичности различных минеральных форм азота ($ПДК_{рыбхоз}$), ПДК которых соотносится как 450:20:1, не позволяет отказаться от индивидуального контроля минеральных форм.

Применительно к остальным веществам, нормируемым в настоящее время для ОС ГСВ (тяжелые металлы, нефтепродукты и т. п.), какая-либо корреляция изначально отсутствует как для поступающих, так и для очищенных СВ. Поступление каждого из этих ЗВ в сточные воды определяется собственными источниками, а также соотношением их влияния на состав общего стока в данный момент времени. Для содержания в очищенной воде этих ЗВ степень корреляции еще ниже в силу различного характера и интенсивности процессов очистки, а также весьма недостаточной изученности процессов удаления илом (для тяжелых металлов).

Невозможность выбрать вещество-маркер для техногенных загрязняющих веществ. Как интегральный может быть использован показатель токсичности (определяемой как кратность разбавления, с различными тест-объектами). Однако данный параметр в российских условиях мало освоен и не должен рассматриваться как обязательный нормируемый показатель. Тем не менее, он рекомендуется к повсеместному использованию, для введения в систему нормирования позднее.

Применительно к микробиологическим загрязнениям подавляющая часть используемых для нормирования показателей (за исключением п. 30 таблицы 3.3) является не только маркерными, но и индикаторными (т. е. теми, которые характеризуют содержание других подобных показателей, но сами не обладают опасностью). Такие важные показатели, как колиформные бактерии, колифаги и др., относятся не к опасной патогенной микрофлоре, а к микрофлоре естественных выделений человека. Кроме того, реакция различных микроорганизмов на обеззараживающее воздействие не одинакова. В ряде случаев при использовании хлора при малом содержании индикаторных бактерий могут быть обнаружены вирусы и цисты патогенных простейших.

В связи с изложенным термин «маркерные вещества» применительно к сбросам ГСВ в дальнейшем в настоящем справочнике не используется.

Несколько иначе обстоит вопрос маркерных веществ применительно к очищенным ПСВ. Показатель «нефтепродукты» полноценно отражает глубину очистки ПСВ от селитебных территорий, так как невозможно глубоко удалить нефтепродукты без глубокого удаления взвешенных веществ. Однако нефтепродукты лишь косвенно характеризуют загрязненность очищенных ПСВ другими веществами, менее характерными для стока с селитебной территории.

Несмотря на разнообразие загрязняющих веществ в ГСВ, перечень, используемый при контроле сточных вод, сбрасываемых подотраслью, для большинства ОС совпадает. Он определяется не столько воздействием загрязнений на водный объект, сколько сложившимся перечнем веществ, применяемым при мониторинге водных объектов.

В распоряжении Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-р «О перечне загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» содержится перечень веществ, подлежащих мерам государственного регулирования и включающих применительно к сбросам в водные объекты около 160 наименований. Перечень включает особо опасные вещества (например, полихлорбифенилы из «грязной дюжины стойких органических загрязнителей», запрещенных Стокгольмской Конвенцией [16]). Однако по ним не ведется государственный мониторинг их содержания в водных объектах и, соответственно, в сбрасываемых ГСВ. Применительно к ГСВ г. Москвы проведенный в начале 2000-х годов длительный (в течение не менее 2 лет) мониторинг по нескольким десяткам токсичных органических соединений не выявил значимости этой проблемы. Для большинства веществ концентрация была ниже предела измерения, и

ни по одному из веществ измеренное содержание даже на входе на ОС не превышало нескольких процентов от ПДК для водных объектов.

Нормируемые в настоящее время для ОС показатели имеют различный статус применительно к возможностям их расчета/прогнозирования при создании ОС ГСВ (таблица 3.4). Только меньшая часть загрязняющих веществ относится к расчетным, т. е. к тем, на целевое содержание которых может быть выполнен технологический расчет сооружений очистки ГСВ на базе биологического процесса. Эти вещества в дальнейшем называется технологическими показателями биологической очистки сточных вод (ТП БОСВ)).

Остальные загрязняющие вещества, перечисленные в таблице 3.4 (тяжелые металлы, алюминий, специфические органические соединения), в настоящем справочнике именуются техногенными загрязнениями. Данный термин условен и применяется только для целей отличия ТП БОСВ и остальных показателей загрязненности. Показатели загрязненности растворенными минеральными веществами (хлориды, сульфаты, общая минерализация) в справочнике в дальнейшем не принимаются во внимание, так как методы их задержания на ОС ГСВ и на ОС ПСВ отсутствуют. Их сброс с очищенными сточными водами приблизительно соответствует (за вычетом небольшого вхождения в состав осадков) входящей нагрузке на ОС. Как правило, эта нагрузка определяется фоновым содержанием минеральных солей в водопроводной воде и, в немногих случаях, сбросами абонентов, производимыми с грубым нарушением нормативных требований к сточным водам, сбрасываемым в ЦСВ.

В качестве технологических показателей очистки поверхностных сточных вод (ТПО ПСВ) далее будут подразумеваться взвешенные вещества и нефтепродукты.

Концентрации остальных веществ и показателей не могут быть рассчитаны, а могут быть лишь спрогнозированы, причем с недостаточно высокой точностью. Причины этого изложены в подразделе 3.2.

Таблица 3.4 — Контролируемые показатели загрязняющих веществ и свойств воды на сбросе ГСВ и ПСВ в водные объекты и их статус при расчете ОС ГСВ

№	Наименование показателя	Статус показателя в практике проектирования ОС ГСВ	Примечания
Химические показатели			
1.	Водородный показатель (pH)	Назначаемый	Нормативные требования соблюдаются почти для всех технологий. Теоретически расчет возможен, но на практике не производится
2.	Температура	Расчетно-назначаемый	Расчет возможен, на практике производится редко
3.	Растворенный кислород	Назначаемый (реже – расчетный)	Является расчетным, например, когда запаса кислорода после аэротенка и естественной аэрации на последующих стадиях очистки оказывается недостаточен
4.	Взвешенные вещества [1)]	Расчетный (ТП БОСВ)	–
5.	$БПК_5$	Расчетный (ТП БОСВ)	–
6.	$БПК_{полн}$	Расчетный (псевдорасчетный)	По сути, в расчетах используется величина $БПК_5$, так как реальные данные химического анализа присутствуют именно для этого показателя, а $БПК_{полн}$ на практике определяется редко
7.	ХПК	Расчетно-назначаемый (ТП БОСВ)	Теоретически расчет возможен, но на практике не производится. Смысл показателя для исходной и очищенной ГСВ различается. Применительно к исходной ГСВ является аналогом $БПК_5$ и может быть использован в расчетах сооружений биологической очистки. Применительно к очищенной воде характеризует бионеразлагаемые органические вещества
8.	Азот аммонийный	Расчетный (ТП БОСВ)	–
9.	Азот нитритов	Расчетно-назначаемый (ТП БОСВ)	Расчет возможен, но на практике производится редко
10.	Азот нитратов	Расчетный (ТП БОСВ)	–

№	Наименование показателя	Статус показателя в практике проектирования ОС ГСВ	Примечания
11.	Общий азот	Расчетный	В Российской Федерации не нормируется в водных объектах. Однако весьма востребован для технологических расчетов сооружений БОСВ
12.	Фосфор фосфатов	Расчетный (ТП БОСВ)	–
13.	Общий фосфор	Расчетный	В Российской Федерации не нормируется в водных объектах. Однако весьма востребован для технологических расчетов сооружений БОСВ
14.	СПАВ	Назначаемый	Теоретически расчет возможен, но на практике не производится, в связи с очень низкой точностью в получаемом в очищенных ГСВ диапазоне концентраций
15.	Нефтепродукты	Назначаемый	То же
16.	Фенолы	Назначаемый	То же
17.	Алюминий	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
18.	Медь	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
19.	Никель	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
20.	Ртуть	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
21.	Кадмий	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
22.	Хром общий	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
23.	Цинк	Назначаемый	Методика расчета отсутствует
24.	Общая минерализация	Назначаемый	Эффект очистки назначается 0 %
25.	Сульфаты	Назначаемый	Эффект очистки назначается равным 0 %
26.	Хлориды	Назначаемый	Эффект очистки назначается равным 0 %
27.	Сероводород	Назначаемый	–
Микробиологические показатели			
28.	Общие колиформные бактерии	Эмпирико-расчетный	Используются эмпирически установленные величины интенсивности обработки, обеспечивающие требуемые значения
29.	Колифаги (по фагу M^2)	Эмпирико-расчетный	То же
30.	Термотолерантные колиформные бактерии	Эмпирико-расчетный	То же

№	Наименование показателя	Статус показателя в практике проектирования ОС ГСВ	Примечания
31.	Фекальные стрептококки	Эмпирико-расчетный	То же
32.	Патогенные микроорганизмы	Эмпирико-расчетный	То же
33.	Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Эмпирико-расчетный	То же
34.	Энтерококки и стафиллококки	Эмпирико-расчетный	То же

Перечень расчетных показателей загрязняющих веществ применительно к физико-химическим методам очистки ПСВ существенно уже. При проектировании как расчетные показатели используют только взвешенные вещества и нефтепродукты, остальные показатели — эмпирико-расчетные или назначаемые.

Применительно к использованию маркеров для эмиссий в другие среды существенно следующее: содержание токсичных веществ в осадке ГСВ определяется теми же факторами, что и состав сточных вод (попадание из различных источников, с различной временной периодичностью). Поэтому ни одно из них не может использоваться в качестве маркерных веществ.

В области микробиологических загрязнений индикаторным (не маркерным) показателем для очищенных сточных вод являются термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ). Их наличие означает возможность присутствия всех остальных загрязнений этой группы. Однако информативность отсутствия (присутствия в пределах предельно допустимого содержания) ТКБ зависит от применяемого метода обеззараживания. Так, применение обеззараживания хлором недостаточно эффективно применительно к вирусам и цистам простейших.

Применительно к эмиссиям в атмосферу ситуация описана в подразделе 3.3. Маркерным веществом загрязнения воздуха выбросами ОС ГСВ является сероводород.

3.2 Сбросы в водные объекты

3.2.1 Сбросы от сооружений очистки городских сточных вод

3.2.1.1 Оценка фактических сбросов по данным анкет

Для оценки эмиссий приняты во внимание данные объектов ОС ГСВ, эксплуатация которых, согласно информации из анкет, осуществляется надлежащим образом. Из этой выборки, в свою очередь, приняты во внимание анкеты, данные которых не вызывают выраженных сомнений в соответствии действительности.

В результате проведен анализ по загрязненности сбросов по 200 объектам, анкеты которых прошли предварительный отбор по достаточности и достоверности данных.

3.2.1.1.1 Взвешенные вещества

Поскольку около третьей части всех ОС ГСВ станции оснащены сооружениями доочистки, которые представлены в основном зернистыми фильтрами, биореакторами с ершовой загрузкой и биопрудами, то для оценки влияния доочистки для станций производительностью менее 100 тыс. м3 в сутки (наиболее репрезентативная выборка) оценивалось качество очистки по взвешенным веществам для сооружений, имеющих доочистку и работающих без доочистки. Эти данные представлены на рисунке 3.1.

Хорошо видно, что в диапазоне от 5 до 20 мг/л распределение взвешенных веществ в очищенной воде практически совпадает для станций, имеющих доочистку и работающих только со вторичными отстойниками.

Для 25 % рассмотренных станции доочистка действительно позволяет получать очищенную воду с концентрациями взвешенных веществ менее 7 мг/л, что соответствует хорошо работающим сооружениям доочистки, в остальных случаях существующие сооружения доочистки не эффективны.

После вторичных отстойников, без использования сооружений доочистки, на 80 % сооружений качество очистки по взвешенным веществам не более 15 мг/л, что соответствует нормам проектирования в СССР. Т.е. 80 % сооружений производительностью менее 100 тыс. $м^3$ в сутки достигают проектного качества очистки по взвешенным веществам.

Более того, 70 % очистных сооружений работают с выносом взвешенных веществ менее 10 мг/л. Это показывает, что при низкой нагрузке на вторичные отстойники очистка стока величина менее 10 мг/л может достигаться с высокой степенью

надежности. Данный вывод не противоречит закономерностям, используемым при расчете вторичных отстойников.

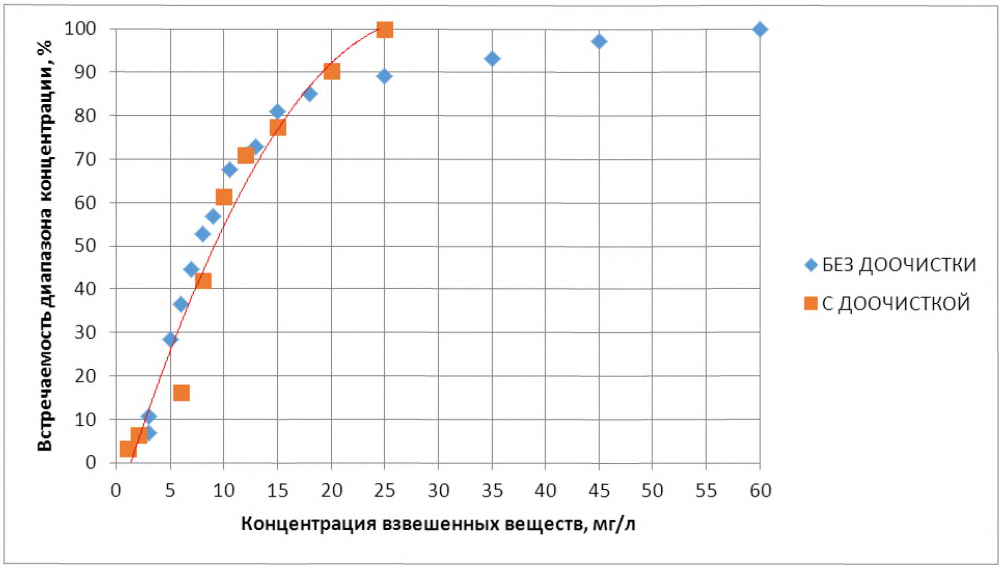


Рисунок 3.1 — Кумулятивная кривая обеспеченности концентрации взвешенных веществ для ОС ГСВ с ПП менее 100 тыс. $м^3$/сут

Примечание – Здесь и далее параметр «встречаемость величины показателя» означает, что, например, на оси Y (оси ординат) для количества Y1 проанализированных объектов величина данного показателя составляет не более X1 мг/л (по оси абсцисс). Т. е. из графика на рисунке 3.1. следует, что все 100 % объектов без доочистки имеют содержание взвешенных веществ менее 60 мг/л, 80 % — менее 15 мг/л, примерно 28 % — менее 5 мг/л и т. п. И наоборот, на 90,3 % объектов с доочисткой содержание взвешенных веществ не превышает 20 мг/л либо 10 % объектов без доочистки характеризуются содержанием взвешенных веществ свыше 25 %. Разница величин (Y2−Y1), %, соответствует встречаемости величины X в диапазоне (X2−X1). Например, для объектов без доочистки содержание взвешенных веществ в диапазоне 5–10 мг/л составляет 70 % — 30 % = 40 % объектов.

Из рисунка 3.1 следует, что в диапазоне ПП 100–300 тыс. $м^3$ в сутки 80 % сооружений обеспечивают проектное качество очистки до 15 мг/л и 60 % – менее 10 мг/л. Для ПП более 300 тыс. $м^3$ в сутки 70 % станций укладываются в проектные 15 мг/л. Эффективная доочистка наблюдается менее чем в 10 % случаев.

3.2.1.1.2 $БПК_5$ и ХПК

От 30 % до 45 % сооружений обеспечивают $БПК_5$ менее 5–6 мг/л, что связано в основном с существенной недогрузкой сооружений, причем верхнее значение относится к ОС с ПП менее 100 тыс. $м^3$ в сутки, загрузка которых в среднем ниже. Качество очистки до 10 мг/л обеспечивается надежно на 60 % — 75 % сооружений и может быть оценено как хороший результат для работы со вторичными отстойниками. Качество очистки до 15 мг/л (проектная величина для ОС советских времен постройки, без доочистки) обеспечивается на 85 % — 95 % станций (верхнее значение — также для нижнего диапазона ПП).

Существенно больше разброс данных по ХПК (см. рисунок 3.2). Основной диапазон величины ХПК, характерный для 50 % случаев, составляет от 30 до 60 мг/л. Однако в отличие от взвешенных веществ и $БПК_5$ величина ХПК зависит не только от глубины очистки по органическим веществам, но и от состава исходной воды — бионеокисляемой части ХПК, которая и дает дополнительный разброс ХПК в очищенной воде.

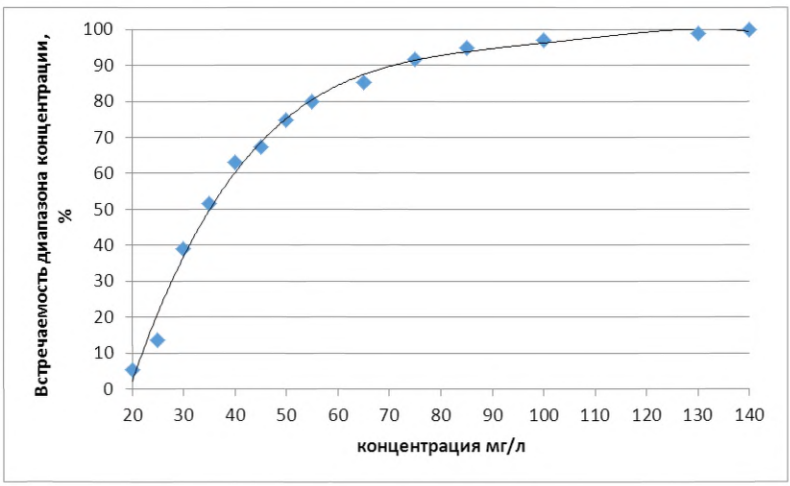


Рисунок 3.2 — Кумулятивная кривая обеспеченности ХПК для ОС ГСВ с ПП менее 100 тыс. $м^3$/сут

3.2.1.1.3 Биогенные элементы

Распределение концентраций биогенных элементов (форм азота и фосфора) приведено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Распределение концентраций биогенных элементов (форм азота и фосфора)

Загрязняющее вещество	Диапазон загрязненности, мг/л	Распределение загрязненности по формам азота и фосфору фосфатов, %, для ОС с ПП		
		более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Аммонийный азот	Менее 1	30	35	38
	1–2	30	15	28
	2–3	16	15	4
	3–10	19	27	15
	Более 10	5	8	15
Азот нитратов	Менее 10	40	60	40
	10–15	25	25	25
	Более 15	35	15	35
Азот нитритов	Менее 0,1	35	45	45
	0,1–0,2	25	20	20
	0,2–0,5	40	30	15
	Более 0,5	0	5	10
Фосфор фосфатов	Менее 0,5	0	20	5
	0,5–1	28	23	19
	1–1,5	17	17	6
	1,5–2,5	17	30	35
	Более 2,5	38	10	35

Данные таблицы 3.5 позволяют сделать следующие выводы:

а) касательно нитрификации:

- на 50 % — 65 % станций происходит нитрификация до остаточного содержания аммонийного азота менее 2 мг/л, что можно охарактеризовать как хороший результат. Причиной этого в основном является недогрузка сооружений биологической очистки при достаточном количестве кислорода;

- на 15 % — 27 % станций нитрификация происходит частично;

- на 5 % — 15 % станций нитрификация происходит неудовлетворительно;

б) касательно денитрификации:

- доля станций, на которых содержание азота нитратов не превышает 10 мг/л (40 % — 60 %), существенно выше доли станций, на которых внедрена технология денитрификации (10 % — 20 %). Это различие может быть вызвано следующими причи-

нами: неразвитой нитрификацией, при которой азот в основном остается в виде аммонийного (5 % — 15 %), симультанной денитрификацией (см. ниже);

- на 15 % — 35 % ОС баланс образования и удаления нитратов приводит к их содержанию свыше 15 мг/л;

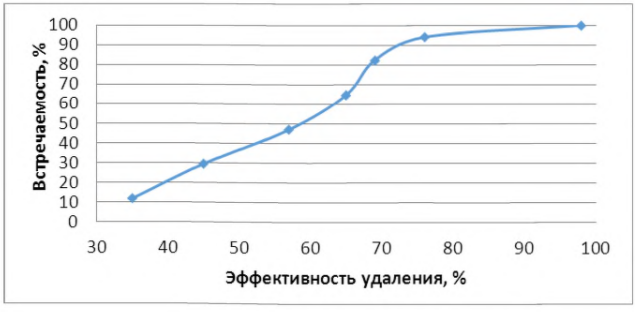
в) касательно удаления общего азота.

Концентрация общего азота на ОС практически не контролируется (кроме большей части объектов, на которых реализовано удаление азота). Для оценки эффективности удаления азота концентрации общего азота были получены из данных анкет следующим образом:

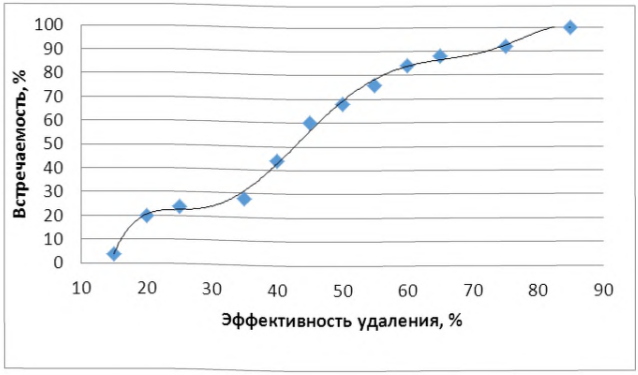
- входящий общий азот — как 1,25 от концентрации аммонийного азота (п. Свода правил [8]);

- общий азот в очищенной воде — суммы всех трех минеральных форм + 1 мг/л (ориентировочное содержание органического азота).

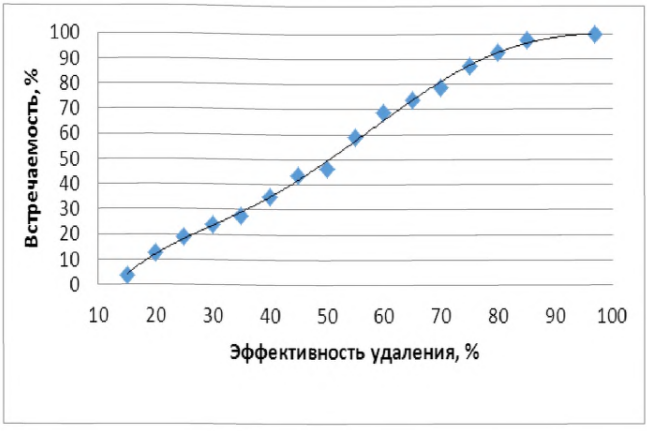
Результаты оценки распределения эффективности удаления азота приведены на рисунке 3.3. Важно понимать, что процесс БО удаляет азот на прирост активного ила (входит в состав бактерий при потреблении органического вещества) в количестве 5–10 мг/л. При средней концентрации общего азота 30–35 мг/л базовая эффективность удаления азота находится в диапазоне 15 % — 35 %.



а) Для ОС ГСВ с ПП более 300 тыс. $м^3$/сут



б) Для ОС ГСВ с ПП 100–300 тыс. м^3/сут



в) для ОС ГСВ с ПП менее 100 тыс. м^3/сут

Рисунок 3.3 — Кумулятивная кривая обеспеченности эффективности удаления общего азота

Анализируя графики, можно сделать следующие выводы:

- удаление азота на прирост ила (без проявлений денитрификации), в пределах вышеуказанных 35 %, объясняет, соответственно, 10%, 28% и 30 % проанализированных случаев;

- выраженное удаление азота (характеризуемое как более 65 %) обеспечивается на станциях с проектной производительностью:

- более 300 тыс. м³/сут — 25 % ОС (среди них доля с БНД — 20 %);

- 100−300 тыс. м³/сут — 12 % (доля с БНД — 16 %);

- менее 100 тыс. м³/сут — 25 % (доля с БНД — 14 %).

При этом согласно таблице 1 (графа «Денитрификация») биологическая очистка с удалением азота (БНД) применяется, соответственно, на 20 %, 16 % и 14 % объектов по группам ПП. Таким образом, процент встречаемости высокой эффективности удаления азота примерно соответствует количеству станций с внедренным процессом денитрификации.

Остальные 55 % — 65 % сооружений работают с удалением азота от 35 % до 65 %, т. е. результатом, который может быть достигнут при самопроизвольной или налаженной денитрификации путем изменения кислородного режима в аэротенках, не имевших по проекту зон денитрификации.

г) касательно содержания нитритов:

- на 35 % — 45 % ОС содержание нитритов не превышает 0,1 мг/л;

- наиболее часто встречается концентрация в диапазоне 0,2–0,5 мг/л;

- содержание выше 0,5 отмечается весьма редко;

- с учетом этих данных нет никаких оснований определять величину $ПДК_{рыбхоз}$ (0,02 мг/л) как целевое значение ТП БОСВ;

д) касательно содержания фосфатов:

- хотя технологией удаления фосфора оснащено 8 % — 10 % сооружений, концентрации фосфора фосфатов менее 1 мг/л достигаются на 19 % — 28 % сооружений. В целом такой эффект вызывает определенные вопросы, хотя в ряде случаев удаление фосфора может происходить на необорудованных для этого очистных сооружениях, например, при сбросе в сеть значительного количества железа или алюминия с водопроводными осадками. На остальных 80 % сооружений необходимо улучшать технологию с переходом на удаление фосфора;

- до 40 % ОС сбрасывают значительные концентрации фосфора фосфатов — свыше 2,5 мг/л.

В целом, подводя итоги рассмотрения форм азота в очищенной воде, следует отметить, что на многих станциях достигается частичное удаление азота. Следует предположить, что это происходит благодаря наличию зон с низкими концентрациями кислорода. Этому способствует:

- существенная недогрузка ОС ГСВ по расходу, развившаяся в результате снижения водопотребления, позволяющая увеличить время контакта сточной воды с активным илом и позволяющая развиваться процессам нитрификации;

- неудовлетворительное состояние аэрационных систем и невысокие концентрации растворенного кислорода во многих из вышеописанных случаев также приводит к

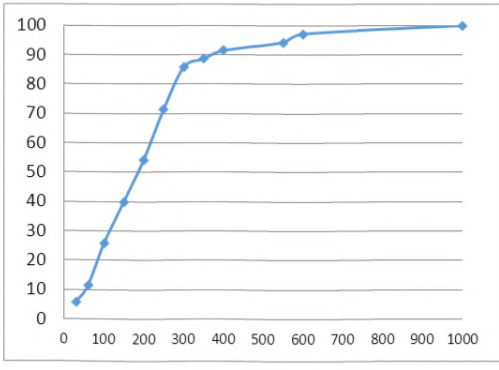
развитию симультанной (одновременной) денитрификации и снижению общего азота на 5–7 мг/л. В ситуациях с невысоким уровнем содержания общего азота и высоким временем пребывания в аэротенках это может приводить к достижению целевых показателей по соединениям азота. Невысокая нагрузка также позволяет (при своевременном выводе избыточного ила) получать хорошие результаты по $БПК_5$ и взвешенным веществам.

Как правило, в этих ситуациях концентрация азота аммонийного в основном составляет до 3 мг/л, азота нитратов 8–15, нитритов — менее 0,3 мг/л, содержание фосфора фосфатов в очищенной воде также невелико и не превышает 2 мг/л.

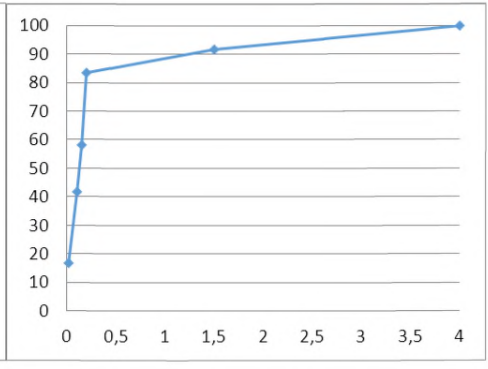
В дальнейшем анализе эта во многом вынужденно сложившаяся технология, чтобы отличить ее от БН, именуется БНЧСД — глубокая биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией.

3.2.1.1.4 Техногенные загрязнения

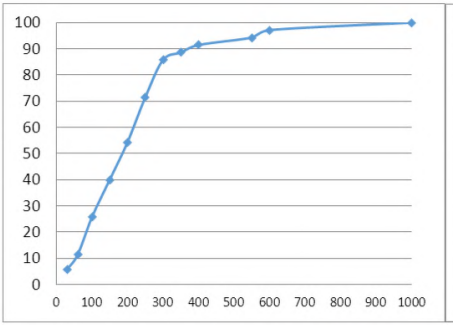
Данные по содержанию техногенных загрязнений в очищенной воде приведены на рисунке 3.4. В статистическую обработку были включены те загрязняющие вещества, по которым присутствовала достаточная для анализа выборка. В нее не были включены никель, хром, ртуть, по которым количество данных было существенно меньше.

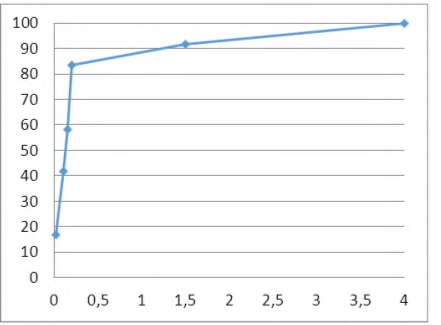


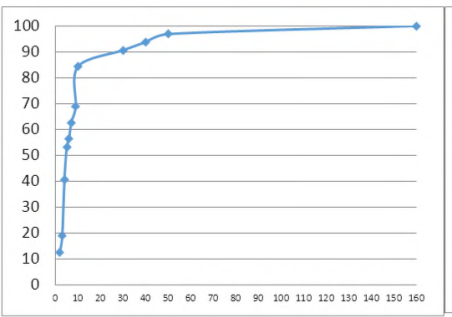
Железо

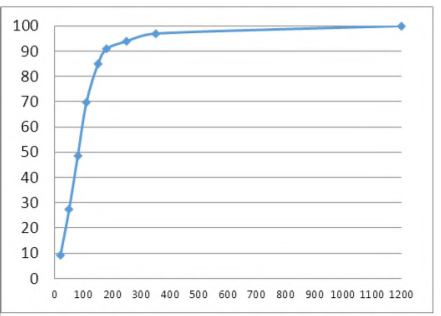


Кадмий



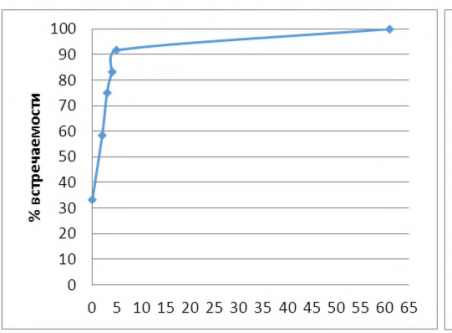


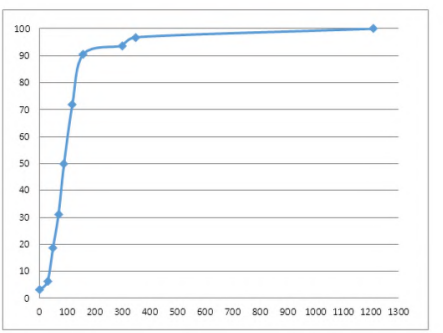




Медь

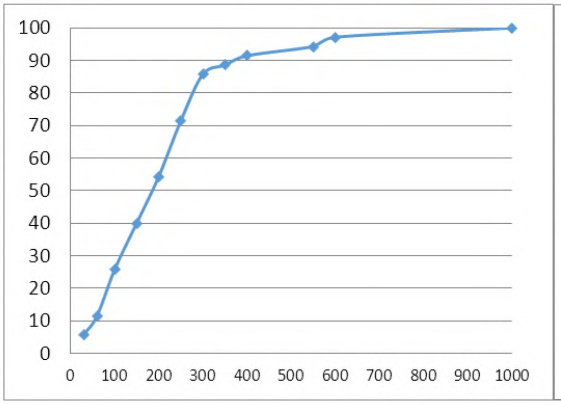
Нефтепродукты

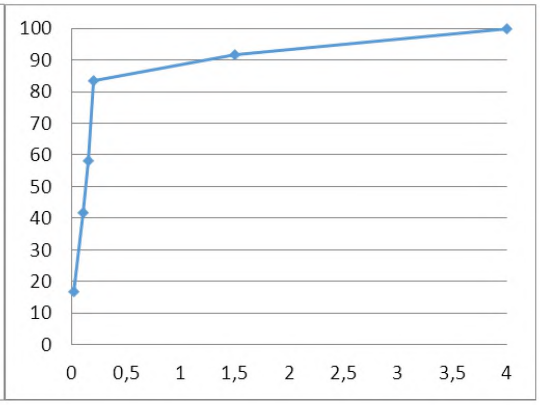


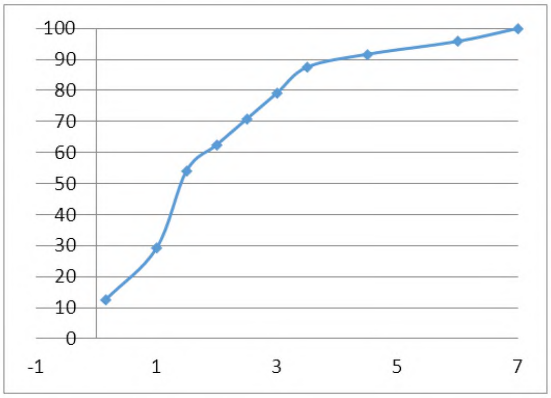


Сероводород

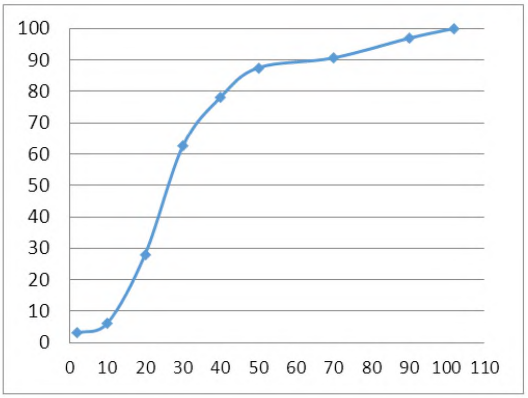
СПАВ



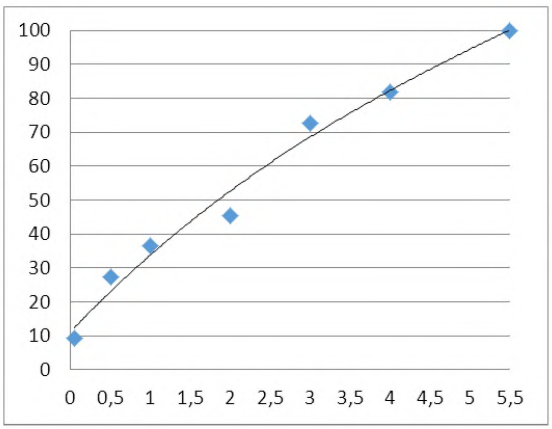




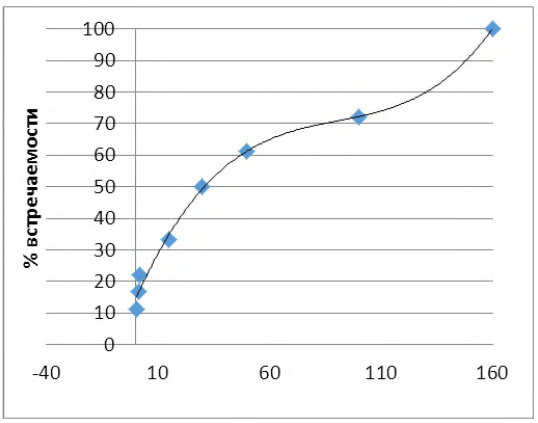
Фенолы



Цинк



Свинец



Марганец

Рисунок 3.4 — Кумулятивные кривые обеспеченности концентраций техногенных загрязнений в очищенной воде, мкг/л

Обобщение информации по содержанию техногенных загрязнений в очищенной ГСВ и по эффективности их удаления приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 — Сводные данные по удалению техногенных загрязнений из ГСВ

Загрязняющее вещество	Основной диапазон концентрации в очищенной воде, мкг/л /количество объектов в этом диапазоне, %	$ПДК_{рыбхоз}$, мкг/л /% объектов, где они достигаются в очищенной ГСВ / кратность превышения ПДК верхней границы основного диапазона	Основной диапазон эффективности удаления, % / количество объектов в этом диапазоне, %	Комментарии
Железо	30–300/85	100/20/3	70–99/80	
Кадмий	0,02–0,2/83	5/100/–	80–99/74	
Медь	2–10/84	1/0/10	70–99/83	
Нефтепродукты	20–180/90	50/15/3,6	90–99/81	
Сероводород	0–5/91	0,01 (отсутствие)/37/500	99,5–100/75	
СПАВ	30–160/84	100/58/1,6	90–98/81	
Фенолы	0,15–3,5/87	1/29/3,5	96–99,8/45	Еще для 33 % объектов эффективность от 70 % до 95 %, без выраженных максимумов
Цинк	10–50/81	10/6/5	50–96/84	
Свинец	0,05–5,5/90	6/100/–	5–85/54	Остальные 46 % объектов имеют эффективность удаления от 0 % до 100 %, при равномерном распределении
Марганец	0,5–50/50	10/26/5	70–100/65	

Данные по ОС Москвы и Санкт-Петербурга [11] по удалению алюминия, никеля и хрома приведены в таблице 3.7. Данные приведены за 3 года для ОС г. Москвы (8 °С и их отдельных блоков) и Санкт-Петербурга (5 °С).

Таблица 3.7 – Удаление алюминия, никеля и хрома по ОС Москвы и Санкт-Петербурга

Населенный пункт	Эффективность удаления загрязняющих веществ, %		
	Никель	Хром	Алюминий
Москва	50/71	85/93	93/97
Санкт-Петербург	40/54	Нет данных	59/80
Перед чертой — минимальное значение; после черты — среднее значение.			

Результаты анализа, приведенные в таблицах 3.6, 3.7, позволяют сделать следующие выводы:

1) для большинства рассматриваемых загрязнений даже основной диапазон разброса концентраций в очищенной воде составляет порядок и более, только для меди и цинка — полпорядка (в 5 раз). Причем практически для всех загрязнений внутри этих диапазонов отсутствуют диапазоны более частой встречаемости и распределение величин носит во многом равномерный характер. Т. е. для этих загрязнений невозможно ни определить наиболее вероятные, ни предельные концентрации в очищенной воде. Это позволяет утверждать, что концентрации техногенных веществ в очищенной воде не могут быть предметом технологического нормирования;

2) фактические величины концентраций практически никак не соотносятся с $ПДК_{рыбхоз}$:

- по двум веществам — кадмию и свинцу, на всех пробах достигаются $ПДК_{рыбхоз}$;

- по двум веществам — меди и цинку практически ни на одном объекте $ПДК_{рыбхоз}$ не достигаются. Для меди фиксируется наибольшая кратность превышения — в 10 раз по верхней границе основного диапазона;

- по пяти техногенным веществам (нефтепродукты, железо, марганец, фенолы, сероводород) вероятность достижения $ПДК_{рыбхоз}$ составляет 15 % — 37 %, т. е. является небольшой;

- по СПАВ $ПДК_{рыбхоз}$ достигается на 58 % объектов;

3) для большинства техногенных загрязнений основной диапазон эффективности удаления весьма высок:

- для железа, кадмия, меди и марганца, хрома, алюминия он находится в диапазоне 70 % — 99 %,

- для нефтепродуктов, сероводорода и СПАВ — 90 % — 100 %;

- для фенолов и цинка достигаются высокие значения, но диапазон весьма размыт и начинается примерно с 50 %;

- для свинца диапазон чрезвычайно размыт, что, однако, не имеет практического значения, так как все значения находятся ниже $ПДК_{рыбхоз}$;

- эффективность удаления никеля невелика, средние значения составляют 55 % — 71 %;

4) для окисляемых техногенных загрязнений удаление происходит наиболее эффективно, что подтверждает теоретические представления по данному вопросу, изложенные в подразделе 3.2. Однако причины более низких, нежели основной диапазон, значений эффективности не изучены. Весьма вероятно, что они вызваны более низкими значениями входящей концентрации. Поэтому нет оснований установить для окисляемых техногенных загрязнений технологический норматив по нижней границе основного диапазона эффективности удаления;

5) все тяжелые металлы характеризуются весьма широким основным диапазоном разбросом эффективности: в пределах 30 % — 50 %. Это однозначно не позволяет использовать эффективность удаления как технологический норматив;

6) в целом можно сделать вывод, что, несмотря на то, что все современные технологии очистки ГСВ не рассчитаны на удаление техногенных загрязнений, их удаление происходит весьма эффективно. Окисляемые загрязнения удаляются примерно на уровне общих органических загрязнений (по $БПК_5$), а тяжелые металлы — в основном существенно выше, чем азот и фосфор при обычной технологии биологической очистки;

7) однако, концентрации техногенных загрязнений в очищенной воде распределяются случайным образом и мало зависят от концентраций в поступающей воде. Т. е. этот процесс происходит весьма эффективно, но не может контролироваться службой эксплуатации.

С учетом того, что в разделе 2 показано отсутствие технологий, целевым образом удаляющих техногенные загрязнения, и вышеизложенных результатов анализа данных технологическое нормирование как концентраций в очищенной воде, так и эффективности удаления для техногенных загрязнений представляется невозможным.

В практической работе по нормированию загрязняющих веществ на основе технологических показателей НДТ необходимо ограничиться загрязняющими веществами — ТП БОСВ.

3.2.2 Сбросы сооружений очистки поверхностных сточных вод

Оценка сбросов ПСВ приведена по данным ГУП «Мосводосток» и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в таблицах 3.8 и 3.9.

Таблица 3.8 — Эффективность работы ОС ПСВ ГУП «Мосводосток»

№	Тип сооружения	Эффективность удаления плавающего мусора, %	Остаточное содержание, мг/л		$ИПКО_{цтп}$ *
			взвешенных веществ	нефтепродуктов	
1	Пруды-отстойники	100	10–15	1,5–2	21–50
2	Сооружения камерного типа	100	12–20	3–8	19–46
3	Песколовки	70	50–100	10–20	60–120
4	Щитовые заграждения	90	40–70	5–10	33–64
5	Тонкослойные сооружения	100	8–10	1–2	6,6–12
6	Тонкослойные сооружения с биотехнологией (эйхорния)	100	8–10	0,1–1	2,1–7
7	Сооружения глубокой очистки (ФОС)	100	2–5	0,05–0,5	0,8–3,5
8	Габионные фильтрационные сооружения с биоплато	100	3–7	0,1–1	1,1–6,4
* См. 3.2.4.					

Таблица 3.9 — Эффективность работы ОС ПСВ ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Наименование сооружения	Фактическая производительность, $м^3$/сут	Состав ОС	Содержание (вход / выход), мг/л	
			взвешенных веществ	нефтепродуктов
Пулково-3	780	Торфяные фильтры — кварцевые фильтры — угольные фильтры — УФ-обеззараживание	107/4,9	6,9/0,31

Наименование сооружения	Фактическая производительность, $м^3$/сут	Состав ОС	Содержание (вход / выход), мг/л	
			взвешенных веществ	нефтепродуктов
Колпино	1420	Горизонтальные отстойники — двухступенчатые фильтры с загрузкой из синтетического материала	16,6/11,0	0,09/0,05

Основным недостатком прудов-отстойников является то, что они проектировались для работы в проточном режиме и работают по принципу отстойника-вытеснителя. Эффект задержания взвешенных веществ в таких сооружениях не превышает 20 % — 40 %, эффект по нефтепродуктам очень мал. Это объясняется тем, что (по крайней мере в Москве и Санкт-Петербурге) большая часть взвешенных веществ ПСВ является очень мелкодисперсной (частицы глины, продукты истирания дорожного полотна и автопокрышек) и оседает очень медленно. Благодаря существенному содержанию СПАВ (причем их тем больше, чем выше культура содержания дорожных покрытий) происходит практически полное эмульгирование нефтепродуктов, препятствующее их гравитационному отделению и коалесценции.

Более того, с увеличением расхода поверхностного стока, который имеет место при выпадении интенсивных дождей, скорость движения воды в них существенно возрастает и происходит вынос ранее выделенных загрязнений.

В начале эксплуатации отстойники камерного типа обеспечивают эффект очистки стоков по взвешенным веществам до 70 %, по нефтепродуктам — не более 10 % — 15 %. Однако последующая эксплуатация этих сооружений представляет значительные трудности. После 2–3 дождей кассетные фильтры выходят из строя и являются источником вторичного загрязнения сточных вод.

Пруды-отстойники, дополненные тонкослойными блоками, имеют более высокий эффект очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов, но при переменном уровне воды в сооружениях также не обеспечивают требуемого качества очистки при отведении в водные объекты. Эффективность существенно возрастает при использовании реагентов.

Анализ работы ФОС показал, что по основным загрязняющим компонентам достигается неплохой эффект очистки по сравнению с другими станциями, но имеются большие проблемы с эксплуатацией полистирольных фильтров.

Из анализа нескольких наиболее часто применяемых технологических схем очистки поверхностных сточных вод следует, что практически все они не обеспечивают

установленные требования к качеству очистки при отведении в водные объекты рыбохозяйственного назначения даже по ТПО ПСВ.

3.2.3 Интегральная оценка сбросов в водные объекты

Обоснованная в разделе 1 необходимость обеспечения наибольшей эколого-экономической эффективности при переходе на НДТ требует разработки критерия выбора объектов, нуждающейся в первоочередной модернизации. Для этого необходимо применять систему интегральной оценки качества очищенной воды. В этом качестве удобно использовать сумму отношений концентраций загрязнений C_i (фактического либо проектного) к целевым технологическим показателям. Этот критериальный параметр аналогичен по принципу расчета «показателю антропогенной нагрузки» (ПАН), предложенному в работах РосНИИВХ [17]. Физический смысл величины ПАН (согласно позиции его разработчиков) — сумма условной кратности разбавления чистой водой для достижения целевой величины по каждому из использованных показателей, отражающему определенный вид негативного воздействия. В данном справочнике подобный критериальный параметр применяется под названием «интегральный показатель качества очистки (ИПКО)». В отличие от параметра ПАН, ИПКО определяется по ограниченному перечню показателей — только по ТП БОСВ, и только по одному виду негативного воздействия на водные объекты (сбросу загрязняющих веществ). Остальные измеряемые при контроле ОС величины химических загрязнений, как показано в разделах 2 и 4, не являются целью применяемых технологий и не должны приниматься во внимание при расчете ИПКО.

Для каждой конкретной пробы сточной воды или (по средним данным) для конкретного объекта:

$$ИПКО_{цтпi} = \frac{C_i}{C_{цтпi}}$$

$$ИПКО_{цтп} = (\sum_{i}^{n} ИПКО_i),$$

где c_i — фактическая концентрация загрязняющего вещества i, мг/л;

$c_{цтпi}$ — значение целевого технологического показателя (ЦТП) для вещества i, мг/л.

Применительно к задаче интегральной оценки качества сточной воды безразмерный параметр ИПКО удобнее рассматривать не как удельный объемный (ПАН), а как удельный массовый параметр — насколько данная сточная вода в сумме более загрязнена, чем сточная вода с показателями, равными ЦТП.

Значения $ПДК_{рыбхоз}$ являются (применительно к обсуждаемому вопросу) ориентиром для совершенствования технологических процессов. Однако недостижимость либо труднодостижимость ряда значений $ПДК_{рыбхоз}$ даже по расчетным показателям (БПК, азот аммонийный и нитритный, фосфор фосфатов — для ГСВ, нефтепродукты — для ПСВ) делает нецелесообразным использование их для целей технологического анализа.

Для оценки эмиссий подотрасли целесообразно воспользоваться понятием целевых технологических показателей (ЦТП), реализуемых с использованием НДТ, которая должна применяться в условиях сброса в наиболее защищаемые водные объекты. Технологическое обоснование этих величин приведено в разделах 4–5.

В разделе 6 в целях оценки негативного воздействия на водные объекты использован критерий ИПКО, рассчитанный как сумма отношений величин C_i к $ПДК_{рыбхоз}$ ($C_{рх}$), именуемый $ИПКО_{рх}$. Для отличия от него вышеописанный критерий далее именуется $ИПКО_{цтп}$.

Значения ЦТП, примененные для расчета $ИПКО_{цтп}$ для ОС ГСВ приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Значения ЦТП, примененные для расчета $ИПКО_{цтп}$ для ОС ГСВ

Показатель	Значение $C_{цтп\,i}$, мг/л
Универсальные	
Взвешенные вещества	5
$БПК_5$	3
ХПК	30
Азот аммонийных солей ($N\text{-}NH_4$)	1
Азот нитратов ($N\text{-}NO_3$)	8
Азот нитритов ($N\text{-}NO_2$)	0,1
Фосфор фосфатов ($P\text{-}PO_4$)	0,5
Только для объектов, подпадающих под действие ХЕЛКОМ [8] или других международных соглашений	
Азот общий *	10
Общий фосфор *	0,5

Значения ЦТП для ОС ПСВ приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Значения ЦТП для ОС ПСВ

Показатель	Значение $C_{цтп\,i}$, мг/л
Взвешенные вещества	5
Нефтепродукты	0,2

В таблицах 3.12 и 3.13 приведены основной диапазон содержания загрязняющих веществ в очищенной воде, по экспертной оценке членов технической рабочей группы, сбрасываемой в водные объекты для основных применяемых технологий и результаты расчета значения ИПКО для крайних значений этих диапазонов. Согласно формуле расчета, при 7 задействованных показателях при соответствии показателей качества очистки значениям ЦТП величина $ИПКО_{цтп}$ составит 7,0.

Таблица 3.12 — Основной диапазон содержания загрязняющих веществ, отнесенных к ТП БОСВ, в очищенной воде, сбрасываемой в водные объекты

Технологии	Диапазоны концентраций загрязняющих веществ, мг/л						
	Взв. в-ва	$БПК_5$	ХПК [4]	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NO_2$	$P\text{-}PO_4$
БО [1]	12–20	8–15	30–50	6–25	0–10 [5]	0,05–0,4	0,7–3,5
БНЧСД [2]	5–10	3–6	30–40	1–2	10–20	0,05–0,4	0,7–3,5
БНД [3]	8–15	3–6	30–40	1–2	5–12	0,05–0,2	0,7–3,5
БНДХФ	8–15	3–6	25–35	1–2	5–12	0,05–0,2	0,15–0,8
БНДФ	8–15	3–6	30–40	1–2	5–12	0,05–0,2	0,3–1,0
БНДБХФ	8–15	3–6	25–35	1–2	5–12	0,05–0,2	0,15–0,8
Ф	2–5	1–3	В соответствии с результатами, достигнутыми на стадии биологической очистки				
БФ	5–10	1–3					

[1] Нагрузка на ОС с БО близка к проектной, нитрификация менее 50 %.

[2] Сооружения БО с нагрузкой на них не выше 60 % от проектной, с развитой нитрификацией и частичной денитрификацией.

[3] Для всех технологий, начиная с БН, диапазон значений содержания взвешенных веществ приводятся для проектной нагрузки по притоку сточных вод.

[4] В значительной степени зависит от доли и характера сбросов промышленных стоков.

[5] Для БО и БН характеризует степень нитрификации, для остальных технологий — степень денитрификации.

Следует учитывать, что не все показатели в одной пробе очищенных сточных вод могут быть одновременно близки к одной из границ диапазонов (верхней или нижней). Так, при высоких значениях аммонийного азота азот нитратов будет по нижней границе диапазона и наоборот.

Таблица 3.13 — Величина интегрального показателя качества очистки $ИПКО_{цтп}$ для различных технологий очистки ГСВ

Технологии	Величина $ИПКО_{цтп}$ для диапазона концентраций по таблице 3.12			
	без доочистки		с доочисткой	
	для минимальных значений	для максимальных значений	для минимальных значений	для максимальных значений
БО	16,0	47,9	11,6	45,5
БН	8,8	21,7	6,4	20,0
БНД	7,1	18,8	5,8	17,0
БНДХФ	5,9	13,3	4,5	11,5
БНДБФ	6,3	13,8	5,0	12,0
БНДБХФ	5,9	13,3	4,5	11,5
ЦТП	7,0	7,0	7,0	7,0

С учетом приведенных выше данных анализа ситуации на объектах и результатов расчета $ИПКО_{цтп}$ весьма существенно действие на качество очищенной воды таких факторов снижения сбросов загрязняющих веществ, как недогрузка сооружений, низкоконцентрированные сточные воды, а также явления симультанной денитрификации.

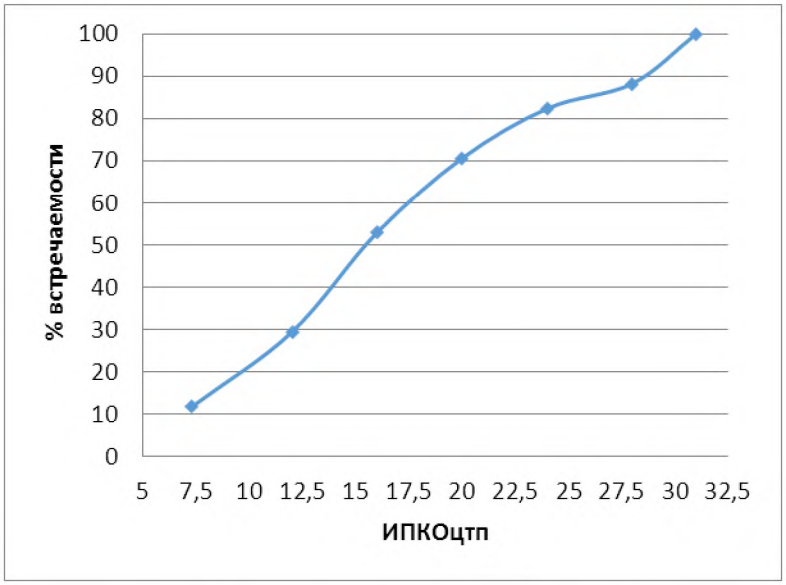
Обращает на себя внимание близость значений $ИПКО_{цтп}$ для процесса БН (как результата проведения БО на ОС с недогрузкой) к показателям современных технологий (начиная с БНДХФ). Разница величины $ИПКО_{цтп}$ БН и БНДХФ составляет 50 % — 60 %, тогда как для процессов БО и БНДХФ они различаются в 2,8–3,6 раз.

Таким образом, при близкой стоимости работ реконструкция сооружений с БН (с частичной денитрификацией) даст эколого-экономический эффект в несколько раз ниже, чем реконструкция сооружений БО с худшими показателями очищенной воды.

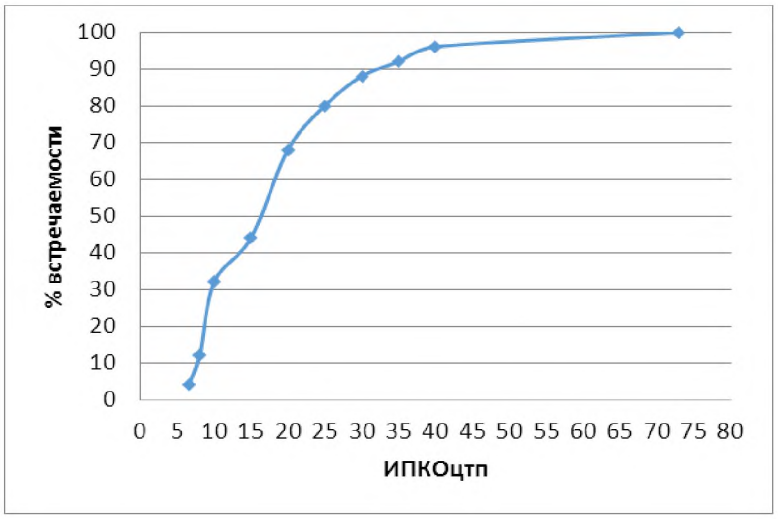
Из таблицы 3.13 также хорошо видна малая экологическая эффективность доочистки — в пределах 1,0–1,8 единиц $ИПКО_{цтп}$, что существенно ниже разброса крайних значений практического диапазона для каждой из технологий.

Хорошее качество очистки на рассмотренных недогруженных сооружениях с БН с частичной денитрификацией нельзя считать использованием современной технологии. Оно характеризуется высокими эксплуатационными затратами за счет низкой эффективности аэрации, не гарантирует стабильного результата. Однако бесспорно, что подобные объекты не должны становиться приоритетными для реконструкции. Система нормирования должна создавать условия для приоритетной модернизации более проблемных объектов, сбрасывающих существенно более высокие концентрации — объекты с полной биологической очисткой с $ИПКО_{цтп}$ свыше 30.

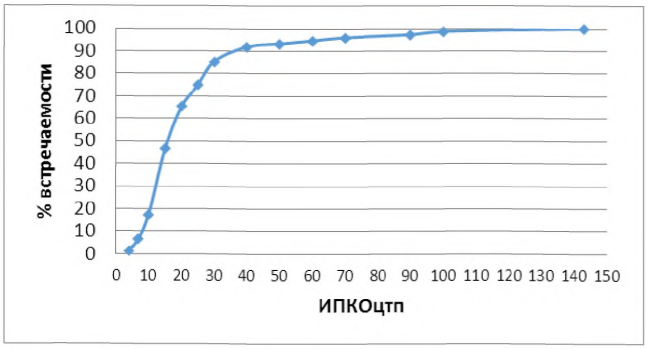
На рисунке 3.5 приведен анализ величины $ИПКО_{цтп}$ для трех диапазонов ПП ОС ГСВ.



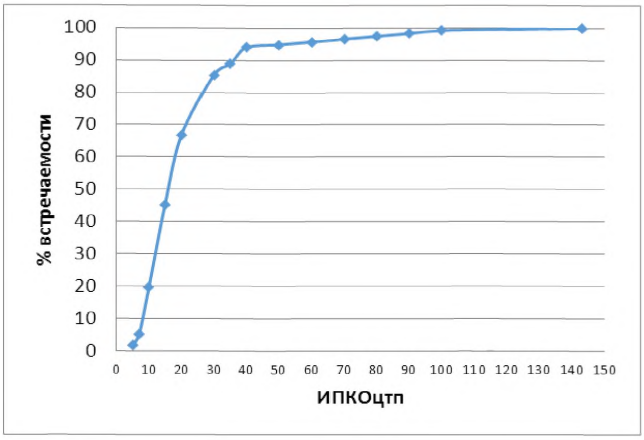
а) для ОС ГСВ с ПП более 300 тыс. $м^3$/сут



б) Для ОС ГСВ с ПП 100–300 тыс. $м^3$/сут



в) Для ОС ГСВ с ПП менее 100 тыс. $м^3$/сут



г) для всех проанализированных ОС ГСВ

Рисунок 3.5 — Кумулятивная кривая обеспеченности величины $ИПКО_{цтп}$ для ОС ГСВ, по диапазонам и для всей выборки объектов

Расчет показателя $ПКО_{цтп}$ для выборки из 200 объектов позволяет разделить ОС ГСВ на следующие категории:

- менее 7 — современные ОС, построенные (реконструированные) по технологиям удаления азота и фосфора;

- 7–10 — ОС, достаточно хорошо работающие (как минимум с денитрификацией);

- 10–15 — нереконструированные (либо реконструированные недостаточно удачно) ОС, работающие хорошо, превышающие значения ЦТП немногим более чем в 2 раза;

- 15–30 — ОС, работающие удовлетворительно по технологии полной биологической очистки;

- свыше 30 — ОС, работающие плохо.

Таким образом, показатель $ИПКО_{цтп}$ позволяет однозначно определить ОС, которые обязаны переходить на НДТ первоочередным образом: это ОС, имеющие ИПКО свыше 15.

В таблице 3.14 показано распределение групп сооружений при установлении порога значения $ИПКО_{цтп}$, равного 15.

Таблица 3.14 — Распределение ОС ГСВ по срочности модернизации на основе значения $ИПКО_{цтп}$

Показатели	Распределение объектов,%, для ОС с ПП		
	более 300 тыс. $м^3$/сут	100–300 тыс. $м^3$/сут	менее 100 тыс. $м^3$/сут
Доля объектов с ИПКО менее и равно 15, в том числе	45	44	46
- обеспечивают удаление азота и фосфора	10	10	8
- обеспечивают хорошее качество очистки без реконструкции	35	34	38
Доля объектов с $ИПКО_{цт}$ выше 15,	55	56	54
в том числе с $ИПКО_{цтп}$ выше 30	12	12	15

Для достижения наибольшей эколого-экономической эффективности целесообразно предоставить объектам, характеризующимся хорошим качеством очистки — с величиной $ИПКО_{цтп}$ менее 15 (кроме сбрасывающих очищенные воды в особо охраняемые водные объекты и водные объекты, относящиеся к зонам действия международных конвенций), отсрочку на реконструкцию на период до 7 лет (приравняв используемую ими технологию к временной НДТ) без разработки программ повышения экологической эффективности. При реконструкции таких объектов удельные капитальные вложения будут на том же уровне, что и для остальных, а вот снижение массы сброса загрязнений и, соответственно, экологическая эффективность будут не столь существенными. Модернизация подобных объектов должна производиться на следующем этапе.

Расчет $ИПКО_{цтп}$ для ПСВ приведен выше, в таблице 3.8.

3.3 Выбросы в атмосферу

Представительные данные по фактическим эмиссиям в атмосферный воздух для большинства подпроцессов отсутствуют, так как измеряемые точечные источники вы-

бросов присутствуют только для подпроцессов № 1, 16А, 20, 21. Для остальных подпроцессов в подавляющем большинстве случаев выбросы происходят с открытой поверхности сооружений.

Ключевым в мировой практике оценки количественного воздействия ОС ГСВ на атмосферный воздух является понятие скорости эмиссии запаха (СЭЗ), OU/с или OU/ч и используется для количественной характеристики скорости выделения запаха источником. В случае площадного (неорганизованного) источника запаха СЭЗ равна произведению удельной СЭЗ единицей площади (OU/м^2/с или OU/м^2/ч) на площадь источника.

Поскольку равновесная концентрация одоранта в воздухе прямо пропорциональна его концентрации в воде, существенным параметром является так называемая способность к эмиссии запаха (ОЕС). ОЕС есть количество запаха, выражаемое в OU/м^3 жидкости, которое может быть извлечено из кубометра жидкости в стандартных условиях.

Различные технологические жидкости, находящиеся в открытых сооружениях, значительно отличаются друг от друга по способности к эмиссии запаха. Данные по замерам способности к эмиссии запаха различных технологических жидкостей очистных сооружений [18] приведены в таблице 3.15. Данные по измерению удельных СЭЗ от различных технологических сооружений ОС ГСВ (по [19]) приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.15 – Данные по замерам способности к эмиссии запаха различных технологических жидкостей ОС ГСВ

Жидкость	Значение, тыс. OU_E/м^3	
	среднее	максимальное
Сточная вода на входе на очистные сооружения	80	418
Иловая вода от сырого осадка	2000	10 700
Избыточный ил	29	92
Иловая вода от обезвоживания стабилизированного осадка	110	254

Таблица 3.16 – Данные по измерению удельных СЭЗ от различных технологических сооружений ОС ГСВ

Сооружение	Удельная СЭЗ, тыс. OU_E /м^2 ч	
	средняя	максимальная
Усреднитель	10	26,2
Подводящий канал исходной сточной воды	1,4	46,6
Решетки	5,2	332
Аэрируемая песколовка	3,2	730
Песковая площадка	1,1	3,9
Первичный отстойник: поверхность	2,3	394
Первичный отстойник: водослив	7,7	73,6
Аэротенк (аэробная зона)	0,51	65,1
Аэротенк (зона денитрификации)	0,73	14,5
Аэротенк (анаэробная зона — зона удаления фосфора)	1,5	22,7
Емкость преацидификации сточной воды	48	65,8
Вторичный отстойник (поверхность)	0,65	5,8
Фильтры доочистки	0,5	4,9
Уплотнитель осадка первичных отстойников	6,7	238
Уплотнитель избыточного ила	1,5	12,4
Площадка складирования обезвоженного осадка	2,5	104

По интенсивности выделения дурнопахнущих веществ все подпроцессы, с учетом данных таблицы 3.16, можно разделить на следующие четыре группы (таблица 3.17).

Таблица 3.17 — Классификация подпроцессов, использующих открытые поверхности, по интенсивности выделения дурнопахнущих веществ

Группы по интенсивности выделения дурнопахнущих веществ	Подпроцессы
Наиболее интенсивное выделение	№ 2. Удаление оседающих грубых примесей (песка) № 4. Аккумулирование сточных вод № 12А. В части уплотнения осадка первичных отстойников или смеси осадков. Преацидификация осадка первичных отстойников № 15. Уплотнение стабилизированных жидких осадков (после сбраживания)
Интенсивное выделение	№ 1. Открытые каналы вне зданий № 5. Осаждение взвешенных веществ (осветление, первичное отстаивание) № 6А. Обработка в биореакторах биологической очистки (биофильтры) № 12А. В части уплотнения избыточного активного ила № 14А. Аэробная стабилизация жидких осадков № 16 А. Механическое обезвоживание осадков (в части складирования нестабилизированного обезвоженного осадка) № 16Б. Подсушка осадка на иловых площадках №17 Дополнительная выдержка осадков в естественных условиях
Существенное выделение	№ 3А. Обработка песка на песковых площадках № 6Б. Обработка в биореакторах биологической очистки (аэротенки) № 15. Уплотнение стабилизированных жидких осадков (после аэробной стабилизации) № 18. Компостирование обезвоженных осадков
Небольшое выделение	№ 8 Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора № 9 Доочистка № 11. Обеззараживание очищенной воды

На интенсивность выделения дурнопахнущих веществ от ОС ГСВ влияют технологические факторы, перечисленные в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Технологические факторы, влияющие на интенсивность выделения дурнопахнущих веществ от ОС ГСВ

Факторы, увеличивающие интенсивность выделения дурнопахнущих веществ	Факторы, снижающие интенсивность выделения дурнопахнущих веществ
Поступление сточных вод по самотечным коллекторам большой протяженности	Подача сточных вод на ОС по напорным трубопроводам [1)]
Низкий проток сточных вод (по отношению к проектному)	Высокий приток сточных вод (по отношению к проектному)
Высокая загрязненность сточных вод органическими соединениями	Низкая загрязненность сточных вод органическими соединениями
Высокая загрязненность сточных вод сульфатами (в большинстве случаев — природный фон в воде)	Низкая загрязненность сточных вод сульфатами
Использование аэрируемых песколовок	Использование других типов песколовок
Наличие песковых площадок	Механическая отмывка песка
Наличие первичных отстойников	Отсутствие первичных отстойников (может быть целесообразно только в технологиях с удалением азота и фосфора)
Несвоевременное удаление корки с поверхности первичных отстойников	Надлежащая эксплуатация первичных отстойников (либо их отсутствие)
Наличие в технологической схеме сооружений ацидофикации осадка первичных отстойников	Отсутствие подпроцесса ацидофикации
Наличие анаэробных зон в аэротенках (технология биологического удаления фосфора)	Отсутствие анаэробных зон в аэротенках
Неудовлетворительная аэрация, наличие застойных зон	Хорошая аэрация в аэротенках
Недостаточная аэрация имеющихся аэробных стабилизаторов с подачей в них осадка первичных отстойников и избыточного активного ила	Надлежащая аэрация аэробных стабилизаторов (либо их отсутствие)
Сбраживание осадка при высокой нагрузке на метантенки, нарушение технологического режима сбраживания	Сбраживание осадка при низкой нагрузке на метантенки, надлежащее поддержание режима
Сброс биогаза метантенков без утилизации и сжигания на свече (нерегламентное действие)	Надлежащая утилизация биогаза
Наличие уплотнителей сброженного осадка	Непосредственная подача сброженного осадка на обезвоживание
Наличие иловых площадок	Механическое обезвоживание осадка

Факторы, увеличивающие интенсивность выделения дурнопахнущих веществ	Факторы, снижающие интенсивность выделения дурнопахнущих веществ
Накопление нестабилизированного осадка на территории ОС	Быстрый вывоз (или дальнейшая обработка) стабилизированного осадка либо использование технологий стабилизации осадка
Наличие сооружений термической сушки осадка при недостаточной очистке выбросов	Отсутствие сооружений термической сушки либо надлежащая очистка выбросов
[1)] Данный фактор может действовать и противоположно, за счет того, что при напорной перекачке летучие вещества под давлением растворены в сточной воде, а после разгрузки в приемную камеру быстро улетучиваются.	

В связи с очень большим количеством технологических факторов, влияющих на интенсивность выбросов от ОС ГСВ, нормирование этих выбросов по технологическим показателям не представляется возможным. Нормирование должно осуществляться на уровне требований к недопущению ситуаций, ведущих к существенному росту выбросов, перекрытию критических участков поверхностей ОС с устройством сооружений очистки выбросов с требованием эффективности не ниже установленной.

Ситуация с выбросами ОС ПСВ аналогична, так как практически все сооружения на них имеют открытые поверхности. Однако в связи с низкой загрязненностью дождевого стока органическими веществами выбросы дурнопахнущих веществ и токсичных веществ с поверхности ОС ПСВ пренебрежимо малы, их нормирование или очистка нецелесообразны.

3.4 Образование отходов

Перечень отходов, образующихся на ОС ГСВ, исчисляется десятками позиций. В таблице 3.19 приведен пример отчетности по отходам, образовавшимся на крупном ОС ГСВ (по данным анкетирования).

Таблица 3.19 – Пример отчетности по отходам, образовавшимся на крупном ОС ГСВ

Наименование видов отходов	Код отхода по федеральному классификационному каталогу отходов	Класс опасности отхода
Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства (ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки, отработанные и брак)	4 71 101 01 52 1 (3533010013011)	1

Наименование видов отходов	Код отхода по федеральному классификационному каталогу отходов	Класс опасности отхода
Отходы синтетических и полусинтетических масел моторных (масла моторные отработанные)	4 13 100 01 31 (5410020102033)	3
Отходы минеральных масел индустриальных (масла индустриальные отработанные)	4 06 130 01 31 (5410020502033)	3
Отходы синтетических масел компрессорных (масла компрессорные отработанные)	4 13 400 01 31 3 (5410021102033)	3
Отходы минеральных масел турбинных (масла турбинные отработанные)	4 06 170 01 31 3 (5410021202033)	3
Отходы при обезвреживании коммунальных отходов (зола от сжигания кека) (золы, шлаки и пыль от топочных установок и от термической обработки отходов (зола от сжигания кека))	7 47 100 00 00 0 (3130000000000)	4
Пыль (порошок) от шлифования черных металлов с содержанием металла 50 % и более (пыль (или порошок от шлифования черных металлов (с содержанием металла 50 % и более))	3 61 221 01 42 4 (3515036611004)	4
Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15 %) (обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел менее 15 %))	9 19 204 02 60 4 (5490270101034)	4
Сальниковая набивка асбесто-графитовая, промасленная (содержание масла менее 15 %) (сальниковая набивка асбесто-графитовая, промасленная (содержание масла менее15 %))	9 19 202 02 60 4 (5490300301034)	4
Смет с территории предприятия малоопасный (твердые коммунальные отходы (смет с территории))	7 33 390 01 71 4 (9100000000000)	4
Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) (мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный))	7 33 100 01 72 4 (9120040001004)	4

Наименование видов отходов	Код отхода по федеральному классификационному каталогу отходов	Класс опасности отхода
Отходы при обработке осадков сточных вод (Кек — обезвоженный осадок после центрифугирования) (отходы (осадки) при механической и биологической очистке сточных вод (кек — обезвоженный осадок после центрифугирования))	7 46 000 00 00 0 (9430000000000)	4
Мусор с защитных решеток хозяйственно-бытовой и смешанной канализации малоопасный	7 22 101 01 71 4 (9430000000000)	4
Осадок с песколовок при очистке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод малоопасный (отходы (осадки) при механической и биологической очистке сточных вод (песок от очистных сооружений))	7 22 102 01 39 4 (9430000000000)	4
Прочие отходы при обработке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод (осадки от реагентной очистки сточных вод) (прочие осадки от реагентной очистки сточных вод (отходы (осадки) от реагентной очистки сточных вод))	7 22 900 00 00 0 (9450000000000)	4
Абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов (абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов)	4 56 100 01 51 5 (3140430201995)	5
Остатки и огарки стальных сварочных электродов (остатки и огарки сварочных электродов)	9 19 100 01 20 5 (3512160101995)	5
Лом и отходы, содержащие незагрязненные черные металлы в виде изделий, кусков, несортированные (лом черных металлов несортированный)	4 61 010 01 20 5 (3513010001995)	5
Стружка черных металлов несортированная незагрязненная (стружка черных металлов незагрязненная)	3 61 212 03 22 5 (3513200001995)	5
Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной (полиэтиленовая тара поврежденная)	4 34 110 04 51 5 (5710290313995)	5
Прочие резиновые изделия, утратившие потребительские свойства, незагрязненные (резиновые уплотнители) (резиновые изделия незагрязненные, потерявшие потребительские свойства)	4 31 190 00 00 0 (5750010113005)	5

Наименование видов отходов	Код отхода по федеральному классификационному каталогу отходов	Класс опасности отхода
Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания, несортированные (пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания, несортированные)	7 36 100 01 30 5 (9120100100005)	5

Как видно из таблицы 3.19, из 22 поименованных в ней видов отходов только 4 (выделены курсивом) являются технологическими. Объем и перечень нетехнологических отходов определяются множеством факторов, среди которых:

- способ хозяйствования (при максимальном выполнении работ своими силами образуется максимум отходов, по мере роста сервисного обслуживания и аутсорсинга их количество снижается);

- степень износа зданий и сооружений (объекты, сооруженные 30–60 лет назад, в большей степени нуждаются в текущем ремонте, с образованием отходов).

Таким образом, нетехнологические отходы не должны являться предметом нормирования.

Образование технологических отходов на объектах ОС ГСВ количественно определяется воздействием следующих основных групп факторов:

1. Отнесение осадков сточных вод к продукции:

Осадки, обработанные тем или иным способом с целью подготовки к использованию в качестве органических удобрений, компостов, почвогрунтов, рекультивантов и т. п. и соответствующие требованиям документации, определяющей требования к осадкам, используемым в этих целях [20]–[23], или разработанным ТУ на конкретный вид продукции, являются побочной продукцией.

2. Отнесение осадков к отходам:

В соответствии с № 458-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [24] (статья 1, пункт а), «отходы производства и потребления (далее отходы) — вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим ФЗ».

Удалению с территории очистных сооружений, на которых осуществляется очистка воды и обработка осадков, подлежат осадки, прошедшие технологические стадии обработки, предусмотренные проектной и технической документацией, не предусматривающей получение из них вторичной продукции, отгружаемой потреби-

телю, либо не получившие применения как удобрение, рекультивант или иное, в соответствии с вышеупомянутыми документами. Таким образом, эти осадки относятся к отходам производства и потребления.

Осадок после промежуточных стадий обработки не подлежит удалению с территорий очистных сооружений, не классифицируется как «отход производства и потребления».

Осадки, не используемые в качестве побочной продукции или не соответствующие требованиям вышеуказанной нормативной документации, удаляемые за пределы технологических сооружений и размещаемые на полигонах ТБО, полигонах промышленных отходов и специализированных полигонах, относятся к отходам производства и потребления. Класс опасности устанавливается в соответствии «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» [25] и в большинстве ОС ГСВ относится к IV–V классу опасности для окружающей среды.

3. Образование осадков (по сухому веществу), относящихся к отходам, с учетом п.п. 1-2. В эту группу факторов, влияющих на объемы образования отходов, влияют:

- загрязненность сточных вод грубыми отбросами;
- эффективность задержания отбросов на решетках;
- загрязненность сточных вод песком;
- эффективность задержания песка в песколовках;
- загрязненность сточных вод (концентрация взвешенных веществ и БПК). Чем выше загрязненность и глубже очистка, тем больше масса сухого вещества осадка;
- удельная нагрузка на сооружения биологической очистки по органическим веществам (чем ниже нагрузка, тем ниже образование избыточного активного ила);
- использование реагентов для осаждения фосфатов (увеличивают массу избыточного активного ила).

4. Наличие и эффективность работы сооружений по стабилизации осадка (снижают массу сухого вещества)

5. Глубина обезвоживания осадка

- наличие и эффективность сооружений механического обезвоживания;
- использование минеральных реагентов для кондиционирования осадка (резко увеличивают массу по сухому веществу и фактическую массу);
- соблюдение регламента эксплуатации иловых площадок;
- наличие подпроцессов компостирования, сушки, сжигания.

Диапазон количества образующихся отходов (при условии, что осадки не находят применения и размещаются или утилизируются как отходы) в зависимости от технологий, существенно влияющих на это количество, приведен в таблицах 3.20 и 3.21.

Таблица 3.20 — Фактический диапазон образования грубых отходов на ОС ГСВ

Технология	Количество, $м^3/10^6$ $м^3$ сточной воды *
Подпроцесс № 1. Выделение плавающих грубых примесей (процеживание)	5–35
Подпроцесс № 1–1. Обработка (отмывка и обезвоживание) грубых примесей, задержанных на решетках	3–25
Подпроцесс № 2. Удаление оседающих грубых примесей (песка)	10–100
Подпроцесс № 3. Обработка песка	7–80

Таблица 3.21 — Расчетный диапазон образования осадка сточных вод на ОС ГСВ

Технология биологической очистки	Масса осадков, кг сухого вещества/кг фактической влажности, на 1000 $м^3$ сточной воды *, при использовании технологий обработки осадка						
	Без стабилизации		АС		МС		СЖ ***
	+МО	+МО + ТС	+МО **	+МО + ТС	+МО **	+МО + ТС	
БО	215/1075	215/239	182/909	182/202	152/759	152/169	65/90
БН	195/975	195/217	166/831	166/185	140/701	140/156	64/89
БНД	195/975	195/217	166/831	166/185	140/701	140/156	64/89
БНДХФ	230/1150	230/256	201/1006	201/224	175/875	175/194	99/137
БНДБФ	210/1050	210/233	180/900	180/200	153/763	153/170	74/102
БНДБХФ	220/1100	220/244	190/952	190/212	164/818	164/182	86/119

* По расчету для данных по загрязненности сточных вод, приведенных в таблице 1.3, по технологии без первичного осветления. Для сточных вод с другой загрязненностью и в других условиях данные будут отличаться.

** Масса фактической влажности приведена при содержании сухого вещества в кеке 20 %.

*** При содержании сухого вещества 72 %, определяемом технологической целесообразностью транспортировки и перегрузки золы.

Таким образом, количество образующихся осадков определяется разнонаправленными факторами, что не позволяет осуществлять технологическое нормирование этих эмиссий.

Неприемлемость нормирования количества осадков, как отходов, имеет под собой и более глубокие основания, нежели большой диапазон их возможных объемов. Подходы к процессу очистки как к обработке сточных вод с целью, в том числе минимального образования осадка как отхода, подлежащего удалению, являются устаревшими. Современный, энергоресурсный, подход (ЭРП) к очистке (точнее — обработке) сточных вод ориентирует относиться к ней как к процессу концентрирования и утилизации составляющих ее химических веществ и элементов, имеющих энергетическую, удобрительную и иную ценность, а также тепловой энергии самих сточных вод [26]. Этот подход основывается как на понимании конечности природных ресурсов (нефть, фосфаты), так и на устойчивом росте стоимости ресурсов, произошедшем в последние два десятилетия.

С точки зрения ЭРП, чем больше выделено из сточной воды ее составляющих (органическое вещество, азот, фосфор), тем больше веществ может быть утилизировано как на самих ОС ГСВ (для получения энергии), так и за их пределами. В силу того, что процессы денитрификации и удаления фосфора нуждаются в органическом веществе для своего протекания, они конкурируют с энергогенерирующими процессами (прежде всего, анаэробным сбраживанием) за органическое вещество. Технологический уровень современных решений, например, в Европейском Союзе, сейчас оценивается в основном по уровню эффективности получения энергии из сточных вод при неизменном (высоком) уровне очистки.

Однако возможно и целесообразно осуществлять нормирование (для крупнейших объектов и выше) на основе технологических показателей критических свойств отходов, непосредственно влияющих на окружающую среду.

К этим свойствам следует отнести:

- содержание органического вещества в осадке (нормирование слишком высокого содержания органического вещества как критерия нестабильности осадка);

- содержание органического вещества в песке;

- содержание органического вещества в отбросах с решеток.

Образование отходов на объектах ОС ПСВ полностью определяется их поступлением с ПСВ, а оно, в свою очередь, условиями формирования ПСВ, находящимися вне сферы влияния организации, эксплуатирующей ЦСВ.

Трансформация поступающих загрязняющих веществ практически отсутствует, за исключением очистки в биоплато. Единственный процесс обработки отходов обезвоживание осадков. Таким образом, количество отходов ПСВ по сухому веществу не подлежит нормированию. Необходимо нормировать содержание сухого вещества в фактической массе отходов.

Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий

4.1 Особенности методологии определения НДТ применительно к подотрасли

Выделенные в разделе 1 экологические проблемы (задачи) отрасли, с учетом анализа фактически применяемых технологий, проведенного в разделе 2, подразделяются на следующие:

1) Применительно к ОС ГСВ:

а) в области подпроцессов очистки сточных вод:

- очистка сточных вод от органических загрязнений, соединений азота, соединений фосфора;

- обеззараживание очищенных вод.

б) В области подпроцессов обработки осадков сточных вод с целью получения побочной продукции (биогаза, органического удобрения, почвогрунта, рекультиванта и т. п.), или практически неопасного или малоопасного отхода, предназначенного для размещения в окружающей среде:

- оптимальная стабилизация осадков;

- энергогенерация на базе органического вещества осадков;

- сокращение массы осадков;

- обеззараживание осадков.

Как показано в разделах 2–3, в сфере обработки осадка часть функций подпроцессов может пересекаться либо совпадать, четкое разграничение их невозможно.

2) Применительно к ОС ПСВ:

а) в области подпроцессов очистки сточных вод:

- очистка сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов;

- очистка сточных вод от БПК, соединений азота и фосфора, обеззараживание очищенных вод (при попадании в дождевую канализацию хозяйственно-бытовых сточных вод, либо ненадлежащем состоянии территорий водосбора);

б) в области подпроцессов обработки осадка: сокращение массы осадков.

Определение НДТ производилось с точки зрения полноты решения вышеперечисленных задач.

Все другие экологические задачи, возникающие в связи с образованием сточных вод поселений и их очисткой, не имеют на настоящий момент практических решений. Пути их решения изложены в разделе 7, посвященном перспективным технологиям.

С учетом проблем отрасли не менее важным, чем определение самих НДТ, является определение их применимости. Оно базируется на двух основных критериях:

- максимальная эколого-экономическая эффективность, направленная на предотвращение нерационального расходования инвестиционных ресурсов;

- комбинированный подход, с учетом как технологических возможностей на ОС, так и возможностей водного объекта.

Описанная в разделе 3 ситуация с развитием подотрасли требует обеспечения максимальной эколого-экономической эффективности. Для достижения этого определение НДТ необходимо осуществлять, в том числе (см. подраздел 1.8), в увязке с оценкой состояния водного объекта, куда осуществляется сброс обрабатываемой сточной воды. Данная увязка должна обеспечить применение технологии, оптимально соответствующей экологическому состоянию водного объекта. Речь идет именно об определении уровня технологии, а не расчете качества сточной воды, допустимой к сбросу в водный объект. Подразумевается, что любая примененная технология должна эксплуатироваться в оптимальных, устойчивых условиях и при успешной реализации имеет ограниченный диапазон показателей качества очистки.

Важно понимать, что более 95 % всех ситуаций реконструкции существующих и строительства новых ОС реализуются в существующих населенных пунктах и относятся к уже существующим потокам сточных вод и массовым нагрузкам. Поэтому под оптимальным (с учетом состояния водного объекта) уровнем НДТ подразумевается только и исключительно разумное снижение нагрузки на водный объект от данных ОС в результате использования технологий этого уровня, а также сохранение существующего положения на хорошо работающих ОС, со сосредоточением инвестиций на худших объектах. Применение оптимального уровня НДТ никоим образом не может означать увеличения существующего уровня сброса загрязнений.

Поскольку законодательство подразумевает пересмотр справочников НДТ, если ситуация в среднем по отрасли сдвинется в сторону повышения уровня технологий и глубины очистки, в следующих редакциях будут предусмотрены другие, более высокие уровни технологий.

Основные технологии, которые могут рассматриваться как НДТ для ГСВ (в том числе удовлетворяющие критерию наличия 2 и более внедрений на территории Российской Федерации), обеспечивают качество очистки в трех диапазонах ИПКО:

- наименьшая величина $ИПКО_{цтп}$ (4,5–7) обеспечивается группой технологий с удалением азота и фосфора: БНДФ, БНДФ-А, БНДХФ, БНДБХФ, дополненной доочисткой;

- $ИПКО_{цтп}$ у этих же технологий, БНДФ, БНДФ-А, БНДХФ, БНДБХФ, но без доочистки, несколько больше — 7–10. При этом в данной группе показатели технологий с применением химических реагентов немного лучше (на 0,5 единиц), однако они имеют некоторые негативные последствия по количеству и составу образующегося осадка;

- по своим показателям следующая по росту значения $ИПКО_{цтп}$ — технология БНД, которая может быть применена только в отсутствие требований к удалению фосфора. Для водных объектов, для которых по соображениям сохранения продуктивности экологической системы и сохранения базы для рыбного промысла, может быть востребована технология, не предусматривающая удаления как фосфора, так и азота;

- как временная, с учетом малой эколого-экономической эффективности перехода от нее к вышеописанным технологиям, может рассматриваться БНЧСД (при условии не превышения $ИПКО_{цтп}$ 15 единиц). Эта технология не должна являться целью реконструкции сооружений, но должна иметь право сохраняться на 7-летний период реализации другими объектами своих программ повышения экологической эффективности.

Такими образом, возможная вариативность условий сброса в водные объекты вытекает из набора апробированных технологий (групп технологий), которыми располагает отрасль. Несмотря на большое разнообразие местных условий в водных объектах, возможности учета условий сброса для объектов производительностью свыше 20 тыс. м³/сут сводятся к четырем уровням экологической эффективности технологий, которые могут быть применены.

Для оптимизации расходования инвестиций на создание (реконструкцию) ОС для целей перехода подотрасли на НДТ целесообразно осуществлять ранжирование водных объектов для целей применения НДТ также в пределах четырех групп (категорий А–Г). Названия и предложения по разграничению объектов по категориям приводятся в настоящем справочнике условно.

Категория А. Наиболее охраняемые или наиболее уязвимые водные объекты — группа, требующая самых эффективных технологий. К данной категории должны быть отнесены особо охраняемые водные объекты.

Отнесение водных объектов в зоне международных конвенций предлагается производить по результатам сопоставления требований, предъявляемых ими к сбросам, с технологическими показателями НДТ (см. раздел 5). Так, например, ХЕЛКОМ [16] наиболее строгие требования предъявляет к концентрациям азота и фосфора.

Категория Б. Основная группа водных объектов.

Категория В. Экологически устойчивые водные объекты.

Категория Г. Объекты с особо низким содержанием азота и фосфора, допускающие по соображениям сохранения продуктивности экосистемы как основы для рыбного промысла, при обосновании, применение биологической очистки без глубокого удаления азота и фосфора (удаление в пределах 30 %).

До принятия нормативного акта, осуществляющего классификацию водных объектов по вышеуказанным категориям, все водные объекты (кроме особо охраняемых водных объектов (участков водных объектов), а также водных объектов в зоне международных конвенций) для определения НДТ должны рассматриваться как объекты категории Б.

Для меньших расходов сточных вод (менее 20 тыс. м³/сут) в связи с их меньшей экологической опасностью, а также с условиями применения технологий выбор НДТ расширен, с отнесением к ним технологий БО, БН, технологий естественной и физико-химической очистки.

Основные технологии, которые могут рассматриваться как НДТ для ПСВ (в том числе удовлетворяющие критерию 2 и более внедрений), обеспечивают качество очистки в трех диапазонах $ИПКО_{цтп}$:

- наименьшая величина $ИПКО_{цтп}$ (до 3,5) обеспечивается группой технологий, имеющих в своем составе узел доочистки на двухступенчатых фильтрах (фильтры для глубокого удаления взвеси и сорбционные фильтры). Эти дорогостоящие в создании и эксплуатации технологии должны применяться при сбросах в водные объекты А;

- выше $ИПКО_{цтп}$ у тонкослойных отстойников, флотационных и габионных сооружений, дополненных биотехнологическими подпроцессами либо использованием реагентной обработки, либо сооружением коалесцентной очистки ($ИПКО_{цтп}$ до 7). Эти технологии следует применять при сбросах в водные объекты группы Б;

- несколько худшее качество очистки обеспечивается у тонкослойных отстойников без применения биологической доочистки ($ИПКО_{цтп}$ до 12). Эту технологию следует применять при сбросах в водные объекты группы В;

- пруды-отстойники, камерные и щитовые сооружения обеспечивают существенно худшую очистку и могут применяться только для объектов категории Г либо как временные (кроме объектов категории А).

4.2 Анализ технологий как возможных НДТ для очистки городских сточных вод

Ниже описаны технологии, используемые для решения указанных экологических задач и оказывающие непосредственное воздействие на окружающую среду, в соответствии с перечнем технологий, указанных в разделе 2. Кроме общего описания, проведена оценка технологий по степени воздействия на другие компоненты окружающей среды и потребления ресурсов. Оценены условия применения технологий и факторы, влияющие на их реализацию.

4.2.1.1 Очистка сточных вод от органических загрязнений, соединений азота и фосфора

На подавляющем числе объектов, подпадающих под обязательное внедрение НДТ, для решения данной проблемы в составе процесса очистки сточных вод используется подпроцесс биологической очистки в аэротенках, с использованием в качестве доочистки фильтров различных конструкций, либо без доочистки.

Каждый из нижеописанных вариантов технологий биологической очистки включает в себя целый ряд технологий, известных под индивидуальными названиями. Приведенное описание затрагивает основные характеристики этих групп технологий, общие для них всех, не углубляясь в отличия между данными технологиями.

4.2.1.2 Биологическая очистка от органических загрязнений, соединений азота и фосфора

4.2.1.2.1 Биологическая очистка в аэротенках

Все характеристики для биологической очистки в аэротенках ниже описаны применительно к илоразделению во вторичных отстойниках. Широко применяемые за рубежом циклические реакторы (также известные как SBR) отличаются от системы аэротенк-отстойник лишь конструктивными особенностями исполнения и более широкими возможностями автоматизации процесса. Однако их применение принципиально не меняет ни экологических, ни стоимостных показателей подпроцесса биологической

очистки ГСВ, поэтому циклические реакторы отдельно в данном справочнике не рассматриваются.

Использование мембранного илоразделения существенно улучшает значения ряда технологических показателей (взвешенные вещества, $БПК_5$), а также повышает надежность достижения минимальных значений других показателей, прежде всего, фосфора фосфатов и азота нитритов. Однако, техническая рабочая группа при разработке справочника не смогла получить достоверных данных по местонахождению в России и результатам эксплуатции ОС, использующих мембранное илоразделение при очистке сточных вод поселений. Поэтому мембранное илоразделение (в составе мембранных биореакторов) как отдельная НДТ в данном разделе не рассматривалось. Аналогичная ситуация с флотационным илоразделением. Согласно принципу технологического нормирования, все технологии, которые способны обеспечить показатели, не превышающие показатели НДТ, также относятся к НДТ.

4.2.1.2.1.1 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ

Общее техническое описание

Также известна как полная биологическая очистка, традиционная биологическая очистка. Далее сокращенно именуется БО. Осуществляется в сооружениях, как правило, прямоугольной формы, куда поступает сточная вода и возвратный активный ил, отделяемый в сооружениях илоотделения. Для поддержания биохимического процесса окисления аэротенки аэрируются с помощью самых разнообразных пневматических, механических или гидравлических систем. В результате процессов аэрации происходит растворение в иловой смеси кислорода воздуха и его потребление микроорганизмами ила. В результате технологического процесса происходит сорбция на иле и окисление (полное либо частичное) органических загрязнений, как растворенных, так и взвешенных. Окисляемые органические соединения трансформируются в углекислоту и воду. В результате питания и деления микроорганизмов активного ила, а также сорбции ими загрязняющих веществ, происходит прирост активного ила.

В подавляющем большинстве применений предусмотрена регенерация возвратного активного ила (его аэрация без подачи сточной воды), с возможностью изменения соотношения объемов регенераторов и собственно аэротенков.

При обеспечении растворения достаточного количества воздуха и наличии достаточного времени пребывания в аэротенках развиваются также дополнительные процессы биологического окисления аммонийного азота — нитрификация.

Преимущества для окружающей среды

В настоящее время является базовым методом очистки ГСВ, позволяя удалять органические загрязнения с эффективностью до 95 % — 97 % — до 8–15 мг/л по содержанию взвешенных веществ и $БПК_5$.

Наряду с удалением органических загрязнений, определяемых по $БПК_5$, удаляет, благодаря физико-химическим взаимодействиям, значительную часть тяжелых металлов. Также окисляет многие специфические техногенные загрязнители, такие, как нефтепродукты, СПАВ, а также сероводород.

Частично (в количествах, необходимых для прироста активного ила) происходит удаление (поглощение) соединений азота и фосфора.

Неспособность технологии удалять азот и фосфор однозначно относит ее к устаревшим. Технология может рассматриваться как НДТ только для ОС с сверхмалой производительностью, как оказывающих малое негативное воздействие, и нуждающихся в простых и эффективных методах.

Межсредовые воздействия

Значительная часть органических соединений не окисляется, а трансформируется в прирост активного ила, увеличивая его концентрацию в сооружении. Соответственно, необходимо выводить избыточный активный ил (после сооружений илоотделения), обрабатывать его и размещать в окружающей среде.

Особенностью технологии является высокая энергоемкость процесса растворения кислорода воздуха в аэротенке. Энергия потребляется в виде электроэнергии и не может быть рекуперирована.

Возможны эмиссии летучих веществ в воздушную среду, однако за счет наличия растворенного кислорода во всем объеме сооружения выделение восстановленных соединений серы и ЛЖК невелико.

Применимость

Без негативного воздействия на окружающую среду по современным требованиям метод применим только в двух случаях: на сверхмалых очистных сооружениях, при использовании предварительного, либо последующего удаления фосфора с помощью реагентов, а также последующего удаления соединений азота с использованием дополнительного источника органики для процесса денитрификации (в России последнее не применяется).

Факторы, влияющие на возможность реализации

Один из наиболее простых методов очистки ГСВ, не требующий для своей реализации сложного оборудования и средств автоматики.

Потребность в площади для метода средняя.

При наличии в бассейне водоотведения мощных источников нерегулярной нагрузки либо залповых сбросов органических загрязнений (пищевые, химические, нефтехимические предприятия), приводящих к увеличению нагрузки по органическим загрязнениям более чем на 50 %, возможна хронически нестабильная работа метода с ухудшением качества очистки по $БПК_5$ до 20–40 мг/л и негативным влиянием на сооружения илоотделения.

На ряде объектов технология применяется с использованием загрузочного материала для иммобилизации биомассы в аэротенках.

При использовании загрузочного материала он может быть размещен в сооружении следующими основными способами: в виде самонесущих блоков (непосредственно на днище либо на поддерживающих каркасах), в виде полотнищ, волокнистых материалов и т. п., размещаемых на каркасах, в виде плавающей загрузки.

Такой вариант более стабилен в условиях залповых сбросов загрязняющих веществ, позволяет повысить производительность сооружений.

Недостатками являются существенные капитальные вложения на приобретение загрузочного материала и его размещение в аэротенке, а также сложности с его регенерацией (известны случаи обрушения под весом биопленки недостаточно прочной загрузки). Использование загрузки, кроме плоскостной (как в аэротенке, так и в затопленных биофильтрах), требует тщательного процеживания сточных вод.

Референц-объекты

Подавляющее большинство всех ОС ГСВ в стране.

4.2.1.2.1.2 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и аммонийного азота

Общее техническое описание

Историческое название процесса — продленное окисление. Для отличия всей группы процессов биологической очистки, использующих нитрификацию, от полной биологической очистки (классической технологии) в настоящем справочнике они именуются как процессы глубокой биологической очистки. Далее по тексту сокращенно именуется БН.

Конструктивное исполнение и движение технологических потоков аналогично полной биологической очистке. Является сочетанием в одном сооружении двух микробиологических процессов:

- аэробное окисление органических загрязнений растворенным кислородом;
- аэробное окисление аммонийного азота до нитратов (нитрификация) и нитритов.

Процесс нитрификации развивается как продолжение полной биологической очистки, в том числе самопроизвольно, при необходимом увеличении времени пребывания сточной воды в аэротенках (в том числе при отказе от регенерации возвратного ила и задействовании этих объемов для очистки сточной воды) и достаточном количестве растворенного кислорода (не менее 1 мг/л в тех зонах, где происходит нитрификация). В подавляющем большинстве ситуаций данный процесс не был предусмотрен проектом, а развился по описанным причинам.

Несмотря на внешнюю идентичность с полной биологической очисткой, процесс нитрификации ГСВ существенно отличается от нее. Для его эффективного протекания необходимо поддержание заданного минимального возраста ила (в терминологии [27]). При снижении ниже этой величины процесс нитрификации нарушается и затем практически прекращается.

Высокое потребление кислорода на нитрификацию существенно увеличивает необходимый расход воздуха, который необходимо подавать на аэротенк — до 50 % — 100 %. Если этот расход не будет подаваться, процесс нитрификации будет происходить лишь частично, даже при необходимом возрасте ила. И, наоборот, при нарушении возраста ила даже при необходимом расходе воздуха процесс не будет происходить эффективно.

Поскольку процесс нитрификации приводит к выделению в воду ионов водорода, то при недостаточной буферности сточной воды возможно снижение pH и, в свою очередь, ингибирование процесса нитрификации.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять органические загрязнения с эффективностью до 96 % — 98 % — до 5–8 мг/л.

Позволяет переводить соединения азота из более токсичной формы (аммонийный азот) в менее токсичную (нитратный азот). Азот нитратов, в отличие от аммонийного азота, не потребляет кислорода в водных объектах, т. е. не оказывает негативного влияния один из важнейших технологических параметров — концентрацию растворенного кислорода. Более того, в загрязненных водных объектах азот нитратов может служить источником связанного кислорода для протекания процессов самоочищения путем денитрификации. Остаточная концентрация аммонийного азота может составлять 0,3–1,0 мг/л.

Теоретически процесс продленного окисления не обеспечивает удаления азота сверх 20 % — 35 %, потребляемых на прирост ила, т. е. в значительной степени оставляет без изменения негативное влияние азота в виде эвтрофикации водных объектов. Однако на практике на значительной части объектов (см. раздел 3) отмечено существенное удаление азота на ОС, работающих по технологии БН — до 60 %, с получением общего азота в пределах 15 мг/л. Эта технология названа БНЧСД — глубокая биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией.

За счет неполного окисления могут присутствовать повышенные концентрации азота нитритов — на уровне 0,1–0,5 мг/л.

За счет большего времени контакта загрязнений с илом обеспечивает максимально глубокое удаление органических загрязнений, определяемых по $БПК_5$ (до 2–3 мг/л) и специфических техногенных веществ (нефтепродукты, СПАВ, фенолы), а также сероводород.

Все остальные преимущества для окружающей среды тождественны полной биологической очистке.

Экологические преимущества однозначно свидетельствуют в пользу применения данной технологии как временной меры до реконструкции ОС с внедрением НДТ. Не рекомендуется как технология, которая должна внедряться путем реконструкции аэротенков, кроме ситуаций, в которых удаление азота нецелесообразно с рыбохозяйственной точки зрения, а также при предъявлении соответствующих требований потребителем при использовании сточных вод для орошения. В остальных ситуациях для реконструкции ОС начиная с небольших следует использовать более экологически эффективные технологии.

На малых ОС технология может рассматриваться как НДТ, учитывая их незначительный вклад в загрязнение водных объектов и не столь существенное влияние фактора энергопотребления.

Межсредовые воздействия

Особенностью технологии относительно полной биологической очистки является наиболее высокая энергоемкость процесса растворения кислорода воздуха в аэротенке. Энергия потребляется в виде электроэнергии и в рамках данного процесса не может быть рекуперирована.

Применимость

Без негативного воздействия на окружающую среду по соединениям азота и фосфора метод применим в следующих условиях:

- на сверхмалых — небольших ОС, в зависимости от категории водного объекта;
- как временный процесс на ОС, обеспечивающих $ИПКО_{цтп}$ не более 15 (кроме категории водных объектов А — наиболее охраняемые и уязвимые);
- при проведении последующего удаления нитратов с использованием дополнительного источника органики для процесса денитрификации, что формирует существенные дополнительные финансовые затраты и экологическую нагрузку в виде потребления реагентов и увеличения количества твердых отходов (в России не применяется);
- при использовании предварительного либо последующего удаления фосфора с помощью реагентов.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Наряду с полной биологической очисткой, один из наиболее простых методов очистки коммунальных СВ, не требующий для своей реализации сложного оборудования и средств автоматики.

Может быть реализован на существующих сооружениях без реконструкции, при нагрузке на них не выше 2/3 от проектной и достаточной мощности аэрационной системы.

Высокая (наиболее высокая из всех технологий биологической очистки) потребность в электроэнергии при отсутствии удаления азота делает технологию БН, как вновь внедряемого процесса, экономически малоэффективной. Рациональнее использовать технологии БНД. Технология БН, как правило, реализована по факту, как следствие низкой нагрузки на сооружения БО, при достаточной аэрации.

Потребность в площади для метода — повышенная (по сравнению с БО).

При наличии в бассейне канализования мощных источников нерегулярной нагрузки, либо залповых сбросов органических загрязнений (пищевые, химические, нефтехимические предприятия), приводящих к увеличению нагрузки по органическим загрязнениям более, чем на 50 %, возможна хронически нестабильная работа метода с ухудшением качества очистки по $БПК_5$ до 20–40 мг/л и негативным влиянием на сооружения илоотделения. При сбросе определенных токсикантов, а также в результате перерывов в подаче электроэнергии более чем на 15 ч возможно ухудшение процесса нитрификации.

Аналогично технологии полной биологической очистки находит применение опция применения загрузочного материала для иммобилизации биомассы в аэротенках, повышающая стабильность процесса.

Его характеристики аналогичны. Для реализации в условиях нитрификации существенно, что неэффективная регенерация загрузки приводит к периодическим сбросам отмершей биопленки и вторичному загрязнению аммонийным азотом, что существенно снижает эффективность процесса.

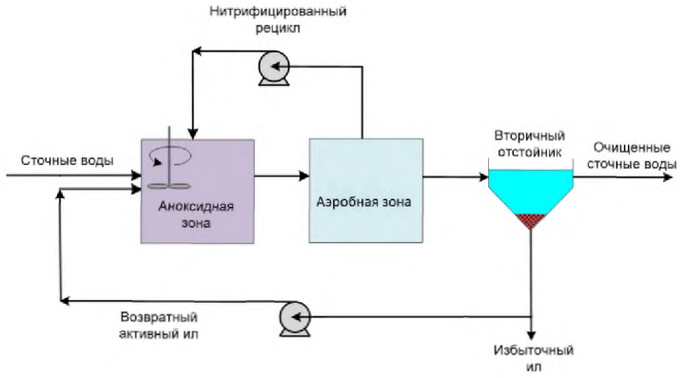
Референц-объекты

Около 30 % сооружений полной биологической очистки в России в силу сложившихся обстоятельств работают по данной технологии.

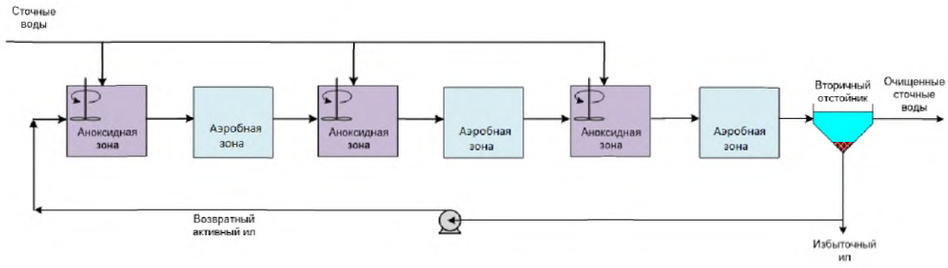
4.2.1.2.1.3 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота

Общее техническое описание

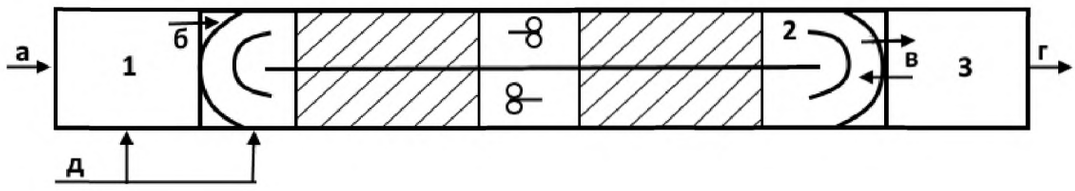
На практике реализована с помощью процессов биологической нитри–денитрификации (далее именуется БНД). Применяемые технологические схемы приведены на рисунке 4.1.



а) Модифицированный процесс Лудзака–Эттингера (МЛЭ), также называемый предвключенной денитрификацией



б) Ступенчатая нитри–денитрификация (могут использоваться 2 или 3 ступени с чередованием аноксидной и аэробной зон)



1 — первичный отстойник;

2 — биореактор;

3 — вторичный отстойник;

а — поступающая сточная вода;

б — осветленная сточная вода;

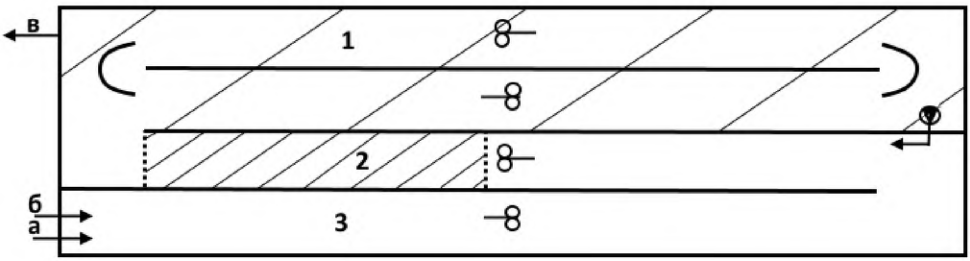
в — возвратный ил;

г — очищенная сточная вода;

д — реагент (FeCl3);

заштрихованная часть — зона переменной аэрации

в) «Карусельная» нитри–денитрификация. На примере демонстрационной линии на Курьяновских ОС (Москва), 1995–1998 годы, 40 тыс. м3/сут



1 — зона симультанного процесса (концентрация O_2 в пределах 0,3–0,8 мг/л);

2 — зона переменной аэрации;

3 — зона без аэрации;

а — поступающая сточная вода;

б — возвратный ил;

в — иловая смесь на вторичные отстойники

г) Попеременная или симультанная нитри–денитрификация (Люберецкие ОС, Москва, 60 тыс. м3/сут)

Рисунок 4.1 — Варианты технологического процесса нитри–денитрификации в аэротенках

Конструктивно осуществляется в аэротенках прямоугольной формы, куда поступает сточная вода и возвратный активный ил, отделяемый в сооружениях илоотделения. Может также быть реализован как циклический процесс, с осуществлением последовательно биохимических процессов и отставания ила в едином сооружении (в России имеются единичные объекты с циклическими реакторами.

Технология основана на использовании в одном сооружении трех микробиологических процессов:

- аэробное окисление органических загрязнений растворенным кислородом;

- аэробное окисление аммонийного азота до нитратов (нитрификация);

- аноксидное окисление органических загрязнений кислородом нитратов, с восстановлением нитратного азота до молекулярного (денитрификация).

Условием проведения денитрификации является отсутствие в иловой смеси в течение необходимого времени растворенного кислорода либо очень малая его концентрация (до 0,5 мг/л) при одновременном присутствии органических веществ. Для проведения двух групп процессов, характеризующихся разными потребностями в растворенном кислороде, используют следующие основные приемы:

- физическое разделение процессов путем выделения специальных зон нитрификации и денитрификации (зоны N и D);

- разделение процессов во времени в одном и том же объеме сооружения. Используется частичное разделение во времени, при этом фазы нитрификации и денитрификации повторяются многократно;

- комбинированное использование физического и временного разделения процессов;

- одновременное, когда весь процесс очистки проводится при невысоких значениях концентрации растворенного кислорода (до 1 мг/л).

Бактерии, осуществляющие нитрификацию и денитрификацию, существуют в единой иловой смеси, функционируя в соответствующих зонах (временных интервалах) либо в единой зоне с промежуточными условиями. Обязательным условием деятельности бактерий-денитрификаторов является наличие органического вещества, которое они могут потреблять в процессе восстановления нитратов, для которого необходимо окисление связанным кислородом углерода и водорода.

Для обеспечения такой возможности при использовании различных зон применяется такой технологический прием, как рециркуляция между зонами. Необходимость этого обусловлена тем, что процесс нитрификации происходит тогда, когда почти все органические загрязнения удалены.

В схемах с зональным разделением нитрификации и денитрификации производится рециркуляция иловой смеси, содержащей нитраты, из конца аэробной зоны в начало аноксидной. Эта рециркуляция осуществляется с помощью погружных насосов путем создания горизонтально ориентированными мешалками бесконечного потока («карусель») иловой смеси между зонами, а также с помощью эрлифтов (рационально только на малых установках).

Способы аэрации — аналогично БО. Зоны денитрификации должны перемешиваться для предотвращения расслоения иловой смеси и для массообмена. Перемешивание на большинстве объектов — с помощью погружных мешалок (оптимальный метод), несколько объектов были выполнены с перемешиванием воздухом с минимизацией растворения кислорода (нерекомендуемый метод).

Возвратный активный ил подается в начало зоны денитрификации либо в единый объем аэротенка (при других рассмотренных решениях по проведению процесса).

Сравнение технологических схем нитри–денитрификации приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнение технологических схем нитри–денитрификации

Технологическая схема	Преимущества	Недостатки
Модифицированный процесс Лудзака – Эттингера (МЛЭ)	Глубокое удаление аммонийного азота. Не нуждается в автоматизации. Простота применения при реконструкции	Значительный рецикл из зоны нитрификации. Малые возможности для изменения соотношения зон N и D
Ступенчатый процесс	Не требуется внутренний рецикл. Минимальное время пребывания за счет повышенной концентрации активного ила. Возможно достигнуть более эффективного удаления азота и более глубокой нитрификации	Усложненная схема, содержащая 4–6 зон. Малые возможности для изменения соотношения зон N и D. В коридорной компоновке высокие затраты на перемешивание узких зон денитрификации. Сложно применять при реконструкции
«Карусельный» процесс	Широкие возможности для изменения соотношения зон N и D. Минимальные энергозатраты на перемешивание. Уменьшение на 10 % затрат на аэрацию	Увеличенные затраты на изменение строительных конструкций при реконструкции.
Периодический процесс	Максимальная простота конструкции (может быть использован единый объем и схема циклического реактора (SBR-реактора). Максимальные возможности для управления процессом	Увеличенные затраты на аэрационную систему. Требует автоматизации. При небольшом времени обработки воды возможно повышенное содержание аммонийного азота в очищенной воде (реактор-смеситель)
Симультанный процесс	Те же. Минимальные затраты на аэрацию (работа при пониженной концентрации растворенного кислорода). Возможно глубокое удаление общего азота	Те же. Несколько увеличенный объем сооружения. Потенциальные проблемы со вспуханием ила

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять органические загрязнения с эффективностью до 96 % — 98 % — до 5–8 мг/л, а также соединения азота до 90 %. В мировой практике, как правило, не нормируют формы азота в составе общего азота. В Российской Федерации нор-

мируются все 3 основные формы. Процесс биологического удаления азота позволяет получать остаточный общий азот преимущественно в наименее токсичной форме азота нитратов, минимизируя содержание аммонийной и нитритной форм. Метод полностью способен обеспечить требования ПДК по содержанию азота нитратов.

Достижение ПДК по аммонийному азоту не может быть гарантированно, по азоту нитритов — маловероятно.

Все остальные преимущества для окружающей среды тождественны процессу БН.

Межсредовые воздействия

Отличительной особенностью процесса БДН является сниженное потребление воздуха (и, соответственно, электроэнергии) по сравнению с БН, так как около 60 % энергии, пошедшей на нитрификацию, потом используется для окисления органических загрязнений в процессе денитрификации внутри данной технологии.

Применимость

Метод должен рассматриваться как основная и она же заключительная стадия очистки на очистных сооружениях соответствующего масштаба. Применение метода без реагентного удаления фосфора применимо на объектах до малых включительно.

Технология, как правило, не требует дополнительного источника органики для процесса денитрификации. Для ОС в России неизвестны случаи с применением внешнего источника органических веществ для денитрификации, тогда как за рубежом это встречается довольно часто.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Более сложный метод, как правило, требующий для своей реализации использования дополнительного оборудования (мешалки, насосы рециркуляции). Желательно также использование средств автоматики.

Потребность в площади для метода – повышенная по сравнению с БН на 20 % — 30 % и до 50 % — 60 % по сравнению с БО.

Проблемы с ингибированием нитрификации и проблемами с аэрацией — аналогичны БН.

Однако потребление электроэнергии все же существенно выше, чем при БО по следующим причинам:

- 40 % кислорода, пошедшего на нитрификацию, теряется безвозвратно;

- процесс требует более высокой концентрации растворенного кислорода (КРК), чем БО, соответственно, растворение кислорода протекает менее эффективно —

заключительная стадия нитрификации (до 1 мг/л) проходит при весьма низкой потребности в кислороде, что приводит к росту КРК до 4–5 мг/л и еще большему снижению эффективности потребления кислорода.

Тем не менее при реконструкции существующих объектов, по проекту имеющих процесс БО, часто достигают снижение потребления электроэнергии по следующим причинам:

- как правило, на этих сооружениях по факту эксплуатируют процесс БН, а не БО;
- реконструкция с переводом на БНД сопровождается заменой старых неэффективных систем аэрации, что дает сокращение затрат воздуха до двух раз.

Референц-объекты по технологии БНД приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Референц-объекты по технологии БНД

Технология нитри- и денитрификации	Объекты	Проектная производительность / фактическая нагрузка (2014 г), тыс. $м^3$/сут	Среднегодовое содержание загрязнений в очищенной воде, мг/л	Эффективность удаления, %
Модифицированный процесс Лудзака –Эттингера (МЛЭ)	ОС № 1	100/67	$N\text{-}NH_4$ 0,59 $N\text{-}NO_3$ 8,1 $N\text{-}NO_2$ 0,06	$N_{общ}$ — 75
«Карусельный» процесс	ОС № 2	160/66	$N\text{-}NH_4$ 1,62 $N\text{-}NO_3$ 13,7 $N\text{-}NO_2$ 0,34 $P\text{-}PO_4$ 1,6	$N_{общ}$ — 45–50
Примечание – Сбор анкет по ОС проводился Бюро НДТ на условиях анонимности. Названия ОС, указанных в настоящем справочнике здесь и далее, имеются в Бюро НДТ. Названия указаны в тех случаях, когда информация по ОС взята из открытых источников.				

4.2.1.2.1.4 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота, с химическим удалением фосфора

Техническое описание

С точки зрения технологии биологической очистки очень близка к БНД.

Технологические схемы БНД и БНДХФ отличаются только добавлением реагента для улучшенного удаления фосфора. На ОС ГСВ в России реагент добавляют (применительно к биологической очистке):

- в конце аэротенка — перед вторичными отстойниками;
- в возвратный активный ил;

- в возвратные потоки от сооружений обработки осадка.

Также вне биологической очистки реагент добавляется перед первичными отстойниками, а также перед фильтрами доочистки.

Используются коагулянты, так как удаление фосфора происходит в основном путем сорбции фосфатов на хлопьях гидроксида железа или алюминия. Эти хлопья, в свою очередь, включаются в состав хлопьев активного ила.

Доза реагента пропорциональна количеству удаляемых фосфатов. Кроме того, она сильно зависит от местных условий и точек введения реагента. Необходимая доза существенно возрастает относительно обычных значений, когда нужно обеспечить максимальную глубину удаления. Оптимальная остаточная концентрация 0,5–0,7 мг/л, возможно достижение 0,2–0,4 мг/л, но при существенном увеличении расхода реагента.

Преимущества для окружающей среды

Весьма глубокое осаждение фосфора. Вместе с входящей в состав процесса технологией БНД обеспечивает настолько глубокую очистку ГСВ, насколько она может быть достигнута в одностадийном сооружении биологической очистки с гравитационным илоразделением.

Применимость

Использование метода с опцией реагентного удаления фосфора применимо при любых масштабах сооружений.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Реагентное удаление фосфора приводит к существенному увеличению эксплуатационных затрат (см. раздел 6), и в первую очередь по следующим статьям:

- на приобретение реагентов;

- на обработку, перекачку, обезвоживание, вывозку и размещение дополнительного количества осадка (5 % — 20 %, в зависимости от количества удаляемого фосфора и массы основного прироста избыточного активного ила), образующегося за счет включения гидроксида железа или алюминия в его сухое вещество;

- на эксплуатацию узла хранения реагента, приготовления и дозирования его раствора.

Химический осадок вытесняет часть активной биомассы из ила. Увеличение количества избыточного ила приводит к снижению возраста ила и требует для сохранения того же количества органического вещества ила (для гарантированного проведе-

ния нитрификации) увеличения объемов аэротенков пропорционально дополнительному приросту сухого вещества осадка (см. выше).

На ОС ГСВ с анаэробной стабилизацией осадка дополнительная нагрузка по бионеразлагаемому осадку на метантенки снижает их эффективность.

Также ухудшаются свойства осадка, получаемого при такой технологии, при использовании как удобрения.

Референц-объекты, на которых применены технологии БНДХФ, приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Референц-объекты, на которых применена технологии БНДХФ

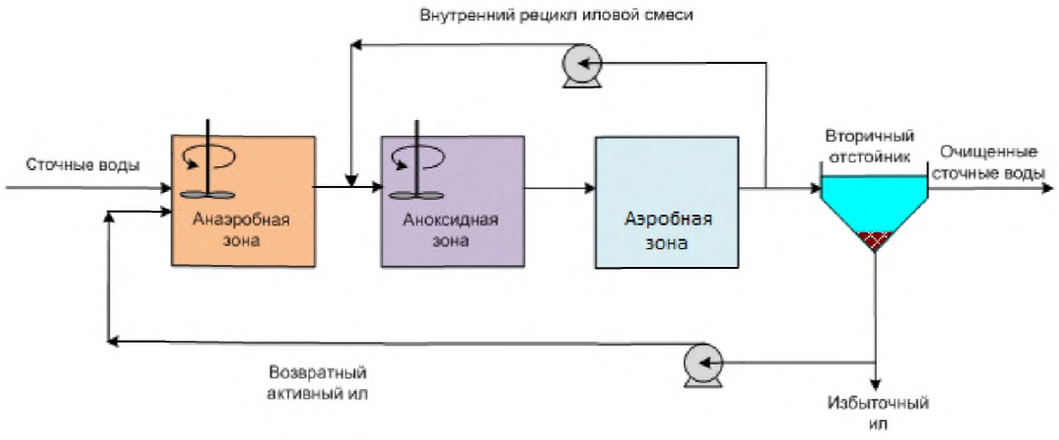
Технология	Объекты	Проектная производительность / фактическая нагрузка (2014 г), тыс. $м^3$/сут	Вид /доза реагента, кг/1000 $м^3$ по товарному реагенту	Среднегодовое содержание загрязнений в очищенной воде, мг/л	Эффективность удаления,%
Модифицированный процесс Лудзака –Эттингера (МЛЭ) — предвключенная денитрификация	ОС № 4	10,5/4,5	Нет данных	ВВ [1] 7,9 $БПК_5$ 3,3 $N\text{-}NH_4$ 1,04 $N\text{-}NO_3$ 7,9 $N\text{-}NO_2$ 065 $P\text{-}PO_4$ 0,94	$N_{общ}$ — 80–85 $P_{общ}$ — н/д
[1] Здесь и далее, ВВ — сокращенное обозначение взвешенных веществ.					

4.2.1.2.1.5 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота, с биологическим удалением фосфора

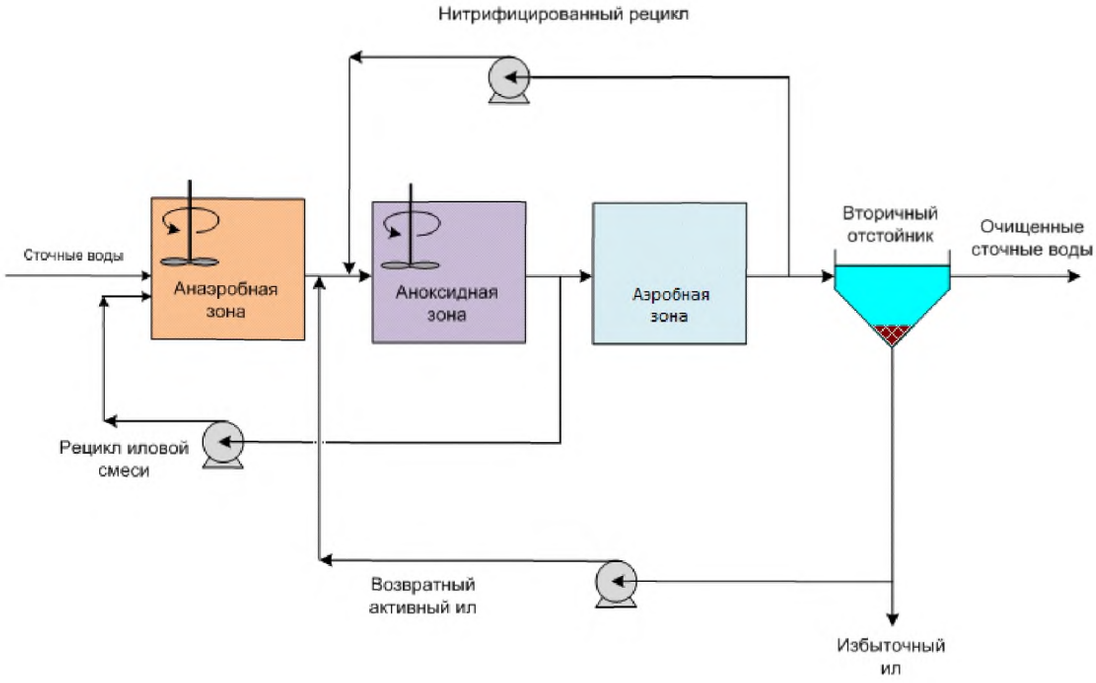
Общее техническое описание

От БНД принципиально отличается наличием еще одной технологической зоны — так называемой анаэробной. Эта зона часто называется зоной биологического удаления фосфора, хотя сущность процессов в ней прямо противоположна. Данная зона конструктивно может быть расположена как часть прямоугольного аэротенка, либо выделена в отдельную емкость, называемую фосфорным бассейном. В циклических реакторах вместо анаэробной зоны используется анаэробная стадия процесса в едином объеме сооружения.

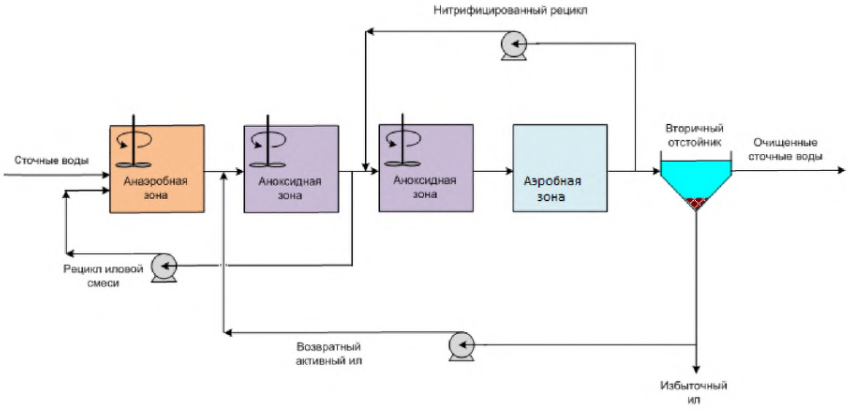
Применяемые на практике технологические схемы процесса, далее сокращенно именуемого БНДБФ, приведены на рисунке 4.2 [28].



а) Процесс A^2/O (Анаэробик–Аноксик–Оксик)



б) Процесс Кейптаунского университета (UCT)



в) Модифицированный процесс UCT (MUCT)

Рисунок 4.2 — Варианты процесса БНДБФ, применяемые в России

Большая часть схем удаления фосфора реализуют с выполнением стадий нитри- и денитрификации по предвключенной технологии, «карусельной» (циркуляционной) или симультанной технологии.

Благодаря наличию указанной зоны технология реализуется благодаря сочетанию четырех микробиологических процессов, осуществляемых одним илом:

- аэробное окисление органических загрязнений растворенным кислородом. В данном процессе производится двумя различными функциональными группами микроорганизмов. Первая — обычные гетеротрофы, потребляющие различные органические соединения. Вторая — фосфораккумулирующие микроорганизмы (ФАО), способные потреблять только летучие жирные кислоты (ЛЖК). Их специфический механизм запасания энергии в клетках работает за счет накопления в ней полифосфатов в количествах до 20 % — 30 % фосфора от сухого вещества клеток данных бактерий и до 5 % — 7 % от сухого вещества ила в целом;

- анаэробное поглощение ФАО летучих жирных кислот с преобразованием их во внутриклеточное полимерное соединение, с выделением при этом в жидкую фазу фосфатов. Они выделяются в результате распада полифосфата, дающего клеткам ФАО энергию на поглощение и биохимическую трансформацию ЛЖК. Окисление органических соединений, образующихся в анаэробных условиях, производится позже, при попадании иловой смеси в аэробные условия;

- аэробное окисление аммонийного азота до нитратов (нитрификация);

- аноксидное окисление органических загрязнений кислородом нитратов, с восстановлением нитратного азота до молекулярного (денитрификация). Данный процесс может также производится специфическими ФАО.

В простейшем виде технология функционирует следующим образом: возвратный активный ил попадает в анаэробную зону, куда поступает сырая сточная вода, затем иловая смесь поступает в блок БНД, после чего на стадию илоразделения.

Важным условием эффективного биологического удаления фосфора является предотвращение попадания в анаэробную зону существенных концентраций азота нитратов, так как в их присутствии ЛЖК, находящиеся в сточной воде, будут потребляться не ФАО, а денитрификаторами. Особенностью процесса БНД является весьма существенное содержание азота нитратов в возвратном активном иле — до 6–9 мг/л. В условиях, как правило, невысокой концентрации БПК в сточных водах в России и, соответственно, невысокого содержания ЛЖК вышеописанная технология с подачей возвратного ила сразу в анаэробную зону работает плохо. Для обеспечения низкого содержания нитратов в подаваемом в нее иле его вначале подвергают денитрификации, либо внутри технологии БНД, либо в отдельной зоне.

В зависимости от используемой разновидности метода используется подача в анаэробную зону иловой смеси, прошедшей предварительную денитрификацию. С этой целью используют рециркуляционные насосы.

Присутствие растворенного кислорода в анаэробной зоне недопустимо.

Организация процесса БНД, аэрация и перемешивание производятся аналогично описанию для БНД. Анаэробную зону перемешивают только мешалками.

Группа технологий БНДБФ, несмотря на 40-летнюю историю применения, по-прежнему активно развивается. Это связано со сложностью микробиологических и биохимических процессов, протекающих при взаимодействии 4 вышеперечисленных групп микроорганизмов.

БНДБФ не могут быть эффективно применены на любой ГСВ. Необходимым условием является наличие минимально необходимого соотношения в этой ГСВ величин БПК и общего фосфора. При меньших значениях сточная вода не будет содержать достаточно органического вещества, чтобы его хватило и для денитрификации, и для роста ФАО. Важно также содержание ЛЖК, однако при достаточном количестве БПК на его увеличение можно влиять (см. подраздел 4.1.1.6).

При дальнейшей обработке избыточного активного ила с повышенным содержанием фосфора не должно допускаться образование в нем анаэробных условий, и в

особенности, при наличии доступного органического вещества, так как в этом случае ФАО в соответствии со своим метаболизмом быстро выделят фосфор.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять органические загрязнения с эффективностью до 96 % — 98 % — до 5–8 мг/л, соединения азота — до 90 %, общий фосфор — до 90 %, фосфор фосфатов — до 95 %.

Наряду с удалением органических загрязнений, определяемых по $БПК_5$, удаляет, благодаря физико-химическим взаимодействиям, значительную часть тяжелых металлов. Также окисляет многие специфические техногенные загрязнители, такие как нефтепродукты, СПАВ, а также сероводород.

Технология (с использованием технологий обработки и утилизации осадка) позволяет осуществить существенную рекуперацию фосфора из сточных вод. Это имеет важное значение в условиях конечности запасов фосфорных руд.

Межсредовые воздействия

Аналогичны описанным для БО и БНД, кроме повышенной эмиссии летучих веществ в воздушную среду из анаэробных зон.

Не требуя использования реагентов, метод минимизирует образование потенциальных отходов. Повышая удобрительную ценность осадка, технология увеличивает его привлекательность как удобрения.

Применимость

Метод применим как заключительная стадия очистки на очистных сооружениях от небольших и выше. Причиной ограничений является относительная сложность эксплуатации технологии.

Применение метода требует дополнительного объема на 1,5–2 ч пребывания сточной воды, что требует увеличения объема, необходимого для БНД, примерно на 20 %.

Затраты на электроэнергию не возрастают. Увеличение количества избыточного активного ила пренебрежимо мало.

Метод не может быть рассчитан на достижение концентрации общего фосфора менее 1 мг/л, что соответствует 0,6–0,8 мг/л фосфора фосфатов. На практике достижимы (в отдельные продолжительные периоды) концентрации до 0,2 мг/л. Таким образом, он позволяет достичь практически тех же результатов, что и БНДХФ, но без при-

менения дорогостоящих реагентов. В развитых странах происходит постепенное вытеснение группой технологий БНДБФ методов с химическим осаждением фосфатов.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Один из наиболее сложных методов биологической очистки из находящих массовое распространение. Требует для своей реализации использования дополнительного оборудования (мешалки, насосы рециркуляции).

Корректная разработка технологической части проекта и наладка процесса во многих случаях представляют сложность и требуют привлечения квалифицированных специалистов.

В отдельные периоды из-за колебаний состава сточных вод, условий эксплуатации, а также субъективных факторов эффективность биоудаления фосфора может снижаться, в эти периоды фосфор фосфатов возрастает до 1,0–1,5 мг/л. Отказ от использования первичного осветления может повысить надежность метода, однако существенно увеличивает объем аэротенков и потребность в электроэнергии.

Способность фосфора, биологически поглощенного активным илом, очень быстро выделяться в жидкую фазу при попадании ила в анаэробные условия во избежание формирования на очистных сооружениях мощного рецикла фосфатов накладывает существенные ограничения на проведение процессов обработки осадка и требует применения специальных технологических приемов. Следует отметить, что в процессе анаэробного сбраживания, несмотря на наличие анаэробных условий, выделение биологически поглощенного фосфора не превышает 15 % — 20 %.

Сравнительная характеристика технологических схем биологического удаления азота путем нитри- и денитрификации приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Сравнительная характеристика технологических схем биологического удаления азота путем нитри- и денитрификации

Процесс	Преимущества	Недостатки
A^2/O	Наиболее простая и хорошо проверенная технология. Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, в том числе минимальные затраты электроэнергии на рециркуляцию	Возвратный ил содержит нитраты, поступающие в анаэробную зону, что на низкоконцентрированных стоках практически блокирует улучшенное удаление фосфора

Процесс	Преимущества	Недостатки
UCT	Эффективное удаление фосфора и из низкоконцентрированных сточных вод может быть достигнуто хорошее удаление фосфора. Хорошее удаление азота	Требуется дополнительная система рециркуляции. Концентрация иловой смеси в анаэробной зоне снижена, что приводит к меньшей доле ФАО в иле
MUCT	Более адаптирована к работе при низком соотношении C/N и поэтому более надежна. Хороший опыт эксплуатации.	Повышенная сложность процесса. Сложнее автоматизировать процесс N–D путем изменения соотношения аэрируемых и аноксидных зон

Референц-объекты, на которых применены технологии БНДБФ, приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Референц-объекты, на которых применены технологии БНДБФ

Технология	Объекты	Проектная производительность / фактическая нагрузка (2014 г), тыс. $м^3$/сут	Качество очистки, мг/л	Эффективность удаления, %
A^2/O	ОС № 5	50/15	$N\text{-}NH_4$ 0,36 $N\text{-}NO_3$ 7,6 $N\text{-}NO_2$ 0,05 $P\text{-}PO_4$ 0,6	$N_{общ}$ — 60–65 $P_{общ}$ — 75–80
	ОС № 6	60/15,6	$N\text{-}NH_4$ 1,4 $N\text{-}NO_3$ 7,1 $N\text{-}NO_2$ 0,04 $P\text{-}PO_4$ 0,64	$N_{общ}$ — 70 $P_{общ}$ — 80
	ОС № 7 [1)]	41/12,6	$N_{общ}$ 8,9 $N\text{-}NH_4$ 0,44 $N\text{-}NO_3$ 6,2 $N\text{-}NO_2$ 0,033 $P\text{-}PO_4$ 2,74 $P_{общ}$ 3,0	$N_{общ}$ — 75 $P_{общ}$ — 15

Технология	Объекты	Проектная производительность / фактическая нагрузка (2014 г), тыс. $м^3$/сут	Качество очистки, мг/л	Эффективность удаления, %
UCT	ОС № 8	500/430	$N\text{-}NH_4$ 0,9 $N\text{-}NO_3$ 8,3 $N\text{-}NO_2$ 0,21 $P\text{-}PO_4$ 0,80 $P_{общ}$ 1,1	$N_{общ}$ —76 $P_{общ}$ —80
MUCT	ОС № 9	100/106	$N_{общ}$ 13,5 $N\text{-}NH_4$ 0,52 [2)] $N\text{-}NO_3$ 5,3 $N\text{-}NO_2$ 0,13 $P\text{-}PO_4$ 0,68	$N_{общ}$ — 85 $P_{общ}$ — 87
[1)] Также использована технология вакуумирования иловой смеси перед вторичными отстойниками. [2)] Применяется доочистка в виде окислительно-когезионных фильтров (с ершовой загрузкой).				

4.2.1.2.1.6 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота, с биологическим удалением фосфора, улучшенным с помощью ацидофикации

Общее техническое описание

Для возможности надежного осуществления биологического удаления фосфора в условиях недостаточной концентрации ЛЖК разработана группа технологий, которые при взаимодействии с БНДБФ существенно повышают ее эффективность и надежность.

Простейшее, но дорогостоящее решение (в Российской Федерации не применяется) — дозировать в анаэробную зону ЛЖК (уксусной кислоты). Этот реагент играет роль субстрата для ФАО, инициируя их рост.

Дешевым источником ЛЖК является выработка их из органического вещества поступающей сточной воды в результате процесса ацидофикации (обеспечения кислотами). Другая также актуальная задача, решаемая при ацидофикации, — увеличение соотношения БПК/азот для проведения денитрификации до необходимой глубины.

Для этого осуществляют дополнительные технологические процессы с осадком первичных отстойников. Используют следующие разновидности ацидофикации:

- рециркуляция осадка в первичных отстойниках, с подачей выведенного осадка снова в распредкамеру отстойников. При этом ЛЖК, образовавшиеся в результате биохимических процессов, поступают в воду и далее с осветленной водой — в анаэробную зону аэротенков;

- уплотнение осадка первичных отстойников с подачей сливной воды перед аэротенками;

- ферментация осадка в отдельных ацидофикаторах с последующим уплотнением и подачей сливной воды перед аэротенками (в Российской Федерации не применяется);

- ферментация иловой смеси в анаэробной зоне, в отсутствии перемешивания.

Далее эта группа процессов биологической очистки сокращенно названа БНДБФ-А.

Преимущества для окружающей среды

Повышает надежность удаления фосфора фосфатов на уровне 0,2–0,7 мг/л, а также поддержания азота нитратов на уровне ниже 9 мг/л.

Межсредовые воздействия

Приводит к некоторому пренебрежимо малому снижению твердой фазы осадка первичных отстойников.

Увеличивает эмиссии ЛЖК, сероводорода, других дурнопахнущих веществ в атмосферу.

Применимость

Начиная с небольших ОС.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Ввиду выделения дурнопахнущих веществ из сооружений ацидофикации осадка рекомендуется их перекрывать с очисткой отводимого воздуха.

Референц-объекты

- Технология хорошо изучена и применяется на многих объектах за рубежом. В России известен удачный опыт применения (в режиме длительных производственных испытаний) двух вариантов технологии на Люберецких очистных сооружениях для повышения эффективности технологии БНДБФ. В период работы над справочником

положительные результаты в течение нескольких месяцев также были получены по технологии ферментации иловой смеси в анаэробной зоне на ОС г. Кириши.

4.2.1.2.1.7 Биологическая очистка в аэротенках от органических веществ и азота, с химико-биологическим удалением фосфора

Техническое описание

Технологические схемы процесса, далее сокращенно именуемого БНДБХФ, отличаются от БНДБФ только добавлением реагента.

В дополнение к тому или иному варианту технологии БНДБФ для повышения глубины и надежности удаления фосфора в дополнение к биологической дефосфотации используются реагенты (коагулянты), аналогично БНДХФ. Данный процесс называется биолого-реагентным, или биолого-химическим удалением фосфора.

Возможны различные точки введения реагента (описаны выше для БНДХФ).

Применимость

Использование биолого-химического удаления фосфора применимо при любых масштабах сооружений, так как использование реагента позволяет компенсировать неоптимальное биологическое удаление фосфора.

Недостатки метода БНДХФ выражены в этом методе пропорционально доле химического процесса в удалении фосфора.

Если разновидность технологии биоудаления фосфора применена правильно и служба эксплуатации уделяет должное внимание биологической составляющей процесса удаления, то на долю химического удаления приходится от 0 % до 25 % общего удаления фосфора. При ошибках в выборе процесса и ненадлежащей эксплуатации доля реагентного удаления достигает 80 %.

Референц-объекты, на которых применены технологии БНДБХФ, приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Референц-объекты, на которых применены технологии БНДБХФ

Технология	Объекты	Проектная производительность / фактическая нагрузка (2014 г), тыс. $м^3$/сут	Вид/доза реагента, кг/1000 $м^3$ по товарному реагенту	Качество очистки, мг/л	Эффективность удаления, %
A^2/O [1)]	ОС № 10	80/37	Хлорное железо, 36 % по $FeCl_3$ 16,0	ВВ 2,4 $БПК_5$ 0,9 $N\text{-}NH_4$ 0,28 $N\text{-}NO_3$ 2,2 $N\text{-}NO_2$ 0,02 $N_{общ}$ 6 $P\text{-}PO_4$ 0,25	$N_{общ}$ — 90 $P_{общ}$ — 95
	ОС № 11	140/71	Хлорное железо, 36 % по $FeCl_3$ 28,7	ВВ 1,3 $БПК_5$ 1,1 $N\text{-}NH_4$ 0,08 $N\text{-}NO_3$ 3,7 $N\text{-}NO_2$ 0,01 $P\text{-}PO_4$ 0,12	$N_{общ}$ — 85 $P_{общ}$ — 90
UCT	ОС № 12	35/10,3 Общесплавная система водоотведения	PAX 9 % 32 кг/1000 $м^3$	$N\text{-}NH_4$ 0,52 $N\text{-}NO_3$ 10,8 $N\text{-}NO_2$ 0,04 $P\text{-}PO_4$ 0,33	$N_{общ}$ — 65–70 $P_{общ}$ — 80–85
	ОС № 13	330/213 Частично раздельная система водоотведения	Алюминий сернокислый, концентрация 8,7 % по Al, 6 кг/1000 $м^3$	ВВ 3,2 $БПК_5$ 3,0 $N\text{-}NH_4$ 0,19 $N\text{-}NO_3$ 4,8 $N\text{-}NO_2$ н/д $N_{общ}$ 6,1 $P\text{-}PO_4$ 0,16 $P_{общ}$ 0,32	$N_{общ}$ — 80–83 $P_{общ}$ — 95

[1)] С нитри- и денитрификацией, близкой к симультанной — без выделения аноксидной зоны в «карусели», с регулированием концентрации кислорода путем изменения подачи воздуха в систему аэрации.

4.2.1.2.2 Биологическая очистка в биофильтрах

Данная группа объединяет несколько значительно отличающихся друг от друга технологий. Основные из них:

- незатопленные биофильтры;
- затопленные (погружные) биофильтры;
- роторные биофильтры.

4.2.1.2.2.1 Биологическая очистка в незатопленных биофильтрах

Общее техническое описание

Осуществляется в сооружениях, как правило, прямоугольной или круглой формы, заполненных загрузочным материалом, в которые поступает и распределяется по поверхности сточная вода. На поверхности загрузочного материала формируется биопленка, осуществляющая процесс очистки. Аэрация биофильтров происходит, как правило, самопроизвольно, за счет подъема вверх в слое загрузки нагревающегося от сточной воды воздуха. В варианте аэрофильтров воздух подается вентиляторами.

В России в биофильтрах использовалась только засыпная минеральная загрузка (щебень) по технологии 1930-х годов. Главными недостатками этих сооружений являются высокая материалоемкость и постепенная кольматации загрузки (зарастание ее биопленкой).

Начиная с 1960-х годов прошлого века за рубежом созданы сотни установок с пластиковой загрузкой с высокой порозностью и удельной поверхностью. Как правило, это загрузка в виде самонесущих листовых или трубчатых блоков. Конструкция таких биофильтров обеспечивает стабильную работу.

В результате технологического процесса в незатопленных биофильтрах происходит сорбция на биопленке и окисление (полное либо частичное) органических загрязнений, как растворенных, так и большей части взвешенных. Окисляемые органические соединения трансформируются в углекислоту и воды. В результате питания и деления микроорганизмов активного ила, а также сорбции ими загрязняющих веществ происходит прирост биопленки.

В целях обеспечения более равномерного распределения загрязнений и обеспечения их оптимальной концентрации, как правило, осуществляется разбавление поступающих сточных вод очищенной водой (прошедшей биофильтр).

По мере нарастания слоя внутренняя часть биопленки отмирает, в результате чего данный фрагмент отслаивается и уносится из биофильтра с потоком очищенной воды, отводимой со дна сооружения.

При поддержании нагрузки на биофильтр, не превышающей определенные значения, наряду с окислением органических загрязнений происходит биологическое окисление аммонийного азота — нитрификация.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять органические загрязнения с эффективностью до 96 % — 98 % — до 5–8 мг/л. Наряду с удалением органических загрязнений, определяемых по $БПК_5$, удаляет, благодаря физико-химическим взаимодействиям, значительную часть тяжелых металлов. Также окисляются многие специфические техногенные органические загрязнители, такие как нефтепродукты, СПАВ, а также сероводород.

Частично (в количествах, необходимых для прироста активного ила) происходит удаление соединений азота и фосфора.

Межсредовые воздействия

Значительная часть органических соединений не окисляется, а трансформируется в прирост биопленки. Отмершая биопленка отводится из биофильтра с потоком очищенной воды, поступающей в сооружения илоразделения. Соответственно, необходимо выводить после сооружений илоотделения биопленку, обрабатывать и размещать ее в окружающей среде. Преимуществом по сравнению с процессом активного ила в аэротенках является более высокая концентрация сухого вещества биопленки, что сокращает ее объем и затраты на обработку.

Использование естественной аэрации обеспечивает невысокую энергопотребление (только на подачу и рециркуляцию сточных вод). Энергия потребляется в виде электроэнергии и не может быть рекуперирована.

Возможны эмиссии летучих веществ в воздушную среду, однако за счет наличия растворенного кислорода во всем объеме сооружения выделение восстановленных соединений серы и ЛЖК невелико. При нарушении условий эксплуатации и возникновении частичной кольматации биофильтра возможно развитие гнилостных процессов и выделение дурнопахнущих соединений.

Применимость

Без негативного воздействия на окружающую среду по соединениям азота и фосфора метод применим в следующих условиях:

- на сверхмалых очистных сооружениях;

- при проведении последующего удаления азота с использованием дополнительного источника органики для процесса денитрификации, что формирует существенные дополнительные финансовые затраты и экологическую нагрузку в виде потребления реагентов и увеличения количества твердых отходов;

- при использовании предварительного либо последующего удаления фосфора с помощью реагентов.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Один из наиболее простых методов очистки коммунальных СВ, не требующий для своей реализации сложного оборудования и средств автоматики.

Потребность в площади для реализации метода невысокая.

Достаточно устойчив к нерегулярной нагрузке. Сооружения с пластиковой загрузкой устойчивы к залповым сбросам органических загрязнений промышленных предприятий, щебеночные биофильтры в таких условиях могут быстро закольматироваться.

Референц-объекты

В России эксплуатируются, как минимум, несколько десятков биофильтров и аэрофильтров со щебеночной загрузкой. Данных об использовании в ЦСВ биофильтров с пластиковой загрузкой нет. Однако сотни таких объектов работают по этой технологии за рубежом (прежде всего в США). Работоспособность технологии на ГСВ при использовании пластиковых загрузок не вызывает сомнений.

4.2.1.2.2.2 Биологическая очистка в затопленных биофильтрах

Общее техническое описание

Используют в двух основных разновидностях:

- со стационарной загрузкой;

- с подвижной загрузкой.

Более детальное описание — см. в разделе 4.2.1.8.

В России применительно к ОС ГСВ накоплен опыт реализации только затопленных биофильтров со стационарной загрузкой. Биофильтры с подвижной загрузкой описаны в разделе 7.

Чаще используют аэротенки-биофильтры (биотенки), сочетающие в себе конструкции аэротенка и биофильтра. В этих конструкциях используется как биопленка, так и плавающий ил. Однако возможно применение затопленных биофильтров без плавающего ила.

Используют пневматическую аэрацию.

Затопленные биофильтры могут позволить реализовать следующие разновидности технологий биологической очистки: БО, БН, БНД, БНДХФ. Денитрификацию производят с гидравлическим перемешиванием. Однако в варианте со стационарной загрузкой сложность массообмена при денитрификации затрудняет масштабирование на более крупных установках.

Преимущества для окружающей среды

Соответствуют используемым технологическим процессам.

Межсредовые воздействия

Как правило, образование твердого вещества (биопленки) ниже, чем прирост избыточного активного в аэротенках.

Применимость

Используют на объектах до небольших включительно.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Существенная стоимость загрузочных материалов, с одной стороны, и уменьшение объемов строительных конструкций – с другой.

Использованию способствует необходимость реконструкции в условиях дефицита объемов, а также наличие фактов залповых сбросов абонентов, приводящих к увеличению нагрузки по органическим загрязнениям.

Выбор типа загрузки и детали конструкции сооружения оказывают большое влияние на надежность работы. Существенную проблему представляет неконтролируемое обрастание загрузки биопленкой. Этот эффект может приводить к двум видам последствий:

- периодическое отмирание биопленки с выделением в очищенную воду продуктов ее разложения (аммонийный азот);

- полное зарастание загрузки с потерей ее площади поверхности и, практически, выходом ее из строя.

Референц-объекты

При анкетировании данные по объектам с такими технологиями не получены, однако, по оценке экспертов – членов ТРГ, имеется не менее 10 ОС ГСВ, использующих данную технологию.

4.2.1.2.2.3 Биологическая очистка в роторных биофильтрах

Общее техническое описание

Биороторы представляют собой диски, либо барабаны с засыпной загрузкой, расположенные на горизонтальном, медленно вращающемся валу.

Диски (барабаны) погружаются меньшей частью диаметра в емкость соответствующей формы, по которой протекают сточные воды.

Основной биоценоз, ответственный за процесс очистки, формируется на поверхности дисков биоротора в виде прикрепленной биопленки. Активный ил, который находится в воде ванн в состоянии взвеси, играет небольшую долю в процессе очистки.

Требуемый для аэробного разложения кислород забирается из воздуха биопленкой во время вращения; при этом сточные воды интенсивно перемешиваются. При погружении дисков биоротора в сточные воды осуществляется питание и рост микроорганизмов биопленки на поверхностях дисков.

По соображениям защиты атмосферного воздуха, а также безопасности, установки выполняются с закрытыми кожухами, с принудительной вентиляцией, в том числе для аэрации.

Преимущества для окружающей среды

Надежная очистка от органических соединений и нитрификация, даже в условиях периодических перегрузок, неравномерной нагрузки и других факторов, способных нарушить работу аэротенков.

Частичное удаление азота (в пределах 50 %) достигают использованием рецикла жидкости, прошедшей биоротор, в регулирующую емкость. В результате удаление азота — около 50 %.

Фосфор может удаляться за счет добавления реагента перед отстойником.

Межсредовые воздействия

Аналогичны затопленным биофильтрам

Применимость

До малых сооружений включительно

Факторы, влияющие на возможность реализации

Условия применения на объектах, где допустимо частичное удаление азота

Основными преимуществами данной технологии являются:

- простота и стабильность процесса;
- адаптация к изменениям нагрузки или гидравлическим колебаниям;
- эксплуатация не требует высокой квалификации персонала;
- незначительные энергозатраты.

Референц-объекты

Пос. Петровское (Ленинградская область, Приозерский р-н), Центральная усадьба о. Валаам (Республика Карелия)

4.2.1.3 Доочистка от органических соединений, азота и фосфора

4.2.1.3.1 Биологическая доочистка от органических соединений и соединений азота

Общее техническое описание

Вариант с незатопленными биофильтрами

Осуществляется в сооружениях, как правило, прямоугольной или круглой формы, заполненных плоскостным или трехмерным (каркасным) загрузочным материалом, в которые поступает и распределяется по поверхности доочищаемая вода. На поверхности загрузочного материала формируется биопленка, осуществляющая процесс очистки. Аэрация биофильтров происходит самопроизвольно.

В результате технологического процесса доочистки в незатопленных биофильтрах происходит сорбция на биопленке и окисление (полное либо частичное) органических загрязнений и аммонийного азота. Окисляемые органические соединения трансформируются в углекислоту и воду, аммонийный азот — в нитраты (и некоторое количество нитритов). В результате питания и деления микроорганизмов активного ила, а также сорбции ими загрязняющих веществ происходит прирост биопленки. Также биопленка сорбирует часть взвешенных частиц активного ила.

По мере нарастания слоя внутренняя часть биопленки отмирает, в результате чего данный фрагмент отслаивается и уносится из биофильтра с потоком очищенной воды, отводимой со дна сооружения.

Вариант с затопленными биофильтрами

Осуществляется в заполненных сооружениях с загрузочным материалом, в которые поступает сточная вода. На поверхности загрузочного материала формируется биопленка, осуществляющая процесс очистки. Для поддержания биохимического процесса окисления биофильтры аэротенки аэрируются с помощью, как правило, пневматических систем. Загрузочный материал может быть размещен в сооружении следующими основными способами:

- в виде самонесущих блоков (непосредственно на днище либо на поддерживающих каркасах);

- в виде полотнищ, волокнистых материалов и т. п., размещаемых на каркасах;

- в виде плавающей загрузки (пока на ОС ГСВ в России применено только в проектах);

- мелкодисперсный материал, приводимый в состояние псевдоожижения при подаче рециркуляционного расхода (пока на ОС ГСВ в России не применяется).

При использовании свободноплавающей пластиковой загрузки, плотность которой близка к плотности воды, применяют стационарные сита для отделения ее от обработанной распределения воды.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет осуществлять глубокое окисление аммонийного азота и органических загрязнений — до 2–3 мг/л по $БПК_5$, до 0,4 мг/л по аммонийному азоту, 0,05–0,1 мг/л по азоту нитритов.

Эффективность и глубина удаления взвешенных веществ зависят от особенностей применяемой загрузки и достигает 50 % — 60 %.

Межсредовые воздействия

Прирост биопленки незначительный.

Эмиссии в воздушную среду незначительны ввиду высокой аэробности процесса и малой толщины биопленки.

Применимость

Универсальная.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Потребность в площади для реализации метода невысокая.

Референц-объекты

Биофильтры доочистки с ершовой загрузкой — ОС ГСВ г. Подольск. Общее количество объектов — не менее 10.

4.2.1.3.2 Доочистка от взвешенных веществ фильтрацией

Осуществляют, как правило, в зернистых, механических или мембранных фильтрах.

Общее техническое описание

а) Зернистые фильтры

Известно множество конструкций зернистых фильтров, объединяемых использованием насыпной зернистой фильтрационной загрузки. Их можно подразделить на следующие основные категории:

- по типу процесса:
  1) чисто фильтрационные;
  2) биолого-фильтрационные
- по типу загрузки:
  1) с минеральной загрузкой (песок и т. п.);
  2) с легкой плавающей загрузкой
- по подачи воды:
  1) напорные;
  2) безнапорные
- по типу промывки:
  1) периодическая;
  2) непрерывная
- по положению загрузки во время фазы фильтрации:
  1) стационарная;
  2) движущаяся.

Для всех типов фильтров со стационарной загрузкой доочищаемая вода проходит через неподвижный (в фазе фильтрации) загрузочный слой. В фильтрах с движущейся загрузкой ее слой находится в постоянном движении, за счет того, что загрузка снизу подается эрлифтом в зону промывки, и после нее оседает сверху слоя, там, где начинается фильтрация воды.

Промывная вода периодически либо непрерывно отводится в качестве возвратного потока, как правило, в начало технологического процесса очистки сточных вод, либо в аэротенки.

б) Механические фильтры

- Безнапорные сетчатые (мембранные) фильтры

Очищенная сточная вода поступает самотеком на сетки (мембраны), имеющие размер ячейки от 10 до 100 мкм, в зависимости от требований к эффективности и свойств сточной воды и загрязнений, профильтровывается через них и собирается сборными системами. Сетки по окончанию фазы фильтрации промываются обратной струей.

В наиболее распространенном типе оборудования, роторных дисковых фильтрах, как правило, сетки (мембраны) собраны в полупогруженные диски и вращаются.

- Напорные пружинные и сетчатые фильтры.

Очищенная сточная вода под напором подается в наружную полость (ти) фильтра, фильтруется либо через насечки на пружинах, либо через сетку во внутреннее пространство фильтра, после чего отводится в сборную систему.

По окончании цикла фильтрации следует цикл промывки. Сетчатые фильтры промываются потоком воды вдоль сетки. В пружинных конструкциях пружины разжимаются, пространство между их витками увеличивается, после чего происходит промывка обратным током воды.

Перед фильтрацией в доочищаемую воду перед различными конструкциями может подаваться раствор реагента (коагулянта, либо флокулянта, или обоих), преимущественно для осаждения фосфатов (чаще в трубопровод или канал, однако возможно и использование камер смешения и хлопьеобразования).

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять взвешенные вещества до остаточных концентраций 2–8 мг/л, а также соответствующие взвешенным веществам $БПК_5$, органические соединения азота и фосфора. При использовании реагентов для дополнительного осаждения фосфора фильтры могут обеспечивать остаточные концентрации фосфора фосфатов менее 0,2 мг/л.

Межсредовые воздействия

Безнапорная фильтрация практически не образует каких-либо существенных межсредовых воздействий.

Напорная фильтрация требует более существенных энергозатрат.

Применимость

Применим до уровня крупнейших ОС включительно.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Удельные капитальные вложения при использовании дисковых сетчатых фильтров существенно снижаются по мере увеличения производительности установки. Метод применим при любых значениях ПП.

Применение пружинных и прочих корпусных механических фильтров в связи с невысокой единичной производительностью в значительной степени ограничено ОС до средних включительно.

Опыт эксплуатации зернистых фильтров, весьма противоречив. Конструкции, выполненные по проектам 1970–1980-х годов, показали низкую надежность. Напротив, весьма положительный опыт эксплуатации накоплен на ОС Южного Бутово и Зеленограда, запроектированных по немецким стандартам (хотя проектную загрузку пришлось заменить на более крупную). Напротив, отрицательный опыт получен при использовании фильтров с непрерывной промывкой загрузки (см. таблицу 4.7).

Применение опции реагентного удаления фосфора приводит к существенному увеличению эксплуатационных затрат, и прежде всего, по следующим статьям:

- на приобретение реагентов;
- на эксплуатацию узла хранения реагента, приготовления и дозирования его раствора.

Однако реагентное удаление фосфатов на стадии доочистки (при ее наличии) может иметь преимущество по отношению к применению реагентов в аэротенках: отсутствует негативное влияние на активный ил (накопление в нем инертной биомассы). Введение реагента и на основной стадии очистки, и при доочистке снижает его расход.

Референц-объекты с использованием фильтров доочистки приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Референц-объекты с использованием фильтров доочистки

Технология	Объекты	Проектная производительность/ фактическая нагрузка (2104 г), тыс. $м^3$/сут	Среднегодовое содержание взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л
Зернистые фильтры с фильтрацией через неподвижный слой загрузки	ОС № 10	80/37	2,4
	ОС № 11	140/71	1,3
	ОС № 4	10,5 /4,5	7,8

Технология	Объекты	Проектная производительность/ фактическая нагрузка (2104 г), тыс. $м^3$/сут	Среднегодовое содержание взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л
Фильтры с непрерывной промывкой	ОС № 15	10,5/5,5	Выведены из эксплуатации. Из-за неэффективной промывки загрузка кольматировалась (срасталась). Борьба с этим требовала частых промывок гипохлоритом натрия
Биолого-фильтрационные реакторы с ершовой загрузкой	ОС № 14	753/272	29,1
	ОС № 9	106/100	16,5

Имеется информация о наличии роторных дисковых фильтров на ОС Новочебоксарска и Череповца, однако данные по этим ОС в ходе анкетирования не получены.

Данные таблицы 4.7, таким образом, не позволяют однозначно рекомендовать использование зернистых фильтров с непрерывной промывкой и биолого-фильтрационных реакторов с ершовой загрузкой.

4.2.1.3.3 Доочистка в биопрудах

Общее техническое описание

Очищенная вода подвергается естественной биологической доочистке в земляных емкостях (могут быть гидроизолированы), рассчитанных на пребывание от нескольких суток до 1–2 нед, глубиной от 0,5 м до нескольких метров. Процесс очистки осуществляется в основном бактериями аналогично процессу в аэротенках, удаление биогенных элементов осуществляется также на прирост водорослей и других водных растений. Аэрация может быть естественной, либо искусственной (как пневматической, так и механической). При использовании мелких биопрудов с высшей водной растительностью большую роль в очистке играют также процессы фильтрации и биосорбции. Наряду с завершением биохимических процессов, в биопрудах происходит осаждение взвешенных веществ.

Качество очищенной воды после биопрудов во многом определяется качеством поступающей в них биологически очищенной сточной воды.

Влияние на окружающую среду

Позволяют контролировать содержание взвешенных веществ не более 10 мг/л, даже при залповом выносе ила из вторичных отстойников. Позволяют получить содер-

жание аммонийного азота не более 2 мг/л и $БПК_5$ не более 5 мг/л (при надлежащем времени пребывания). При использовании прудов с высшей водной растительностью в большей степени происходит удаление азота и фосфора.

Осуществляется существенное удаление тяжелых металлов (нерасчетный процесс).

Межсредовые воздействия

Практически отсутствуют.

Применимость

От сверхмалых до средних ОС включительно

Референц-объекты

По данным анкетирования информация не получена. По данным экспертов — членов ТРГ, количество объектов с биопрудами составляет не менее 10.

4.2.2 Обеззараживание сточных вод

4.2.2.1 Обеззараживание очищенных вод хлором или хлор-реагентами

Общее техническое описание

В очищенную воду дозируется раствор хлора в воде, приготавливаемый в хлораторе в результате испарения жидкого хлора, либо раствор гипохлорита натрия, после чего вода в течение не менее 0,5 ч должна находиться в контактном резервуаре при концентрации растворенного хлора не менее 2 мг/л.

В качестве источника активного хлора может использоваться привозной или приготовленный на месте гипохлорит натрия. На малых объектах используется хлорная известь.

Влияние на окружающую среду

Метод обеспечивает обеспечение санитарно-гигиенических требований по обеззараживанию. Одновременно с этим метод наносит прямой и очевидный вред окружающей среде за счет сброса в водный объект обеззараженной воды с остаточным содержанием активного хлора, хлораминов, хлорорганических соединений. Это наносит ущерб всем гидробионтам, а также приводит к накоплению хлорорганических соединений в пищевой цепи и в донных отложениях.

Межсредовые воздействия

Постоянное воздействие на воздух и почвы, шумовое, тепловое и другие виды загрязнения отсутствуют.

Расход электроэнергии небольшой при использовании жидкого хлора, существенный — при получении гипохлорита электролизом.

Применимость

При любом масштабе сооружений. Жидкий хлор целесообразно применять только на средних и больших сооружениях, гипохлорит может применяться (получаться) на сооружениях любого масштаба.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Использование хлора создает существенные риски отравлений при авариях в системе приема, хранения и дозирования, а также при террористическом нападении.

Все хлорсодержащие обеззараживающие реагенты весьма коррозионны.

Очищенные сточные воды, в отличие от питьевой воды, характеризуются весьма высоким хлорпоглощением при достижении требуемой величины 2 мг/л активного хлора. Существенно, что данный параметр зависит от содержания аммонийного азота в воде (образующего хлорамины), которое может колебаться в широких пределах.

Действующие экологические и инженерные требования требуют проведения дехлорирования после хлорирования. Процесс дехлорирования осуществляется введением в хлорированную воду веществ, способных связывать избыточный хлор. В качестве таких веществ можно применять гипосульфит-натрия (серноватисто-кислый натрий $Na_2S_2O_3$), сернистый газ SO_2, сульфит натрия Na_2SO_3 и др. Для дехлорирования применяют также фильтрование через активированный уголь. На загрузке происходит восстановление активного (растворенного) хлора до аниона Cl^-, а также сорбируются токсичные продукты хлоролиза органических загрязнений.

Ресурс работы угля в таком режиме значительно выше, чем при сорбции органики. Однако, так как поверхность зерен угля после некоторого времени его работы покрывается слоем сорбированных веществ, препятствующих работе фильтра, требуется его промывка водой. Также может потребоваться регенерация горячим щелочным раствором.

Сооружения хлорирования с дехлорированием достаточно сложны и требуют квалифицированной эксплуатации.

Референц-объекты

Сотни объектов, в том числе с использованием жидкого хлора (количество сокращается) и гипохлорита натрия (количество увеличивается).

Как по данным анкетирования, так и по данным экспертов – членов ТРГ, дехлорирование в России нигде не используется. Таким образом, на всех ОС ГСВ, где используется хлорирование, наряду с решением санитарно-гигиенической задачи, в большей или меньшей степени наносится ущерб водным объектам.

4.2.2.2 Обеззараживание очищенных вод УФ-облучением

Общее техническое описание

Очищенная вода подвергается облучению, проходя рядом с УФ-лампами, помещенных в проницаемые для излучения чехлы. В результате воздействия УФ-излучения (для обеззараживания очищенных сточных вод применяются только лампы низкого давления с длиной волны 254 нм) разрушаются участки ДНК бактерий и патогенных простейших, а также РНК вирусов, что препятствует их размножению.

Аппараты УФ-обеззараживания могут быть корпусными (напорными) и канальными (открытыми). Первые применяют до уровня больших сооружений, вторые — на крупных и выше.

Преимущества для окружающей среды

Метод обеспечивает обеспечение санитарно-гигиенических требований по обеззараживанию без прямого негативного воздействия на окружающую среду.

Межсредовые воздействия

Воздействия на воздух и почвы, шумовое, тепловое и другие виды загрязнения отсутствуют.

Метод требует существенного расхода электроэнергии на работу УФ-ламп (обычно 15 % — 20 % от затрат на аэрацию в аэротенках и до 30 % — при полностью оптимизированных, сокращенных энергозатратах на биологическую очистку). Эти затраты не рекуперируемы.

Применимость

При любом масштабе сооружений.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Сооружения достаточно компактны.

Чем меньше содержание взвешенных веществ в очищенной воде, тем ниже энергозатраты на УФ-обеззараживание и выше эффективность метода.

При длительной транспортировке обеззараженной воды по каналам (трубопроводам) длиной несколько километров возможен существенный эффект вторичного роста бактерий, в том числе и за счет бактериальных обрастаний на стенках, приводящий к увеличению их содержания свыше санитарных требований. Это обстоятельство должно учитываться при назначении мощности облучения, а также при определении необходимости и выборе метода третичной очистки в зависимости от условий отведения обеззараженной воды в водный объект. Вторичный рост индикаторных бактерий отнюдь не тождественен росту содержания патогенных организмов, подавляющее большинство которых не способно к размножению вне организма человека, однако, данное обстоятельство применительно к УФ-обеззараживанию изучено не достаточно.

Референц-объекты

Десятки крупных и сотни остальных объектов. Крупнейшие в мире ОС с УФ-обеззараживанием — на Курьяновских и Люберецких ОС (Москва).

4.2.3 Подпроцессы обработки осадка

4.2.3.1 Подпроцессы стабилизации осадка

4.2.3.1.1 Анаэробная стабилизация жидких осадков (метановое сбраживание)

Общее техническое описание

Обрабатываемый осадок подается в закрытые перемешиваемые реакторы — метантенки, в которых происходит анаэробный (бескислородный) процесс распада части органического вещества осадка с получением смеси метана и углекислого газа. Процесс требует поддержания определенной температуры. Выделяют 2 диапазона температур — мезофильный (33 °С — 38 °С) и термофильный (50 °С — 55 °С). Время обработки составляет 12–30 сут в мезофильном и 6–12 сут в термофильном. Обработанный осадок самотеком выгружается из метантенка.

Сбраживанию подвергают, как правило, смесь осадков первичных отстойников и избыточного активного ила, реже — только осадок первичных отстойников (при использовании отдельной технологии для избыточного активного ила) либо только избыточный активный ил (при очистке сточных вод без первичного осветления).

В зарубежной практике все больше распространены методы повышения эффективности процесса сбраживания (тепловая обработка, УЗ-обработка и др.). В отечественной практике референц-объекты такого рода отсутствуют.

Преимущества для окружающей среды

Один из наиболее благоприятных для окружающей среды процессов, используемых в коммунальном водоотведении. Позволяет трансформировать в биогаз нестабильное органическое вещество осадка, которое в противном случае разлагается в окружающей среде, требуя большого количества кислорода (при окислении в почве) либо выделяя парниковые газы (при захоронении либо ином складировании). Выделенный в процессе сбраживания биогаз представляет собой ценное топливо, эффективная утилизация которого (наряду с другими инженерными решениями) позволяет не только обеспечить нужную температуру в метантенках, но и обеспечить выработку энергии, на 50 % — 70 % (до 100%) покрывающей затраты сооружений очистки сточных вод на аэрацию. При этом в результате сжигания биогаза экономится природное топливо и существенно сокращается выброс парниковых газов.

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде.

Различные химические и физико-химические процессы, происходящие в анаэробных реакторах, приводят к связыванию большей части тяжелых металлов в нерастворимые или малорастворимые соединения, в том числе сульфиды.

При термофильном сбраживании при соблюдении необходимой температуры, не ниже 53 °С, обеспечивается необходимая для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков, а также полная дегельминтизация. При мезофильном сбраживании обеззараживание существенно ниже, дегельминтизации не происходит.

При нарушениях эксплуатации, при отсутствии систем сбора и очистки газовых выбросов из сооружений, связанных с метантенками (загрузочно-выгрузочные камеры, уплотнители, резервуары) возможно загрязнение атмосферного воздуха, в том числе дурнопахнущими веществами. Сброс неутилизированного биогаза без сжигания на «свече» приводит к существенному распространению запахов и токсичных веществ и является полностью недопустимым.

Межсредовые воздействия

Метод трансформирует часть органического вещества твердой фазы осадка в газовую фазу в виде метана и углекислого газа. Меньшая часть органического вещества, а также выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Газовая фаза утилизируется при сжигании. Таким образом, единственным массовым газообразным продуктом трансформации твердой фазы в результате

является углекислый газ. Получение энергии из биогаза снижает нагрузку на окружающую среду в сфере энергетики.

Распад органического вещества в жидкую фазу невелик и не превышает 2 % — 4 % от входящего потока вещества. Более существенно выделение в жидкую фазу азота (около 15 % от входящей нагрузки на очистные сооружения) и фосфора (около 10 % — 15 %).

Применимость

Принципиальные ограничения по масштабу для ОС ГСВ, начиная со средних, отсутствуют (в животноводстве успешно эксплуатируются анаэробные реакторы объемом всего в сотни $м^3$), однако целесообразность применения следует рассматривать начиная с больших очистных сооружений. Как экономичный метод стабилизации органического вещества рекомендуется, начиная с ЭЧЖ более 100 тысяч (при наличии в технологии первичного осветления), что соответствует ежесуточному объему поступления сточных вод около 30 тыс. куб. м в сутки. Отсутствие в технологии стадии осветления не отменяет целесообразности применения сбраживания, но увеличивает масштаб сооружений, при котором оно целесообразно, либо (в зарубежной практике) предполагает использование методов предобработки, увеличивающих степень распада органического вещества активного ила.

Метод требует существенной площади на территории очистных сооружений (но не более 10 % от площади сооружений очистки сточных вод).

Факторы, влияющие на возможность реализации

Требует значительных емкостей метантенков, создания газово-энергетического хозяйства (сооружения и оборудование по сбору, накоплению, очистке и утилизации биогаза). Метантенки сооружаются как наземные емкости, поэтому (в отличие от подземных емкостей) любая неплотность в бетоне либо в металлоконструкции приводит к утечке наружу.

Требует предварительной обработки осадка: желательно максимальное (но не выше 8 % — 10 % по сухому веществу) сгущение осадков, процеживание осадка первичных отстойников. По современным подходам минимально необходимо сгущение избыточного активного ила. Для повышения энергоэффективности весьма желательно использование теплообменников для рекуперации тепла сброженного осадка. Оно позволяет снизить до 3-х раз энергозатраты для термофильного процесса и до 2-х раз — для мезофильного.

Сами метантенки и все элементы газового хозяйства потенциально взрывоопасны и требуют квалифицированной эксплуатации.

Российские нормы, направленные на безопасную эксплуатацию метантенков, значительно усложняют (по сравнению с зарубежной практикой) все стадии применения метода, начиная с проектирования. Они же предписывают значительные разрывы (20 м) между группой метантенков и газгольдерами, другими сооружениями либо проездами.

Периодически (даже при использовании эффективного перемешивания) необходима очистка метантенков от накапливающегося в них песка и корки. Даже с применением гидромеханизации это требует тяжелого ручного труда.

Использование более интенсивного термофильного сбраживания при времени обработки менее 10 сут возможно, но приводит к получению осадка с неудовлетворительными водоотдающими свойствами. Распространенным решением этой проблемы является проведение промывки сброженного осадка очищенной водой (т. е. смешение с этой водой с последующим разделением смеси в уплотнителях). Это требует дополнительных капитальных вложений, площади, а также может являться источником загрязнения атмосферы.

Существенное (особенно при термофильном сбраживании) выделение в иловую воду аммонийного азота и фосфора увеличивает нагрузку по ним на основные сооружения. Однако разработаны (но в России пока не применяются) эффективные и энергосберегающие методы локальной очистки от азота и фосфора. Применительно к фосфору за рубежом применяются технологии, достигающие рекуперацию этого ценного элемента в качестве удобрения.

Референц-объекты

Курьяновские и Люберецкие ОС (Москва), Ярославль, Новосибирск — термофильное сбраживание.

4.2.3.1.2 Аэробная стабилизация жидких осадков

Общее техническое описание

В используемой в отечественной практике технологии обрабатываемый осадок подается в аэрируемые тем или иным способом емкости (как правило, аналогичные аэротенкам, используемым для очистки сточных вод от органических загрязнений), в которых при температуре 14 °С — 25 °С (соответствует температуре сточных вод, с учетом процессов теплообмена зимой) происходит аэробный процесс окисления орга-

нического вещества осадка первичных отстойников (при совместной стабилизации осадков) биомассой активного ила и самоокисление этой биомассы.

Применима также аэробная стабилизация только ила (когда не используется первичное осветление либо осадок первичных отстойников обрабатывается по другой технологии).

Время стабилизации зависит от концентрации обрабатываемых осадков. Обработанный осадок самотеком выгружается из стабилизатора.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет разложить (окислить) нестабильное органическое вещество осадка, которое в противном случае разлагается в окружающей среде, требуя большого количества кислорода при окислении в почве, либо выделяя парниковые газы при захоронении, либо ином складировании. Однако эффективность разложения органического вещества не превышает 60 % от показателей анаэробного сбраживания.

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде.

Аэробная стабилизация — очень энергоемкий процесс, требует высокого расхода электроэнергии. Энергозатраты не могут быть рекуперированы.

Метод не обеспечивает требуемой для почвенной утилизации степени обеззараживания осадков. Также не обеспечивается дегельминтизация.

Межсредовые воздействия

Метод трансформирует часть твердого вещества в углекислый газ (выделяется с воздухом, выходящим из сооружения), т. е. в газовую фазу. Часть органического вещества (водорода и кислорода) выделяется в жидкую фазу (иловую воду) в виде воды. Таким образом, единственным экологически значимым массовым продуктом трансформации твердой фазы является углекислый газ.

При достаточной аэрации выделение загрязняющих и дурнопахнущих веществ невелико, при недостатке кислорода развиваются гнилостные процессы и выделение дурнопахнущих веществ существенно возрастает.

Выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Выделение в жидкую фазу азота не превышает 10 % от входящей нагрузки на очистные сооружения, фосфора — 5 % — 10 %.

Применимость

Технически метод применим для сооружений любой производительности. Метод требует максимальной площади на территории очистных сооружений из всех технологий стабилизации осадка (кроме длительной стабилизации за счет вылеживания на площадках хранения).

Факторы, влияющие на возможность реализации

Требует значительных емкостей стабилизаторов, около половины объема аэротенков для БО.

Сооружения безопасны в эксплуатации и не требуют сложной эксплуатации.

Метод увеличивает затраты на электроэнергию на очистных сооружениях не менее чем на 30 % — 60 % (большее значение — для совместной стабилизации осадка первичных отстойников и ила).

4.2.3.1.3 Компостирование обезвоженного осадка

Общее техническое описание

Компостирование является аэробным биотермическим процессом разложения органического вещества, в результате которого происходит обеззараживание, снижение влажности и улучшение физико-механических свойств компостируемой массы. Основными факторами, определяющими эффективность процесса, являются качество исходного материала, температура, воздушный режим и реакция среды.

Процесс компостирования происходит в две стадии:

- термофильная стадия, осуществляется термофильными микроорганизмами и характеризуется повышением температуры компостируемой массы до 50 °С — 60 °С. При этом достигается ее обеззараживание и минерализация, т. е. микробное разложение органического вещества и повышение зольности. За счет высокой температуры происходит значительное высушивание компостируемой массы. В зависимости от времени закладки компоста и в условиях достаточного доступа воздуха эта стадия протекает в течение 1–3 нед, после чего происходит постепенное снижение температуры с переходом ко второй стадии процесса;

- мезофильная стадия, осуществляется мезофильными микроорганизмами при температуре 35 °С — 30 °С. На этой стадии происходит дозревание компоста (продолжение стабилизации органического вещества) и сушка и улучшение его физико-механических свойств, дальнейшее отмирание патогенных микроорганизмов. Продолжается высушивание компоста, что достигается достаточной аэрацией или перемеши-

ванием, что обеспечивает значительное удаление влаги и увеличение содержания сухого вещества.

Существуют различные варианты технологий приготовления компоста, в том числе технология приготовления буртовым (площадочным) способом в различных вариантах; приготовление компостной массы с помощью смесителя и дальнейшее компостирование приготовленной смеси на площадке компостирования; проведение первой (термофильной) стадии в контейнерах различной конструкции и дальнейшее созревание на площадках и др.

Для быстрого начала разложения и оптимального протекания процесса компостирования должны быть выполнены следующие требования к исходному сырью: влажность компостной массы — 70 % — 75 %, отношение углерода к азоту — 25–40, pH — не менее 6,5, рыхлая укладка. Поскольку механически обезвоженные осадки, как правило, не соответствуют этим требованиям, то для снижения влажности, обогащения углеродом и повышения пористости осадки необходимо смешивать с наполнителем. В качестве наполнителей могут использоваться древесные опилки, торф, растительные отходы и др. Количество используемого наполнителя определяется рядом факторов, в том числе исходной влажностью осадка и наполнителя. Наполнителем может служить готовый компост. При этом используют как двухкомпонентные (осадок – наполнитель), так и трехкомпонентные (осадок – компост – наполнитель) смеси, что позволит снизить количество используемого наполнителя и, следовательно, эксплуатационные затраты.

Аэрация компостируемой смеси в буртах осуществляется либо подачей воздуха через слой (например, через щелеванное днище), либо путем периодического ворошения. При компостировании в реакторах аэрация производится либо также через днище, либо путем вращения барабана и пересыпания его содержимого.

Окончательное дозревание компоста можно проводить путем его дальнейшей выдержки (хранения) на открытых площадках при укрытии его влагоизолирующим материалом.

При созревании компоста в результате снижения влажности до 50 % — 55 % и органического вещества на 20 % — 30 % происходит уменьшение массы компостируемого материала на 30 % — 35 %.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет разложить (окислить) нестабильное органическое вещество осадка, которое в противном случае разлагается в окружающей среде, требуя большого коли-

чества кислорода (при окислении в почве) либо выделяя парниковые газы (при захоронении, либо ином складировании). Однако эффективность разложения органического вещества не превышает 70 % от анаэробного сбраживания.

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде. Компостированный осадок обладает хорошими мелиорационными и удобрительными свойствами, внешним видом, сыпучестью, высокопроницаем для воздуха, имеет сформировавшуюся почвенную микрофлору.

Метод обеспечивает требуемую для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков.

Хорошо стабилизированный компост может храниться неограниченно долго и имеет минимум запаха даже при его увлажнении.

Межсредовые воздействия

Метод трансформирует часть твердого вещества в углекислый газ (выделяется с воздухом, выходящим из сооружения), т. е. в газовую фазу. Часть органического вещества (водорода и кислорода) выделяется в жидкую фазу (иловую воду) в виде воды. Таким образом, единственным экологически значимым массовым продуктом трансформации твердой фазы является углекислый газ.

При достаточной аэрации выделение загрязняющих и дурнопахнущих веществ невелико, при недостатке кислорода развиваются гнилостные процессы и выделение дурнопахнущих веществ существенно возрастает.

Компостирование — энергоемкий процесс. Он требует либо энергозатрат для подачи большого количества воздуха, либо расхода электроэнергии на вращение компостного барабана, либо расхода моторного топлива. Энергозатраты не могут быть рекуперированы.

Выделяющийся при распаде органического вещества аммонийный азот может попадать в воздух.

Возвратные потоки жидкости практически отсутствуют (за исключением невпитавшихся и подлежащих отведению атмосферных осадков — при компостировании вне здания).

Применимость

Технически метод применим для сооружений любой производительности. Не следует рассматривать компостирование только как метод подготовки осадка к почвенной утилизации. Определенные модификации технологии в зарубежной практике

используют для получения из осадка низкокалорийного топлива (так называемый процесс биосушки).

Промышленное проведение процесса имеет ограничения по минимуму производительности (ориентировочно около 50–100 $м^3$ в сутки по исходному осадку), так как для оптимального проведения процесса в промышленных масштабах необходимо использование комплекта специальной техники: измельчителей, смесителей, бурто-укладчиков, виброгрохотов и т. п. Данное оборудование является специализированным и весьма дорогостоящим. Его целесообразно использовать при достаточной его загрузке.

Метод требует максимальной площади из всех технологий стабилизации осадка (кроме длительной стабилизации за счет вылеживания на площадках хранения). Однако площадки компостирования могут быть размещены вне основной промплощадки очистных сооружений, в том числе вблизи мест образования материалов-наполнителей или мест утилизации.

Факторы, влияющие на возможность реализации

В условиях России площадочное компостирование требует существенного времени. При компостировании на открытых площадках на процесс влияют как атмосферные осадки, так и температура. При использовании навесов — только температура. В средней полосе России зимой процесс на открытых площадках замедляется не менее чем в 2 раза.

Для северо-западного региона при закладке в весенне-летний период компост созревает в течение 3–4 месяцев, при осенне-зимней закладке – в течение 5–6 месяцев. Сокращение сроков компостирования до 2 месяцев может быть достигнуто за счет использования биопрепаратов.

Сооружения безопасны в эксплуатации и не требуют сложной эксплуатации.

При аэрации воздухом на площадках метод увеличивает затраты на электроэнергию на очистных сооружениях до 30 %. Однако есть способы снижения энергозатрат за счет более полному использованию кислорода воздуха за счет последовательного его пропускания через несколько зон компостирования (при тоннельном компостировании). При ворошении с помощью техники требуется расход моторного топлива, но это также более рациональный способ.

При размещении осадка на полигонах захоронения отходов компостирование нецелесообразно.

Референц-объекты

ОС Твери, Дубны, Орла, Протвино, Петропавловска-Камчатского.

4.2.3.2 Сокращение объема осадков

4.2.3.2.1 Обезвоживание осадков

4.2.3.2.1.1 Механическое обезвоживание осадков

Общее техническое описание

Для обезвоживания жидких осадков используют два основных физических принципа:

- фильтрация жидкой фазы через фильтрующий элемент под давлением;
- отделение жидкой фазы под действием центробежных сил, в тысячи раз превышающих гравитационное поле.

Технологии обезвоживания в большой степени отождествляются с используемым обезвоживающим оборудованием.

По принципу фильтрации работают следующие методы обезвоживания:

- ленточные фильтр-прессы, в которых давление на осадок формируется протягиванием сдвоенной фильтровальной ленты, внутри которой находится осадок, через последовательность специальных валков;
- камерные фильтр-прессы, в которых давление формируется высоконапорным насосом, закачивающим жидкий осадок в совокупность камер, внутри которых имеются фильтрующие элементы;
- шнековые прессы (дегидраторы, обезвоживатели), в которых давление формируется шнеком, а в роли фильтрующего элемента выступает цилиндрическая сетка (стационарная, либо подвижная наборная);
- одноразовые фильтрующие мешки и фильтрующие трубы (геотубы), в которых осадок обезвоживается под собственным весом. Последние обладают существенными особенностями. Поскольку опыт применения их для вновь образующихся осадков пока отсутствует, они описаны как отдельная технология в разделе 7.

Центробежное поле используется в одном типе аппаратов — центрифугах. Важным аспектом механического обезвоживания является кондиционирование осадка для придания ему оптимальных водоотдающих свойств. Для кондиционирования практически повсеместно используют органические полимерные флокулянты. Только на одном известном рабочей группе объекте (ОС Южного Бутова, Москва) применяют неоргани-

ческие минеральные реагенты — хлорное железо и известь. Использование минеральных реагентов является устаревшим методом, который практически повсеместно заменен на практически безальтернативный в настоящее время метод кондиционирования органическими флокулянтами.

Преимущества для окружающей среды

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к многократному сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде. Удаляется в качестве возвратных потоков около 80 % — 90 % всех растворенных соединений.

Хорошо обезвоженный осадок имеет консистенцию влажной почвы и может транспортироваться автотранспортом к месту утилизации.

Межсредовые воздействия

Метод разделяет единую среду на потоки твердого (вернее, пластичного) и жидкого. Использование органических флокулянтов практически не увеличивает количество сухого вещества осадка.

В зависимости от количества открытых поверхностей осадка присутствует выделение дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ (за счет улетучивания их из жидкого и обезвоженного осадка).

Устаревший метод обезвоживания с минеральными реагентами привносил в окружающую среду много дополнительных веществ — гидроксидов железа и извести.

Применимость

Технически метод (в одной из разновидностей) применим для любых сооружений. Для минимальных расходов осадка применимы мешочные фильтры, для небольших расходов (до 200 $м^3$ осадка/сут) — шнековые обезвоживатели. На средних и больших расходах осадка (до 5000 $м^3$ осадка/сут) применимы центрифуги, ленточные и камерные фильтр-прессы. Для сверхбольших расходов в настоящее время, как правило, применяют центрифуги, единичная производительность которых может превышать 4000 $м^3$/сут.

Метод весьма компактен. Требует использования сложного оборудования и системы автоматизации процесса.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Наиболее компактным оборудованием являются центрифуги, наибольшее пространство требуется для камерных фильтр-прессов.

Центрифуги требуют повышенного расхода флокулянта. При использовании высокоскоростных механизмов при обезвоживании осадка сточных вод, для предотвращения абразивного износа требуется соблюдать содержание песка в осадке — не более 3 %.

С точки зрения безопасности труда все производственные установки механического обезвоживания имеют свои потенциально опасные факторы:

- ленточные фильтр-прессы — движущиеся полуоткрытые детали;
- камерные фильтр-прессы — движущиеся открытые детали (плиты), высокое давление во время цикла фильтрации;
- центрифуги — высокие обороты.

Единственным типом оборудования, требующим на осадках городских сточных вод применения физического труда персонала, являются камерные фильтр-прессы.

Референц-объекты

Каждая из разновидностей технологии используется на десятках объектов в России.

4.2.3.2.1.2 Обезвоживание осадков на иловых площадках

Общее техническое описание

Осадок наливается в заданном количестве по отдельным площадкам (картам), где последовательно происходят процессы отделения части иловой воды (с ее сливом), подсушка в результате испарения влаги, промораживание и оттаивание с дополнительным отделением воды.

Для интенсификации подсушки осадок, как правило, подвергают ворошению и буртованию.

Преимущества для окружающей среды

Уменьшение количества сухого вещества осадка приводит к многократному сокращению его объема, размещаемого в окружающей среде. Удаляется в качестве возвратных потоков около 50 % всех растворенных соединений, что существенно меньше, чем при механическом обезвоживании.

Хорошо подсушенный осадок имеет консистенцию почвы и может транспортироваться автотранспортом к месту утилизации.

Межсредовые воздействия

Метод разделяет единую среду на потоки твердого (вернее, пластичного) и жидкого.

Очень большая открытая поверхность осадка способствует выделению из него дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ. В особенности это проявляется при направлении на иловые площадки нестабизированных осадков, которые перегнивают в ходе подсушки.

Применение иловых площадок неизбежно приводит к загрязнению грунтовых вод и атмосферного воздуха.

Применимость

Технически метод применим для сооружений практически любой производительности. Однако в современных условиях он должен ограничиваться небольшими очистными сооружениями. Для сооружений более высокой производительности метод должен применяться лишь в качестве резервного по отношению к механическому обезвоживанию. Однако это не является обязательным при наличии дополнительного резервирования и других технических решений.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Метод требует чрезвычайно больших площадей, многократно превышающих промплощадку очистных сооружений, на которых образуется подсушиваемый осадок.

В сухое жаркое время года подсушенный осадок может загораться подобно торфу.

Референц-объекты

Традиционный метод.

4.2.3.2.1.3 Обезвоживание осадков на иловых площадках с использованием флокулянта

Метод аналогичен обезвоживанию осадка на иловых площадках за исключением следующих отличий, выделяющих его в отдельную технологию. Перед наливом осадка на площадки в него добавляется флокулянт (оптимально — специально разработанный для этой цели). В результате флокуляции твердой и коллоидной фаз происходит интенсивное отделение иловой воды. Ее отведение осуществляется через щелевые колодцы.

Благодаря рыхлой порозной структуре сфлокулированного осадка поверхность испарения существенно возрастает, что ускоряет дальнейшую сушку. Структуры сфлокулированного осадка стойки при выпадении атмосферных осадков.

Нагрузка на иловые площадки может быть увеличена на 500 % и более, по сравнению с традиционной технологией использования иловых площадок.

Высокая порозность приводит к проникновению кислорода воздуха вглубь слоя подсыхающего осадка, что благодаря химическим и биохимическим процессам окисления ведет к существенному снижению эмиссий в атмосферу восстановленных соединений, отвечающих за неприятные запахи.

Референц-объекты

ОС Новосибирска, ОС Волжского.

4.2.3.2.2 Термическая сушка осадка

Общее техническое описание

Ранее обезвоженный осадок нагревают до температуры, способствующей ускоренному испарению влаги.

По физическому принципу разделяют:

- прямую сушку, когда нагрев осадка производят дымовыми газами от сжигания топлива;

- непрямую (контактную) сушку, когда нагрев осадка производят через поверхность теплообмена.

Одной из главных решаемых задач является обеспечение максимального теплообмена. В системах прямой сушки это решается, в частности, одним из следующих технических приемов:

- поды, по которым распределяется и движется осадок;

- сетки, на которые распределяется осадок, и затем движется вместе с ними;

- использование псевдоожиженного слоя;

- вращающиеся коаксиальные барабаны.

В системах непрямой сушки для интенсификации теплообмена, в частности, используют:

- вращающиеся в слое осадка теплопередающие конструкции;

- нагревающий трубный змеевик в псевдоожиженном слое осадка.

Перечисленные приемы не являются исчерпывающими.

Преимущества для окружающей среды

Дальнейшее (после обезвоживания) уменьшение количества осадка: сокращение его массы до 3 раз и объема до 4 раз. Высушенный осадок имеет сыпучую консистенцию и может транспортироваться автотранспортом к месту утилизации. Высушенный при температуре свыше 100 °С осадок обеззаражен и дегельминтизирован.

Межсредовые воздействия

Сушка осадка приводит к испарению из него большинства летучих органических и неорганических веществ, а также (в зависимости от используемой температуры процесса) частичному низкотемпературному пиролизу органического вещества с выделением в выпар летучих органических соединений.

Как правило, технология термической сушки предусматривает:

- конденсацию выпара, при этом в него переходят многие летучие вещества, такие как аммонийный азот, летучие жирные кислоты. Выпар, как правило, направляется на очистку в голову сооружений;

- после конденсации выпара — осуществление необходимой очистки отходящих газов.

Однако некоторое выделение дурнопахнущих и загрязняющих воздух веществ от сооружений сушки все же происходит.

Термическая сушка — весьма энергоемкий процесс. На испарение влаги расходуется около 2250 кДж/кг (эквивалентно примерно 75 $м^3$ природного газа на 1 т испаренной влаги). Источник этой энергии и возможность ее рекуперации существенно варьируют в зависимости от применяемых технологий обработки осадка. Рекуперация значительной части тепла, пошедшего на сушку, возможна путем конденсации выпара (при этом можно перевести в нагрев воды значительную часть разницы между высшей и низшей теплотой парообразования), а также с использованием тепловых насосов.

Применимость

Метод целесообразно применять для сооружений, начиная с больших.

Установки достаточно компактны. Необходимо использовать сложное оборудование, системы автоматизации процесса, квалифицированный персонал.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Наличие (отсутствие) альтернативного источника энергии и тепла (биогаз, выхлопные газы от сжигания биогаза в газовых двигателях, тепло от процесса сжигания осадка) и наличие (отсутствие) потребителя низкопотенциального рекуперированного тепла очень существенно влияют на себестоимость процесса. Сушка осадка товарным топливом без рекуперации тепла — весьма дорогой процесс.

Метод характеризуется рядом потенциальных опасностей:

- пылевоздушная смесь (высушенного осадка и воздуха) взрывоопасна. Для того чтобы предотвратить возникновение таких условий, в системах сушки контролируют

содержание кислорода в газовой смеси внутри аппаратов не выше определенного значения, а также не допускают выделения пыли наружу;

- высушенный осадок способен самовозгораться в местах его хранения. С этой целью не допускают хранения больших его количеств;

- использование высокопотенциальных источников теплоты (топливо, отходящие газы от сжигания).

Референц-объекты

ОС Уфы, Чебоксар.

4.2.3.2.3 Сжигание осадка

Общее техническое описание

Ранее обезвоженный или высушенный осадок подают в разожженную печь, где он сгорает с образованием золы и дымовых газов. В печь с помощью дутьевых вентиляторов вдувается воздух. Смесь отходящих газов с золой-уносом подвергается очистке с удалением твердых частиц (золы) и токсичных газов и веществ, образовавшихся при сжигании. Дымовые газы используют для генерации энергии (пар, электроэнергия), а также для нагрева дутьевого воздуха. Не унесенные из печи продукты сжигания (шлаки) выгружают из нижней части.

Если процесс сжигания не требует подачи в печь дополнительного топлива, его называют автотермичным.

Известно несколько конструкций печей, из которых в России для сжигания осадка нашли применение только конструкции с псевдоожиженным слоем.

Преимущества для окружающей среды

Обеспечивает практически полное уничтожение органического вещества осадка, что имеет положительное экологическое значение при невозможности почвенной утилизации осадка. Количество сухого вещества сокращается в 3–4 раза, объем (относительно обезвоженного осадка) — до 15 раз.

Зола после сжигания осадка ГСВ относится к отходам 4-го класса опасности (опыт установок в Санкт-Петербурге).

Межсредовые воздействия

Сжигание приводит к полному переводу органического вещества осадка в газообразную фазу, т. е. в углекислый газ и водяные пары. Присутствующий в осадке азот переходит в окислы азота (также они образуются и из атмосферного азота), фосфор

остается в золе. Существенны также образование двуокиси серы из сульфидов, содержавшихся в осадке, улетучивание ртути и кадмия. Остальные компоненты минеральной фазы осадка в основном окисляются до оксидов и остаются в золе.

Зола удерживается (до заданных концентраций пыли) с помощью циклонных установок и фильтров, оксиды серы и (частично) оксиды азота удаляются с помощью щелочной промывки отходящих газов (мокрой или сухой).

Органические вещества удаляются с использованием активированного угля. Для снижения концентраций окислов азота применяют специальные методы (добавление мочевины, использование катализаторов).

Эксплуатация установок сжигания требует значительного расхода электроэнергии и реагентов (щелочных). При оснащении установки системой энергогенерации вырабатываемая ею электроэнергия покрывает собственные нужды и позволяет поставлять энергию для других нужд.

Экономайзер на отходящих газах позволяет получать значительное количество тепла, существенно превосходящее потребности очистных сооружений.

Применимость

Установки сжигания достаточно компактны, однако очень насыщенны сложным оборудованием, требуют полной автоматизации процесса, высококвалифицированного персонала.

В связи с этим сжигание в мировой практике применяют, как правило, на ОС, начиная с крупных.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Один из наиболее дорогостоящих методов обработки осадка. В частности, это связано с тем, что оборудование для его реализации выпускается очень немногими компаниями, что способствует поддержанию высоких цен.

Метод характеризуется рядом потенциальных опасностей (взрыво- и пожароопасность).

Установки сжигания отходов находятся в потенциальной опасности стать объектом протестов населения, либо требований по закрытию со стороны местных органов исполнительной власти (при развитии городской застройки в направлении очистных сооружений).

Референц-объекты

В России работает только три установки в Санкт-Петербурге: ЦСА, ССА, ЮЗОС.

4.2.3.3 Производство почвогрунтов (искусственных грунтов)

Общее техническое описание

Почвогрунты (искусственные грунты) — смеси компонентов, приближающиеся по свойствам и составу к естественным плодородным грунтам. С этой целью в их состав должны входить минеральные компоненты (глина, песок), в качестве основных составляющих, а также органические компоненты, отвечающие за плодородие. Доля органических компонентов не должна превышать 20 % — 30 %.

Почвогрунты изготавливают, в том числе, с использованием компоста из осадков сточных вод в качестве органического компонента. Обязательным условием является состав осадка, обеспечивающий соответствие почвогрунта действующим требованиям [3].

Технологический процесс сводится к завозу, складированию, дозированию, перемешиванию компонентов, просеиванию грунта, хранению запаса и отгрузке.

Основной нишей для использования почвогрунтов является территории, нарушенные при строительстве, а также рекультивируемые.

Преимущества для окружающей среды

Использование почвогрунтов позволяет осуществлять эффективную рекультивацию нарушенных грунтов с соблюдением экологических требований. Используются удобрительные свойства осадка, что позволяет сокращать применение минеральных удобрений. Одновременно использование мелиоративных свойств осадка позволяет сокращать разработку торфа, а также плодородных природных грунтов. При этом не отчуждаются территории для захоронения осадка как отхода. Кроме того, известно, что торф мало подходит для рекультивации, он неплодороден и смывается дождями.

Межсредовые воздействия

Гарантирует отсутствие образования отходов.

Применимость

Универсальный метод.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Осадок должен предварительно пройти компостирование, что обеспечивает его стабильность, обеззараживание и товарный вид, подобный перегною.

Важнейшим фактором является соблюдение всех требований к содержанию токсичных веществ как в исходном осадке, компосте, так и в почвогрунте.

Почвогрунты реализуются заинтересованным организациям-застройщикам, дорожным строителям, компаниям, занимающимся озеленением и благоустройством. Спрос на почвогрунты выше в крупных населенных пунктах, вокруг которых где снижена доля сельскохозяйственных полей в составе земельных угодий. В этой ситуации направление использования осадка в почвогрунтах позволяет компенсировать недостаток возможностей для почвенного применения.

Использование осадков для приготовления почвогрунтов тормозится неэффективной запретительной системой регулирования использования осадков, действие которой приводит к тому, что организации ЦСВ проще вывозить осадки на полигоны захоронения отходов.

4.3 Анализ технологий как возможных НДТ для ОС ПСВ

4.3.1 Сооружения гравитационной очистки

4.3.1.1 Пруды-отстойники

Общее техническое описание

Представляют собой сооружения для механической очистки, предназначенные для удаления из ПСВ крупных механических примесей, мусора, нерастворимых грубодисперсных примесей минерального и органического происхождения — взвешенных веществ, а также и нефтепродуктов. Конструктивно могут выполняться из сборных железобетонных (бетонных) конструкций, габионов, а также в виде земляных сооружений. В основе их работы — гравитационное осаждение или всплытие загрязняющих веществ, имеющих плотность, отличную от плотности воды. При этом тяжелые минеральные загрязнения под действием силы тяжести осаждаются, легкие (нефтепродукты) — всплывают на поверхность.

В приемной части прудов-отстойников, как правило, располагается зона улавливания песка, который в виде влажного осадка периодически (1–2 раза в сезон) выгружается с помощью строительной техники. В современных конструкциях прудов-отстойников, обслуживающих большие площади водосбора (до 100 га и более), удаление крупного мусора может осуществляться с помощью стрежневых решеток (с ручной или автоматизированной системой очистки), пескоулавливание — в отдельных проточных песколовках, аналогичных описанным в разделе 2 (таблица 2.4).

В месте выпуска очищенных ПСВ располагаются нефтесборные устройства — полупогружные конструкции, требующие периодического удаления, накопленного пе-

ред ними слоя нефтепродуктов или сорбирующие боновые заграждения. В условиях значительного загрязнения ПСВ нефтепродуктами и колебания уровня воды удаление нефтепродуктов осуществляют специальными нефтесборными устройствами — скиммерами.

Функцию отстойных сооружений также могут выполнять резервуары — накопители ПСВ или аккумулирующие резервуары.

Преимущества для окружающей среды

Удаление из ПСВ крупных механических примесей и плавающего мусора на 100 %.

Эффект задержания взвешенных веществ в проточных отстойных сооружениях сильно колеблется в пределах 15 % — 75 % и зависит от гидравлической крупности примесей, высоты зоны отстаивания и времени пребывания сточных вод.

Межсредовые воздействия

Образование минерального осадка и всплывших веществ (нефтепродуктов) как отходов (неизбежно для всех технологий очистки ПСВ).

Применимость

При сбросе в водные объекты категории Г — как НДТ и как временное решение — в объекты категорий Б, В.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Устройство прудов-отстойников требует наличия значительных площадей в месте выпуска дождевой канализации в водный объект.

С увеличением расхода поверхностного стока, которое имеет место при выпадении интенсивных ливневых дождей, скорость движения воды существенно возрастает, в результате чего происходит вынос ранее выделенных загрязнений.

4.3.1.2 Щитовые сооружения

Общее техническое описание

Простейшие очистные сооружения, располагаемые непосредственно в акватории водного объекта, в который осуществляется сброс ПСВ. Конструктивно выполняются из бетонных и металлических конструкций, предусматривают заход катера-мусоросборника для очистки. Также может выполняться из плавающих боновых загрязнений.

Преимущества для окружающей среды

Минимальны из всех ОС ПСВ. Происходит удаление до 90 % всего плавающего мусора, большей части всплывающих свободных нефтепродуктов и некоторой части взвешенных веществ.

Межсредовые воздействия

Образование осадка как отхода (неизбежно для всех технологий).

Применимость

При сбросе в водные объекты категории Г — как НДТ и как временное решение — в объекты категории Б, В

Факторы, влияющие на возможность реализации

Большое преимущество — могут быть использованы там, где отсутствует площадь земельного участка. Нет необходимости проводить работы на коллекторах.

Возможность применения ограничена шириной русла реки и невысоким эффектом очистки ПСВ от основных загрязняющих компонентов — взвешенных веществ и нефтепродуктов.

4.3.1.3 Тонкослойные отстойники

Общее техническое описание

Сооружения для механической очистки сточных вод, в которых процесс выделения примесей многократно интенсифицирован использованием тонкослойных модулей (плоскостных, трубчатых, сотовых). Как правило, они располагаются в прямоугольных сооружениях (горизонтальных отстойниках). Под модулями располагается коническое (многоконусное) днище с системой удаления осадка (как правило, откачка шламовыми насосами).

Отстаивание в тонкослойных модулях эффективно производить с предварительной обработкой ПСВ растворами реагентов (коагулянтов и (или) флокулянтов).

Наиболее эффективными являются объемно-тонкослойные отстойники комбинированного типа, имеющие, как правило, в едином корпусе секции безреагентного отстаивания камеры смешения и хлопьеобразования, секции объемного и тонкослойного реагентного отстаивания. В таких сооружениях обеспечивается наиболее благоприятный гидродинамический режим движения вод, позволяющий достигнуть максимального эффекта очистки.

Преимущества для окружающей среды

Эффективная технология очистки ПСВ, способная достичь снижение содержания взвешенных веществ до 10–30 мг/л, нефтепродуктов — до 2–5 мг/л, показателей ХПК и БПК — до 40–80 и 10–15 мг/л соответственно.

Межсредовые воздействия

Аналогичны прудам-отстойникам, за исключением потребления реагентов.

Применимость

Универсальная. В качестве единственной основной стадии очистки – везде, кроме нового строительства для сброса в водные объекты категории А.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Требуемая площадь для собственно тонкослойных отстойников (модулей) небольшая, так как нагрузка на них составляет до 120 $м^3/м^2$ в сутки. Возможна установка готовых модулей в действующие горизонтальные отстойники при проведении реконструкции ОС.

4.3.1.4 Реагентная флотационная очистка

Общее техническое описание

Процесс основан на всплытии вверх комплексов пузырек воздуха–частица загрязнения, образующихся в результате формирования данных пузырьков в обрабатываемой жидкости. Накапливающаяся на поверхности флотопена, представляющая собой концентрат выделенных загрязнений, отводится, как правило, скребками, для дальнейшей обработки.

Процесс наиболее эффективен для загрязнений, имеющих низкую смачиваемость водой: нефтепродуктов, большой части взвешенных веществ.

По способу формирования воздушных пузырьков флотацию подразделяют на ряд технологий, из которых для очистки ПСВ наиболее значимы:

- напорная флотация, при которой вода перед подачей в открытый резурвуар (флотокамеру) насыщается воздухом под давлением в отдельной емкости (сатураторе) во флотокамере, вследствие снижения давления воздух выделяется из воды в виде микропузырьков;

- импеллерная флотация, при которой дисперсная воздушная фаза производится за счет подсасывания воздуха в воздушную воронку, образующуюся благодаря вращению ротора (мешалки) внутри неподвижного перфорированного статора.

Для повышения эффективности метода используют предварительную коагуляцию и флоккуляцию загрязнений с добавлением солей железа (или алюминия) и/или полиэлектролитов (флокулянтов), в зависимости от местных условий.

Преимущества для окружающей среды

Самый эффективный метод одноступенчатой очистки ПСВ, способный обеспечить снижение содержания взвешенных веществ до 10 мг/л, нефтепродуктов — до 2–3 мг/л.

Межсредовые воздействия

При использовании минеральных реагентов масса образующегося осадка существенно увеличивается, также затрудняются условия их утилизации. При применении только флокулянта этот фактор не существенен.

Применимость

Универсальный метод.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Наиболее компактный процесс. Существенные затраты на реагенты и электроэнергию. Значительная стоимость оборудования.

4.3.2 Гидробиологические методы

4.3.2.1 Применение эйхорнии в прудах-отстойниках

Общее техническое описание

В летнее время в средней полосе и южных районах страны процесс отстаивания может быть совмещен с биологической очисткой ПСВ с помощью высшей водной растительности путем засева в пруды-отстойники культуры плавающего растения эйхорнии, обладающей свойством поглощать большие количества загрязнений развитой корневой системой. В результате контакта с корнями эйхорнии происходит очистка ПСВ практически от всех загрязняющих веществ, включая частичное удаление минеральных солей.

Эйхорния может работать в теплый период года с наступлением осенних холодов, когда отмирает биомасса. В зимний период часть культуры эхйорнии должна быть сохранена в специальных сооружениях до следующего теплого сезона.

Преимущества для окружающей среды

Значительно повышается эффективность работы прудов-отстойников (отстойников) по всем загрязняющим веществам. Эффективность зависит от времени контакта и температуры сточных вод, поступающих на очистку.

Межсредовые воздействия

Значительно возрастает количество твердой фазы (отмершей биомассы эйхорнии), удаляемой из ОС ПСВ по окончании сезона применения эйхорнии. Она может быть использована как компонент для компостирования. При отсутствии такой возможности объем отходов возрастет.

Применимость

Может быть использована в существующих очистных сооружениях (прудах-отстойниках) в зоне относительно теплого климата для повышения эффективности процесса очистки ПСВ от растворимых минеральных и органических соединений.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Применение эйхорнии возможно исключительно при температуре воды выше 20 °С, что для средней полосы России ограничивает период ее использования 2–3 мес, для юга России — 4 мес.

Для запуска культуры эйхорнии часть растений нужно сохранять в зимний период при поддержании необходимой температуры, освещенности и питания.

4.3.2.2 Фитоочистные системы

Общее техническое описание

Фитоочистные системы (ФОС) делятся на четыре основных типа: ФОС со свободной водной поверхностью; ФОС с горизонтальным подповерхностным потоком; ФОС с вертикальным подповерхностным потоком; комбинированные ФОС.

ФОС с открытой водной поверхностью — это биопруды с высшей водной растительностью (ВВР).

ФОС с подповерхностным потоком — биоплато (закрытое сооружение гидропонного типа).

Очищаемая, предварительно отстоянная вода проходит через загрузку дренажного слоя биоплато, состоящую из инертного материала (например, щебня). В слой высаживаются ВВР (камыш, рогоз, тростник и др.). Дренажный слой покрывается утеплителем, который не препятствует прорастанию высших водных растений. Утеплитель

покрывается защитным слоем. Покрытие сооружения инертным термоизоляционным материалом предотвращает его промерзание в зимний период и обеспечивает работоспособность. Сооружение может быть как с естественной аэрацией, так и с искусственной.

Органические соединения разлагаются в ФОС как в аэробных, так и в анаэробных условиях бактериями, развивающимися на подземных/подводных частях растений и на поверхности минеральной загрузки. Кислород, необходимый для аэробного разложения, поступает непосредственно из атмосферы за счет диффузии из корней и корневищ растений и (или) в результате работы аэрационных систем (в случае применения принудительной аэрации). Роль высших растений чрезвычайно велика: каждый корень формирует своеобразное сообщество бактерий, подпитывая его кислородом, ферментами и биодоступным органическим веществом.

Азот удаляется за счет комплекса процессов: нитрификации/денитрификации, процесса АНАММОКС, в том числе за счет ассимиляции растениями (в период роста биомассы). Фосфор удаляется в первую очередь за счет обменно-сорбционных реакций на поверхности минеральной загрузки путем образования нерастворимых и малорастворимых солей.

Преимущества для окружающей среды

ФОС способны обеспечить глубокую очистку сточных вод, с использованием естественного метода, не требующего ни электроэнергии, ни реагентов; минимум оборудования.

Межсредовые воздействия

Отходы и выбросы отсутствуют.

Применимость

Универсальная. ФОС применимы как для очистки ПСВ, так и для ГСВ. Для последних пока опыт практического применения в России отсутствует.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Все ФОС требуют значительной площади (время пребывания СВ — не менее суток при небольшой глубине).

В период весеннего снеготаяния биоплато, работающее на очистку ПСВ, неработоспособно до его оттаивания при устойчивой плюсовой температуре воздуха, так как, в отличие от работы на очистку ГСВ, зимой оно не обогревается теплыми сточными водами и замерзает. Также существенно и то, что при температуре воды порядка 3 °С — 5 °С биологические процессы протекают крайне медленно. В этой ситуации

биоплато будет работать с меньшей эффективностью, как фильтровально-сорбционное сооружение.

4.3.3 Фильтрационная очистка и доочистка

4.3.3.1 Коалесцирующая обработка

Общее техническое описание

Коалесцирующие сооружения (вставки) представляют собой фильтры с загрузкой из полиэфирных нетканых материалов (ПЭТФ, ПЭТ), измельченного пенополиуретана (поролона) и объемных волокнистых материалов.

Они используются для повышения эффективности удаления из сточных вод механически диспергированных (эмульгированных) нефтепродуктов. Принцип их действия основан на непрерывном процессе прилипания (адгезии) мелких капелек нефтепродуктов на поверхности специального коалесцирующего материала, их слипания и укрупнения (коалесценции), отрыва от поверхности коалесцирующего материала и быстрого всплывания на поверхность очищаемой воды.

Преимущества для окружающей среды

Повышает глубину удаления эмульгированных нефтепродуктов после процесса механического отстаивания ПСВ.

Межсредовые воздействия

Отсутствуют.

Применимость

Коалесценция эффективна при удалении нефтепродуктов, находящихся в эмульгированном состоянии, до остаточных концентраций от нескольких единиц до нескольких десятков миллиграммов на литр.

Обязательным условием нормальной работы коалесцирующих вставок является отсутствие в очищаемом стоке стабилизирующих эмульсию компонентов — поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также тонкодиспергированных взвешенных веществ. Нарушение условий минимального содержания в очищаемом стоке механических примесей приводит к стабилизации эмульсии, быстрому загрязнению поверхности коалесцирующих элементов и блокировке процесса коалесценции. В результате нарушения этого требования узел коалесценции через короткое время практически выключается из работы.

Глубокое удаление тонкодиспергированной механической взвеси обеспечивается в процессе реагентного отстаивания и (или) фильтрования. После реагентного отстаивания вместе со взвешенными веществами из сточной воды удаляются свободные нефтепродукты и значительная часть эмульгированных нефтепродуктов.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Корректное применение технологии коалесценции требует тонкой предварительной очистки ПСВ от взвешенных веществ.

4.3.3.2 Фильтрация на зернистых загрузках

Используют конструкции, которые можно подразделить на следующие основные категории:

1. По типу загрузки:
   - с минеральной зернистой загрузкой (кварцевый песок, гидроантрацит и т. п.);
   - с легкой плавающей загрузкой (пенопилистирольной и т. д.).
2. По режиму подачи воды:
   - напорные;
   - безнапорные.
3. По типу режима промывки:
   - периодическая;
   - непрерывная.
4. По положению загрузки во время фазы фильтрации:
   - стационарная;
   - движущаяся.

Для всех типов фильтров со стационарной загрузкой доочищаемая вода проходит через неподвижный (в фазе фильтрации) загрузочный слой. В фильтрах с постоянной промывкой загрузки ее слой находится в постоянном движении, за счет того, что загрузка снизу подается эрлифтом в зону промывки, и после нее оседает сверху слоя, там, где начинается фильтрация воды.

Перед фильтрацией в дочищаемую воду могут подаваться растворы реагентов (коагулянтов и (или) флокулянтов) для повышения эффективности очистки сточных вод. Как правило, используют контактную фильтрацию, при которой растворы реагентов подаются в статический смеситель или в напорный трубопровод, подающий сточные воды в фильтры. Процесс коагуляции происходит непосредственно в слое фильтрующей загрузки.

Преимущества для окружающей среды

Позволяет удалять взвешенные вещества до остаточных концентраций 2–5 мг/л, нефтепродукты — до 1 мг/л.

Межсредовые воздействия

Безнапорная фильтрация практически не образует каких-либо существенных межсредовых воздействий.

Напорная фильтрация требует более существенных энергозатрат.

Применимость

Технически — универсальны.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Существенно увеличивают стоимость создания и эксплуатации очистных сооружений.

4.3.3.3 Сорбционные фильтры

Общее техническое описание

Конструктивно аналогичны механическим зернистым фильтрам, за тем отличием, что промывка не предусмотрена.

В качестве сорбента могут использоваться загрузки как плотностью меньше, чем плотность воды, (активированные угольные загрузки различных марок), так и большей плотности (цеолиты, сорбент МИУ-С и др.).

Как правило, регенерация сорбентов не производится.

Преимущества для окружающей среды

Позволяют осуществлять удаление нефтепродуктов до 0,05–0,1 мг/л.

Межсредовые воздействия

Периодически, 1–2 раза в год, образуется значительный объем отходов (отработанный сорбент, загрязненный нефтепродуктами), подлежащих размещению.

Применимость

Целесообразно использовать для очистки ПСВ на сооружениях, осуществляющих сброс сточных вод в наиболее уязвимые водные объекты (категория А).

Факторы, влияющие на возможность реализации

Для достижения требуемого эффекта очистки содержание взвешенных веществ в сточных водах, подаваемых на сорбционные фильтры, не должно превышать 2 мг/л, нефтепродуктов — 0,5–1 мг/л.

Высокая стоимость сорбционных материалов, а также практическая невозможность регенерации последних в производственных условиях. Из этого вытекает необходимость частой (примерно 1–2 раза в год) замены большого количества загрузки и размещения отработанной как отхода.

4.3.4 Обеззараживание

Находит применение исключительно УФ-обеззараживание. Технология, оборудование и условия применения аналогичны используемым при обеззараживании ГСВ (см. подраздел 4.2.2.2).

4.3.5 Обезвоживание осадка

В целом аналогично обезвоживанию осадка ГСВ (см. подраздел 4.2.3.2.1), за исключением того, что в силу минерального состава, осадок ПСВ обладает гораздо лучшими водоотдающими свойствами, а также не выделяет дурнопахнущих веществ.

После вылеживания осадок может быть использован как почвогрунт при условии соответствия требованиям. При несоответствии требованиям должен вывозиться как отход.

4.4 Определение НДТ

Все проанализированные в данном разделе технологии соответствуют критерию определения НДТ о внедрении на двух и более объектах.

Все проанализированные технологии имеют период внедрения 1–3 года от момента утверждения проекта. Исключение составляют ситуации, описанные в разделе 1.7, связанные с поэтапной реконструкцией сооружений (в основном крупнейших и сверхкрупных) в условиях приема сточных вод из населенных пунктов.

Понятие окупаемости технологий для данной области деятельности практически неприменимо, так как углубление очистки не только требует инвестиций, но и влечет за собой рост эксплуатационных затрат. Противопоставление этим затратам платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты неприемлемо:

- с юридической точки зрения. Очистка сточных вод — это не вопрос экономического выбора, проводимого хозяйствующим субъектом, а нормативное требование;

- ставки платы по таким ТП БОСВ, как азот и фосфор, на период работы над справочников были существенно ниже даже затрат на электроэнергию и реагенты для их удаления. В то же время большая часть платы может взиматься за техногенные загрязнения, концентрации которых существенно не изменятся после перехода на технологии удаления азота и фосфора.

Понятие окупаемости может использоваться только применительно к НДТ по энергосбережению (энергогенерации) и ресурсосбережению (рекуперации ресурсов).

4.4.1 НДТ для ОС ГСВ

В таблицах 4.8–4.11 приведен сравнительный анализ соответствия технологий очистки ГСВ остальным критериям НДТ. Оценка эколого-экономической эффективности технологий очистки ГСВ приведена в разделе 6.

Таблица 4.8 — Анализ технологий подпроцессов очистки и доочистки ГСВ на предмет соответствия критериям определения НДТ

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Полная биологическая очистка (БО) в аэротенках либо в биофильтрах	Не решает задачу удаления азота и фосфора (удаление 20 % — 35 %), в значительной степени сохраняет негативное воздействие по аммонийному азоту, азоту нитритов, фосфору фосфатов	Наименьшие капитальные вложения (за счет минимального времени обработки), минимальные эксплуатационные затраты	Минимальное потребление электроэнергии среди технологий биологической очистки (как следствие того, что не решается задача удаления азота). Не требуются реагенты (но не реализуется процесс удаления фосфора)
Полная биологическая очистка с нитрификацией (БН) в аэротенках либо в биофильтрах	Устраняет токсичное воздействие аммонийного азота, достигает глубокого снижения БПК [1)]. Не решает проблему удаления азота и фосфора, что сохраняет негативное воздействие по азоту нитратов и фосфору фосфатов	Капитальные затраты выше, чем при БО (необходимый объем выше примерно на 50 %). Эксплуатационные затраты высокие	Максимальный среди всех технологий биологической очистки расход электроэнергии за счет окисления аммонийного азота до нитратов (выше, чем при БО на 50 % — 100 %). Реагенты не потребляются (но не реализуется процесс удаления фосфора)

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Биологическая очистка с удалением азота (БНД)	Решает задачу удаления азота. Не решает проблему фосфора, что сохраняет негативное воздействие по фосфору фосфатов. Однако данная проблема в полном объеме может быть решена на стадии доочистки. Не решает проблему глубокого (ниже 1,0–1,5 мг/л) удаления аммонийного азота	Капитальные затраты выше, чем при БН (необходимый объем выше примерно на 75 % по отношению к БО). Эксплуатационные затраты ниже, чем при БН, за счет сниженных затрат на электроэнергию.	Расход электроэнергии ниже, чем при БН, но выше чем при БО, на 20 % — 40 % электроэнергии за счет окисления аммонийного азота до нитратов. Реагенты не потребляются (но не реализуется процесс удаления фосфора)

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора (БНДХФ)	Решает задачу удаления азота и фосфора. Однако сохраняет небольшое негативное воздействие по фосфору фосфатов (обеспечиваемые концентрации 0,5–0,7 мг/л). Не решает проблему глубокого (ниже 1,0–1,5 мг/л) удаления аммонийного азота	Капитальные затраты выше, чем при БНД: - больше необходимый объем аэротенков на 10 % — 15 % (на 80 % — 90 % к БО); - требуется создание узла хранения и дозирования реагента. Эксплуатационные затраты существенно выше, чем при БНД, за счет применения реагентов (как за счет прямых затрат на них, так и за счет косвенных затрат — на вывоз и размещение их массы в составе осадка. Требуется частый контроль фосфатов для управления подачи реагента	Расход электроэнергии аналогичен БНД. Максимальный расход реагентов среди всех технологий, обеспечивающих удаление фосфора

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Очистка с биологическим удалением азота и фосфора (БНДБФ)	Решает задачу удаления азота и фосфора. Однако в меньшей степени гарантирует снижение негативного воздействия по фосфору фосфатов (обеспечиваемые концентрации 0,5–1,0 мг/л, с возможным периодическим увеличением до 1,0–1,5 мг/л). Проблема гарантированного удаления фосфора может быть решена на стадии доочистки	Капитальные затраты выше, чем при БНД (на 80 % — 90 % к БО). Эксплуатационные затраты аналогичны БНД и существенно ниже, чем при БНДХФ. Существенное усложнение технологии обработки осадка для предотвращения обратного выделения фосфора	Расход электроэнергии аналогичен БНД. Реагенты не потребляются, при том, что задача удаления фосфора в значительной степени решается
Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора (БНДБХФ)	Гарантированно решает задачу удаления азота и фосфора, аналогично БНДХФ	Максимальные капитальные затраты для всех технологий с удалением фосфора в аэротенках: больше необходимый объем аэротенков на 10 % — 15 %, требуется узел хранения и дозирования реагента. Эксплуатационные затраты выше, чем при БНДБФ, но ниже, чем при БНДХФ	Расход электроэнергии аналогичен БНДБФ. Реагенты для удаления фосфора потребляются, однако, в меньшем количестве (в 2–3 раза)

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Доочистка в биофильтрах (БФ)	Обеспечивают окисление аммонийного азота до величин менее 0,5 мг/л, $БПК_5$ — менее 2,0 мг/л. Удаление нитритов не гарантировано, так как наряду с их окислением в нитраты происходит генерация из аммонийного азота. Часть конструкций способна задерживать взвешенные вещества до 3–5 мг/л, однако это может противоречить окислительной функции	Необходимое время пребывания около 1–2 ч (зависит от загрязненности входящей воды). Существенная стоимость загрузочного материала. Увеличение общего расхода воздуха на аэрацию на 15 % — 30 %. Стоимость удаления 1 кг БПК или аммонийного азота многократно выше, чем на стадии биологической очистки	Существенное увеличение расхода электроэнергии на процесс очистки — до 30 %. Реагенты не используются
Доочистка на фильтрах, в том числе с использованием реагента (Ф/ФР)	Обеспечивают удаление взвешенных веществ до 3–5 мг/л, а также снижение БПК около 0,3–0,5 мг/мг удаленной взвеси и тяжелых металлов на 15 % — 30 % за счет их удаления вместе со взвесью. При использовании реагентов (ФР) обеспечивает очистку (доочистку) от фосфатов	Значительные капитальные вложения на установки фильтрации. Существенные эксплуатационные затраты. Стоимость удаления 1 кг загрязнений многократно выше, чем на стадии биологической очистки	Для зернистых фильтров — значительные затраты электроэнергии на промывку. При реализации удаления фосфора — значительный расход реагентов

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ [1)]		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Совместное применение доочистки в биофильтре и в фильтрах (БФ + Ф/ФР)	Совместное применение позволяет получить как глубокое окисление, обеспечиваемое БФ, так и снижение содержания взвешенных веществ как при использовании Ф	Суммарные затраты по стадиям БФ и Ф	Суммарное потребление энергии и ресурсов по стадиям БФ и Ф
[1)] Все технологии биологической очистки ниже по таблице обеспечивают аналогичную эффективность по БПК.			

Технологии доочистки применимы после всех описанных разновидностей биологической очистки. Использование фильтров доочистки не оказывает существенного влияния на удаление соединений азота, а также фосфора (если перед ними не применяются реагенты)

Таблица 4.9 — Анализ технологий подпроцесса обеззараживания ГСВ на предмет соответствия критериям определения НДТ

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Хлорирование с использованием жидкого хлора (ЖХ)	Эффективно решает проблему обеззараживания от бактерий. Недостаточно эффективен по отношению к вирусам и цистам патогенных простейших. Наносит прямой и очевидный вред окружающей среде за счет сброса в водный объект обеззараженной воды с остаточным содержанием активного хлора, хлораминов, хлорорганических соединений. Это наносит ущерб всем гидробионтам, а также приводит к накоплению хлорорганических соединений в пищевой цепи и в донных отложениях	Традиционный метод, бывший до недавнего времени также и самым дешевым. В настоящее время его стоимость уже не ниже УФ-обеззараживания. Невысокие капитальные вложения, существенные эксплуатационные затраты на хлор. Существенный градостроительный недостаток — отчуждение территорий СЗЗ вокруг хлораторных установок по требованиям хлорбезопасности	Энергопотребление низкое. Ресурсопотребление существенное, однако, хлор получают как неизбежный продукт при производстве гидроксида натрия электролизом хлорида натрия
Хлорирование с использованием гипохлорита натрия (ГХ)	Эффективность — не превышает таковую для хлора	Эксплуатационные затраты значительно выше, чем при использовании хлора. Отсутствие проблем с хлорбезопасностью	

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Хлорирование любым методом с дехлорированием (Х/ГХ + ДХ)	Эффективность — аналогична Х/ХГ. Устраняется негативное влияние активного хлора. Негативное влияние хлорогранических соединений, аналогичное Х/ХГ	Эксплуатационные затраты (при надлежащем дехлорировании) максимальны из всех методов обеззараживания	В дополнение к потреблению хлор-реагентов, для обеспечения экологически безопасного использования также требуется применение восстанавливающего реагента (сульфит натрия)
Обеззараживание УФ-облучением (УФ)	Полная эффективность обеззараживания по всем микробиологическим загрязнениям, которые необходимо удалить в данном подпроцессе. Отсутствие каких-либо побочных негативных последствий для окружающей среды	Существенные капитальные вложения на оборудование. Однако в сравнении с Х/ГХ не требуется контактный резервуар, склады реагента. Также существенные эксплуатационные затраты: - на электроэнергию на работу УФ-ламп; - на периодическую замену УФ-ламп	Существенное потребление электроэнергии. Потребление реагентов (на очистку ламп) минимально либо отсутствует

Таблица 4.10 — Анализ технологий подпроцесса стабилизации осадка ГСВ на предмет соответствия критериям определения НДТ

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Метановое сбраживание (МС)	Высокий распад органического вещества осадка (до 50 %). Значительная стабильность сброженного осадка. Значительное замещение энергоресурсов при утилизации образующегося биогаза. Обработка в термофильном режиме при соблюдении регламента обеспечивает обеззараживание. Закрытый процесс, не влияет на атмосферный воздух	Значительный объем сооружений. Высокая стоимость строительства метантенков, оборудования для утилизации биогаза. Окупаемость внедрения — не менее 6 лет	Энергогенерирующий метод, позволяет довести самообеспечение ОС ГСВ энергией до 50 % — 100 %. Не потребляет реагентов. В совокупности с другими технологиями может обеспечивать рекуперацию части фосфора, входящего в число загрязнений сточной воды
Аэробная стабилизация (АС)	Невысокий распад органического вещества осадка (20 % — 25 %). Относительная стабильность обработанного осадка. Не обеспечивает обеззараживания. Выделение эмиссий в атмосферу	Значительный объем сооружений (сопоставим с объемом для БО), однако простой конструкции. Высокие эксплуатационные затраты (на аэрацию)	Очень высокий расход воздуха на аэрацию (при расчете на высокую степень стабилизации не менее ½ расхода на БО)

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Компостирование (КО)	Стабилизация и гумификация органических веществ, уменьшение массы, снижение влажности, обеззараживание, исчезновение неприятного запаха, улучшение физико-механических свойств, обеспечение товарного вида, подготовка к дальнейшему использованию в качестве удобрения или компонента для приготовления почвогрунтов	Завоз наполнителя, значительные площади (либо объемы сооружений), однако чрезвычайно простой конструкции, длительность процесса 2–6 мес). Высокие эксплуатационные затраты (на аэрацию либо на моторное топливо), однако ниже, чем при АС	Возможно использование готового компоста для сокращения объема наполнителя — до 30 %. Использование биопрепаратов для интенсификации процесса и сокращения сроков. Возможно проведение процесса только с помощью специальной техники, без электроэнергии. С большими трудозатратами возможно проведение процесса с помощью стандартной строительной техники.

Таблица 4.11 — Анализ технологий подпроцессов сокращения объема осадка ГСВ на предмет соответствия критериям определения НДТ

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Механическое обезвоживание (МО)	Уменьшает массу осадка быстро и эффективно. Негативные воздействия на окружающую среду отсутствуют	Наиболее дорогостоящий метод. Высокая стоимость оборудования, его текущей эксплуатации, необходимость размещения в здании. Потребление реагента (флокулянта) — максимальное среди методов обезвоживания	В группе технологий МО есть как очень энергосберегающие (шнековые и ленточные прессы), так и энергоемкие технологии (центрифуги). Потребление реагента невелико по массе, однако существенно по стоимости
Подсушка и выдержка осадков на иловых площадках в естественных условиях (ИП)	Длительный процесс. Эффективность зависит от соблюдения регламента и климатических условий. Существенные эмиссии в атмосферу. В случае возгорания высушенного осадка очень большие эмиссии. Уровень загрязнения грунтовых вод зависит от конструкции и геологических условий	При наличии достаточной для работы по регламенту площади иловых площадок эксплуатационные затраты минимальные. На вновь создаваемых объектах затраты на создание площадок очень большие	Потребление электроэнергии определяется дальностью расположения иловых площадок (затраты на перекачку осадка и сливной воды). Дополнительные затраты моторного топлива на работы по ворошению и сгребанию осадка. Реагенты не используются

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Сгущение, подсушка и выдержка осадков, обработанных флокулянтами, на иловых площадках в естественных условиях (ИПФ)	Аналогично ИП. Эмиссии в атмосферу и в грунтовые воды также сокращены	Потребность в площадях ниже в несколько раз	Электроэнергия и моторное топливо — аналогично ИП. Расход реагента — минимальный из всех технологий, где он применяется
Термическая сушка (ТС)	Сокращение массы осадка примерно в 4 раза, объема — в 3 раза. Свойства осадка оптимальны для разнообразных видов его использования: как удобрение, топливо, изолирующий слой на полигоне. Негативное воздействие на атмосферу (неприятные запахи) может быть предотвращено системами очистки	Удельные капиталовложения на 1 кг удаленной влаги существенно выше, чем при МО. То же и для эксплуатационных затрат. Использование ТС без МС, которое могло бы обеспечивать тепловой энергией, резко повышает эксплуатационные затраты	Высокое потребление электрической и тепловой энергии. Реагенты почти не используются

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Сжигание (термоутилизация) (СЖ)	Сокращение массы осадка более чем в 10 раз. Перевод всего органического вещества осадка, который не может найти применения, из формы отхода в форму выбросов в атмосферу. Выбросы могут быть очищены от двуокиси серы, окислов азота, пыли, токсичных органических веществ. Выброс углекислоты неизбежен. Зола от сжигания осадка является отходом 4-го класса опасности (данные по установкам в Санкт-Петербурге)	Удельные капиталовложения на 1 кг удаленной влаги существенно выше, чем при МО. То же и для эксплуатационных затрат. Существенно дороже размещение осадка как отхода. Тщательная очистка выбросов значительно удорожает процесс	Высокие затраты электроэнергии. Без предварительной сушки требует использования топлива. Высокие затраты реагентов на очистку выбросов

По результатам сравнительного анализа применительно к объектам ОС ГСВ, относимым к 1-й категории в соответствии с Федеральным законом от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ [32] (начиная со средних), выделены следующие технологии, в полной мере обеспечивающие возложенные на них функции:

1. Группа подпроцессов очистки и доочистки от органических соединений, соединений азота и фосфора: снижение сбросов всех целевых для данной группы загрязняющих веществ (см. таблицу 4.12).

Отобранные технологии отнесены к определенным условным группам водным объектов, исходя из соображений эколого-экономической эффективности инвестиций во избежание нерациональных затрат и потребления ресурсов.

Таблица 4.12 — Перечень НДТ очистки и доочистки от органических соединений, соединений азота и фосфора

Технологии	Экологические условия в водном объекте	Обозначение категории водного объекта по экологическим условиям
БН	Особые условия по содержанию азота и фосфора в водном объекте	Г
БНД	Особые условия по содержанию фосфора в водном объекте	Г
БНДБФ	Экологически устойчивые водные объекты	В
БНДБФ-А, БНДХФ	Основная группа водных объектов	Б
(БНДБХФ / БНДБФ-А / БНДБФ) + (Ф / ФР) БНД + ФР	Наиболее охраняемые или наиболее уязвимые водные объекты	А

Таким образом, технология БО не соотвествует критериям НДТ для объектов, относимых к 1-й категории, технология БН – для всех новых объектов (кроме возможных ситуаций сброса в водные объекты категории Г).

2. Подпроцесс обеззараживания. Целевой функции — полной дезинфекции от всех микробиологических загрязнений удовлетворяет только УФ-обеззараживание. Оно же обеспечивает экологическую безопасность данного подпроцесса. Все критерии НДТ выполняются.

Обеззараживание хлором и хлор-реагентами не соответствуют критериям НДТ для вновь создаваемых сооружений, кроме обеззараживания гипохлоритом натрия на малых и сверхмалых объектах.

3. Подпроцесс стабилизации осадка.

Критериям НДТ соответствуют анаэробная стабилизация жидких осадков (метановое сбраживание), компостирование обезвоженного осадка.

Кроме того, функция стабилизации выполняется при использовании технологий сушки и сжигания.

Аэробная стабилизация жидких осадков не удовлетворяет критериям НДТ, как малоэффективный и энергоемкий процесс.

4. Подпроцессы уменьшения массы осадка.

Критериям НДТ соответствуют механическое обезвоживание, а также подсушка и выдержка осадков, обработанных флокулянтами, на иловых площадках в естественных условиях.

Подсушка и выдержка осадков на иловых площадках в естественных условиях (без применения реагентов) не удовлетворяет критериям НДТ для всех новых объектов и для всех объектов, начиная с крупных.

Технологические показатели технологий термической сушки и сжигания существенно превосходят таковые для процессов обезвоживания. Однако с учетом эколого-экономической эффективности (по снижению массы осадка на единицу затрат) они многократно уступают методам обезвоживания. Тем более, что при использовании осадка (удобрении, почвогрунты) снижение массы не является самоцелью.

4.4.2 Определение НДТ для ПСВ

В таблице 4.13 приведен сравнительный анализ соответствия технологий очистки ПСВ критериям НДТ, кроме тех, о соответствии которым сказано в начале раздела 4.4.

Таблица 4.13 – Сравнительный анализ соответствия технологий очистки ПСВ критериям НДТ

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ *		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Отделение крупных включений в щитовых заграждениях (ЩЗ)	Решает только проблему удаления грубых всплывающих и оседающих примесей (на 90 %). Минимальная эффективность удаления нефтепродуктов	Небольшие капитальные вложения и эксплуатационные затраты	Не требуют энергии и ресурсов

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ *		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Отстаивание в прудах — отстойниках (ПО)	Радикально решает только проблему удаления грубых оседающих примесей. Низкая эффективность удаления взвешенных веществ [1)]. Удаление нефтепродуктов минимально	Значительные капитальные вложения. Невысокие эксплуатационные затраты	Не требуют энергии и ресурсов
Тонкослойное отстаивание (ТО)	Существенная эффективность удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов	Значительные капитальные вложения. Невысокие эксплуатационные затраты	Не требуют энергии и ресурсов
Фильтрование отстоянной воды через кассетные (коалесцирующие) фильтры (КФ)	Существенная эффективность удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов. Однако низкая надежность работы фильтров	Невысокие капитальные вложения. Средние эксплуатационные затраты	Не требуют энергии. Замена загрузки в кассетах
Физико-химическая очистка методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой	Значительная эффективность удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов	Значительные капитальные вложения. Высокие эксплуатационные затраты	Минимум энергии. Существенный расход реагентов

Технологии	Соответствие основным критериям определения НДТ *		
	Эффективность решения экологических проблем. Уровень негативного воздействия на окружающую среду	Экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации	Применение ресурсо- и энергосберегающих методов
Фитоочистные системы (ФОС)	Значительная эффективность удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов в период устойчивых положительных температур. Неэффективны для очистки талых ПСВ	Значительные капитальные вложения. Высокая площадь. Невысокие эксплуатационные затраты	Не требуют энергии и ресурсов
Применение эйхорнии в прудах-отстойниках (ПО-Э)	Значительная эффективность удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов. Период применения ограничен 2–5 мес, в зависимости от климатической зоны	Значительные капитальные вложения. Невысокие эксплуатационные затраты	Энергопотребление для сохранения культуры эйхорнии
Фильтрация на зернистых загрузках, с реагентами или без (Ф/ФР)	Высокая эффективность удаления взвешенных веществ. Как правило, как промежуточная стадия очистки после отстаивания и перед сорбционными фильтрами	Высокие капитальные вложения и эксплуатационные затраты	Существенный расход электроэнергии (также и реагентов — при их применении)
Сорбционные фильтры (СФ)	Высокая эффективность удаления нефтепродуктов. Образование отработанного сорбента	Высокие капитальные вложения. Очень высокие эксплуатационные затраты	Высокий расход электроэнергии, реагентов, сорбента
[1)] Может быть выше, в зависимости от размеров поселения, состояния и типов городских почв.			

По результатам сравнительного анализа применительно к объектам ОС ПСВ выделены следующие уровни технологий, по соотношению эффективности и затрат:

1. Группа подпроцессов очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов

Отобранные технологии отнесены к определенным в таблице 4.14 условным группам водным объектов исходя из соображений эколого-экономической эффективности инвестиций во избежание нерациональных затрат и потребления ресурсов.

Таблица 4.14 — Перечень НДТ очистки ПСВ

Технологии	Экологические условия в водном объекте	Обозначение категории водного объекта по экологическим условиям
ФХТО	Экологически устойчивые водные объекты	В
ФХТО + Ф / КФ, либо ТО + ФОС	Основная группа водных объектов	Б
ФХТО + Ф + СФ	Наиболее охраняемые или наиболее уязвимые водные объекты	А

Относительно других проанализированных технологий можно констатировать следующее:

- ЩЗ — недорогие сооружения, но имеющие более эстетический, чем экологический эффект;

- ПО — достаточно дорогостоящие сооружения, обладающие невысоким эффектом;

- ТО — стоимость выше, но эффективность недостаточна высока;

- ПО+Э — ограниченная климатическая зона применения.

2. Подпроцесс обеззараживания

Всем критериям НДТ соответствует только УФ-обеззараживание. Оно же единственный применяемый процесс.

3. Подпроцесс обезвоживания осадка

Учитывая небольшие масштабы ОС ПСВ, стабильность образующегося в ПО и ТО осадка, высокое содержание в нем сухого вещества, хорошие водоотдающие свойства, песковые площадки, используемые для подсушки выгружаемого осадка вполне удовлетворяют критериям НДТ, не оказывая выраженного негативного воздействия на окружающую среду.

Осадок от процессов физико-химической очистки в силу условий своего образования менее концентрирован, его водоотдающие свойства хуже, а количество как по

объему, так и по сухому веществу существенно больше. С учетом этого, критериям НДТ удовлетворяет технология механического обезвоживания осадка, полученного при физико-химической обработке, либо его обезвоживания в геоконтейнерах.

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии

НДТ 1

НДТ в части планирования инвестиций и выдачи заданий на проектирование, на модернизацию и развитие существующих ОС ГСВ является определение перспективных расходов на основании фактических данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения.

НДТ 2

НДТ в части контроля формирования состава сточных вод, не относящихся к жилому сектору, является использование всех (с учетом применимости) методов, перечисленных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень методов для НДТ 2

№	Метод	Область применения метода как НДТ
а	Наличие утвержденного в установленном порядке и должная реализация годичного плана контроля загрязненности сточных вод абонентов, обеспечивающего безусловный приоритет для контроля сточных вод абонентов, потенциально опасных для ЦСВ и водных объектов	Универсальный
б	Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по обеспечению ими нормативов сброса в ЦСВ загрязняющих веществ, установленных по критерию недопущения причинения вреда ЦСВ	Универсальный
в	Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по осуществлению ими разделения потоков производственных сточных вод и поверхностных стоков (в поселениях, оборудованных системами отведения поверхностных вод)	Универсальный

№	Метод	Область применения метода как НДТ
г	Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по недопущению сброса в централизованную систему водоотведения незагрязненных вод	Универсальный
д	Направление на очистку не менее 70 % годового объема ПСВ	Только для объектов ЦСВ, предназначенных для приема ПСВ
е	Разделение потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, со сбросом условно чистой без очистки	Только для объектов ЦСВ ПС

НДТ 3

НДТ в части контроля поступающих на очистные сооружения сточных вод и сброса очищенных сточных вод является использование всех (с учетом применимости) методов, перечисленных в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Перечень методов для НДТ 3

№	Метод	Область применения метода как НДТ
а	Наличие и надлежащая эксплуатация приборов измерения расхода поступающих (или очищенных) вод, пригодных к применению на сточных водах и имеющих соответствующие аттестаты	Универсальный
б	Наличие и соблюдение программы производственного контроля качества вод	Универсальный
в	Выполнение отбора проб сточных вод в соответствии с аттестованными методиками	Универсальный
г	Использование для пробоотбора автоматических пробоотборников, используемых в режиме накопительной суточной пробы, отбираемой пропорционально расходу поступающих (или очищенных) вод	Для ОС ГСВ от крупнейших [1)] и выше
д	Выполнение анализов проб сточных вод в организации (подразделении), имеющей соответствующие аттестаты, анализов поступающих сточных вод по всему перечню показателей, контролируемых на сбросе и дополнительно по веществам, практически отсутствующим в сточных водах, но образующихся в процессе очистки сточных вод (только для очищенных вод), с установленной периодичностью, определяемой с учетом производительности сооружений	Универсальный

№	Метод	Область применения метода как НДТ
е	Выполнение анализов проб поступающих сточных вод дополнительно на содержание азота и фосфора по общим формам	Для ОС ГСВ от больших и выше
ж	Обеспечение хранения в холодильнике резервной пробы (часть отобранной ежедневной пробы сточных вод) в течение 7 дней для возможности тщательного контроля в случае возникновения проблем, связанных с токсичностью сточных вод или другими проявлениями залповых сбросов загрязняющих веществ	Для ОС ГСВ, на которых отмечаются проблемы с залповыми сбросами от промышленных абонентов
з	Надлежащая фиксация, хранение, анализ информации о количестве и качестве поступающих сточных вод в соответствии с технологическим регламентом	Универсальный

[1] Здесь и далее во всем разделе категории крупности ОС применены в терминологии, принятой в разделе 1 (см. таблицу 1.18). При этом запись, например, «до крупных включительно» означает, что областью применения являются все объекты, которые по производительности являются крупными, либо имеют меньшую производительность. Запись «от больших и выше» означает, что областью применения являются все объекты, которые по производительности являются большими, либо имеют более высокую производительность

НДТ 4

НДТ в части применения надлежащих технологий очистки ГСВ является использование всех (с учетом применимости) технологий, перечисленных в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Перечень технологий для НДТ 4

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
а	Удаление грубодисперсных примесей из сточных вод до основных технологических стадий очистки	Универсальная
б	Отмывка отбросов от взвешенных веществ с целью повысить их стабильность и сократить негативное воздействие на окружающую среду	Для ОС ГСВ от средних и выше
в	Осветление сточных вод в пределах, не ухудшающих удаление азота и фосфора при последующей биологической очистке	Для ОС ГСВ от больших и выше
г	Биологическая очистка, соответствующая крупности объекта и условиям сброса (в соответствии с НДТ 7 и НДТ 8)	Для всех ОС ГСВ, кроме позиции е) данной таблицы

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
д	Доочистка (третичная очистка), в соответствии с НДТ 9	Только при сбросах в водные объекты категории А [1)], для всех ОС ГСВ, кроме сверхмалых
е	Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих	Для сверхмалых ОС ГСВ, с поступлением на них расхода сточных вод, формирующимся сезонно, не более 100 дней в году. Кроме сбросов в водные объекты категории А
ж	Обеззараживание очищенных вод с использованием УФ-облучения, либо гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами (не хлором)	УФ-облучение – универсальная Обеззараживание гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами без дехлорирования – на существующих объектах до больших включительно, на реконструируемых объектах[2)] – до небольших включительно, на новых объектах – до малых включительно. Обеззараживание гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами с надлежащим дехлорированием – на всех объектах до крупных включительно

[1)] Здесь и далее сферы применимости категорий А–Г используются при наличии соответствующего нормативно-правового обоснования. До их принятия ко всем объектам следует применять НДТ, приведенные в данном разделе для категории Б.

Использование для всех объектов НДТ для категории А, учитывая повсеместное распространение объектов подотрасли, не соответствует определению НДТ в статье 28.1 219-ФЗ как наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу ... выполняемой работы, т.к. не обеспечит для подотрасли и бассейнов водных объектов требуемый наименьший уровень воздействия.

[2)] Здесь и далее под новыми объектами (сооружениями) подразумеваются объекты, создаваемые по заданию на проектирование, составленному для нового строительства, под реконструируемыми объектами (сооружениями) – объекты, создаваемые по заданию на проектирование, составленному для реконструкции, относящемуся к объекту в целом, либо к подпроцессу, для которого область применения как НДТ указана с данным ограничением. Здесь и далее ограничение области применения технологии (метода) как НДТ означает необязательность применения данной технологии (метода) вне указанной области применения. Использование технологии (метода) вне области применения НДТ не означает несоотвествия данной НДТ, однако не рекомендуется

В таблице 5.4 приведены технологические показатели для НДТ 4е «Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих».

Таблица 5.4 – Технологические показатели для НДТ 4е «Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих»

Технологический показатель: концентрация загрязняющего вещества в очищенной воде	Значение, мг/л, не более [1)]
Концентрация взвешенных веществ	15
Концентрация $БПК_5$	25
Концентрация ХПК	80
Концентрация фосфора фосфатов	1
[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.	

НДТ 5

НДТ в части применения надлежащих технологий очистки ПСВ является использование всех технологий, перечисленных в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Перечень технологий для НДТ 5

№	Технология	Область применения как НДТ
а	Предварительная механическая очистка поверхностного стока от крупных механических примесей и мусора методом процеживания	Универсальная
б	Разделение потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, со сбросом последней в водные объекты. Направление на очистку не менее 70 % годового объема ПСВ, образующихся на территории поселений	Универсальная
в	Очистка загрязненного стока от тяжелых минеральных примесей (пескоулавливание) в проточных песколовках различного типа или во входной секции аккумулирующего резервуара	Универсальная
г	Аккумулирование и усреднение загрязненной части поступающего расхода (может быть совмещено с механической очисткой)	Универсальный, на новых объектах. Для ОС ПСВ до небольших включительно допускается использование проточных систем очистки
д	Механическая очистка от взвешенных веществ и нефтепродуктов методом отстаивания	Универсальная, с учетом того, что нецелесообразна при использовании НДТ 6а
е	Обеззараживание очищенных вод УФ-облучением	УФ-облучение - универсальная

№	Технология	Область применения как НДТ
ж	Обезвоживание образующихся осадков на иловых (песковых) площадках с помощью геоконтейнеров или механическим способом	Универсальная

НДТ 6

НДТ в части применения надлежащих технологий очистки ПСВ является использование, в дополнение к НДТ 5, одной из технологий, перечисленных в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Перечень технологиий для НДТ 6

№	Технология	Область применения как НДТ
а	Физико-химическая очистка стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории В[1)]
б	Физико-химическая очистка по 6а, с последующей доочисткой двухступенчатой фильтрацией на зернистых и коалесцирующих фильтрах	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории Б[1)]
в	Механическая очистка по 5д, биологическая очистка в искусственных или естественных условиях	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории Б[1)]
г	Физико-химическая очистка по 6а с последующей доочисткой фильтрацией на двухступенчатых зернистых и сорбционных фильтрах	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории А[1)]
д	Механическая очистка по 5г, биологическая очистка в искусственных или естественных условиях, с последующей доочисткой фильтрацией в сорбционных фильтрах	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории А[1)]
[1)] С учетом примечания [1)] к таблице 5.3 и примечания [2)] к таблицы 5.8		

В таблице 5.7 приведены технологические показатели для НДТ 6.

Таблица 5.7 – Технологические показатели для НДТ 6

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ [1), 2)], не более				
		6а	6б	6в	6г	6д
Взвешенные вещества	мг/л	15	8	15	5	5
Нефтепродукты	мг/л	2	1	0,5	0,3	0,1
ХПК	мг/л	60	50	40	30	30

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ [1), 2)], не более				
		6а	6б	6в	6г	6д
$БПК_5$	мг/л	12	10	8	5	5
Фосфор фосфатов	мг/л	1	1	0,5	0,5	0,5

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

НДТ 7

НДТ в части применения надлежащих технологий биологической очистки на объектах ОС ГСВ, начиная с больших, является использование одной из технологий, перечисленных в таблице 5.8, с учетом условий применимости.

Таблица 5.8 – Перечень технологий для НДТ 7

№	Технология	Область применения как НДТ НДТ (при использовании как заключительной стадии очистки)[1)]
а	Биологическая очистка с нитрификацией	Только при сбросах в водные объекты категории Г[1)]
б	Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией	Исключительно для существующих объектов, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категорий Б–Г, на которых эта технология применяется и величина $ИПКО_{цтп}$ менее 15 достигнута не позднее, чем за 2 года до вступления в силу требований об обязательном переходе на НДТ объектов I-й категории в данной подотрасли, и не дольше 7 лет после этого срока.
в	Биологическая очистка с удалением азота	Только при сбросах в водные объекты категории Г
г	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора	Для ОС ГСВ со сбросом водные объекты категории В [2)]
д	Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	Для ГСВ со сбросом в водные объекты категории Б. Для ОС не крупнее больших

№	Технология	Область применения как НДТ НДТ (при использовании как заключительной стадии очистки)[1)]
е	Очистка с биологическим удалением азота и фосфора с ацидофикацией	Для ОС ГСВ, начиная с больших, со сбросом в водные объекты категориии Б
ж	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора	
з	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией	

[1)] Выбор между технологиями 7а и 7в осуществляется решением уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды в соответствии с потребностью водного объекта в биогенных элементах

[2)] Здесь и далее НДТ для водных объектов указанной категории являются те технологии, для которых данные условия применения являются наиболее жесткими из допустимых. Пример: НДТ 7в — НДТ для категории Г, НДТ 7г — для категории В, НДТ 7д — для категории Б. Для указанной категории другие технологии, которые удовлетворяют еще более жестким требованиям, будут соответствовать требованиям НДТ, но применение их на новых объектах (например, использование НДТ 7д в условиях категории Г) нецелесообразно. Оно дополнительно уменьшит негативное воздействие от данного сброса сточных вод, но приведет к нерациональному расходованию средств, которые могли быть инвестированы на других объектах. Это приведет к сохранению значительно большего негативного воздействия на данный водный бассейн в целом, по сравнению со снижением негативного воздействия на одном объекте, на котором применена более эффективная, но более дорогостоящая технология.

Технологические показатели НДТ 7 для очищенной воды после сооружений биологической очистки приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Технологические показатели для НДТ 7

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более [1), 2)]				
		7а	7б	7в	7г	7д-7з
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15	12	15	10	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	10	8	8	8	8
Концентрация ХПК	мг/л	80	60	80	80	80
Концентрация азота аммонийных солей	мг/л	2	2	2	1	1
Концентрация азота нитратов	мг/л	–	15	9 [3)]	9 [3)]	9 [3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,2	0,15	0,2	0,1	0,1

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более [1), 2)]				
		7а	7б	7в	7г	7д-7з
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	–	2,0	–	1,0	0,7

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект, подпадающие под действие международных соглашений, требования соглашений применяются, в тех случаях, когда они жестче данных показателей, либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

НДТ 8

НДТ в части применения надлежащих технологий биологической очистки ГСВ на сверхмалых — средних ОС является использование одной из технологий, перечисленных в таблице 5.10, с учетом условий применимости.

Таблица 5.10 – Перечень технологий для НДТ 8

№	Технология	Область применения как НДТ (при использовании как заключительной стадии очистки)
а	Полная биологическая очистка	На ОС ГСВ до небольших включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории В. На сверхмалых ОС ГСВ, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории Б.
б	Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией	На ОС ГСВ, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категорий Б–Г. Исключительно для существующих объектов, на которых эта технология уже применяется и величина $ИПКО_{цтп}$ менее 15 достигнута не позднее, чем за 2 года до вступления в силу требований об обязательном переходе на НДТ объектов I-й категории в данной подотрасли, и не дольше 7 лет после этого срока. Не применяется при сбросах в водные объекты категории А
в	Полная биологическая очистка с удалением азота	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории Б

№	Технология	Область применения как НДТ (при использовании как заключительной стадии очистки)
г	Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории А
д	Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора	

Технологические показатели НДТ 8 для очищенной воды после сооружений биологической очистки приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Технологические показатели для НДТ 8

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более [1), 2)]			
		8а	8б	8в	8г–8д
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15	12	15	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	12	8	10	8
ХПК	мг/л	80	60	60	60
Концентрация азота аммонийных солей	мг/л	8	2	1,5	1,5
Концентрация азота нитратов	мг/л	–	15	12	9[3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,25	0,25	0,25	0,15
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	–	2,0	–	1,0

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

НДТ 9

НДТ в части применения надлежащих технологий доочистки ГСВ является использование одной из технологий, перечисленных в таблице 5.12, с учетом условий применимости.

Таблица 5.12 – Перечень технологий для НДТ 9

№	Технология	Область применения как НДТ
а	Совместное применение (по принадлежности) НДТ 7 и НДТ 8 с фильтрами/фильтрам — биореакторами доочистки (с применением, либо без применения реагента для дополнительного осаждения фосфора)	На ОС ГСВ от средних до крупнейших включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории А
б	Совместное применение НДТ 8 и биопрудов доочистки	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории А

Технологические показатели НДТ 9 для очищенной воды после сооружений доочистки приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – технологические показатели для НДТ 9

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более [2), 3)]	
		9а	9б
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	5	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	3	5
ХПК	мг/л	40	40
Концентрация азот аммонийных солей[1)]	мг/л	1	1
Концентрация азота нитратов [1)]	мг/л	9	9
Концентрация азота нитритов [1)]	мг/л	0,1	0,1
Концентрация фосфора фосфатов [1)]	мг/л	0,5	0,7

[1)] Концентрации этих веществ могут быть достигнуты как в подпроцессах с применением НДТ 7/НДТ 8, так и в данном подпроцессе НДТ 9.

[2)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[3)] При сбросе в водный объект, подпадающие под действие международных соглашений, требования соглашений применяются, в тех случаях, когда они жестче данных показателей, либо предъявляются по иным веществам (показателям).

НДТ 10

НДТ в части сокращения массы образующегося на ОС осадка является его обезвоживание с использованием одной из технологий, перечисленных в таблице 5.14, с учетом условий применимости.

Таблица 5.14 – Перечень технологий для НДТ 10

№	Технология	Область применения как НДТ
а	Механическое обезвоживание [1)]	Универсальная
б	Уплотнение и подсушка на иловых площадках	Как временное решение на ОС ГСВ до средних включительно, при условии получения осадка с содержанием сухого вещества не менее 25 % и отсутствия выраженных экологических и санитарно-гигиенических проблем
в	Сгущение и подсушка на иловых площадках с применением флокулянта	На ОС ГСВ до больших включительно, при условии получения осадка с содержанием сухого вещества не менее 25 % и отсутствия выраженных экологических и санитарно-гигиенических проблем
[1)] Включая фильтрующие мешки как элемент оборудования для ОС соответствующего масштаба.		

Технологические показатели НДТ 10 приведены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Технологические показатели НДТ 10

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не менее [1)]
Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке: - при обезвоживании смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила - при обезвоживании только избыточного активного ила	% %	 25 20
Концентрация взвешенных веществ в фильтрате	мг/л	500
Концентрация взвешенных веществ в сливной воде (для 10б)	мг/л	1000
Концентрация взвешенных веществ в сливной воде (для 10в)	мг/л	300
[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.		

НДТ 11

НДТ в части стабилизации органического вещества осадка является использование одной из технологий, перечисленных в таблице 5.16, с учетом условий применимости.

Таблица 5.16 – Перечень технологий для НДТ 11

№	Технология	Область применения как НДТ
а	Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ, использующих первичное осветление
б	Компостирование осадков	На больших — крупнейших ОС ГСВ

№	Технология	Область применения как НДТ
в	Термическая сушка осадка	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ
г	Сжигание осадка	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ

Технологические показатели НДТ 11а и 11б приведены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Технологические показатели для НДТ 11 а и 11 б

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не менее [3)]
Эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11а	%	Более 38/43 [2)]
Эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11б [1)]	%	Более 20
[1)] Без учета использованных добавок (веществ, добавляемых к осадку) при компостировании. [2)] Перед чертой — для мезофильного процесса, после черты — для термофильного. [3)] Указанные значения приведены как среднегодовые.		

НДТ 12

НДТ в части обработки осадка сточных вод ОС ГСВ является недопущение значительной рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки, как с помощью применяемых технологий обработки осадка, так и с использованием, при необходимости, технологий локальной очистки возвратных потоков.

Технологические показатели НДТ 12 приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Технологические показатели для НДТ 12

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ, не более
Доля дополнительной нагрузки в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки от нагрузки со сточными водами, поступающими от населенного пункта по взвешенным веществам, фосфору фосфатов, аммонийному азоту, среднегодовое значение	%	10

НДТ 13

НДТ в части управления процессом и качеством очистки является использование всех методов, перечисленных в таблице 5.19.

Таблица 5.19 – Перечень методов для НДТ 13

№	Метод	Область применения как НДТ
а	Наличие и использование технологического регламента, включающего в себя подробное описание технологических процессов конкретных очистных сооружений, диапазон рабочих технологических параметров эксплуатации в штатных режимах работы рассматриваемых сооружений и план действий при нештатных и аварийных ситуациях	Универсальный
Б	Наличие квалифицированного персонала или договора сервисного обслуживания с квалифицированной организацией	Универсальный
в	Наличие и исполнение программы производственного контроля работы сооружений	Универсальный
Г	Надлежащие фиксация, хранение, технологический анализ результатов производственного контроля	Универсальный

НДТ 14

НДТ в части управления энергоносителями, сырьем и побочной продукцией при очистке ГСВ является использование всех методов, перечисленных в таблице 5.20, с учетом применимости.

Таблица 5.20 – Перечень методов для НДТ 14

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
а	Использование для подачи воздуха в аэротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных в таблице 5.21	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ
б	Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках не более установленных в таблице 5.21	На ОС ГСВ, начиная с крупных

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
в	Применение автоматического управления подачей воздуха в сооружения биологической очистки по данным непрерывного контроля концентрации растворенного кислорода в этих сооружениях	На реконструируемых и новых ОС ГСВ, начиная со средних
г	Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных в таблице 5.21	На ОС ГСВ, начиная с крупных
д	Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов	На ОС ГСВ, начиная с больших
е	Получение в результате процессов обработки осадка побочной продукции	При наличии возможности использования побочной продукции и (или) при экономической целесообразности ее производства
ж	Повторное использование очищенной воды для полива в засушливых регионах	При наличии технической возможности использования и/или при экономической целесообразности

Технологические показатели НДТ 14 приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 – Технологические показатели для НДТ 14

Технологический показатель	Единица измерения	Значение для НДТ
Затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод	кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ (определение — см. 1.6)	Не более 0,7
КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в аэротенки	%	Не менее 80
Затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, по активному элементу [1)]	кг/кг удаленного фосфора	Не более 1,5/0,7 [2)]

[1)] По железу или алюминию.

[2)] Перед чертой — по железу, после черты — по алюминию.

НДТ 15

НДТ в части предотвращения загрязнения воздушной среды и уменьшения углеродного следа очистных сооружений является использование всех (с учетом применимости) методов, перечисленных в таблице 5.22.

Таблица 5.22 – Перечень технологий (методов) для НДТ 15

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
а	Недопущение возникновения в сооружениях очистки сточных вод застойных зон и зон, где может загнивать осадок с выделением метана в атмосферу	На ОС ГСВ, начиная с малых
б	Перекрытие открытых поверхностей очистных сооружений, наиболее интенсивно выделяющих дурнопахнущие вещества (как минимум подводящие каналы, песколовки, уплотнители осадка, ацидофикаторы осадка)	На ОС ГСВ, не имеющих СЗЗ необходимого размера и имеющих регулярные претензии на неприятные запахи в жилой застройке
в	Очистка отходящих газов от перекрытых поверхностей и точечных выбросов (как минимум от оборудования и (или) от помещений, где происходит предварительная механическая очистка сточных вод, процессы хранения и обработки осадка) либо распыление аэрозолей, нейтрализующих запах	Выбросы от установок сушки и сжигания осадка, реакторного и туннельного компостирования, принудительные выбросы из подперекрытых поверхностей — для всех ОС ГСВ. В остальных случаях — на ОС ГСВ, не имеющих СЗЗ необходимого размера и имеющих регулярные претензии на неприятные запахи в жилой застройке. Распыление аэрозолей применимо для больших открытых площадей (иловые площадки и т. п.) либо как альтернативное (по экономическому обоснованию) решение для открытых емкостных сооружений
г	Наличие и выполнение программы контроля загрязнения воздушной среды	На ОС ГСВ, начиная со средних

Технологические показатели НДТ 15 приведены в таблице 5.23.

Таблица 5.23 – Технологические показатели НДТ 15

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон) для НДТ
Эффективность очистки от сероводорода в установках для реализации НДТ 14в	%	Не менее 90 %

НДТ 16

НДТ в части предотвращения загрязнения почв является использование всех (с учетом применимости) методов, перечисленных в таблице 5.24.

Таблица 5.24 – Перечень методов для НДТ 16

№	Технология/метод	Область применения как НДТ
а	При применении осадков сточных вод в качестве удобрения, рекультиванта, компонента для почвогрунтов, а также материала для промежуточных и покровных слоев на полигонах размещения отходов — соблюдение соответствующих требований к составу и свойствам осадков, их контролю [20]–[23]	Универсальный
б	Промежуточное хранение обезвоженных осадков и выделенных грубодисперсных отходов на специально подготовленных площадках с водонепроницаемым основанием, исключающих загрязнение почв и оборудованных системами дренажа, либо в контейнерах	Универсальный
в	Сбор и очистка (в том числе в основных ОС ГСВ) ливневых и иных сточных вод, образующихся на площадке ОС, в местах хранения осадка и отходов	Универсальный

Раздел 6. Экономические показатели наилучших доступных технологий

6.1 Стоимость перехода на НДТ

В таблице 6.1 приведена информация по стоимости мероприятий по переходу на НДТ, обобщенная по данным части анкет, содержавших достаточную информацию по данным разделам.

Таблица 6.1 — Данные по стоимости мероприятий по переходу на НДТ (по материалам анкет)

№	Технология и состав сооружений	Фактический приток сточных вод, тыс. $м^3$/сут (в скобках — проектное значение [3])	Год реализации (фактический или планируемый)	Стоимость, млн руб.	Удельные затраты тыс. руб./$м^3$ в сутки тыс. руб./т СВО сутки [1]
1	2	3	4	5	6
1. Очистка сточных вод. Новое строительство					
1.1	Полный комплекс ОСК, включая доочистку	(10,0)	2014–2015	2000	200
1.2	Сооружения механической и биологической очистки, доочистка на фильтрах	10,3	2013–2015	514 (7,2 млн евро)	49,9
1.3	Комплекс ОС	30	–	1900	63
1.4	Биоблок очистных сооружений (только аэротенки, вторичные отстойники) с переходом на БНДФ	(50)	2015–2019	580	11,6
1.5	Комплекс ОС	(220)	Проект 2014	8100	36,8
1.6	Комплекс ОС	(255)	Проект 2014	11200	43,9
1.7	Сооружения доочистки	272	2017–2019	850	3,1
2. УФ-обеззараживание. Новое строительство					
2.1	УФ-обеззараживание	176	2014	129	0,74
2.2	УФ-обеззараживание	272	2012–2013	427	1,6
2.3	УФ-обеззараживание	500	2015–2016	668	1,3
2.4	УФ-обеззараживание	240	2014–2017	150	0,63
3. Очистка сточных вод. Реконструкция					
3.1	Сооружения механической и биологической очистки (БНДФ), реконструкция воздуходувного отделения с установкой регулируемых воздуходувок. УФ-обеззараживание	16,4 (80)	2016–2020	260	15,9

№	Технология и состав сооружений	Фактический приток сточных вод, тыс. м^3/сут (в скобках — проектное значение [3])	Год реализации (фактический или планируемый)	Стоимость, млн руб.	Удельные затраты тыс. руб./м^3 в сутки тыс. руб./т СВО сутки [1]
1	2	3	4	5	6
3.2	Сооружения механической и биологической очистки (БНДФ)	58 (до реконструкции 124)	2013–2016	497	8,6
3.3	Сооружения биологической очистки (БНДФ)	86	2010–2011	249	2,9
3.4	Сооружения механической и биологической очистки. Отстаивание и БНДФ, доочистка на ершах, УФ-обеззараживание	100	2011–2013	837	8,37
3.5	Аэротенки БНДФ (2 линии),	100	2013	341	3,4
3.6	Сооружения механической и биологической очистки (БНДФ)	123	2017	694	5,64
3.7	Сооружения биологической очистки (БНДФ)	240	2014–2019	270	1,1
3.8	Сооружения механической и биологической очистки (БНДФ)	350	2017–2019	153	0,44
3.9	Сооружения механической и биологической очистки (БНДФ), доочистка на фильтрах	383	2015–2021	2954	7,7
3.10	Сооружения механической очистки	458	2014–2015	221	0,48
3.11	Сооружения биологической очистки (БНДФ)	458	2014–2015	476	1,04
3.12	Сооружения биологической очистки (БНДФ)	600	2012–2014	12000	20

№	Технология и состав сооружений	Фактический приток сточных вод, тыс. $м^3$/сут (в скобках — проектное значение [3])	Год реализации (фактический или планируемый)	Стоимость, млн руб.	Удельные затраты тыс. руб./$м^3$ в сутки тыс. руб./т СВО сутки [1]
1	2	3	4	5	6
4. Обработка осадка. Новое строительство					
4.1	Обезвоживание осадка	7,9 2,6 т СВО/сут [2]	–	24	3 9090
4.2	Обезвоживание и утилизация осадков	11,5 2,7т СВ/сут [2]	2015–2017	104	9,0 38500
4.3	Сушка осадка	76,4 24,2 т СВО/сут [2]	2015–2017	450	5,9 18600
4.4	Сушка и сжигание осадка	150 30 т СВО/сут [2]	2015–2020	800	5,3 26670
4.5.	Сжигание осадка	330	2008–2010	2250	6,8
5. Обработка осадка. Реконструкция					
5.1	Отделение механического обезвоживания осадка	16,4 (80) 5,7 т СВО/сут [2]	2016	67	4,1 11750
5.3	Сооружения обезвоживания и компостирования осадка	97 30 т СВО/сут [2]	—	250	2,56 8330
5.4	Цех механического обезвоживания осадка, установка центрифуг	100 38 т СВО/сут [2]	2013	37,2	0,37 850
5.5	Замена оборудования механического обезвоживания с установкой декантеров	176	–	186	1,06
6. Энергосбережение					
6.1	Реконструкция воздуходувного отделения с установкой регулируемых воздуходувок	458	2014–2015	273	0,6
6.2	То же	244	2016–17	160,3	0,66

№	Технология и состав сооружений	Фактический приток сточных вод, тыс. м^3/сут (в скобках — проектное значение [3])	Год реализации (фактический или планируемый)	Стоимость, млн руб.	Удельные затраты тыс. руб./м^3 в сутки тыс. руб./т СВО сутки [1]
1	2	3	4	5	6
6.3	Установка воздуходувок с частотными преобразователями и внедрение системы автоматического контроля и регулирования кислорода в аэротенке	24,6	2012	35,2	1,43

[1] Только для сооружений обработки осадка.

[2] Дополнительно указана производительность сооружений обработки осадка в тоннах сухого вещества осадка (СВО) в сутки. При отсутствии данных в анкетах образование осадка по СВО рассчитано как массовая нагрузка по взвешенным веществам с коэффициентом 1,15.

[3] Для нереализованных проектов.

Данные таблицы 6.1 проанализированы по видам работ в таблице 6.2.

Таблица 6.2 — Анализ стоимостных показателей внедрения НДТ (по данным анкет)

Объекты и вид работ	Полный диапазон капитальных вложений, тыс. руб./м^3 суточной производительности		Релевантный диапазон [1]	Примечания
	Минимум	Максимум		
1	2	3	4	5
Очистка сточных вод. Новое строительство	12	50	35–50	Меньшая величина относится к строительству только блока биологической очистки (аэротенки-отстойники)
Доочистка. Новое строительство	3,1	3,1	3,1	Единственное значение, крупнейшие ОС
УФ-обеззараживание. Новое строительство	0,63	1,6	0,8–1,2	

Объекты и вид работ	Полный диапазон капитальных вложений, тыс. руб./м^3 суточной производительности		Релевантный диапазон [1)]	Примечания
	Минимум	Максимум		
1	2	3	4	5
Очистка сточных вод. Реконструкция сооружений механической очистки	0,48	0,48	0,48	Единственное значение, крупные ОС
Очистка сточных вод. Реконструкция сооружений биологической очистки	2,9	20	1,5–3,5	Максимальное значение включает в себя полную реконструкцию железобетонных конструкций, а также перекрытие первичных отстойников
Очистка сточных вод. Реконструкция сооружений механической и биологической очистки	0,44	15,9	5–9	Максимальное значение для нижней границы диапазона больших станций, включает в себя замену воздуходувок и УФ-обеззараживание
Обработка осадка. Новое строительство сооружений механического обезвоживания	3	9	4–5	Приведенные значения относятся к средним ОС
Обработка осадка. Новое строительство сооружений термической обработки	5,3	6,8	5–7	Все значения относятся к крупным и крупнейшим ОС. Три объекта, по которым есть данные, включают в себя установки сушки, сжигания, а также сушки и сжигания (совместно)
Обработка осадка. Реконструкция	0,37	4,1	0,5–1,5	
Энергосбережение (регулирование подачи воздуха)	0,6	1,43	0,6–1,0	

[1)] В данном случае — диапазон, наиболее пригодный для использования в качестве оценочных данных.

Собранная по анкетам, а также по открытым источникам информация о реализованных и планируемых проектах по строительству и реконструкции ОС ГСВ позволяет сделать следующие выводы:

1. Организации ВКХ проводят весьма однотипные работы по развитию ОС, преобладающая часть которых направлена на реализацию таких основных НДТ, как:

- глубокая биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ);
- УФ-обеззараживание;
- механическое обезвоживание осадка.

2. Все вновь создаваемые и реконструируемые ОС ГСВ создаются по технологиям группы БНДФ. Это подтверждает правильность установления этой технологии в качестве базовой НДТ (см. раздел 5).

3. Разброс удельной стоимости объектов по большинству видов работ составляет от 3 до 30 раз. Основные причины такого разброса:

- различная доля работ по реконструкции (а во многих случаях — по сути, новому строительству) строительных конструкций. Наличие таких работ в проекте многократно увеличивает его стоимость по сравнению с ретехнологизацией (изменением технологии с заменой оборудования);
- различная производительность объектов (однако влияние этого фактора далеко не всегда проявляется);
- значительные и во многих случаях необоснованные расхождения фактической и проектной производительности, приводящие к многократному завышению затрат на создание объекта;
- различная доля опциональных работ по реконструкции объектов вспомогательного назначения, включенных в состав проекта;
- существенные различия в стоимости приобретаемого оборудования, связанные как с местом его производства, техническим уровнем, так и с сугубо субъективными факторами;
- отсутствие четких представлений у органов государственного управления и экспертизы о стоимости многих видов оборудования.

4. Большинство вновь строящихся ОС ГСВ включают в себя доочистку, декларируемую до достижения $ПДК_{рыбхоз}$. В то же время анализ показателей реализованных объектов (разделы 3, 4) не подтверждает достижения этих значений для большой части показателей качества очистки.

5. Полученный по анкетам объем информации недостаточен для определения влияния производительности ОС на стоимость внедрения основных НДТ.

6.2 Анализ экономической доступности внедрения НДТ для организаций ВКХ

С учетом экономических проблем отрасли, изложенных в разделе 1, важно проанализировать экономическую доступность стоимости перехода на НДТ.

В таблице 6.3 приведены основные данные по условному объекту, принимающему 100 тыс. $м^3$ сточных вод в сутки, использованные затем для анализа экономической доступности, проведенного в таблице 6.4. Анализ проведен для двух ситуаций с тарифом на водоотведение — относительно высоким и низким значениями тарифов (по данным таблицы 1.6).

Таблица 6.3 — Технико-экономические параметры условных ОС ГСВ

Показатель	Единицы измерения	Значение	Примечание
1	2	3	4
Оплаченный приток (объем сточных вод, за который получена оплата по тарифу на водоотведение)	млн. $м^3$ в год	31	Около 15 % притока в систему водоотведения является неоплачиваемым (неконтролируемый дренаж, а также технологические расходы организации ВКХ)
Тариф на водоотведение: - низкое значение - высокое значение	руб./$м^3$ год	 18 28	
Доля эксплуатации ОС ГСВ в тарифе	%	40	
Доход от деятельности по очистке сточных вод - при низком тарифе - при высоком тарифе	млн руб. в год	 223 347	
Прибыль организации ВКХ после налогообложения	%	8	Для справки — свыше 80 % организаций ВКХ убыточны
Прибыль от деятельности по очистке сточных вод - при низком тарифе - при высоком тарифе	млн руб. в год	 18 28	

В таблице 6.4 приведено сопоставление необходимых затрат по основным видам работ с оборотом и прибылью предприятий отрасли. Для примера выбраны два уровня стоимости объектов (там, где имелись необходимые данные, — по биологиче-

ской очистке и механическому обезвоживанию) и два уровня тарифов на водоотведение.

Таблица 6.4 — Анализ доступности работ по внедрению НДТ

Виды работ по переходу на НДТ	Необходимые инвестиции		Срок реализации при инвестировании в данный проект всей прибыли от деятельности по очистке сточных вод (диапазон для низкого и высокого тарифов), лет	Соотношение стоимости работ с доходом от деятельности по очистке сточных вод
	Удельные, тыс. руб./м^3 суточной производительности	Полные, млн руб.		
Строительство новых ОС ГСВ, без доочистки	20	2000	70–110	5,8–9,0
Реконструкция ОС ГСВ с переходом на технологию с удалением азота и фосфора	2	200	7–11	–
Строительство установки УФ-обеззараживания	0,7	70	2,5–4,0	–
Строительство нового цеха механического обезвоживания	2	200	7–11	–
Реконструкция существующего цеха механического обезвоживания	1	100	3,5–5,5	–
Строительство установки сжигания осадка	8	800	28–44	2,3–3,6

Из таблицы 6.4 следует:

- для организаций ВКХ за счет собственных средств относительно доступны модернизация неудовлетворительно работающего цеха механического обезвоживания и внедрение технологии экологически безопасного УФ-обеззараживания. Как показывают

данные раздела 2, именно по этим направлениям зафиксирован наибольший прогресс в модернизации;

- реконструкция ОС ГСВ с переходом на технологию с удалением азота и фосфора (даже при небольших затратах на общестроительные работы) доступна для организаций ВКХ только при привлечении к ее финансированию собственных внетарифных источников (плата за подключение новых абонентов, плата за негативное воздействие на ЦСВ, вносимая абонентами). Однако, наличие таковых не может быть гарантировано. Подключение новых абонентов в значимых масштабах требует соответствующих темпов развития поселения, а плата за негативное воздействие должна вноситься абонентами только при нарушениях требований;

- строительство новых ОС и установки по сжиганию осадка (на полный расход сточных вод от населенного пункта) финансово недоступно для подавляющего большинства организаций ВКХ без преимущественного участия бюджетного финансирования, грантов и т. п.

Важно отметить, что переход на НДТ в большинстве случаев не только требует значительных капитальных вложений, но и приводит к существенному росту эксплуатационных затрат. Например, переход от БО к БНДФ приводит к увеличению только затрат на обслуживание оборудования и на реагенты не менее 0,5 руб./м^3 при биологическом удалении фосфора и не менее 1 руб./м^3 при химическом удалении фосфора, а с учетом амортизационных отчислений на строительные конструкции — не менее 0,7 и 1,2 руб./м^3 при реконструкции и 1,3 и 1,8 руб./м^3 при новом строительстве соответственно. К проектам, окупаемым для организаций, можно отнести только технологии в области энергосбережения, а также (не во всех случаях) реконструкцию цехов механического обезвоживания.

Дополнительные эксплуатационные затраты в условиях регулируемого тарифа существенно уменьшают способность организации, эксплуатирующей ОС, к погашению кредитов, взятых на внедрение данных НДТ. Важно отметить, что объективное увеличение затрат далеко не во всех случаях находит отражение в новых тарифах, в результате чего предприятия бывают вынуждены в лучшем случае компенсировать возросшие затраты на модернизированных объектах сокращением необходимых минимальных затрат на других участках производства (см. таблицу 1.7, раздел 1). Известны также случаи, когда сооружения, построенные за средства госбюджета, не могли быть запущены длительное время из-за отсутствия средств в тарифе.

Потребность в увеличении тарифа, при реализации перехода НДТ за счет его инвестиционной составляющей, приблизительно составит (для условий среднего тарифа, принятого равным 24 руб./ $м^3$):

- для перехода на механическое обезвоживание (при финансировании затрат в течение 3-х лет) - 8% для реконструкции и 16% для нового строительства, включая увеличение себестоимости;

- для перехода на технологии удаления азота и фосфора (применительно к процессу БНДБХФ, при финансировании затрат в течение 5-х лет) - 15% для реконструкции и 120% для нового строительства, включая увеличение себестоимости. Последняя цифра абсолютно нереалистична.

6.3 Экономический анализ экологической эффективности использования НДТ

Важным вопросом являются удельные единицы измерения экономических показателей. В этой сфере существует несколько применяемых подходов, характеристики которых приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Способы выражения экономических показателей технологий

Выражение удельных экономических показателей	Единицы измерения	Определение	Применение	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	6	6
Стоимость создания (реконструкции) ОС	Рублей на $м^3$ суточной производительности или руб./тыс. $м^3$ годовой производительности	Сумма капитальных вложений (К), отнесенная к суточной проектной производительности	Традиционный способ, применяется для оценки необходимых капитальных вложений	Простота. Наибольшее количество информации присутствует в таком выражении	Не учитывает количество удаляемых загрязнений и глубину очистки. Не учитывает эксплуатационных затрат

Выражение удельных экономических показателей	Единицы измерения	Определение	Применение	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	6	6
	Рублей на одного жителя	Сумма капитальных вложений, отнесенная к численности жителей, обслуживаемых данным объектом	Применяется за рубежом	Не зависит от значений удельного водоотведения, часто сильно различающихся друг от друга	Не учитывает количество удаляемых загрязнений и глубину очистки. Не учитывает эксплуатационных затрат
Эксплуатационные затраты (стоимость очистки)	Рублей на $м^3$ очищенной сточной воды	Сумма эксплуатационных затрат (С), отнесенная к суточной фактической (как правило) производительности	Традиционный способ, применяется для оценки затрат на очистку и тарифообразования	Простота. Наибольшее количество информации присутствует в таком выражении	Не учитывает количество удаляемых загрязнений и глубину очистки. Не учитывает капитальных вложений
Приведенные затраты	Как правило, по объекту в целом, рублей. Могут быть отнесены к $м^3$	$П = С + Е_н \cdot К$, или $П = Т_н \cdot С + К$	Традиционный способ, применяется для сравнения вариантов технических решений	Простота, особенно пригодно для сопоставления инноваций, с заданным предельным сроком окупаемости	Условность величины Ен, поскольку содержит нормативный срок окупаемости, плохо подходит к решению экологических задач. Никак не связан с количеством удаляемых загрязнений и глубиной очистки

Выражение удельных экономических показателей	Единицы измерения	Определение	Применение	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	6	6
Затраты жизненного цикла (LCC)	Как правило, по объекту в целом, рублей. Могут быть отнесены к м3	Полные затраты на функционирование объекта, от его создания до демонтажа	Разработан за рубежом, начал применяться в ВКХ России в последние годы	Объективный метод полного учета затрат, в том числе как для оборудования с небольшим сроком службы, так и для оборудования со значительными затратами на капитальный ремонт	Малоосвоенный метод. Никак не связан с количеством удаляемых загрязнений и глубиной очистки
Удельные затраты, отнесенные к удаленным загрязняющим веществам	Рублей на кг удаленных загрязнений	Сумма затрат (в любом выражении), отнесенная к массе удаленных загрязнений	Возможный показатель. Подобный подход применяется при анализе энергоэффективности биологической очистки	Учитывает количество удаленных загрязнений	Трудности с определением совокупной массы удаленных веществ ввиду их различной экологической опасности
Затраты жизненного цикла, отнесенные к снижению величины интегрального показателя качества очистки (или иного комплексного критерия)	Рублей/ед. ИПКО	Сумма затрат жизненного цикла, отнесенная к массе удаленных загрязнений, приведенных к критерию ИПКО	Предложен для настоящего справочника	Корректно определяется количество удаленных загрязнений	

Примечание — * $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $T_н$ — нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений. $E_н$ принимается от 0,12 до 0,17, величина $T_н = 1/E_н$.

Таким образом, оптимальным инструментом для экономической оценки НДТ является эколого-экономическая эффективность (ЭЭЭ) затрат жизненного цикла. Для целей настоящего справочника под этим термином подразумевается отношение экономических затрат на сокращение сбросов в водные объекты к экологическому результату, выраженному в комплексных единицах (интегральному показателю качества очистки, ИПКО или иному комплексному критерию). Наиболее точный результат для ЭЭЭ даст отношение затрат жизненного цикла к снижению величины ИПКО.

Как показано выше, мероприятиями, относительно доступными организациям, эксплуатирующим ЦСВ, являются:

- реконструкция действующих сооружений очистки с использованием НДТ 7 и НДТ 8;

- строительство сооружений обеззараживания (на всех проанализированных объектах используется УФ-облучение — НДТ 4ж);

- внедрение оборудования для механического обезвоживания (НДТ 10).

Переход на экологически безопасное обеззараживание не имеет альтернатив.

Альтернативой механическому обезвоживанию (НДТ 10а) в ряде случаев может быть НДТ 10в — с обезвоживанием на иловых площадках с использованием флокулянтов. Технология НДТ 10в на существующих иловых площадках (при их надлежащем состоянии, климатических условиях и градостроительной ситуации) позволяет получить тот же технологический эффект с затратами на 1 т СВ осадка в 5–10 раз ниже [29].

В области очистки ГСВ задача достижения наибольшей эколого-экономической эффективности инвестиций требует проведения специального анализа.

В таблице 6.6 приведены описание основных вариантов технологий для нового строительства и реконструкции ОС:

- классическая биологическая очистка (№ 1);

- технология с удалением азота и фосфора (№ 2);

- технология с удалением азота и фосфора, с доочисткой на фильтрах (№ 3);

- технология с удалением азота и фосфора, с доочисткой (последовательно) на биофильтрах и фильтрах, ориентированная на достижение $ПДК_{рыбхоз}$ (№ 4).

Рассмотрены подварианты реализации данных технологий с новым строительством и реконструкцией (А и Б соответственно). Под реконструкцией подразумевается использование существующих емкостных сооружений (с необходимой существенной реконструкцией строительных конструкций, обеспечивающей их расчетный срок службы в течение следующих 50 лет). Сооружения обработки осадка в данных расчетах не учтены. Все технологии подразумевают обеззараживание.

Таблица 6.6 – Основные варианты технологий для нового строительства и реконструкции ОС

Номер варианта	Технология	Номера соответствующих НДТ	Основные (минимально необходимые) технические мероприятия	Опциональные мероприятия (виды работ)	Применение реагентов
1	2	3	4	5	6
А. Новое строительство					
А1	Полная биологическая очистка (БО) — новое строительство	-	Строительство новых сооружений механической и полной биологической очистки (включая аэротенки и вторичные отстойники)		Не требуются
А2	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ)	7д-з	Сооружения механической и полной биологической очистки (включая аэротенки и вторичные отстойники). Объем аэротенков около 200 % от БО, площадь вторичных отстойников около 200 % от БО		Необходимы по технологиям БНДХФ и БНДБХФ
А3	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора и с доочисткой на фильтрах	7д-з, совместно с 9а	Строительство сооружений по А2 с блоком доочистки фильтрованием		То же. Возможно применение флокулянта

Номер варианта	Технология	Номера соответствующих НДТ	Основные (минимально необходимые) технические мероприятия	Опциональные мероприятия (виды работ)	Применение реагентов
1	2	3	4	5	6
А4	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора и с многоступенчатой доочисткой от соединений азота и фосфора, БПК, взвешенных веществ	7д-з, совместно с 9а, а также дополнительные подпроцессы, не описанные как НДТ	Строительство сооружений по А2 с биореакторами доочистки (от аммонийного и нитритного азота, при необходимости — от нитратов) и сооружениями доочистки фильтрованием		Коагулянт. Возможно применение флокулянта. Органический субстрат для денитрификации
Б. Реконструкция					
Б1	Полная биологическая очистка (БО)	-	Реконструкция существующих сооружений без изменения технологии и типов оборудования, для продления срока эксплуатации		Не требуются

Номер варианта	Технология	Номера соответствующих НДТ	Основные (минимально необходимые) технические мероприятия	Опциональные мероприятия (виды работ)	Применение реагентов
1	2	3	4	5	6
Б2	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ)	7д-з	Реконструкция сооружений, работавших по технологии БО, нагруженных не более 50 % от проектного номинала. Выделение в аэротенке, как правило, трех разновидностей технологических зон. Установка мешалок в неаэрируемых зонах, насосов рециркуляции, прокладка, при необходимости, трубопроводов. Установка новой аэрационной системы в необходимых зонах [1)]	Реконструкция строительных конструкций, походных мостков и ограждений. Реконструкция механической части вторичных отстойников и насосной станции возвратного ила. Реконструкция первичных отстойников (по назначению, либо с использованием в качестве анаэробных зон, либо для преферментации осадка). Реконструкция сооружений грубой механической очистки. Замена воздуходувок с установкой регулируемых агрегатов [2)] Установка КИП. Сооружения хранения, приготовления идозирования раствора реагентадля осаждения фосфатов (для схем БНДХФ и БНДБХФ)	Реагент (коагулянт) для осаждения фосфатов — только в схемах БНДХФ и БНДБХФ

Номер варианта	Технология	Номера соответствующих НДТ	Основные (минимально необходимые) технические мероприятия	Опциональные мероприятия (виды работ)	Применение реагентов
1	2	3	4	5	6
Б3	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ) и доочистка от взвешенных веществ — как дополнительная стадия к существующим реконструированным сооружениям	7д-з, совместно с 9а	Строительство сооружений доочистки на фильтрах		
Б4	Биологическая очистка с удалением азота и фосфора (БНДФ) и доочистка от соединений азота и фосфора, БПК, взвешенных веществ — как дополнительная стадия к существующим реконструированным сооружениям	7д-з, совместно с 9а, а также дополнительные подпроцессы, не описанные как НДТ	Строительство многоступенчатых сооружений доочистки от соединений азота и фосфора, БПК, взвешенных веществ		
[1] Это мероприятие капитального ремонта, как правило, совмещаемое с реконструкцией. [2] Мероприятие, имеющее как технологическое, так и экономическое значение.					

Сравнение пяти вариантов технологий проведено по методике расчета стоимости жизненного цикла, с упрощениями, применительно к ОС ГСВ с притоком сточных вод 100 тыс. $м^3$/сут приведено в таблице 6.7. За расчетный срок службы ОС (50 лет) будет очищено 1825 млн $м^3$ сточных вод. Указанная в графе 9 стоимость очистки является отношением всей учтенной совокупности затрат за жизненный цикл к общему объему очищенной воды.

Таблица 6.7 — Сравнение вариантов технологий для нового строительства и реконструкции сооружений очистки сточных вод

Варианты технологий	Капитальные вложения, млн руб.			Удельные кап. вложения, тыс. руб./м^3 в сутки	Текущие затраты в ходе работы ОС, млн руб.		Всего затрат на создание и работу ОС млн руб.	Стоимость очистки 1 м^3 сточных вод [3], руб.
	СМР	Оборудование	Всего		Учтенные [2] экспл. затраты	Затраты на реновацию оборудования в течение ЖЦ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А. Новое строительство								
А1	1150	150	1300	13	275	400	1975	1,1
А2	1700	300	2000	20	400	550	2950	1,6
А3	1790	370	2160	21,6	500	810	3470	1,88
А4	1850	550	2400	24	1360	1210	4970	2,7
Б. Реконструкция (и дополнение доочистки)								
Б1	250	150	400	4	275	400	1075	0,59
Б2	400	300	700	7	400	550	1650	0,9
Б3	490	370	860	8,6	500	810	2170	1,18
Б4	550	550	1100	11	1360	1210	3670	2,0

[1] При расчете не учтены демонтаж, банковский процент.

[2] Из эксплуатационных затрат учтены только стоимость электроэнергии, реагентов и затраты на техническое обслуживание оборудования. Удаление фосфора для всех технологий принято биологическим путем, без использования реагентов. Применение реагентов учтено только для технологий А4 и Б4, на стадии доочистки. В случае удаления основного количества фосфора химическим путем на стадии биологической очистки дополнительные затраты составляют 0,45 руб./м^3.

[3] Это только часть эксплуатационных затрат, применяемая для целей настоящего анализа.

Для получения общей сравнительной оценки эффективности удаления загрязняющих веществ необходимо привести их количества к единой величине. С этой целью применим подход к расчету ИПКО, изложенный в разделе 3. Однако, поскольку в данном сравнении в том числе рассмотрена технология, направленная на достижение $ПДК_{рыбхоз}$ по ТП БОСВ, при расчете ИПКО в качестве базы сравнения (знаменателя дроби) использованы величины ПДК для водоемов рыбохозяйственного водопользования для данных веществ. По ХПК использована ПДК СанПиН 2.1.5.980—00 для питье-

вого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Рассчитанные таким образом величины далее именуются $ИПКО_{рх}$.

Концентрации загрязняющих веществ при использовании четырех вариантов очистки приведены в таблице 6.8, величины $ИПКО_{рх}$, рассчитанные по данным таблицы 6.8 — в таблице 6.9. Эти данные для подвариантов А и Б приняты равными.

Таблица 6.8 — Концентрации загрязняющих веществ в очищенной сточной воде, использованные при расчете

Загрязняющие вещества	Содержание в исходной сточной воде, мг/л	Концентрация в очищенной воде при использовании технологий, мг/л				$ПДК_{рыбхоз}$, мг/л
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
Взвешенные вещества	200	15	10	10	5	5
$БПК_5$	180	12	5	5	2	2
ХПК	360	60	40	40	30	(15)
Азот аммонийных солей	40	25	1	1	0,4	0,39
Азот нитратов	–	5	25	9	5	9,1
Азот нитритов	–	0,5	0,2	0,2	0,02	0,02
Фосфор фосфатов	5	3,5	3,5	0,7	0,2	0,2

Таблица 6.9 — Величины $ИПКО_{рх}$ для различных технологий

Загрязняющие вещества	$ИПКО_{рх}$ для исходной СВ	Величина $ИПКО_{рх}$ очищенной воды при использовании технологий			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Взвешенные вещества	40,0	3,0	2,0	2,0	1,0
$БПК_5$	90,0	6,0	2,5	2,5	1,0
ХПК	24,0	4,0	2,7	2,7	2,0
Азот аммонийных солей	102,6	64,1	2,6	2,6	1,0
Азот нитратов	0	0,5	2,7	1,0	0,5
Азот нитритов	0	25,0	10,0	10,0	1,0
Фосфор фосфатов	25,0	17,5	17,5	3,5	1,0
$ИПКО_{рх}$ (суммарная величина)	281,6	120,2	40,0	24,2	7,6

В таблице 6.10 проведен расчет значений ЭЭЭ. Эколого-экономическая эффективность определялась двумя способами:

- как абсолютная — отношение стоимости очистки 1 $м^3$ по данной технологии к разнице между $ИПКО_{рх}$ исходной сточной воды и $ИПКО_{рх}$ очищенной воды для данной технологии;

- как относительная (относительно предыдущей по глубине очистки технологии), что позволяет выяснить, какой эффект имеет углубление качества очистки с переходом от менее эффективной технологии к следующей, более эффективной.

$$\text{Относительная ЭЭЭ} = \frac{\text{Стоимость очистки по технологии } N - \text{Стоимость очистки по технологии } (N-1)}{\text{ИПКО}_{рх} \text{ технологии } (N-1) - \text{ИПКО}_{рх} \text{ технологии } N}$$

Разница величин $ИПКО_{рх}$ соответствует приведенной (интегральной) массе удаленных загрязнений. По физическому смыслу величина ЭЭЭ показывает стоимость удаления 1 кг массы условных загрязнений.

Таблица 6.10 — Определение эколого-экономической эффективности технологий

Расчетные показатели	Единица измерения	Значения показателей для сточной воды				
		Исходной	Обработанной по технологии очистки			
			1	2	3	4
$ИПКО_{рх}$		281,6	120,2	40,0	24,2	7,6
Снижение $ИПКО_{рх}$ относительно исходной СВ (абсолютное снижение)		0	161,4	241,6		257,3
Снижение $ИПКО_{рх}$ относительно предыдущей (менее эффективной) технологии (относительное снижение)		0	161,4	80,2	15,8	16,6
А. Новое строительство						
Стоимость очистки (по графе 9 таблицы 6.7), абсолютное значение	руб./м^3	0	1,1	1,6	1,9	2,7
Увеличение стоимости относительно предыдущей (менее эффективной) технологии	руб./м^3	—	1,1	0,5	0,8	1,6
Эколого-экономическая эффективность:	руб./усл. кг удаленных загрязнений					
- абсолютная		—	6,8	6,6	7,3	9,9
- относительная		—	6,8	6	17,8	49,3

Расчетные показатели	Единица измерения	Значения показателей для сточной воды				
		Исходной	Обработанной по технологии очистки			
			1	2	3	4
Б. Реконструкция						
Стоимость очистки (по графе 9 таблицы 6.7), абсолютное значение	руб./м^3	0	0,59	0,9	1,18	2
Увеличение стоимости относительно предыдущей (менее эффективной) технологии	руб./м^3	—	0,59	0,31	0,28	0,82
Эколого-экономическая эффективность:	руб./усл. кг удаленных загрязнений					
- абсолютная		—	3,7	3,7	4,6	7,3
- относительная		—	3,7	3,9	17,8	49,3

Данные таблицы 6.10 позволяют сделать следующие выводы:

- абсолютная ЭЭЭ уменьшается от БО к технологии, достигающей $ПДК_{рх}$ (по ПКО ГСВ) на 45 % и 100 %, в зависимости от варианта создания ОС (новое строительство или реконструкция соответственно);

- относительная ЭЭЭ резко возрастает при добавлении к подпроцессам БО или БНДФ подпроцессов доочистки: фильтров и особенно биореакторов доочистки. При новом строительстве удельные затраты на удаление одного и того же количества загрязнений на стадии доочистки до $ПДК_{рх}$ в 8 раз выше, чем на стадии биологической очистки. При реконструкции эта разница превышает 12 раз;

- несмотря на более высокую стоимость применения, ЭЭЭ биологической очистки с удалением биогенных элементов равна ЭЭЭ классической биологической очистки. Это объясняется гораздо большим абсолютным экологическим эффектом первой по сравнению со второй. Т. е. в сфере биологической очистки существует полная пропорциональность между инвестициями и экологическим эффектом (зависимость нулевого порядка): чем больше вложено средств, тем больший экологический эффект достигается. Важно отметить, что эта зависимость будет действовать только при использовании биологического удаления фосфора (при химическом удалении стоимость БНДФ резко возрастает). При переходе к доочистке стоимость удаления загрязнений возрастает на порядок.

Общий вывод: оптимальная ЭЭЭ достигается при использовании наиболее эффективных технологий биологической очистки в аэротенках с удалением азота и фосфора (биологическим путем). Система нормирования должна обеспечивать безусловный приоритет мероприятий по внедрению технологий удаления азота и фосфора в аэротенках (и им подобных методов) по сравнению с доочисткой. Применение доочистки должно рассматриваться как НДТ только в строго ограниченных ситуациях строгой охраны водных объектов. Во всех других ситуациях использование в проекте подпроцессов доочистки эквивалентно нанесению ущерба водным объектов в результате нехватки средств, неэффективно потраченных на данном объекте, для получения базового эффекта на другом объекте.

Раздел 7. Перспективные технологии

Для характеристики и классификации развивающихся методов целесообразно выделить следующие понятия:

А. Инновационная технология:

А1. Развиваемая технология, находящаяся на стадии лабораторной или опытно-промышленной разработки в России либо за рубежом.

А2. Технология, не имеющая достаточного числа применений необходимого масштаба в России, чтобы отнести ее к НДТ.

А3. Не имеющая применений в России и используемая за рубежом на малом числе объектов (не более 3).

Б. Технология, освоенная в мировой и (или) отечественной практике, но не апробированная в данной отрасли в России:

Б1. Не имеющая достаточного числа применений в России, но используемая за рубежом (более 5 применений).

Б2. Смежная технология — применяемая в других отраслях, по близкому назначению, но в условиях, отличающихся от ОС ЦСВ.

Рассматривая перспективные технологии очистки ГСВ, следует различать статус технологий применительно к промышленным сточным водам и к ГСВ/ПСВ. Многие современные технологии, которые могут быть отнесены к НДТ для промышленных сточных вод, применительно к ГСВ и/или ПСВ следует рассматривать как перспективные (смежные) технологии. Однако данный подход следует в большей степени относить к специфическим загрязняющим веществам. При очистке от органических загрязнений (БПК, взвешенные вещества), соединений азота и фосфора данные, относящиеся к промышленным сточным водам, имеющим схожие с ГСВ характеристики загрязненно-

сти, следует рассматривать с технической точки зрения как относящиеся и к последней. Однако, при этом необходимо учитывать экономические обстоятельства, т.к. для многих отраслей промышленности допустимая себестоимость очистки сточных вод существенно выше.

Проблемы, прежде всего экологические, не решаемые технологиями, отнесенными к НДТ, можно разбить на следующие группы:

1) Недостаточно глубокое и нецеленаправленное удаление специфических органических загрязнений (нефтепродукты, СПАВ), биологически неокисляемых загрязнений, микрозагрязнений, тяжелых металлов.

2) Потеря ценных составляющих сточных вод в процессе из обработки.

3) Недостаточная эффективность НДТ в ряде ситуаций (например, неэффективное удаление азота при нитри- и денитрификации из ГСВ с низким соотношением БПК/общий азот). Техническая невозможность и ограничения применения технологий биологической очистки ГСВ в ряде случаев (места временного пребывания, низкая температура сточных вод и др.).

4) Значительные объемы осадка ГСВ как отхода при невозможности получения из него вторичной продукции либо ее сбыта.

5) Высокие экологические издержки, прежде всего расход электроэнергии и реагентов. Высокая стоимость реализации НДТ.

Учитывая состояние дел в подотрасли водоотведения, описанное в разделах 1–2, для отечественной практики наибольшее значение имеют группы проблем № 4–6. Первые три перечисленные группы проблем более актуальны в развитых странах Западной Европы и в США, а также в регионах с дефицитом пресной воды, где высок интерес к повторному использованию глубокоочищенных сточных вод.

Значительная часть проблем применяемых технологий связана не с их экологическим несовершенством, а со стоимостью их реализации, а также надежностью в различных ситуациях. Для снижения стоимости ОС разрабатывают новые технологические, технические и конструктивные решения, позволяющие достигать того же эффекта с меньшими затратами либо повысить устойчивость технологий.

Перспективные технологии изложены в данном разделе справочника в соответствии с приведенной выше классификацией. Необходимо обратить внимание, что данная классификация достаточно условна и ряд технологий может входит в различные ее группы.

7.1 Снижение загрязненности по ХПК, удаление специфических органических загрязнений (нефтепродукты, СПАВ), микрозагрязнений, тяжелых металлов

7.1.1 Биосорбционная очистка

Цель технологии

Глубокое удаление органических веществ, как в целом, так и отдельных микрозагрязнений. Также — глубокое окисление форм азота.

Общее техническое описание

Представляет собой комбинацию процесса с активным илом и использование порошкообразного активного угля (ПАУ). Может быть использована как в комбинации со вторичными отстойниками, так и с мембранным илоразделением. Порошкообразный активный уголь добавляется в аэротенк в количестве, соответствующем его выведению из системы с избыточным активным илом. На поверхности активного угля происходят процессы сорбции трудноокисляемых загрязнений с последующим окислением.

Процесс с мембранным илоразделением представляет собой более позднее развитие технологии, позволяющее увеличить концентрацию как ила, так и порошкообразного активного угля в реакторе и за счет снижения прироста ила уменьшить потребление угля.

Доза активного угля составляет 500–1000 мг/л реактора. Оптимальное значение возраста ила составляет около 15 сут. Это обуславливает необходимость добавления в биореактор 35–70 мг/л в сутки ПАУ.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Не требует регенерации активного угля за счет использования процесса биорегенерации.

Преимущества для окружающей среды

Глубокая очистка от органических и азотных загрязнений. Удаление микрозагрязнений. В очищенной воде достигается: ХПК — менее 10 мг/л, $БПК_5$ — менее 3 мг/л, общий азот — менее 1 мг/л, аммонийный азот — менее 0,2 мг/л, тригалометаны — менее 0,1 мг/л.

Межсредовые воздействия

В пределах 10 % увеличивается количество сухого вещества, выводимого из процесса осадка

Применимость

С технической точки зрения применим для сооружений любой производительности. На практике (США) применяется для очистки сложных промстоков.

Применительно к сточным водам поселений более перспективен для очистки высокозагрязненных ПСВ.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Единственным и важнейшим фактором, ограничивающим реализацию, являются затраты на активный уголь, неизбежно выводимый из реактора с избыточным активным илом. Стоимость ПАУ не позволяет использовать технологию для ГСВ, так как затраты на него превышают 12 руб./м^3 воды.

Примерно на этом уровне затраты по технологии с использованием мембранного илоразделения, в которой потребность в угле ниже, однако оборудование сложнее и дороже.

Статус технологии

Б1–Б2.

7.1.2 Сорбционная доочистка на активном угле

Цель технологии

Глубокое удаление органических веществ, как в целом, так и микрозагрязнений, глубокое удаление аммонийного азота.

Общее техническое описание

Осуществляется путем пропуска дочищаемой воды через фильтры различных конструкций с гранулированным активным углем (ГАУ). Время пребывания в фильтре 15–35 мин обеспечивает снижение ХПК до 5–20 мг/л. Органические загрязнения, а также аммонийный азот сорбируются на активном угле. По мере срабатывания сорбционной емкости активный уголь подлежит замене, либо термической регенерации.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Удаление органических веществ и аммонийного азота при малом времени обработки и без энергозатрат.

Преимущества для окружающей среды

Очистка по ХПК до 5–15 мг/л, $БПК_5$ менее 3 мг/л, также по аммонийному азоту — менее 1 мг/л. Удаление микрозагрязнений.

Межсредовые воздействия

Образование отхода (отработанный активный уголь).

Применимость

С технической точки зрения применим для сооружений любой производительности, но, как любой метод фильтрования, проще реализуется на небольших и средних по расходу объектах. На практике применяется для очистки сложных и токсичных промышленных стоков.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Высокая стоимость гранулированного активного угля. Быстрое исчерпание его сорбционных свойств. Трудность и невысокая экономическая эффективность его регенерации.

Статус технологии

НДТ для очистки ПСВ (см. раздел 5).

Применительно к ОС ГСВ — перспективная технология Б2.

7.1.3 Сорбционная доочистка на минеральных сорбентах

Цель технологии

Глубокое удаление аммонийного азота, тяжелых металлов, специфических органических загрязнений.

Общее техническое описание

Осуществляется путем пропуска дочищаемой воды через фильтры различных конструкций с минеральным сорбентом нескольких типов. По мере срабатывания сорбционной емкости производится регенерация.

В качестве загрузки могут быть использованы:

- разновидности цеолитов, в том числе химически модифицированные;
- модифицированные глины.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями.

Удаление органических веществ и аммонийного азота при малом времени обработки и без энергозатрат.

Преимущества для окружающей среды

Очистка по ХПК до 5–15 мг/л, $БПК_5$ менее 3 мг/л, также по аммонийному азоту — менее 1 мг/л. Удаление микрозагрязнений.

Межсредовые воздействия

Образование значительных количеств отхода (отработанные сорбенты).

Применимость

Применим для сооружений любой производительности, но, как любой метод фильтрования, проще реализуется на небольших и средних по расходу объектах.

Находит применение на некоторых объектах очистки ПСВ.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Процесс БНД, осуществляемый на основной стадии, обеспечивает удаление азота, включая изначально находящийся в органической форме, тогда как сорбционный процесс, требующий отдельного сооружения, способен лишь концентрировать аммонийный азот. Обработка сточных вод от регенерации также представляет проблему.

Метод может найти применение совместно с физико-химической реагентной очисткой как подпроцесс для удаления аммонийного азота, при невозможности применить биологическую очистку, прежде всего для очистки сточных вод от объектов временного пребывания.

Статус технологии

А2.

7.1.4 Биосорбционная доочистка

Цель технологии

Глубокое удаление органических веществ, как в целом, так и микрозагрязнений. Окисление аммонийного азота.

Общее техническое описание

Дочищаемая вода обрабатывается в фильтре-биореакторе с псевдоожиженной загрузкой в виде ГАУ. Конструктивно обеспечивается удержание загрузки в сооружении. Рециркулирующая жидкость насыщается кислородом в эрлифтах. ГАУ находится в сооружении длительное время.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Длительный срок службы ГАУ. Более высокая эффективность по сравнению с использованием инертных носителей биопленки.

Преимущества для окружающей среды

При достаточном времени пребывания — удаление ХПК на 40 % — 60 % — до 5–15 мг/л, $БПК_5$ — менее 3 мг/л, повышение удаления микрозагрязнений.

Межсредовые воздействия

Незначительное образование отхода (отработанный ГАУ).

Выбросы в воздух пренебрежимо малы.

Применимость

Ограничения по масштабу отсутствуют.

Сооружение разработано в 1980-е годы в СССР. Несмотря на выполненные научные проработки и использование в ряде проектов, нет информации о практическом применении на ОС ГСВ. Находит применение для промышленных сточных вод.

Применительно к сточным водам поселений более перспективен для очистки высокозагрязненных ПСВ.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Высокая стоимость ГАУ.

Риск слеживания биозагрузки в результате аварийных остановок насосов рециркуляции.

Статус технологии

А2/Б2.

7.1.5 Фотокаталитическая доочистка

Цель технологии

Удаление из сточных вод микрозагрязнений.

Общее техническое описание

Применительно к сточным водам может быть использована на стадии глубокой доочистки (так называемой четвертичной очистки). Вода пропускается через каталитическую загрузку (диоксид титана или иные), облучаемую УФ-лампами, либо естественным солнечным освещением.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями.

Обеспечивает разложение микроконцентраций загрязняющих веществ, являющихся в большинстве своем бионеразлагаемыми.

Преимущества для окружающей среды

Удаление из сточных вод микрозагрязнений.

Межсредовые воздействия

Существенное энергопотребление на УФ-облучение.

Применимость

Метод вряд ли применим для больших расходов сточных вод. В связи с необходимостью УФ-облучения каталитической загрузки на расстоянии не более нескольких сантиметров конструкция реактора должна быть весьма сложной.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Метод находится на стадии разработки. На возможность реализации будут влиять эффективность удаления микрозагрязнений, энергозатраты, срок службы катализатора и единичная пропускная способность аппарата.

Статус технологии

А1.

7.1.6 Окисление ферратами

Цель технологии

Глубокая очистка и обеззараживание сточных вод.

Общее техническое описание

Ферраты — соли высокоокисленного железа (Fe (VI)), содержащие феррат-анион FeO_4^{2-}. Соответствуют железной кислоте H_2FeO_4, которая в свободном виде не существует. Они представляют собой сильный окислитель, превосходящий по своей окислительной способности озон и перекись водорода (самые сильные из остальных окислителей). Восстанавливаются при окислении органических соединенийдо Fe^{3+}, после чего работают как коагулянт и реагент для осаждения фосфатов.

Для применения в ВКХ используются, например, устройства электрохимического синтеза ферратов на месте применения путем растворения из стального анода в концентрированном гидроксиде калия.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Универсальное действие, малое время обработки.

Преимущества для окружающей среды

Как дезинфектант (по сравнению с хлором) — обеспечивает более глубокое и надежное обеззараживание, не формируя токсичных соединений. Вода после обработки не токсична.

Удаление общего органического углерода (аналог ХПК) от начальной величины 12 мг/л составляет 30 % — 35 %, $БПК_5$ от начальной величины 13 мг/л — 90 % — 95 %, при дозах по феррату калия 4–6 мг/л. При дозах 10–15 мг/л сообщается об удалении ХПК ниже 10 мг/л.

Способен эффективно окислять микрозагрязнения, однако значимое удаление (до 70 % по трихлоэтилену) достигается при дозе 30 мг/л и времени контакта 40 мин.

Сообщается также об удалении катионов токсичных металлов (кроме хрома и мышьяка, а также цинка) с помощью ферратов.

Межсредовые воздействия

Непосредственные — отсутствуют. Высокая энергоемкость получения феррата.

Применимость

Предлагаемые на рынке аппараты имеют единичную производительность до 230 тыс. $м^3$/сут из расчета дозы феррата 2 мг/л (для питьевой воды), что эквивалентно 70–100 тыс. $м^3$ по сточной воде.

Таким образом, метод применим на очистных сооружениях любой производительности.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Стоимость реагента даже при производстве на месте пока весьма высока — около 300 руб./кг (в ценах 2014 года). Обработка сточной воды дозой 5 мг/л обойдется около 1,5 руб./м^3, что существенно для решения только задачи доочистки по $БПК_5$ и обеззараживания.

Статус технологии

Б1.

7.1.7 Доочистка озонированием

Цель технологии

Глубокая очистка и обеззараживание сточных вод.

Общее техническое описание

В сточную воду через барботеры (имеющие необходимую химическую стойкость) подается озон, полученный на специальных установках. Типовая технологическая схема озонирования в максимальном варианте может состоять из следующих основных блоков:

- подготовки воздуха, в состав которого входят компрессор для забора и сжатия воздуха, фильтры, адсорберы, холодильники и ресиверы для очистки, осушки воздуха и стабилизации его давления;

- синтеза озона в газоразрядном генераторе с источником электропитания и системой отвода выделяющейся теплоты;

- смешения озоно-воздушной смеси с обрабатываемой водой из системы подачи и отвода газовой и жидкой фаз и системы разложения неиспользованного озона.

Доочистка озоном может использоваться в виде озонофлотации, для дополнительного удаления взвешенных веществ, когда контактный резервуар снабжен системой отведения образующейся флотопены. Однако с точки зрения расхода озона взвешенные вещества более эффективно удалять фильтрацией на предшествующей стадии доочистки.

Доза озона для доочистки/обеззараживания сточных вод очень высока и составляет 5–15 мг/л.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Универсальное действие, малое время обработки. Отсутствие потребности в реагентах.

Преимущества для окружающей среды

Озонирование широко распространено и является эффективным методом окислительной деструкции следующих веществ, содержащихся в сточных водах: фенол и его производные (хлор-, нитро-, амино-, алкилфенолы), полифенолы, сложные соединения фенольного характера, СПАВ (алкилбензосульфонаты и др.), красители и др.

Окисление СПАВ в сточных водах позволяет снизить концентрации содержащихся в них алкилбензолсульфонатов и алкифенолов до ПДК.

Окисление сложных соединений завершается частичной деструкцией полимакромолекул с образованием фрагментов с низкомолекулярной массой. В связи с этим проблемой может быть наличие в обработанной воде остаточных продуктов озонолиза, в результате чего может увеличиваться токсичность. В практике очистки питьевой воды после применения озона используют сорбционную доочистку.

При дозах, обеспечивающих окислительную доочистку, происходит глубокое обеззараживание сточной воды.

За вычетом проблемы продуктов озонолиза озонирование является наиболее экологически чистым методом окислительной обработки, поскольку при использовании (приготовлении) его не применяют химические реагенты (как перманганат калия, хлор и др.), которые приводят к так называемому вторичному загрязнению воды.

Межсредовые воздействия

Высокий расход электроэнергии. Риск выброса в окружающую среду продуктов озонолиза.

Применимость

Метод хорошо отработан на производственных сточных водах и питьевой воде, в доступе большое количество озонаторов различной производительности. Может быть применен при любом масштабе.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Высокая стоимость обработки (применительно к доочистке сточных вод) препятствует применению озонирования как метода обеззараживания. При реализации тре-

бований по глубокой доочистке до качества воды водоисточников питьевого водоснабжения (четвертичная очистка) является (по зарубежному опыту) одним из базовых методов.

Статус технологии

Б1/Б2

7.1.8 Доочистка на мембранах

Цель технологии

Глубокое удаление взвешенных веществ и высокомолекулярных органических соединений

Общее техническое описание

Основана на пропускании воды под давлением через полупроницаемую мембрану и разделении воды на два потока: фильтрат (очищенная вода) и концентрат (концентрированный раствор примесей). Для доочистки сточных вод используются ультрафильтрационные мембраны, которые с размером пор от 0,01 до 0,1 мкм удаляют крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), коллоидные частицы, бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Высокая надежность, компактность.

Преимущества для окружающей среды

Глубокое удаление взвешенных веществ, возможность глубокого удаления фосфатов при использовании реагентов

Межсредовые воздействия

Отсутствуют, за исключением существенного энергопотребления.

Применимость

Ограничения по производительности практически отсутствуют, реально применимость ограничена 200–300 тыс. $м^3$/сут.

Факторы, влияющие на возможность реализации

В связи с высокой стоимостью обработки целесообразность использования определяется утилизацией обработанной воды как технической с высокими требованиями к ней либо сбросом непосредственно в источник водоснабжения.

Статус технологии

А2/Б1. Реализована на одном объекте (ОС ГСВ «Красная поляна»), данные об эффективности, а также о целесообразности применения отсутствуют.

7.2 Извлечение ценных составляющих сточных вод

7.2.1 Кристаллизация фосфатов из возвратных потоков сооружений обработки осадка

Цель технологии

Очистка возвратных потоков от фосфатов, с получением сырья для производства удобрения.

Общее техническое описание

Возвратный поток (как правило, фильтрат или фугат от обезвоживания сброженного осадка) обрабатывается в реакторе с псевдоожиженным слоем песка с добавлением реагента (соль магния). В результате взаимодействия магния, фосфатов и аммонийного азота образуют нерастворимое вещество струвит (магний — аммоний — фосфат). В условиях псевдоожиженного слоя частицы песка выступают центрами кристаллизации струвита, в результате чего на их основе образуются гранулы этого вещества диаметром несколько миллиметров.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Принципиально иная технология по сравнению с осаждением фосфатов коагулянтами при локальной очистке возвратных потоков. При использовании последних образующийся осадок содержит много железа или алюминия, рыхлый, плохо обезвоживается. Струвит по описываемой технологии представляет собой практически готовое фосфорно-азотное удобрение, нуждающееся лишь в сушке и фасовке.

Одна из двух технологий, позволяющих получать фосфорное удобрение из сточных вод.

Преимущества для окружающей среды

Снижение сброса фосфатов с очищенной водой. Рекуперация ценного (и конечного в природе) вещества.

Межсредовые воздействия

Потребление магниевого реагента (как правило, бишофит, добываемый на некоторых соленых озерах). Однако потребность в нем не слишком высока (соотношение магния к фосфору — не более 1:1).

Существенные затраты электроэнергии на поддержание взвешенного слоя.

Применимость

Применительно к ГСВ — только на возвратных потоках от обезвоживания сброженного осадка.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Экономически эффективен, начиная с высоких концентраций фосфора фосфатов в фильтрате (от 50–70 мг/л, лучше от 100 мг/л). Такие концентрации соответствуют сбраживанию предварительно сгущенного избыточного активного ила из процесса с биоудалением фосфора.

Статус технологии

Б1.

7.3 Снятие ограничений по применению НДТ в ряде неблагоприятных ситуаций

7.3.1 Денитрификация нитратного азота с добавлением субстрата

Цель технологии

Реализовать удаление азота при недостаточном соотношении БПК/азот в очищаемой воде. Также — снижение концентрации азота нитритов на стадии доочистки.

Общее техническое описание

В биореактор, в котором реализован процесс нитри- и денитрификации, подается дополнительный органический субстрат. За рубежом используются этанол, метанол, уксусная кислота.

Может использоваться как на стадии биологической очистки, так и доочистки.

Технологическая эффективность

Позволяет удалять соединения азота с эффективностью до 90 % (при необходимости — и выше). Процесс биологического удаления азота позволяет получать остаточный общий азот преимущественно в наименее токсичной форме азотанитратов, минимизируя содержание аммонийной и нитритной форм.

Применимость

На сооружениях любого масштаба

Факторы, влияющие на возможность реализации

Использование дополнительного органического субстрата очень значительно увеличивает эксплуатационные затраты. Кроме того, оно формирует существенные потенциальные риски для здоровья персонала:

- метанол — смертельный яд;
- этанол — опасность хищений и употребления персоналом, в результате — нарушение работы персонала, тяжелые отравления;
- уксусная кислота — опасное химическое вещество.

Статус технологии

Б1.

7.3.2 Мембранное илоразделение

Цель технологии

Обеспечить глубокую и надежную очистку ГСВ в условиях очень малой площади под ОС и резких колебаний состава поступающих сточных вод. Получить очищенную воду, оптимальную для использования в качестве технической и поливной.

Техническое описание

Мембранные илоотделители используют как сооружения илоразделения при работе с аэротенками.

Представляют собой модули с ультрафильтрационными мембранами, через которые отфильтровывается от частичек ила очищенная вода.

По типу фильтрации мембранные илоотделители подразделяются на вакуумные и напорные. По типу используемых мембран вакуумные системы подразделяются на половолокнистые и пластинчатые. Мембраны собираются в модули таким образом, что

их внутренняя полость, в которую фильтруется очищенная вода, герметично соединяется с отводящими коллекторами.

Мембранное илоразделение работает циклами. После цикла фильтрации следуют процедуры, приводящие к очистке пор в мембранах. Это может быть прекращение подачи вакуума в модуль, обратный импульс очищенной воды или воздуха. Под мембранным модулем постоянно работает мощная аэрация, обеспечивающая обдув мембран. Периодически мембранные модули подвергаются химической промывке от возникающих биологических и химических отложений.

Отделенный на мембранах возвратный ил направляется обратно в аэротенк.

Установки мембранного илоразделения, работающие вместе с аэротенками, практически составляют целостную инженерную систему, называемую мембранным биореактором (МБР). Хотя принципиальных изменений в технологии биологической очистки применения мембранного илоразделения не вносит. В небольших установках илоразделитель может быть помещен непосредственно в аэротенк. Свойства активного ила, формирующиеся в аэротенке, не оказывают принципиального влияния на эффективность работы мембранного илоразделения.

Технологическая эффективность

Высокая эффективность отделения ила, практически вне зависимости от его седиментационных свойств, позволяет обеспечить близкое к нулевому содержание взвеси (на практике обычно указывается — менее 3 мг/л). Поскольку взвесь активного ила (биопленки) также характеризуется $БПК_5$ и содержит общий азот и фосфор, то работа мембранного илоразделителя оказывает существенное воздействие и на эти показатели.

При надлежащей механической прочности мембран определяют очень высокую надежность и эффективность всей стадии биологической очистки практически в любых эксплуатационных ситуациях, связанных с залповыми сбросами загрязнений, ухудшением свойств ила и т. д.

Межсредовые воздействия

Формируют существенное увеличение потребления электроэнергии по двум причинам:

- откачка всего расхода очищаемой воды вакуум-насосами (либо подача иловой смеси в напорные модули);

- расход воздуха на обдув мембран.

Потребляют некоторое количество реагентов для химической промывки, однако их массовый расход невелик.

Мембранные илоразделители не оказывают самостоятельного воздействия на образование твердых отходов. Однако на их поверхности часто скапливается выраженный слой пены активного ила. Как правило, данную пену гасят с помощью пеногасящих реагентов.

Применимость

Полностью универсальное сооружение, как для коммунальных, так и для промышленных очистных сооружений, в диапазоне производительности от нескольких м/сут до нескольких сотен тысяч $м^3$/сут.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Весьма сложное оборудование, работающее только при условии полной автоматизации. Обслуживание требует высококвалифицированного обслуживающего персонала. В случае частых нарушений регламента эксплуатации мембраны могут быть выведены из строя.

Обладают значительной стоимостью при приобретении. Требуют больших дополнительных эксплуатационных затрат, как постоянных — на электроэнергию и реагенты, так и периодических (особенно высоких) — на замену мембран.

МБР позволяют на одной стадии процесса очистки добиться тех же результатов, что и глубокая биологическая очистка с доочисткой. Данные по сопоставлению стоимости владения для двух технологий в российских условиях у технической рабочей группы отсутствуют.

За счет увеличения дозы ила позволяют уменьшить объем и площадь аэротенков в 2–4 раза, объем сооружений илоразделений – не менее, чем в 2 раза. Таким образом, площадь всей системы биологической очистки может быть сокращена в 2-3 раза, а объем — в 3–4 раза по сравнению с использованием вторичных отстойников.

Другое серьезное преимущество — малочувствительны к залповым сбросам в составе поступающих сточных вод, так как вынос ила из сооружения невозможен.

Последние два фактора позволяет рассматривать МБР как перспективную технологию прежде всего для применения на очень стесненных площадках ОС, а также в условиях приема на них большой доли сточных вод от производственных предприятий.

Статус технологии

А2/Б1/Б2.

7.4 Расширение возможности получения вторичной продукции из осадка ГСВ

7.4.1 Аэробная термофильная автотермичная стабилизация жидких осадков

Общее техническое описание

По биологическим основам процесс не отличается от обычной аэробной стабилизации, однако осуществляется другими группами аэробных гетеротрофных микроорганизмов — термофильными. По конструктивному оформлению и эффективности отличия процесса весьма существенны.

Обрабатываемый осадок подается в аэрируемые (как правило, с подачей сжатого воздуха в механические диспергаторы) закрытые реакторы, в которых происходит аэробный процесс биологического окисления органического вещества осадков. В процессе окисления концентрированных осадков (избыточный активный ил подлежит предварительному сгущению, оптимальная концентрация подаваемой смеси осадка — 45–60 г СВ/л) выделяющаяся теплота нагревает теплоизолированный реактор до температур термофильного процесса — свыше 50 °С (аналогично процессу компостирования обезвоженных осадков). Такие условия позволяют не только в несколько раз ускорить проведение процесса по сравнению с обычной аэробной стабилизацией, но и до 1,5–1,8 раз повысить глубину распада органического вещества осадка.

Благодаря результатам процесса и схожему конструктивному оформлению данный метод часто называют аэробным термофильным автотермичным сбраживанием (хотя процесс с биохимической точки зрения сбраживанием не является).

Технологическая эффективность

Распад ОВ до 50 % — 60 %. Метод обеспечивает любую требуемую для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков.

Термофильная аэробная стабилизация — наиболее энергоемкий процесс, требует наиболее высокого расхода электроэнергии. Это объясняется пониженной эффективностью растворения кислорода воздуха (низкое значение так называемого альфа-фактора). Энергозатраты не могут быть рекуперированы.

Межсредовые воздействия

Аналогичны классической аэробной стабилизации.

Как правило, отходящий воздух из стабилизаторов требует очистки от загрязняющих веществ, а в холодное время — также и охлаждения с каплеулавливанием.

Выделяющиеся при распаде азот и фосфор переходят в жидкую фазу (в иловую воду). Выделение в жидкую фазу азота не превышает 15 % от входящей нагрузки на очистные сооружения, фосфора — 10 % — 15 %.

Применимость

Технически метод применим для сооружений любой производительности. Метод достаточно компактен. Требует использования специальных реакторов, систем аэрации и системы автоматизации процесса.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Сооружения безопасны в эксплуатации.

Метод увеличивает затраты на электроэнергию на очистных сооружениях не менее чем на 30 % — 50 % (большее значение — для совместной стабилизации осадка первичных отстойников и ила).

Обработанный методом аэробного термофильного сбраживания осадок обладает наилучшими водоотдающими свойствами, а также оптимален для использования (после обезвоживания) в качестве удобрения для любых целей и культур (при соблюдении требований по содержанию токсичных веществ).

Статус технологии

Б1.

7.4.2 Вермикомпостирование осадка

Цель технологии

Получение из осадков высококачественного удобрения

Общее техническое описание

Обезвоженные осадки (лучше — предварительно подвергнутые аэробной стабилизации) добавляются в качестве питания к биомассе красных калифорнийских червей, культивируемой в процессе. Черви поедают вещество осадка, выделяя биоудобрение. Процесс осуществляется в тонкослойных поддонах, полупериодически. По окончании процесса черви вновь отделяются от обработанного осадка и используются в следующем цикле.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Получение особо высококачественного удобрения, которое может быть реализовано с получением дохода.

Преимущества для окружающей среды

Вовлечение органического вещества осадка в кругооборот в природе. Сокращение применения минеральных удобрений.

Межсредовые воздействия

Практически отсутствуют.

Применимость

На сооружениях небольшой производительности. Масштабы применения также определяются рынком сбыта вермикомпоста.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Технология требует ручного труда, ответственного контроля за процессом, значительных площадей зданий, где она реализуется. Характеризуется высокой материалоемкостью (стеллажи, поддоны).

Статус технологии

А2.

7.4.3 Пиролитическая газификация осадка

Цель технологии

Уменьшение объема осадка с получением из него горючего газа с последующей утилизацией его для выработки электроэнергии.

Общее техническое описание

Обезвоженный и высушенный осадок нагревается в замкнутом объеме, в результате чего происходит процесс пиролиза, выделяется пиролитический газ (смесь летучих органических веществ) и образуется кокс. На второй стадии процесса происходит частичное сжигание кокса (с ограниченным доступом кислорода), в результате чего выделяется синтез-газ (смесь водорода и окиси углерода). Смесь пиролитического газа и синтез-газ используются в качестве топлива. В результате процесса образуется зольно-угольный остаток.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Высокая степень конверсии органического вещества осадка в полезную энергию при минимальном объеме газовых выбросов.

Преимущества для окружающей среды

Минимальный объем газовых выбросов.

Межсредовые воздействия

За счет многократно меньшего объема выбросов и иной аэродинамики реактора значительно меньше выброс пылевидных частиц по сравнению со сжиганием.

Применимость

Средние и крупные установки.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Требуется предварительная сушка осадка. Синтез-газ токсичен и взрывоопасен (однако применялся в качестве топлива для газовых фонарей с начала XIX века). Процесс пиролиза твердых топлив весьма хорошо известен.

Статус технологии

А3/Б2.

7.4.4 Остеклование осадка

Цель технологии

Термическая переработка осадка с получением из минеральной части товарного экологически и санитарно безопасного материала, который может использоваться в строительстве и производстве.

Общее техническое описание

Предварительно обезвоженный и глубоковысушенный осадок сжигается с подачей воздуха (предпочтительно обогащенного кислородом) в топке, позволяющей достигать температуры 1100 °С — 1200 °С, при которой минеральная часть осадка расплавляется. Расплав отводится вниз топки и попадает в зону остывания, формируя стеклоподобные частицы заданной формы и свойств. Отходящие газы охлаждаются, в том числе в системах рекуперации и получения энергии, и после очистки выбрасываются в атмосферу.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Получение из минеральной части осадка вместо отхода (золы) товарного продукта.

Существенное сокращение массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Исключение выброса органических соединений (диоксины, фураны) по причине повышенной температуры сжигания.

Применимость

На ОС начиная с крупнейших.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Необходимость предварительной сушки осадка, а также обогащения воздуха кислородом. Работа с минеральными расплавами. Высокая стоимость оборудования. Необходимость квалифицированного персонала.

Статус технологии

А3.

7.4.5 Получение жидкого топлива из осадка

Цель технологии

Получение из осадка коммерческого нефтеподобного продукта. Так называемый процесс «нефть из осадка».

Общее техническое описание

Обезвоженный высушенный осадок подвергается пиролизу. Благодаря специально подобранному давлению и использованию катализаторов происходит ожижение органического вещества с получением нефтеподобного продукта. Твердый остаток подлежит захоронению либо может быть сожжен.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Высокая эффективность преобразования органического вещества осадка в энергоноситель. Получаемое жидкое топливо может утилизироваться за пределами очистных сооружений.

Минимальные выбросы отходящих газов.

Применимость

На ОС начиная с крупнейших.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Состав получаемого жидкого топлива должен удовлетворять требованиям для использования в качестве моторного либо котельного топлива. Сложное оборудование, потенциально опасный производственный процесс, близкий к нефтепереработке.

Статус технологии

А3.

7.4.6 Суперкритическое жидкофазное окисление

Цель технологии

Значительно сократить объем осадка, не используя сжигание, с целью минимизации воздействия на атмосферный воздух.

Общее техническое описание

Другие названия метода — гидротермальное окисление, «мокрое» сжигание.

Глубокосгущенный осадок нагревается в реакторе сверх так называемой критической точки (374 °С), и, при соответствующем давлениии подвергается химическому окислению кислородом, подаваемому компрессором. Оставшееся трудноокисляемое вещество может быть использовано как удобрение высшего класса (класс А по зарубежной терминологии).

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Эффект сокращения объема обработанного осадка близок к достигаемому путем сжигания, однако вредные выбросы в атмосферу практически отсутствуют.

Отсутствие вредных выбросов в атмосферу. Глубокое окисление органических веществ в осадке.

Применимость

ОС ГСВ, начиная с крупных.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Высокая степень потенциальной опасности при работе со сверхвысокими давлениями, высокой температурой, техническим кислородом. Высокая стоимость как оборудования, так и эксплуатационных затрат.

Статус технологии

А3.

7.5 Получение экологического эффекта, не уступающего НДТ, при существенно меньших затратах

7.5.1 Удаление азота через нитрит

Цель технологии

Сокращение энергопотребления процесса очистки сточных вод, увеличение возможностей для энергогенерации. Расширение возможности применения биологического удаления азота.

Общее техническое описание

Отличием от нитри- и денитрификации в данном процессе является проведение нитрификации до нитрит-иона и денитрификации нитрита до атмосферного азота. Процесс требует тонкого управления аэрацией по pH процесса.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

До 50 % снижается потребность в кислороде на удаление азота (и, соответственно, снижается энергопотребление), увеличиваются возможности для энергогенерации.

Межсредовые воздействия

Аналогичны биологической очистке с удалением азота. Меньшие затраты электроэнергии.

Применимость

В любом масштабе.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Неоптимальное соотношение углерода и азота в сточных водах, а также направленность на энергогенерацию на очистных сооружениях способствуют интересу к данной технологии.

Необходимы высококвалифицированный персонал и эффективная система автоматизации.

Статус технологии

Б1.

7.5.2 Группа технологий с улучшенной нитрификацией

Цель технологии

Призвана сократить время обработки сточных вод в процессах биологического удаления азота и фосфора, лимитируемое в настоящее время необходимостью поддержания возраста ила, обеспечивающего устойчивую нитрификацию. В особенности это проявляется в холодное время года при снижении температуры сточных вод.

Общее техническое описание

Развивается целый ряд технологических решений с улучшенной нитрификацией (так называемая биоаугментация). Их можно разделить на две основные группы:

А. Наружное улучшение нитрификации.

К этой группе, в свою очередь, относятся следующие основныегруппы:

- комбинирование взвешенной и прикрепленной микрофлоры (при котором примерно половина сточной воды подается на капельный биофильтр, а обработанная вода оттуда, содержащая биопленку, подается в обычные аэротенки);

- выращивание нитрификаторов на возвратных потоках от обработки сброженного осадка с подачей обработанной жидкости либо избыточного активного ила в аэротенки. Преимущество в этих технологиях дает возможность проводить нитрификацию возвратных потоков при существенно более высокой температуре (свыше 25 °С).

Б. Внутреннее улучшение нитрификации.

К этой группе относится процесс удаления азота и фосфора, названный DEPHANOX (денитрификация и фосфатаккумуляция в аноксидном процессе). Процесс включает в себя комбинацию взвешенного и прикрепленного ила в многостадийной системе, основанную на явлении фосфатаккумуляции в аноксидной зоне, происходящей в процессе денитрификации. Процесс включает в себя выделение нитрификации в от-

дельную зону, работающую без взвешенного ила, только с прикрепленной микрофлорой. С этой целью после анаэробной зоны, куда подается сточная вода и возвратный ил, производится отделение активного ила в отстойнике, осветленная частично обработанная сточная вода поступает в биофильтр-нитрификатор, а затем вместе с илом из отстойника в денитрификатор, с последующей постаэрацией и илоотделением.

Еще один процесс (BAR-процесс) предусматривает подачу азотсодержащего возвратного потока в отдельную зону аэротенка (регенератор), куда также поступает возвратный ил.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Уменьшение объема сооружений биологической очистки без ухудшения качества очищенной воды.

Технологический эффект

Соответствуют преимуществам для технологий с биологическим удалением азота и фосфора. Также за счет более надежной нитрификации снижается содержание аммонийного азота в очищенной воде.

Требуется меньшая площадь для размещения аэротенков (биореакторов).

Применимость

Практически не ограничена.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Для процесса DEPHANOX необходимо тщательное выделение грубодисперсных включений из сточных вод.

Процессы с внешним улучшением нитрификации требуют наличия возвратного потока от сооружений обработки сброженного осадка.

7.5.3 Аноксидное окисление аммония (АНАММОКС-технологии)

Цель технологии

Повышение эффективности и снижение себестоимости удаления азота из сточных вод (в настоящее время — как правило, путем удаления азота из высококонцентрированных по аммонию возвратных потоков от обработки сброженного осадка).

Общее техническое описание

Около половины аммония в очищаемой воде окисляется в процессе биологической нитритации до нитрита в отдельном (первом) реакторе или в ходе симультанного (совместного) процесса, при этом вторая половина аммония окисляется образовавшимся нитритом с образованием молекулярного азота. Эта часть процесса осуществляется в бескислородных условиях.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями

Процесс характеризуется низким энергопотреблением, малым образованием осадка и высокой энергоэффективностью, независимостью от источников органического вещества для денитрификации.

Преимущества для окружающей среды

Повышение глубины удаления азота из сточных вод минимизирует риск эвтрофикации водоемов-приемников. Снижение парникового эффекта (потребление, а не выделение CO_2 в ходе процесса).

Межсредовые воздействия

Практически отсутствуют.

Применимость

На сооружениях любой мощности, где имеются потоки, концентрированные по аммонию (возвратные потоки от обработки осадков сточных вод при реализации метанового сбраживания).

Факторы, влияющие на возможность реализации

Технология требует наличия персонала высокой квалификации.

Статус технологии

А1/Б1. Применяется на десятках объектов за рубежом. В России выполнен большой объем исследований, разработаны новые конфигурации процесса.

Есть информация об использовании элементов процесса АНАММОКС при очистке ГСВ в затопленных биофильтрах на ряде объектов небольшой производительности [30]. Однако имеющийся объем информации пока не позволяет рекомендовать эту технологию как НДТ для ОС большей производительности.

7.5.4 Фитотехнологии очистки ГСВ

Цель технологии

Обеспечение необходимого качества очистки ГСВ при уменьшении затрат.

Описание технологии

См. подраздел 4.3.2.2. Для ПСВ ФОС являются НДТ.

Применительно к ГСВ биоплато является перспективной технологией со статусом A2/B2.

7.5.5 Обезвоживание осадков в геоконтейнерах

Цель технологии

Обеспечить глубокое обезвоживание осадка при сокращенных затратах и минимуме капитальных затрат.

Общее техническое описание

Метод занимает промежуточное положение между механическим обезвоживанием и иловыми площадками.

Аналогично механическому обезвоживанию осадок обрабатывается флокулянтом и подается насосом в геотекстильный контейнер (геотубу), сшитый из прочного фильтрующего материала, с объемом до 1500 м^3. Свободная вода выходит через стенки контейнера сквозь мелкие поры геотекстиля. В результате этого происходит обезвоживание осадка, фильтрат, выходящий из контейнера, получается чистым и не содержит механических взвесей. Контейнеры размещаются на площадке с твердым покрытием и системой отвода фильтрата на ОС. Наливы сфлокулированного осадка в геоконтейнер повторяются несколько раз, до финального заполнения емкости.

После завершения активной стадии водоотдачи осадок, закачанный в геотекстильные контейнеры, продолжает обезвоживаться благодаря хорошей светопоглощающей способности геотекстиля и испарению через большую площадь поверхности контейнера. Кроме того, контейнер не впитывает атмосферные осадки и шлам не подвергается повторному обводнению. Положительно на процесс обезвоживания влияет зимнее промораживание, в результате чего при оттаивании высвобождается дополнительное количество остаточной влаги. Благодаря обезвоживанию в контейнере обезвоженный осадок (шлам) становится материалом, удобным для погрузки и транспортировки. Контейнер может быть вскрыт (не используется повторно для этих же целей), и его содержимое вывозится. Может быть применено решение по захоронению

обезвоженного осадка на месте обезвоживания, в этом случае геоконтейнеры укладываются в несколько слоев друг на друга.

Преимущества для окружающей среды

Аналогичны механическому обезвоживанию.

Применимость

Универсальный метод.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Метод позволяет оперативно и с минимальными капитальными вложениями реализовать эффективное обезвоживание осадка. Требуется минимальная площадь для размещения узла приготовления и дозирования раствора флокулянта (возможен контейнер, размещаемый рядом с площадкой обезвоживания).

Затраты на обезвоживание, по данным поставщиков процесса, ниже на 20 % — 30 %.

Статус технологии

Для ГСВ — А2/Б2. Имеется один референц-объект: рекультивация накопителей осадка (Санкт-Петербург), однако, данный нестабилизированный осадок хранился в накопителях много лет, а до этого был уже обезвожен в центрифугах.

Для ПСВ является НДТ, так как для донных отложений водоемов, близких по составу, накоплен достаточный опыт.

7.5.6 Биосушка осадка

Цель технологии

Обеспечить сушку обезвоженного осадка с минимальными затратами энергии.

Общее техническое описание

Представляет собой высокоинтенсивное компостирование осадка, направленное на получение подсушенного биотоплива. Проводится в туннелях с продувкой буртов компостируемой смеси через каналы в днище. Компостируемая смесь представляет собой обезвоженный осадок с добавлением готового компоста крупностью выше заданной, а также древесной щепы (оборотной с добавлением свежей).

При компостировании (окислении ОВ осадка) выделяется тепло, позволяющее разогревать осадок до 60 °С и выше. Подача воздуха в технологии биосушки осуществляется противотоком через несколько туннелей, находящихся в разных фазах

процесса. Свежий воздух подается в дозревающий туннель (и охлаждает его), затем проходит туннель в активной фазе и, максимально нагретый, быстро поднимает температуру во вновь уложенном туннеле. Это обеспечивает быстрый процесс при высоком использовании кислорода воздуха.

Отходящий воздух очищается от аммиака (с его утилизацией в виде сульфата аммония), охлаждается (с отводом тепла на утилизацию), осушается, дочищается и выбрасывается в атмосферу.

Технологическая эффективность

Осадок высушивается до 4 раз по объему, до содержания СВ 25 % — 30 %. Нагрузка по осадку на общую площадь сооружения — 5–7 $м^3/м^2$ в год.

Межсредовые взаимодействия

С учетом очистки выбросов загрязнение воздуха находится под контролем.

Биосушка осадка — один из немногих процессов, позволяющих рекуперировать часть аммонийного азота, содержащегося в осадке.

Возвратные потоки на ОСК небольшие.

Применимость

Для потока осадка, соответствующего крупным ОС и выше. Может использоваться как групповое сооружение, получающее осадок от более мелких объектов.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Практически универсальный метод, не требующий сложных установок и высококвалифицированного персонала.

Свойства высушенного осадка, даже несмотря на потерю части органического вещества, позволяют использовать его как низкокалорийное топливо (аналог торфа). Он также может быть вывезен на полигон, использован как удобрение и т. п.

Метод нуждается в древесной щепе, однако ее потребление не превышает 1,5 % по весу от обрабатываемого осадка, так как щепа используется многократно.

Статус технологии

Б1. Известны два объекта в Нидерландах, работающие уже свыше 10 лет.

7.5.7 Электроосмотическое обезвоживание

Цель технологии

Повысить содержание сухого вещества в обезвоженном осадке с небольшими дополнительными затратами энергии.

Общее техническое описание

Метод применяется в дополнение к устоявшимся технологиям и направлен на отделение части связанной с сухим веществом осадка воды, которая не отделяется с помощью флокулянтов и давления.

Используется эффект электрофореза, когда осадок (ранее уже обезвоженный) попадает в пространство между электродами, через которые пропускается постоянный ток. В направлении возникающего электрофоретического потока воды может размещаться фильтрационная мембрана.

Поскольку процесс идет с выделением тепла за счет сопротивления току, происходит разогрев обрабатываемого осадка до 55 °С — 65 °С.

Технические и экономические преимущества по сравнению с устоявшимися технологиями.

Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке на 8–10 абс. % выше, чем при обычном обезвоживании, что соответствует 25–40 отн. %. Достигаемое значение содержания сухого вещества (55 % — 60 %) недостижимо на осадках городских сточных вод с помощью обычного обезвоживания. Побочный эффект разогрева осадка обеспечивает его обеззараживание.

Преимущества для окружающей среды

Уменьшение объема перевозимого и размещаемого в окружающей среде осадка. Обеззараживание осадка.

Межсредовые воздействия

Уменьшение образования твердой фазы осадка. Нагрев осадка приводит к выделению летучих веществ в газовую фазу, что может потребовать их сбора и очистки.

Применимость

Практически в любых условиях.

Факторы, влияющие на возможность реализации

Существенный расход электроэнергии. Необходимость использования выпрямителей тока. Потенциальная электроопасность для персонала, связанная в том числе с применением постоянного тока. Может потребоваться сбор и очистка образующихся дурнопахнущих выбросов.

Статус технологии

Б1.

Заключительные положения и рекомендации

Для разработки справочника была сформирована техническая рабочая группа № 10 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (ТРГ 10), состав которой утвержден приказом Росстандарта от 17 июля 2015 г. № 833 «О технической рабочей группе «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (ред. от 18.11.2015 г.). В ее состав вошли представители 67 организаций, в том числе 15 докторов наук и 20 кандидатов наук.

На основании анкет, разосланных более чем в 400 крупнейших населенных пунктов Российской Федерации, была получена информация по 200 очистным сооружениям. Также более чем по 30 сооружениям была получена дополнительная информация в ходе разработки справочника. Очистные сооружения, информация по которым был обработана, обслуживают более половины населения России.

Члены технической рабочей группы пришли к выводам, что:

- сложная финансовая ситуация в подотрасли требует обеспечивать наибольшую эколого-экономическую эффективность технологии — максимальное количество предотвращенного вреда окружающей среде на рубль вложенных средств;

- система нормирования должна обеспечивать безусловный приоритет мероприятий, характеризующихся максимальной эколого-экономической эффективностью, прежде всего реконструкции аэротенков на ОС ГСВ и строительства эффективных сооружений отстаивания на ОС ПСВ. Применение доочистки и аналогичных технологий должно рассматриваться как НДТ только в четко ограниченных ситуациях строгой охраны водных объектов. Во всех других ситуациях использование в проекте подпроцессов доочистки эквивалентно нанесению ущерба водным объектов в результате нехватки средств, неэффективно потраченных на данном объекте, для получения базового эффекта на другом объекте;

- очень важно применение комплексного подхода, учитывающего фактическое экологическое состояние водных объектов, не допуская на данном этапе перехода на НДТ необоснованно жестких требований к сбросам;

Техническая рабочая группа разработала настоящий информационно-технический справочник исходя их этих концептуальных подходов.

Проект справочника принят ТРГ10 на основе полного согласия всех ее членов, принявших участие в заключительном голосовании по доработанному проекту. За одобрение справочника высказалось более 72% членов ТРГ10. Голосовавших против и

воздержавшихся не было. Отсутствуют особые мнения членов ТРГ10, высказанные при голосовании по одобрению доработанного проекта.

Члены технической рабочей группы считают необходимым:

- применение разработанных технологических показателей НДТ для нормирования сбросов очистных сооружений централизованных систем водоотведения поселений и городских округов, разработку принятие с этой целью соотвествующего нормативного правового акта Правительства Российской Федерации;

- в целях обеспечения возможности применения в дальнейшей перспективе положений настоящего справочника, использующих категорирование водных объектов, разработку и принятие нормативного правового акта, устанавливающего категории водных объектов и принципы отнесения к ним;

- разработку и принятие первоочередным образом национального стандарта по классификации водных объектов для целей реализации справочника, который впоследствии может быть положен в основу нормативного правового акта.

Приложение А

(Обязательное. Является выдержкой из раздела 5. При наличии расхождений следует руководствоваться разделом 5)

Перечень наилучших доступных технологий

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
1	Планирование инвестиций, выдача заданий на проектирование, на модернизацию и развитие существующих ОС ГСВ	Определение перспективных расходов на основании фактических данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения	Универсальный	
2а	Контроль формирования состава сточных вод, не относящихся к жилому сектору	Наличие утвержденного в установленном порядке и должная реализация годичного плана контроля загрязненности сточных вод абонентов, обеспечивающего безусловный приоритет для контроля сточных вод абонентов, потенциально опасных для ЦСВ и водных объектов	Универсальный	
2б		Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по обеспечению ими нормативов сброса в ЦСВ загрязняющих веществ, установленных по критерию недопущения причинения вреда ЦСВ	Универсальный	
2в		Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по осуществлению ими разделения потоков производственных сточных вод и поверхностных стоков (в поселениях, оборудованных системами отведения поверхностных вод)	Универсальный	
2г		Надлежащая работа с абонентами в рамках действующего законодательства по недопущению сброса в централизованную систему водоотведения незагрязненных вод	Универсальный	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
2д		Направление на очистку не менее 70 % годового объема ПСВ	Только для объектов ЦСВ, предназначенных для приема ПСВ	
2е		Разделение потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, со сбросом условно чистой без очистки	Только для объектов ЦСВ ПС	
3а	Контроль поступающих на очистные сооружения сточных вод и сброса очищенных сточных вод	Наличие и надлежащая эксплуатация приборов измерения расхода поступающих (или очищенных) вод, пригодных к применению на сточных водах и имеющих соответствующие аттестаты	Универсальный	
3б		Наличие и соблюдение программы производственного контроля качества вод	Универсальный	
3в		Выполнение отбора проб сточных вод в соответствии с аттестованными методиками	Универсальный	
3г		Использование для пробоотбора автоматических пробоотборников, используемых в режиме накопительной суточной пробы, отбираемой пропорционально расходу поступающих (или очищенных) вод	Для ОС ГСВ от крупнейших 1) и выше	[1] Здесь и далее во всем разделе категории крупности ОС применены в терминологии, принятой в разделе 1 (см. таблицу 1.18). При этом запись, например, «до крупных включительно» означает, что областью применения являются все объекты, которые по производительности являются крупными, либо имеют меньшую производительность. Запись «от больших и выше» озна-

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
				чает, что областью применения являются все объекты, которые по производительности являются большими, либо имеют более высокую производительность
3д		Выполнение анализов проб сточных вод в организации (подразделении), имеющей соответствующие аттестаты, анализов поступающих сточных вод по всему перечню показателей, контролируемых на сбросе и дополнительно по веществам, практически отсутствующим в сточных водах, но образующихся в процессе очистки сточных вод (только для очищенных вод), с установленной периодичностью, определяемой с учетом производительности сооружений	Универсальный	
3е		Выполнение анализов проб поступающих сточных вод дополнительно на содержание азота и фосфора по общим формам	Для ОС ГСВ от больших и выше	
3ж		Обеспечение хранения в холодильнике резервной пробы (часть отобранной ежедневной пробы сточных вод) в течение 7 дн для возможности тщательного контроля в случае возникновения проблем, связанных с токсичностью сточных вод или другими проявлениями залповых сбросов загрязняющих веществ	Для ОС ГСВ, на которых отмечаются проблемы с залповыми сбросами от промышленных абонентов	
3з		Надлежащая фиксация, хранение, анализ информации о количестве и качестве поступающих сточных вод в соответствии с технологическим регламентом	Универсальная	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
4а	Очистка ГСВ	Удаление грубодисперсных примесей из сточных вод до основных технологических стадий очистки	Универсальная	
4б		Отмывка отбросов от взвешенных веществ с целью повысить их стабильность и сократить негативное воздействие на окружающую среду	Для ОС ГСВ от средних и выше	
4в		Осветление сточных вод в пределах, не ухудшающих удаление азота и фосфора при последующей биологической очистке	Для ОС ГСВ от больших и выше	
4г		Биологическая очистка, соответствующая крупности объекта и условиям сброса (в соответствии с НДТ 7 и НДТ 8)	Для всех ОС ГСВ, кроме позиции е) данной таблицы	
4д		Доочистка (третичная очистка), в соответствии с НДТ 9	Только при сбросах в водные объекты категории А 1), для всех ОС ГСВ, кроме сверхмалых	Здесь и далее сферы применимости категорий А–Г используются при наличии соответствующего нормативно-правового обоснования. До их принятия ко всем объектам следует применять нормы, приведенные в данном разделе для категории А. См. примечание 1) внизу таблицы

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
4е		Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих	Для сверхмалых ОС ГСВ, с поступлением на них расхода сточных вод, 4жформирующимся сезонно, не более 100 дней в году. Кроме сбросов в водные объекты категории А	
4ж		Обеззараживание очищенных вод с использованием УФ-облучения, либо гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами (не хлором)	УФ-облучение – универсальная Обеззараживание гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами без дехлорирования – на существующих объектах до больших включительно, на реконструируемых объектах – до небольших включительно, на новых объектах – до малых включительно. Обеззараживание гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами с надлежащим дехлорированием – на всех объектах до крупных включительно	
5а	Очистка ПСВ	Предварительная механическая очистка поверхностного стока от крупных механических примесей и мусора методом процеживания	Универсальная	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
5б		Разделение потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, со сбросом последней в водные объекты. Направление на очистку не менее 70 % годового объема ПСВ, образующихся на территории поселений	Универсальный	
5в		Очистка загрязненного стока от тяжелых минеральных примесей (пескоулавливание) в проточных песколовках различного типа или во входной секции аккумулирующего резервуара	Универсальная	
5г		Аккумулирование и усреднение загрязненной части поступающего расхода (может быть совмещено с механической очисткой)	Универсальный, на новых объектах. Для ОС ПСВ до небольших включительно допускается использование проточных систем очистки	
5д		Механическая очистка от взвешенных веществ и нефтепродуктов методом отстаивания	Не требуется при использовании 6а	
5е		Обеззараживание УФ-облучением	Универсальная, на новых объектах	
5ж		Обезвоживание образующихся осадков на иловых (песковых) площадках с помощью геоконтейнеров или механическим способом	Универсальная	
6а	Очистка ПСВ	Физико-химическая очистка стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории В	Все НДТ6 используются в дополнение к НДТ 5 См. примечание 1) внизу таблицы
6б		Физико-химическая очистка по 6а, с последующей доочисткой двухступенчатой фильтрацией	На новых объектах, при сбросе в водные объек-	См. примечание 1) внизу таблицы

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
		на зернистых и коалесцирующих фильтрах	ты категории Б	
6в		Механическая очистка по 5д, биологическая очистка в искусственных или естественных условиях	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории Б	См. примечание 1) внизу таблицы
6г		Физико-химическая очистка по 6а с последующей доочисткой фильтрацией на двухступенчатых зернистых 6ди сорбционных фильтрах	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории А	См. примечание 1) внизу таблицы
6д		Механическая очистка по 5г, биологическая очистка в искусственных или естественных условиях, с последующей доочисткой фильтрацией в сорбционных фильтрах	На новых объектах, при сбросе в водные объекты категории А	См. примечание 1) внизу таблицы
7а	Биологическая очистка на объектах ОС ГСВ, начиная с больших	Биологическая очистка с нитрификацией	Только при сбросах в водные объекты категории Г	Выбор между технологиями 7а и 7в осуществляется решением уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды в соответствии с потребностью водного объекта в биогенных элементах
7б		Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией	Исключительно для существующих объектов, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории Б-Г, на которых эта технология уже применяется, а величина ИПКОцтп менее 15 достигнута не позднее, чем за 2 года до вступления в силу тре-	См. примечание 1) внизу таблицы

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
			бований об обязательном переходе на НДТ объектов I-й категории в данной подотрасли, и не дольше 7 лет после этого срока.	
7в		Биологическая очистка с удалением азота	Только при сбросах в водные объекты категории Г	
7г		Очистка с биологическим удалением азота и фосфора	Для ОС ГСВ со сбросом водные объекты категории В	См. примечание 1) внизу таблицы
7д		Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	Для ГСВ со сбросом в водные объекты категории Б. Для ОС не крупнее больших	См. примечание 1) внизу таблицы
7е		Очистка с биологическим удалением азота и фосфора с ацидофикацией	Для ОС ГСВ, начиная с больших, со сбросом в водные объекты категории Б	См. примечание 1) внизу таблицы
7ж		Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора		
7з		Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией		
8а	Биологическая очистка ГСВ на сверхмалых – средних ОС	Полная биологическая очистка	На ОС ГСВ до небольших включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории В. На сверхмалых ОС ГСВ, сбрасывающих очищен-	См. примечание 1) внизу таблицы

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
			ные воды в водные объекты категории Б	
8б		Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией	Исключительно для существующих объектов, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории Б-Г, на которых эта технология уже применяется, и величина ИПКОцтп менее 15 достигнута не позднее, чем за 2 года до вступления в силу требований об обязательном переходе на НДТ объектов I-й категории в данной подотрасли, и не дольше 7 лет после этого срока	См. примечание 1) внизу таблицы
8в		Полная биологическая очистка с удалением азота	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории Б	См. примечание 1) внизу таблицы
8г		Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории А	См. примечание 1) внизу таблицы
8д		Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора		
9а	Доочистка ГСВ	Совместное применение НДТ 7 и НДТ 8 с фильтрами/фильтрам — биореакторами доочистки (с применением либо без применения реагента для	На ОС ГСВ от средних до крупнейших включительно, сбрасывающих	См. примечание 1) внизу таблицы

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
		дополнительного осаждения фосфора)	очищенные воды в водные объекты категории А	
9б		Совместное применение НДТ 8 и биопрудов доочистки	На ОС ГСВ до средних включительно, сбрасывающих очищенные воды в водные объекты категории А	См. примечание 1) внизу таблицы
10а	Сокращение массы образующегося на ОС ГСВ осадка путем обезвоживания	Механическое обезвоживание	Универсальная	Включая фильтрующие мешки как элемент оборудования для ОС соответствующего масштаба.
10б		Уплотнение и подсушка на иловых площадках	Как временное решение на ОС ГСВ до средних включительно, при условии получения осадка с содержанием сухого вещества не менее 25 % и отсутствия выраженных экологических и санитарно-гигиенических проблем	
10в		Сгущение и подсушка на иловых площадках с применением флокулянта	На ОС ГСВ до больших включительно, при условии получения осадка с содержанием сухого вещества не менее 25 % и отсутствия выраженных экологических и санитарно-гигиенических проблем	
11а	Стабилизация органического вещества осадка ГСВ	Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ, ис-	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
			пользующих первичное осветление	
11б		Компостирование осадков	На больших — крупнейших ОС ГСВ	
11в		Термическая сушка осадка	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ	
11г		Сжигание осадка	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ	
12	Обработка осадка сточных вод ОС ГСВ	Недопущение значительной рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки, как с помощью применяемых технологий обработки осадка, так и с использованием при необходимости технологий локальной очистки возвратных потоков	Универсальный	
13а	Управление процессом и качеством очистки	Наличие и использование технологического регламента, включающего в себя подробное описание технологических процессов конкретных очистных сооружений, диапазон рабочих технологических параметров эксплуатации в штатных режимах работы рассматриваемых сооружений и план действий при нештатных и аварийных ситуациях	Универсальный	
13б		Наличие налаженной системы организации эксплуатации	Универсальный	
13в		Наличие квалифицированного персонала или договора сервисного обслуживания с квалифицированной организацией	Универсальный	
13г		Наличие и исполнение программы производственного контроля работы сооружений	Универсальный	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
13д		Надлежащие фиксация, хранение, технологический анализ результатов производственного контроля	Универсальный	
14а	Управление энергоносителями, сырьем и побочной продукцией при очистке ГСВ	Использование для подачи воздуха в аэротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных в таблице 5.21	На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ	
14б		Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках не более установленных в таблице 5.21	На ОС ГСВ, начиная с крупных	
14в		Применение автоматического управления подачей воздуха в сооружения биологической очистки по данным непрерывного контроля концентрации растворенного кислорода в этих сооружениях	На реконструируемых и новых ОС ГСВ, начиная со средних	
14г		Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных в таблице 5.21	На ОС ГСВ, начиная с крупных	
14д		Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов	На ОС ГСВ, начиная с больших	
14е		Получение в результате процессов обработки осадка побочной продукции	При наличии возможности использования по-	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
			бочной продукции и (или) при экономической целесообразности ее производства	
14ж		Повторное использование очищенной воды в засушливых регионах для полива	При наличии технической возможности использования и/или при экономической целесообразности	
15а	Предотвращение загрязнения воздушной среды и уменьшения углеродного следа очистных сооружений	Недопущение возникновения в сооружениях очистки сточных вод застойных зон и зон, где может загнивать осадок с выделением метана в атмосферу	На ОС ГСВ, начиная с малых	
15б		Перекрытие открытых поверхностей очистных сооружений, наиболее интенсивно выделяющих дурнопахнущие вещества (как минимум подводящие каналы, песколовки, уплотнители осадка, ацидофикаторы осадка)	На ОС ГСВ, не имеющих СЗЗ необходимого размера и имеющих регулярные претензии на неприятные запахи в жилой застройке	
15в		Очистка отходящих газов от перекрытых поверхностей и точечных выбросов (как минимум от оборудования и (или) от помещений, где происходит предварительная механическая очистка сточных вод, процессы хранения и обработки осадка) либо распыление аэрозолей, нейтрализующих запах	Выбросы от установок сушки и сжигания осадка, реакторного и тунельного компостирования, принудительные выбросы из-под перекрытых поверхностей — для всех ОС ГСВ. В остальных случаях — на ОС ГСВ, не имеющих СЗЗ необходимого размера и имеющих регулярные претензии на	

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание
			неприятные запахи в жилой застройке. Распыление аэрозолей применимо для больших открытых площадей (иловые площадки и т. п.) либо как альтернативное (по экономическому обоснованию) решение для открытых емкостных сооружений	
15г		Наличие и выполнение программы контроля загрязнения воздушной среды	На ОС ГСВ, начиная со средних	
16а	Предотвращение загрязнения почв	При применении осадков сточных вод в качестве удобрения, рекультиванта, компонента для почвогрунтов, а также материала для промежуточных и покровных слоев на полигонах размещения отходов — соблюдение соответствующих требований к составу и свойствам осадков, их контролю [20]–[23]	Универсальный	
16б		Промежуточное хранение обезвоженных осадков и выделенных грубодисперсных отходов на специально подготовленных площадках с водонепроницаемым основанием, исключающих загрязнение почв и оборудованных системами дренажа, либо в контейнерах	Универсальный	
16в		Сбор и очистка (в том числе в основных ОС ГСВ) ливневых и иных сточных вод, образующихся на площадке ОС, в местах хранения осадка и отходов	Универсальный	
1. В справочнике предложено и обосновано для оптимизации расходования инвестиций на создание (реконструкцию) ОС для				

№	Наименование	Наименование технологии (метода)	Область применения как НДТ	Примечание

целей перехода подотрасли на НДТ осуществлять ранжирование водных объектов для целей применения НДТ также в пределах четырех групп (категорий А–Г). Названия и предложения по разграничению объектов по категориям приводятся в настоящем справочнике условно.

Категория А. Наиболее охраняемые или наиболее уязвимые водные объекты — группа, требующая самых эффективных технологий.

Категория Б. Основная группа водных объектов.

Категория В. Экологически устойчивые водные объекты

Категория Г. Объекты с особо низким содержанием азота и фосфора, допускающие при обосновании, применение биологической очистки без глубокого удаления азота и фосфора (удаление в пределах 30 %).

Сферы применимости категорий А–Г могут использоваться при наличии соответствующей нормативно-правовой базы. До их принятия ко всем объектам следует применять НДТ, приведенные в данном разделе для категории Б. Использование для всех объектов НДТ для категории А, учитывая повсеместное распространение объектов подотрасли, не соответствует определению НДТ в статье 28.1 219-ФЗ как наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу ... выполняемой работы, т.к. не обеспечит для подотрасли и бассейнов водных объектов требуемый наименьший уровень уровень воздействия.

Здесь и далее НДТ для водных объектов указанной категории являются те технологии, для которых данные условия применения являются наиболее жесткими из допустимых. Для указанной категории другие технологии, которые удовлетворяют еще более жестким требованиям, будут превышать требования НДТ. Пример: НДТ 7в — НДТ для категории Г, НДТ 7г — для категории В, НДТ 7д — для категории Б. Применение, например, НДТ 7д в условиях категории Г возможно, но приведет к нерациональному расходованию средств.

Приложение Б

(Обязательное. Является выдержкой из раздела 5. При наличии расхождений следует руководствоваться разделом 5)

Перечень технологических показателей

Технологические показатели для НДТ 4е «Небиологическая очистка сточных вод в местах периодического пребывания персонала и (или) отдыхающих»

Технологический показатель: концентрация загрязняющего вещества в очищенной воде	Единица измерения	Значение, не более [1)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	25
Концентрация ХПК	мг/л	80
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	1
[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.		

Технологические показатели для НДТ 6а «Физико-химическая очистка стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Взвешенные вещества	мг/л	15
Нефтепродукты	мг/л	2
ХПК	мг/л	60
$БПК_5$	мг/л	12
Фосфор фосфатов	мг/л	1
[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые. [2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).		

Технологические показатели для НДТ 6б «Физико-химическая очистка стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой, с последующей доочисткой двухступенчатой фильтрацией на зернистых и коалесцирующих фильтрах»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Взвешенные вещества	мг/л	8
Нефтепродукты	мг/л	1
ХПК	мг/л	50
$БПК_5$	мг/л	10
Фосфор фосфатов	мг/л	1

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели для НДТ 6в «Механическая очистка от взвешенных веществ и нефтепродуктов методом отстаивания, биологическая очистка в искусственных или естественных условиях»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Взвешенные вещества	мг/л	15
Нефтепродукты	мг/л	0,5
ХПК	мг/л	40
$БПК_5$	мг/л	8
Фосфор фосфатов	мг/л	0,5

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели для НДТ 6г «Физико-химическая очистка стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов методами тонкослойного отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой с последующей доочисткой фильтрацией на двухступенчатых зернистых и сорбционных фильтрах»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Взвешенные вещества	мг/л	5
Нефтепродукты	мг/л	0,3
ХПК	мг/л	30
$БПК_5$	мг/л	5
Фосфор фосфатов	мг/л	0,5

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели для НДТ 6д «Аккумулирование и усреднение загрязненной части поступающего расхода (может быть совмещено с механической очисткой), биологическая очистка в искусственных или естественных условиях, с последующей доочисткой фильтрацией в сорбционных фильтрах»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Взвешенные вещества	мг/л	5
Нефтепродукты	мг/л	0,1
ХПК	мг/л	30
$БПК_5$	мг/л	5
Фосфор фосфатов	мг/л	0,5

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 7а «Биологическая очистка с нитрификацией» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	10
Концентрация ХПК	мг/л	80
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	2
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,2

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 7в «Биологическая очистка с удалением азота» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	8
Концентрация ХПК	мг/л	80
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	2
Концентрация азота нитратов	мг/л	9[3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,2
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	н/н

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 – концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

Технологические показатели НДТ7г «Очистка с биологическим удалением азота и фосфора» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	10
Концентрация ХПК	мг/л	80
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	2
Концентрация азота нитратов	мг/л	9[3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,1
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	1,0

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 – концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

Технологические показатели для очищенной воды после сооружений биологической очистки для НДТ 7д «Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора», 7е «Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией», 7ж «Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора» и 7з «Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора с ацидофикацией»

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	8
Концентрация ХПК	мг/л	80
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	1
Концентрация азота нитратов	мг/л	9 [3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,1
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	0,7

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 – концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

Технологические показатели НДТ 8а «Полная биологическая очистка» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	12
ХПК	мг/л	80
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	8
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,25

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 8б «Биологическая очистка с нитрификацией и частичной симультанной денитрификацией» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	12
Концентрация $БПК_5$	мг/л	8
ХПК	мг/л	60
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	2
Концентрация азота нитратов	мг/л	15
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,25
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	2

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 8в «Полная биологическая очистка с удалением азота» для очищенной воды после сооружений биологической очистки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	15
Концентрация $БПК_5$	мг/л	10
ХПК	мг/л	60
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	1,5
Концентрация азота нитратов	мг/л	12
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,25
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	–

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели для очищенной воды после сооружений биологической очистки для НДТ 8г «Биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора» и 8д «Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение, не более [1), 2)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	8
ХПК	мг/л	60
Концентрация азот аммонийных солей	мг/л	1,5
Концентрация азота нитратов	мг/л	9[3)]
Концентрация азота нитритов	мг/л	0,15
Концентрация фосфора фосфатов	мг/л	1,0

[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[2)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

[3)] При соотношении концентрации аммонийного азота и $БПК_5$ более 0,25 – концентрацию азота нитратов допускается принимать не более 11 мг/л.

Технологические показатели НДТ 9а «Очистка с биологическим удалением азота и биолого-химическим удалением фосфора» для очищенной воды после сооружений доочистки

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение, не более [2), 3)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	5
Концентрация $БПК_5$	мг/л	3
ХПК	мг/л	40
Концентрация азот аммонийных солей [2)]	мг/л	1
Концентрация азота нитратов [1)]	мг/л	9
Концентрация азота нитритов [1)]	мг/л	0,1
Концентрация фосфора фосфатов [1)]	мг/л	0,5

[1)] Концентрации этих веществ могут быть достигнуты как в подпроцессах с применением НДТ 7/НДТ 8, так и в подпроцессе НДТ 9.

[2)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[3)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 9б «Совместное применение НДТ 8 и биопрудов доочистки» для очищенной воды после сооружений доочистки

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение, не более [2), 3)]
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	10
Концентрация $БПК_5$	мг/л	5
ХПК	мг/л	40
Концентрация азот аммонийных солей [2)]	мг/л	1
Концентрация азота нитратов [1)]	мг/л	9
Концентрация азота нитритов [1)]	мг/л	0,1
Концентрация фосфора фосфатов [1)]	мг/л	0,7

[1)] Концентрации этих веществ могут быть достигнуты как в подпроцессах с применением НДТ 7/НДТ 8, так и в подпроцессе НДТ 9.

[2)] Указанные значения приведены как среднегодовые.

[3)] При сбросе в водный объект подпадающие под действие международных соглашений требования соглашений применяются в тех случаях, когда они жестче данных показателей либо предъявляются по иным веществам (показателям).

Технологические показатели НДТ 10а «Механическое обезвоживание (включая фильтрующие мешки как элемент оборудования для ОС соответствующего масштаба)», НДТ 10б «Уплотнение и подсушка на иловых площадках», НДТ 10в «Сгущение и подсушка на иловых площадках с применением флокулянта»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение [1)]
Содержание сухого вещества в обезвоженном осадке: -при обезвоживании смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила	%	Более 25
- при обезвоживании только избыточного активного ила	%	Более 20
Концентрация взвешенных веществ в фильтрате	мг/л	Не более 500
Концентрация взвешенных веществ в сливной воде	мг/л	Не более 300
[1)] Указанные значения приведены как среднегодовые.		

Технологические показатели НДТ 11а «Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение[3)]
Эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11а	%, не менее	Более 38/43[2)]
[2)] Перед чертой — для мезофильного процесса, после черты — для термофильного. [3)]Указанные значения приведены как среднегодовые.		

Технологические показатели НДТ 11б «Аэробная стабилизация обезвоженных осадков (компостирование)»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение [3)]
Эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11б [1)]	%	Более 22
[1)] Без учета использованных добавок (веществ, добавляемых к осадку) при компостировании. [3)]Указанные значения приведены как среднегодовые.		

Технологические показатели НДТ 12. НДТ в части обработки осадка сточных вод ОС ГСВ является недопущение значительной рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки, как с помощью применяемых технологий обработки осадка, так и с использованием при необходимости технологий локальной очистки возвратных потоков

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение [3)]
Доля дополнительной нагрузки в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружения биологической очистки от нагрузки со сточными водами, поступающими от населенного пункта по взвешенным веществам, фосфору фосфатов, аммонийному азоту, среднегодовое значение	%	Не более 10

Технологические показатели НДТ 14а «Использование для подачи воздуха в аэротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных в таблице» и НДТ 14б «Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках не более установленных в таблице»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение
Затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод	кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ (определение — см. 1.6)	не более 0,7
КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в аэротенки	%	не менее 80

Технологические показатели НДТ 14г «Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных в таблице»

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение
Затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, по активному элементу [1)]	кг/кг удаленного фосфора	не более 1,5/0,7 [2)]
[1)]По железу или алюминию. [2)] Перед чертой — по железу, после черты — по алюминию.		

Технологические показатели НДТ 15

Технологический показатель	Единица измерения	Диапазон/ Значение
Эффективность очистки от сероводорода в установках для реализации НДТ 14в	%	не менее 90

Приложение В
(справочное)

Перечень маркерных веществ

Для атмосферного воздуха	Для водных объектов
Сероводород	Нефтепродукты – для сбросов поверхностных сточных вод

Приложение Г
(обязательное)

Энергоэффективность

1. Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

Очистка городских сточных вод (ГСВ) поселений относится к числу весьма энергоемких процессов, занимая (в составе водопроводно-канализационных хозяйств) второе место структуре мегаполисов по энергопотреблению. Основной потребляемый энергоресурс – электроэнергия.

Очистка поверхностных сточных вод не является энергоемким процессом.

Результаты проведенного анализа фактических анкетных данных по энергопотреблению сооружений очистки ГСВ приведены в разделе 1.6 «Энерго- и ресурсопотребление подотрасли».

Вывод: необходимо включение мер по повышению энергоэффективности в справочник.

2. Основные технологические процессы, связанные с использованием энергии

Основным потребителем электроэнергии является подача сжатого воздуха (аэрация) в сооружения биологической очистки (аэротенки), где входящий в его состав кислород расходуется в процессе биохимического окисления загрязнений сточных вод. На это расходуется 60-80% общего потребления электроэнергии очистными сооружениями.

Энергопотребление зависит от загрязненности входящих сточных вод, технологических процессов очистки сточных вод и обработки осадков, глубины очистки, типов используемого оборудования, уровня автоматизации процесса.

На небольшом количестве установок в значительном количестве используется сетевой газ для реализации технологии термической сушки осадка, в количестве до 50 $м^3$/1000 $м^3$ очищаемых ГСВ.

3. Уровни потребления

Сырьем для предприятий подотрасли являются очищаемые сточные воды.

Данные по диапазону расхода сырья, материалов и энергоресурсов на ОС ГСВ приведены в таблице 2.24 подраздела раздела 2.1.4.

Из реагентов наиболее часто применяются органические полиэлектролиты (флокулянты), наибольшее потребление по массе - реагентов для удаления фосфора.

Текущие уровни потребления ресурсов и производства вторичной продукции на ОС ГСВ

Наименование	Ед. изм.	Расход на 1 т продукции (1 м^3 очищенной сточной воды)	
		минимальный	максимальный
1. Реагенты для удаления фосфора	кг		
1.1. На основе железа		0	0,015
1.2. На основе алюминия		0	0,08
2. Реагенты для обезвоживания осадка	кг		
2.1. Органические полиэлектролиты (флокулянты)		0,0005	0,002
2.2. Хлорид железа (III)		0,007	0,018
2.3. Известь гашеная $Ca(OH)_2$		0,03	0,1
3. Энергоресурсы			
3.1. Электроэнергия	кВт*ч	0,15	1,0
3.2. Топливо (или тепловая энергия)	кг условного топлива	0,01	0,07

На ОС ГСВ могут производиться вторичные энергоносители (биогаз, и не только), а также вторичная продукция – обработанный осадок, пригодный к использованию в качестве удобрения или топлива. При утилизации вторичных энергоносителей могут быть выработаны электрическая и тепловая энергия, в количествах, приведенных в таблице 2.25 раздела 2.

Наименование	Ед. изм.	Выход на 1 т продукции (1 м^3 очищенной сточной воды)	
		минимальный	максимальный
1. Электрическая энергия	кВт·ч	0	0,006
2. Тепловая энергия	кДж	0	1,5

При использовании энергосберегающих технологических решений, реализации всех основных мер по энергосбережению, полной и эффективной энергогенерации на основе использования органического вещества осадка ГСВ для получения альтернативного топлива возможно полное обеспечение ОС ГСВ собственной электроэнергией и теплом (зарубежный опыт). В России всего два объекта используют получение элек-

троэнергии из биогаза, получаемого при анаэробном сбраживании осадка, методом когенерации. Степень самообеспечения по электроэнергии на лучшем по этому показателю объекте составляет около 50% (Курьяновские очистные сооружения, Москва).

4. Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

В справочнике приведены следующие НДТ, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления:

- НДТ 11а. Анаэробная стабилизация жидких осадков, включая обработку и утилизацию биогаза. Область применения как НДТ - на крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ, использующих первичное осветление (см. раздел 5, таблица 5.16). Установлен технологический показатель - эффективность снижения органического вещества осадка в результате обработки по технологии НДТ 11а (см. раздел 5, таблица 5.17);

- НДТ 14а. Использование для подачи воздуха в аэротенки агрегатов с КПД использования электроэнергии не менее установленных. Область применения как НДТ - На крупнейших и сверхкрупных ОС ГСВ. (см. раздел 5, таблица 5.20). Установлен технологический показатель - КПД использования электроэнергии в агрегатах для подачи воздуха в аэротенки, не менее 80% (см. раздел 5, таблица 5.21);

- НДТ 14б. Использование технологий подачи воздуха, аэрационных систем (воздухонагнетатели и диспергаторы), обеспечивающих в совокупности затраты электроэнергии на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках не более установленных. Область применения как НДТ - ОС ГСВ, начиная с крупных (см. раздел 5, таблица 5.20). Установлен технологический показатель - затраты электроэнергии на процесс очистки сточных вод, не более 0,7 кВт·ч/кг поступающих кислородпотребляющих веществ (см. раздел 5, таблица 5.21);

НДТ 14в Применение насосных агрегатов для рециркуляции активного ила из вторичных отстойников. Область применения как НДТ - на ОС ГСВ, начиная с больших (см. раздел 5, таблица 20). Данная НДТ установлена для того, чтобы воспрепятствовать применению энергонеэффективных эрлифтов для рециркуляции активного ила (2-я статья затрат электроэнергии на ОС ГСВ);

НДТ 14г. Применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор из сточных вод преимущественно за счет биологических процессов, обеспечивающих расход реагентов, при условии выполнения технологических нормативов, не более установленных. Область применения как НДТ - на ОС ГСВ, начиная с круп-

ных. Установлен технологический показатель - затраты реагентов на удаление фосфора из сточных вод, кг/кг удаленного фосфора (см. раздел 5, таблица 5.21);

НДТ 14д. Использование систем автоматического управления расходом реагентов для очистки сточных вод и обработки осадка, обеспечивающих их дозирование в количествах, минимально достаточных для осуществления технологических процессов. Область применения как НДТ - на ОС ГСВ, начиная с больших

5. Экономические аспекты реализации НДТ, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Экономические аспекты реализации НДТ, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления, в разделе 6 не рассматривались.

Наиболее масштабное с точки зрения энергоэффективности направление - создание сооружений анаэробного сбраживания осадка ГСВ с получением биогаза и его утилизацией. Окупаемость таких проектов не следует рассматривать как только проект по энергоэффективности. Эта технология позволяет обеспечить требования к стабилизации органического вещества осадка, а также снизить его массу примерно на 30%, что позволяет пропорционально сократить затраты на последующее механическое обезвоживание, вывозку и утилизацию.

Следующее по значимости направление – использование регулируемых агрегатов для подачи воздуха в аэротенки на ОС ГСВ. Его окупаемость около 4-5 лет.

6. Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

В разделе 7 рассмотрены следующие перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления:

- подраздел 7.4.5. Получение жидкого топлива из осадка. Цель технологии - Получение из осадка коммерческого нефтеподобного продукта;

- подраздел 7.5.1. Удаление азота через нитрит. В данной технологии до 50 % снижается энергопотребление на удаление азота, увеличиваются возможности для энергогенерации;

- подраздел 7.5.3. Аноксидное окисление аммония (АНАММОКС-технологии). Процесс удаления азота характеризуется низким энергопотреблением (снижено до 1/3 от обычного);

- подраздел 7.5.6. Биосушка осадка. Процесс позволяет осуществить эффективную сушку осадка при энергозатратах, сниженных более, чем в 2,5 раза по сравнению с использованием природного газа;

- подраздел 7.5.7. Электроосмотическое обезвоживание. Технология позволяет осуществить частичную сушку осадка сточных вод при энергозатратах, пониженных в несколько раз.

Библиография

Источники, цитируемые в справочнике

1. Данилович Д. А., Максимова А. А., Пупырев Е. И. Оценка объемов неорганизованного дополнительного притока сточных вод в систему канализации / Водоснабжение и санитарная техника. — № 10. — 2008. — С. 31–38.

2. Свод правил СП 32.13330–2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения»

3. Данилович Д. А, Козлов М. Н., Кевбрина М. В., Щеголькова Н. М., Залетина М. М. Закономерности формирования качества поступающей воды от жилой застройки / Сб. докладов 4-го Международного конгресса по управлению отходами ЭкваТэк-2006. — М., 2006.

4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты, ОАО «НИИ ВОДГЕО», Москва, 2014 г.

5. Москва, 2014 г. Орлов Б. В., Бойкова И. Г., Печников В. Г. / Водоснабжение и санитарная техника, 2011, № 7, С. 51–57.

6. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» С изменениями и дополнениями от: 31 января 2014 г.

7. Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года. Введена в действие постановлением Правительства Российской Федерации от 15 октября 1998 г. N 1202 «Об одобрении Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года» (с изменениями на 22 апреля 2009 г.).

8. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 7 мая 1998 г. N 73-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 10 января 2003 г.). Статья 5. Типы поселений.

9. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

10. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 г. N 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (с изменениями на 5 января 2015 г.).

11. Д. А. Данилович Нормирование загрязняющих веществ в сточных водах абонентов централизованных систем водоотведения / Справочник эколога, № 1 (13) январь 2014 г.

12. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ (ред. от 28.11.2015 г.) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01 января 2016 г.).

13. Gostelow P., Parsons S. A. Sewage treatment works odour measurement // Water Sci. Technol. 2000. V. 41. № 6.

14. С. В. Храменков, А. Н. Пахомов, Д. А. Данилович, М. Н. Козлов, А. Г. Дорофеев, А. Р. Агевнин. Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации / Водоснабжение и санитарная техника, 2011, № 11, ч. 1.

15. ГОСТ 32673–2014 Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу.

16. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях.

17. Г. А. Оболдина, Н. А. Сечкова, А. Н. Попов, Е. А. Поздина. Методы оценки комплексного воздействия технологий при водопользовании / Водное хозяйство России, 2014, № 2, С. 33–49.

18. Frechen F. — B. Overview of olfactometric emission measurements at wastewater treatment plant //IWA Specialist Group on Odours and Volative Emissions Newsletter, 2000 № 3 (September).

19. Odours in wastewater treatment: measurement, modeling and control. Edited by R.Stuetz and F. — B. Frechen // IWA Publishing, 2001.

20. ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.

21. ГОСТ Р 154651–2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод Технические условия.

22. ГОСТ Р 54534—2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

23. ГОСТ Р 54535—2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах.

24. Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

25. Приказ Минприроды России от 15 июня 2001 г. N 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

26. Д. А. Данилович Энергоресурсный подход к очистке сточных вод и обработке осадков. Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения / № 4, 2014 год – С. 36-47.

27. ГОСТ 25150—82. Канализация. Термины и определения. Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 февраля 1982 г. № 805, переиздание ноябрь 1993 г.

28. Ю. М. Мешенгиссер Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод // ООО «Издательский дом «Вокруг цвета», 2012

29. Вартанов Р. Р., Панасенко Н. И., Тарапура Н. Н., Чадов О. П., Клопова Т. Ю. Современный инновационный экономичный метод обезвоживания и обеззараживания осадков сточных вод // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения / выпуск № 11 (октябрь), 2014 год

30. Литти Ю. В., Ножевникова А. Н., Зубов М. Г., Куликов Н. И. Очистка бытовых сточных вод с низкой концентрацией загрязнений с реализацией процесса анаммокс // Материалы конференции «Энергосбережение и энергоэффективность на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства», 6–7 июня 2012 г., Москва.

31. ПНСТ 22—2014 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения

32. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ (ред. от 29.12.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Дополнительная литература, содержащая современную информацию об НДТ и опыте их применения

Очистка городских сточных вод

1. Березин С.Е., Баженов В.И., Черненко А.В. Обоснование выбора технологического оборудования по очистке сточных вод // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 2 (апрель) – С. 48-58.

2. Ванюшина А.Я., Ветт Б., Хелл М. Лучшие примеры эксплуатации очистных сооружений: г. Штрасс (Австрия) // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 4 (август) – С. 39-50.

3. Гогина Е. С., Саломеев В. П., Макиша Н. А. Решение вопросов удаления биогенных элементов из сточных вод // Водоснабжение и канализация. 2011. № 6. С. 23–27.

4. Данилович Д.А. Блок удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – этапы внедрения современных технологий // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 2 (апрель) – С. 20-37.

5. Данилович Д.А. Блок удаления биогенных элементов Люберецких очистных сооружений г. Москвы – этапы внедрения современных технологий. // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 1 (февраль).

6. Данилович Д.А. Технологическое нормирование коммунального водоотведения на основе наилучших доступных технологий // Вода и экология: проблемы и решения, №2, 2012.

7. Данилович Д.А.Климова Л.А. Инженерные решения при разработке проектов модернизации очистных сооружений системы водоотведения // Проекты развития инфраструктуры города» Вып.- 11. 2011 МВКНИИпроект.

8. Кинебас А. К., Нефедова Е. Д., Рублевская О. Н., Панкова Г. А. и др. Опыт внедрения технологии химического осаждения фосфора: от лабораторных тестов до промышленной эксплуатации // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 1.

9. Козлов М. Н., Стрельцов С. А., Кевбрина М. В. и др. Ацидофикация (преферментация) как метод стабилизации сырого осадка при очистке сточных вод от биогенных элементов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 5.

10. Козлов М. Н., Богомолов М. В., Кевбрина М. В., Николаев Ю. А., Колбасов Г. А. Эффективность микрофильтрации на дисковых фильтрах для задержания взвешенных веществ биологически очищенных сточных вод 2014. № 10.

11. Пахомов А. Н., Стрельцов С. А., Козлов М. Н. и др. Опыт эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10. С. 35–41.

12. Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Лысова Т. И., Малышева В. В. Опыт развития и модернизации Северной станции аэрации // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 3.

13. Родионов А.А., Озерова, Л.П. Есин М.А. Ретехнологизация аэротенков для достижения глубокого удаления биогенных элементов: опыт очистных сооружений г. Набережные Челны // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2015. - № 2 (апрель) – С. 26-33.

14. Харькин С.В., Харькина О.В. Реализация технологий удаления азота и фосфора из сточных вод: роль проектирования и эксплуатации // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 1 (февраль) – С. 4-15.

15. Храменков С.В., Данилович Д.А., Козлов М.Н., Стрельцов С.А. и др. Повышение качества очищенных сточных вод на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 11.

16. Швецов В. Н., Морозова К. М. Расчет сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 11. С. 42–46.

17. Эпов А.Н., Канунникова М.А. Разработка типовых решений по автоматизации процессов биологической очистки сточных вод с совместным удалением азота и фосфора // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 3 (июнь) – С. 40-54.

18. Явтушенко М. В., Тарасова О. В., Рузаев В. И., Беляева С. Д. и др. Пусконаладочные работы реконструированного блока биологической очистки на очистных сооружениях г. Подольска // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 5.

Очистка поверхностных сточных вод

19. Верещагина Л. М., Меншутин Ю. А., Швецов В. Н. Опыт применения «Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 2.

20. Пономарёв В.Г. Выбор сооружений для очистки сточных вод от взвешенных загрязнений // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2015. - № 1(февраль) – С. 45-52.

21. Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Ким А. Н., Иваненко И. И. Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 6.

Обеззараживание

22. Костюченко С. В., Баранов В. Л., Ткачев А. А. Ультрафиолетовое излучение – современный способ обеззараживания сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 3.

Обработка осадков

23. Данилович Д.А. Биосушка осадка сточных вод (опыт Нидерландов) // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. - № 5 (октябрь) – С. 40-50.

24. Данилович Д.А., Ванюшина А.Я. Анаэробное сбраживание – ключевая технология обработки осадков городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 10 – 11.

25. Кноер П., Бюхлер М., Пуассон А., Чепурнов А. В. Низкотемпературная двухступенчатая сушка осадка сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 4.

26. Панкова Г.А., Петров С.В. Опыт эксплуатации заводов по сжиганию осадков сточных вод в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 7.

27. Шози Ж., Габриэль И., Вун Чин и др. Устойчивое управление биологическими осадками сточных вод: обзор наилучших технологий для стабилизации и снижения объема осадков // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 6.

Энергосбережение

28. Баженов В.И., Эпов А.Н., Баженов И.В. Энергосбережение как критерий разработки проекта АСУ ТП сооружений биоочистки // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2013. - № 1(февраль) – С. 44-62.

29. Данилович Д.А. Практика сравнения эффективности аэрационных систем // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2015. - № 4 (август) – С. 59-64.

30. Данилович Д. А. Энергосбережение и альтернативная энергетика на очистных сооружениях канализации //. Водоснабжение и санитарная техника, № 1, 2011.

Контроль и очистка газовых выбросов

31. Рублевская О.Н. Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и санитарная техника. 2013, №10

32. Свицков С.В. Внедрение технологии уничтожения неприятных запахов на очистных сооружениях г. Анапа // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2015. - № 4 (август) – С. 36-41.

Экономические аспекты

33. Баженов В. И., Березин С. Е., Устюжанин А. В. Обоснование строительства воздуходувных станций на базе экономического анализа затрат жизненного цикла // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 2

34. Пупырев Е. И., Шеломков А. С.. Экономическое обоснование экологически безопасных технологий очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 1.

gost.e-ecolog.ru