

УДК 628.31

Критерии оценки эффективности технологий очистки городских сточных вод в соответствии с современным законодательством

О. Г. Капинос, Н. В. Твардовская

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Капинос О. Г., Твардовская Н. В. Критерии оценки эффективности технологий очистки городских сточных вод в соответствии с современным законодательством // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 4. С. 891–901. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-891-901

Аннотация

Цель: выявить критерии оценки и основные пути повышения эффективности технологии очистки городских сточных вод. Представить необходимый обязательный минимум стадий очистки сточных вод, обеспечивающий охрану поверхностных водных объектов от загрязняющих веществ. Обосновать выбор технологических схем станций очистки городских канализационных стоков различной производительности в соответствии с актуальными нормативными актами. **Методы:** проведен комплексный анализ и систематизация существующих нормативных документов в области очистки бытовых сточных вод и влияния сброса очищенных вод на экологическое состояние поверхностных водных объектов. Выполнены сравнение и анализ влияния отдельных сооружений на работу технологической цепочки городской канализационной станции. **Результаты:** рассмотрены современные критерии оценки работы городских канализационных станций, которые по современным нормативным требованиям являются одними из главных непосредственных загрязнителей окружающей среды. Представлены четыре взаимосвязанных, последовательных и обязательных этапа очистки бытовых сточных вод, которые должны применяться на станциях любой производительности. Показана взаимосвязь получения комплексного экологического разрешения и создания, обоснования программы повышения экологической эффективности для городской канализационной станции, их влияние на повышение эффективности и надежности работы очистных сооружений. Выявлены конкретные устройства и сооружения, модернизация и/или реконструкция которых позволяет наиболее эффективно и поэтапно достигать современных нормативов качества очистки сточных вод. **Практическая значимость:** результаты наглядно показывают преобладающие тенденции современного законодательства в оценке эффективности технологий очистки городских сточных вод. Предлагаемые пути повышения эффективности очистки на городских канализационных станциях с применением наилучших доступных технологий позволяют предотвращать негативное влияние сбрасываемых очищенных сточных вод на окружающую среду. Представленные технологические схемы городских очистных сооружений позволяют достигать концентраций загрязняющих веществ в очищенных стоках, соответствующих современным требованиям.

Ключевые слова: городские сточные воды, методы очистки, наилучшие доступные технологии, комплексное экологическое разрешение, программа повышения экологической эффективности

Введение

Системы водоотведения с водоочистными сооружениями в городах России начали появляться на рубеже XIX–XX веков. Одновремен-

но обустроивались и канализационные сети, решались вопросы очистки сточных вод. Однако представление о необходимой, достаточной и достижимой степени очистки бытовых

стоков от городских поселений менялось с течением времени.

На протяжении всей истории развития приоритетной задачей очистки бытовых сточных вод было предотвращение негативного влияния очищенных стоков на поверхностный водный объект. С увеличением и углублением знаний о процессах, происходящих в водных объектах, о составе и качестве загрязняющих веществ в стоках изменялись подходы к методам и технологиям, применяемым для очистки бытовых сточных вод.

В начале XX века основная задача очистки городских сточных вод была санитарно-гигиеническая, но к середине прошлого века добавилась и на данный момент является главной природоохранная роль. Нерешенность вопросов очистки сточных вод на конкретных существующих очистных сооружениях приводит к формированию экологических проблем для всего поверхностного водоема.

Современное законодательство по оценке эффективности технологий очистки городских сточных вод

Современное российское законодательство по охране поверхностных водоемов на-

чиная с 2002 года регламентируется законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1]. Концентрации загрязняющих веществ в очищенных бытовых сточных водах должны быть снижены до такой степени, чтобы при сбросе в поверхностный водоем обязательно выполнялись:

- нормативные значения, соответствующие наилучшим доступным технологиям (НДТ) [2] для городских канализационных станций, отнесенных к I категории негативного воздействия на окружающую среду;
- нормативные значения, соответствующие допустимым сбросам (НДС) [3, 4] для городских канализационных станций, отнесенных ко II категории негативного воздействия на окружающую среду.

Для анализа и сопоставления численных значений допустимых концентраций загрязняющих веществ в табл. 1 и 2 представлены технологические показатели и основные нормативы качества воды водных объектов, действительные на данный момент. Численное значение технологических показателей одновременно зависит и от производительности городской канализационной станции, и от того, к какому виду по современной классификации

ТАБЛИЦА 1. Технологические показатели в бытовых сточных водах, сбрасываемых в поверхностные водоемы, относящиеся к категории Б

Наименование показателя	Технологические показатели (среднегодовые значения концентрации загрязняющих веществ в городских сточных водах, сбрасываемых в водные объекты), не более мг/л		
	Сверхмалые очистные сооружения (до 100 м ³ /сут.)	Малые — средние очистные сооружения (101–10 000 м ³ /сут.)	Большие — сверхкрупные очистные сооружения (10 001 — свыше 600 000 м ³ /сут.)
Взвешенные вещества	15	15	10
ХПК	80	80	80
БПК ₅	12	10	8
Азот аммонийный	8	1,5	1
Азот нитратов	18	12	9
Азот нитритов	0,25	0,25	0,1
Фосфор фосфатов	5	1	0,2

ТАБЛИЦА 2. Показатели качества воды поверхностных водоемов

Наименование показателя	Вода поверхностных водоисточников [3]		Водоёмы рыбохозяйственного значения [4]	
	для централизованного водоснабжения населения и хозяйственно-бытового водопользования	для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест	высшая и I категория	II категория
Увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта после выпуска в него сточных вод	Не должно превышать 0,25 мг/л	Не должно превышать 0,75 мг/л	Не должно превышать 0,25 мг/л	Не должно превышать 0,75 мг/л
ХПК	Не должно превышать 15,0 мгО ₂ /дм ³	Не должно превышать 30,0 мгО ₂ /дм ³	Не нормируется	
БПК ₅	Не должно превышать 2 мг/дм ³	Не должно превышать 4 мг/дм ³	Не должно превышать 2,1 мг/дм ³	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³		Не должен быть менее 6 мг/дм ³	Не должен быть менее 4 мг/дм ³

относится поверхностный водоем. Очевидно, что допустимые сбросы определяются и рассчитываются исходя из того, к какой группе по виду водопользования относится поверхностный водоем.

В области очистки стоков к объектам I категории согласно [5] относятся очистные станции, обрабатывающие более 20 тыс. м³ сточных вод в сутки, а ко второй категории — объекты с меньшим сбросом. Современная классификация поверхностных водоемов с учетом их экологических особенностей была принята в 2019 году [6]:

- к категории А относятся водоемы, обычно полностью или частично находящиеся на территории заповедников или заказников;
- к категории Б в Северо-Западном регионе — поверхностные водоемы, примыкающие или относящиеся к Балтийскому морю;
- к категории В относятся водоемы, не причисленные к категориям А и Б;
- к категории Г относятся водоемы, не причисленные к категориям А, Б, В, при этом содержание форм азота в воде не превышает 0,5 мг/л, а соединений фосфора — 0,05 мг/л.

Если поверхностный водоем используется полностью или частично для различных целей водопотребителей, то при расчете устанавливается наиболее жесткий норматив качества воды.

Станции очистки сточных вод, относящиеся к I категории, до 1 января 2025 года для продолжения своей деятельности должны подать заявку, которая обычно является многостраничным сложным документом, на получение *комплексного экологического разрешения (КЭР)*. В последующем решение о соответствии технологических процессов, осуществляемых на предприятии, наилучшим доступным технологиям и в целом об экологической безопасности производства принимается на основе выполнения КЭР.

Представленные загрязняющие вещества и их требуемые концентрации являются основой для подбора технологии очистки бытовых стоков на современном этапе развития представлений о достаточности степени их очистки.

При анализе данных, представленных в табл. 1 и 2, становится очевидно, что технологические показатели НДТ являются обоснованными, более достижимыми

и реалистичными нормами очистки сточных вод. Основным критерием оценки эффективности работы городских канализационных станций является соответствие максимальной фактической концентрации загрязняющего вещества в стоках требованиям наилучших доступных технологий.

Вместе с этим необходимо учитывать, что с 1 сентября 2024 года согласно новой редакции Закона № 7-ФЗ начало действовать правило, касающееся загрязняющих веществ I и II классов опасности, к которым должно применяться наименьшее по нормативам значение.

Правила выдачи и отзыва КЭР территориальным органом Росприроднадзора представлены и утверждены постановлением Правительства РФ [7]. Получать данное разрешение необходимо каждые 7 лет.

Результаты и обсуждения

Для своевременного получения КЭР необходимо, во-первых, изучить опубликованные информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям в разрезе используемых на производстве технологий

очистки канализационных стоков и обработки образующегося осадка. Для городских канализационных станций основным справочником является детально проработанный, описывающий и наилучшие технологии, и соответствующие им устройства, механизмы и сооружения ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [8], в котором также представлены перечни технологических показателей и маркерных загрязняющих веществ.

Во-вторых, необходимо актуализировать или заново провести инвентаризацию источников выбросов, сбросов и отходов. В ходе инвентаризации сбросов оценивается состав сточных вод для выявления загрязняющих веществ, концентрации которых превышают ПДК.

Следующим шагом необходимо сравнить фактическое значение концентрации загрязняющих веществ со значениями технологических показателей НДТ. Только в случае превышения рассчитанных технологических нормативов по отношению к технологическим показателям в состав КЭР включается

ТАБЛИЦА 3. График поэтапного снижения концентрации загрязняющих веществ Северной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Наименование загрязняющих веществ	Фактическое среднегодовое значение концентрации загрязняющего вещества, мг/л	Фактическое максимальное значение концентрации загрязняющего вещества, мг/л	Планируемое значение после реконструкции блока механической и биологической очистки, мг/л	Планируемое значение после введения блока доочистки и блока обеззараживания, мг/л	Нормативные показатели, соответствующие наилучшим доступным технологиям [2], не более мг/л
Взвешенные вещества	6,98	46	18	10	10
БПК ₅	7,3	14	11	8	8
Азот аммонийный	5,27	13,1	1,55	1	1
Азот нитратов	5,41	12,4	9,04	9	9
Азот нитритов	0,53	1,5	0,11	0,1	0,1
Фосфор фосфатов	0,36	1	0,3	0,2	0,2

Программа повышения экологической эффективности. В качестве примера в табл. 3 приведен график поэтапного снижения концентрации загрязняющих веществ Северной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Первой сверхкрупной очистной станцией в Российской Федерации, которая получила КЭР и перешла на технологическое нормирование летом 2023 года, стала Центральная станция аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

После получения комплексного экологического разрешения на основные стационарные источники выбросов или сбросов загрязняющих веществ на предприятии устанавливаются системы, позволяющие в автоматическом режиме измерять и фиксировать концентрации загрязняющих веществ как в выбросах в атмосферу, так и в очищенных канализационных стоках.

Многолетний опыт проектирования и эксплуатации очистных сооружений как в нашей стране, так и за рубежом нашел отражение в современном законодательстве таким образом, что обязательными являются четыре этапа очистки бытовых сточных вод. В обязательном к исполнению на этапах проектирования и эксплуатации очистных сооружений документе подчеркнуто [9], что при любой производительности станции очистки и любой категории водоема независимо от отнесения его к тому или иному виду должны применяться этапы очистки, обеспечивающие:

- снижение концентрации нерастворенных загрязнений — механический метод очистки;
- снижение концентрации органических загрязнений — биологический метод очистки;
- полное уничтожение или достаточное снижение концентрации болезнетворных микроорганизмов и вирусов — обеззараживание;
- снижение влажности осадков (более 20%) — обезвоживание осадков.

Выбор конкретного устройства или сооружения независимо от того, к какому этапу очистки оно относится, должен основываться на выполнении общей цели, то есть обеспечении минимизации негативного воздействия всего предприятия на окружающую среду. Само сооружение очистки должно соответствовать требованиям эффективности снижения концентрации загрязнения в стоках и обозначаться в реестре НДТ как одно из возможных наилучших устройств.

Технологическая схема городских канализационных станций, представленная на рис. 1а, позволяет выполнить основные требования при сбросе бытовых стоков в поверхностный водоем категорий Б–Г. С применением в качестве сооружений биологической очистки обычных аэротенков схема, как правило, позволяет снизить концентрацию по БПК₂₀ до 10–15 мг/л, что соответствует 8–11 мг/л по БПК₅ (коэффициент пересчета принимается равным 1,33). Одновременно надо учитывать, что для достижения технологических нормативов по соединениям азота (см. табл. 1) обычный аэротенк уже не может применяться. В качестве сооружения биологической очистки предпочтительно применять аэротенки для глубокого удаления биогенных элементов — аэротенки с реализацией процессов нитри-денитрификации (биоблок), которые позволяют снизить данные концентрации до значений технологических показателей НДТ.

Для выполнения современных нормативов по снижению концентраций различных форм фосфора общепринятой практикой является дополнительная доочистка от соединений фосфора реагентным методом. Введение реагентов (солей железа, алюминия и извести) возможно в различных местах обработки как воды, так и осадка. В данной схеме представлено введение реагента в лоток или в трубопровод перед

вторичными отстойниками, где он поступает в камеру реакции и сжатым воздухом смешивается со сточной водой в течение 1–2 минут.

Для достижения целевых значений фактических максимальных значений концентраций различных форм азота и фосфора в очищенных бытовых сточных водах в первую очередь производят реконструкцию блока биологической очистки городской канализационной станции.

Выбор способа обеззараживания зависит от производительности и от того, новое или

реконструируемое сооружение очистки сточных вод. Для станций производительностью от 10–200 000 м³/сут допускается обеззараживание хлором только при осуществлении последующего обязательного дехлорирования со снижением концентрации хлора менее 0,2 г/м³, что и выполняется в схеме, представленной на рис. 1а.

К обязательным стадиям технологической схемы очистки городских сточных вод относятся и обезвоживание образующихся осадков.

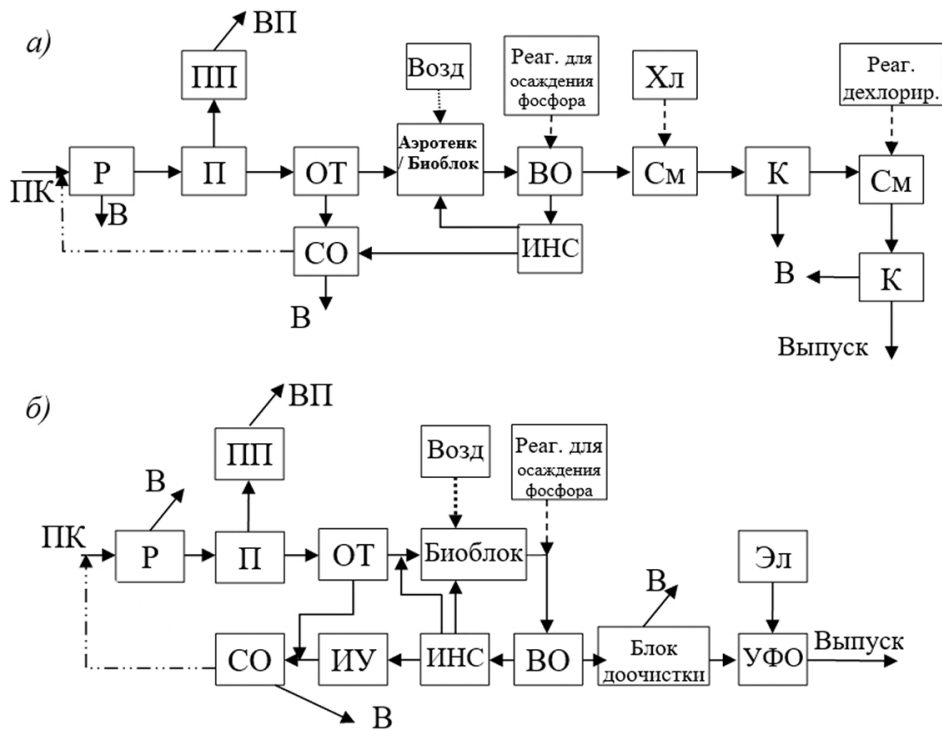


Рис. 1. Технологические схемы очистки городских сточных вод: а — полная биологическая очистка с обеззараживанием хлором с последующим дехлорированием при сбросе в водоемы категории Б–Г; б — полная биологическая очистка с доочисткой при сбросе в водоем категории А.

Р — здание решеток; П — песколовки, сооружения для удаления минеральных взвешенных веществ; ПП — песковые площадки или бункеры для осуществления процесса обезвоживания песка; ВП — вывоз песка; ОТ — отстойники первичные; А — аэротенки обычные или биоблок для глубокого удаления азота и фосфора; Возд — воздуходувная станция; ВО — вторичные отстойники; СО — сооружения для обезвоживания осадка; Хл — хлораторная; См — смеситель сточной воды с хлором или дехлорирующим реагентом; К — контактный резервуар; Реаг — реагентное хозяйство; В — выпуск (удаление) осадка; ИНС — иловая насосная станция; ИУ — илоуплотнитель; Выпуск — выпуск очищенных стоков в водный объект

Осадки характеризуются большой влажностью (свыше 95 %), следовательно, при их уплотнении и обезвоживании даже на 20% образуются высококонцентрированные стоки, которые также подлежат очистке путем направления их в начало цепочки очистных сооружений без или после предварительной очистки [10].

Технологическая схема, представленная на рис. 1б, позволяет выполнить основные требования к очищаемым городским стокам при сбросе в поверхностный водоем к категории А:

- Если производительность городской канализационной станции превышает 10 тыс. м³/сут., то взвешенные вещества должны быть в концентрации не более 5 мг/л и БПК₅ не более 3 мг/л [2]. Таким образом, полной биологической очисткой, представленной в варианте на рис. 1а, данных значений не достигнуть, и требуется доочистка от взвешенных веществ, а также от ХПК и БПК₅ [11, 12]. В качестве доочистки, в первую очередь для снижения концентрации взвешенных веществ менее 5 мг/л, рекомендуется применять сооружения, относящиеся к механическому методу, такие как барабанные сетки, микрофильтры и фильтры.

- Достаточное снижение концентраций различных форм азота и фосфора должно производиться на этапе биологической очистки с применением схем глубокого удаления соединений азота и фосфора [8, 9]. В случае несоответствия концентраций биогенных веществ в очищенных стоках технологическим нормативам, особенно по соединениям фосфора, обычно применяют реагентное осаждение этих веществ.

- Для водоемов категории А согласно [9] обеззараживание возможно осуществлять только с помощью установок ультрафиолетового излучения.

Для выполнения технологических показателей НДТ наибольшее внимание следует обращать на правильно подобранные, рассчи-

танные и надежно работающие сооружения биологической очистки [13] и устройства для обеззараживания стоков.

В настоящий момент, например, для небольших расходов (до 100 м³/сут.) и большой неравномерности поступления стоков применение мембранных биореакторов [14, 15] позволяет отказаться от вторичных отстойников, сооружений обработки активного ила, а при выборе определенных видов мембран — даже от обеззараживания. Схема очистки в мембранном биореакторе позволяет поддерживать постоянную концентрацию на выпуске: взвешенных веществ — до 3 мг/л, БПК — менее 3 мг/л, азота общего — менее 5 мг/л, а общего фосфора — менее 0,5 мг/л, что позволяет сбрасывать очищенные стоки в водоемы высшей категории А.

Заключение

Большое количество различных нормативных документов об оценке эффективности технологий очистки городских сточных вод, которые актуальны в Российской Федерации на данный момент, указывает на то, что именно сейчас происходит оттачивание механизма нормативного регулирования как эксплуатации, так и оценки эффективности работы городских канализационных очистных станций.

Подготовка материалов, выполнение исследований и расчетов для получения КЭР позволяют в каждой конкретной ситуации соотнести вред, наносимый предприятием окружающей среде, и возможность использования современных технологий по минимизации негативного воздействия как на водный источник, так и на атмосферный воздух.

Получение КЭР станцией очистки городских сточных вод позволяет выработать комплексную программу на ближайшие годы, которая при достаточном финансировании

и планомерном выполнении повышает эффективность работы отдельных сооружений всей станции в целом, а также обеспечивает достижение целевых концентраций всего спектра загрязняющих веществ.

Библиографический список

1. Об охране окружающей среды: федер. закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 20.08.2024).
2. Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1430 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565798086> (дата обращения: 20.08.2024).
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lyh385ice0647155951> (дата обращения: 20.08.2024).
4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 20.08.2024).
5. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (дата обращения: 20.08.2024).
6. Об утверждении Правил отнесения водных объектов к категориям водных объектов для целей установления технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов: постановление Правительства РФ от 26.10.2019 № 1379 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/56363625> (дата обращения: 20.08.2024).
7. О порядке рассмотрения заявок на получение комплексных экологических разрешений, выдачи, переоформления, пересмотра, отзыва комплексных экологических разрешений и внесения в них изменений: постановление Правительства РФ от 04.08.2022 № 1386 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351439814> (дата обращения: 20.08.2024).
8. ИТС 10-2019. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068889> (дата обращения: 20.08.2024).
9. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения: 20.08.2024).
10. Технология обработки и утилизации осадков природных и сточных вод: учебное пособие / В. Г. Иванов [и др.]. СПб., 2016. 81 с.
11. Короткова Ю. Д., Твардовская Н. В. Доочистка городских сточных вод // Новые достижения в области водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник статей Междуна-

науч.-практ. конф., посвящ. 210-летию со дня основания Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2019 года) / отв. за вып. О. Г. Капинос. СПб.: ПГУПС, 2021. С. 154–158.

12. Твардовская Н. В., Максимова Е. В. Доочистка биологически очищенных сточных вод // Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 10 декабря 2015 года) / Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. СПб.: ПГУПС, 2016. С. 168–171.

13. Парамонова Л. Н. Пути повышения эффективности очистки сточных вод // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2024. Т. 21, вып. 2. С. 324–331.

14. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. Использование мембранных технологий в процессах глубокой очистки городских сточных вод // Инновации и инвестиции. 2017. № 11. С. 175–178.

15. Азаров К. И., Капинос О. Г. Применение мембранных биореакторов в сложных климатических условиях // Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник трудов X Междунар. науч.-практ. конф. в продолжение традиционных Академических чтений РААСН, основанных академиком РААСН В. С. Дикаревским. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2023. С. 104–108.

Дата поступления: 04.09.2024

Решение о публикации: 01.10.2024

Контактная информация:

КАПИНОС Ольга Геннадьевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»; olk1975@mail.ru

ТВАРДОВСКАЯ Надежда Владимировна — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»; tvardovskaya@pgups.ru

Criteria for assessing the effectiveness of urban wastewater treatment technologies in accordance with current legislation

O. G. Kapinos, N. V. Tvardovskaya

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Kapinos O. G., Tvardovskaya N. V.* Criteria for assessing the effectiveness of urban wastewater treatment technologies in accordance with current legislation // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 4. P. 891–901. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-04-891-901

Abstract

Purpose: to identify the evaluation criteria and the main ways to improve the efficiency of urban wastewater treatment technology. To present the necessary mandatory minimum stages of wastewater treatment, ensuring the protection of surface water bodies from pollutants. To substantiate the choice of technological schemes of urban sewage treatment plants of different capacities in accordance with the current regulations. **Methods:** a comprehensive analysis and systematisation of existing legal norms in

the field of domestic wastewater treatment and the impact of treated water discharge on the ecological condition of surface water bodies. Comparison and analysis of the impact of individual facilities on the operation of the technological chain of the municipal sewage plant was carried out. **Results:** modern criteria for assessing the performance of municipal sewage plants, which are one of the main direct polluters of the environment according to modern legal norms, are considered. Four interconnected, sequential and obligatory stages of domestic wastewater treatment, which should be applied at plants of any capacity, are presented. The relationship between obtaining a comprehensive environmental permit and establishing, justifying an environmental performance improvement programme for an urban sewage treatment plant and their impact on improving the efficiency and reliability of the treatment plant is shown. Specific devices and facilities modernisation and/or reconstruction of which allows to reach modern standards of sewage treatment quality most effectively and step by step. **Practical significance:** the results clearly show the prevailing trends of modern legislation in assessing the effectiveness of urban wastewater treatment technologies. The proposed ways to improve the efficiency of treatment at urban sewage treatment plants using the best available technologies allow to prevent the negative impact of discharged treated wastewater on the environment. The presented technological schemes of urban wastewater treatment plants allow achieving concentrations of pollutants in treated wastewater that meet modern requirements.

Keywords: urban wastewater, treatment methods, best available technologies, integrated environmental permit, environmental efficiency programme

References

1. Ob ohrane okruzhayushchej sredy: feder. zakon ot 10.01.2002 No. 7-FZ // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
2. Ob utverzhdenii tekhnologicheskikh pokazatelej nailuchshih dostupnyh tekhnologij v sfere ochistki stochnyh vod s ispol'zovaniem centralizovannyh sistem vodootvedeniya poselenij ili gorodskih okrugov: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.09.2020 No. 1430 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565798086> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
3. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lyh385ice0647155951> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
4. Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnyh ob'ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob'ektov rybohozyajstvennogo znacheniya: prikaz Ministerstva sel'skogo hozyajstva RF ot 13.12.2016 No. 552 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
5. Ob utverzhdenii kriteriev otneseniya ob'ektov, okazyvayushchih negativnoe vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredyu, k ob'ektam I, II, III i IV kategorij: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 31.12.2020 No. 2398 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
6. Ob utverzhdenii Pravil otneseniya vodnyh ob'ektov k kategoriyam vodnyh ob'ektov dlya celej ustanovleniya tekhnologicheskikh pokazatelej nailuchshih dostupnyh tekhnologij v sfere ochistki stochnyh vod s ispol'zovaniem centralizovannyh sistem vodootvedeniya poselenij ili gorodskih okrugov: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.10.2019 No. 1379 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/56363625> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)

7. O poryadke rassmotreniya zayavok na poluchenie kompleksnyh ekologicheskikh razreshenij, vydachi, pereformleniya, peresmotra, otzyva kompleksnyh ekologicheskikh razreshenij i vneseniya v nih izmenenij: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.08.2022 No. 1386 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351439814> (data obrashcheniya: 20.08.2024).
8. ITS 10-2019. Ochistka stochnyh vod s ispol'zovaniem centralizovannyh sistem vodootvedeniya poselenij, gorodskih okrugov // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068889> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
9. SP 32.13330.2018. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821> (data obrashcheniya: 20.08.2024). (In Russian)
10. Tekhnologiya obrabotki i utilizacii osadkov prirodnyh i stochnyh vod: uchebnoe posobie / V. G. Ivanov [i dr.]. SPb., 2016. 81 s. (In Russian)
11. Korotkova Yu. D., Tvardovskaya N. V. Doochistka gorodskih stochnyh vod // Novye dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 210-letiyu so dnya osnovaniya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I (Sankt-Peterburg, 13–15 noyabrya 2019 goda) / otv. za vyp. O. G. Kapinos. SPb.: PGUPS, 2021. S. 154–158.
12. Tvardovskaya N. V., Maksimova E. V. Doochistka biologicheski ochishchennyh stochnyh vod // Novye dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Sankt-Peterburg, 10 dekabrya 2015 goda) / Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. SPb.: PGUPS, 2016. S. 168–171. (In Russian)
13. Paramonova L. N. Puti povysheniya effektivnosti ochistki stochnyh vod // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2024. T. 21, vyp. 2. S. 324–331. (In Russian)
14. Mishukov B. G., Solov'eva E. A. Ispol'zovanie membrannyh tekhnologij v processah glubokoj ochistki gorodskih stochnyh vod // Innovacii i investicii. 2017. No. 11. S. 175–178. (In Russian)
15. Azarov K. I., Kapinos O. G. Primenenie membrannyh bioreaktorov v slozhnyh klimaticheskikh usloviyah // Novye dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik trudov X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v prodolzhenie tradicionnyh Akademicheskikh chtenij RAASN, osnovannyh akademikom RAASN V. S. Dikarevskim. SPb.: Izdatel'sko-poligraficheskaya asociaciya vysshih uchebnyh zavedenij, 2023. S. 104–108. (In Russian)

Received: 04.09.2024

Accepted: 01.10.2024

Author's information:

Olga G. KAPINOS — PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of “Water supply, sewerage and hydraulics”; olk1975@mail.ru

Nadezhda V. TVARDOVSKAYA — PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of “Water supply, sewerage and hydraulics”; tvardovskaya@pgups.ru