

Почему нужна помощь проектировщикам

Рецензия эксперта на статью получена
08.09.2025 [The expert review of the article
was received on September 8, 2025]

Ещё в 1909 году русский архитектор и инженер, профессор, директор Института гражданских инженеров в Санкт-Петербурге Р.Б. Бернгард писал: «Наиболее радикальный способ удаления от человеческого жилища всевозможных отходов — жидких и твёрдых нечистот, помоев, мусора и прочее — представляет собою одну из наиболее существенных задач санитарной техники. К сожалению, следует сознаться, что до сих пор ещё не найдено универсального решения этой задачи и вряд ли оно когда-либо будет найдено».

По описанию проблемы он был прав, по последствиям — оказалось, что глубоко заблуждался. Именно в эти годы, то есть в самом начале прошлого века, вопрос об очистке сточных вод уже начинал решаться. Этот период является отправной точкой активной борьбы с загрязнениями, вносимыми в водные объекты России городскими сточными водами.

Основной задачей очистки сточных вод, как в те годы, так и сейчас, являлось сохранение здоровья населения, санитарное благополучие мест проживания людей, предупреждение распространения инфекций. В первую очередь ставилась задача удаления из сточных вод органических и взвешенных веществ, как самых очевидных загрязнителей окружающей среды.

Основа исследовательской деятельности в области очистки сточных вод в РФ была заложена в Москве. По сведениям д.б.н., профессора Н.А. Лукиных (с которой авторы статьи имели счастье работать) [1], в Москве в 1898 году были введены в эксплуатацию Люблинские поля

В конце прошлого века законодательно было закреплено требование обеспечить глубокое удаление биогенных веществ — соединений азота (солей аммония, нитритов и нитратов) и фосфатов — из сточных вод, сбрасываемых в водные объекты

орошения, а в 1911–1912 годах — Люберецкие поля фильтрации, осуществлявшие биологическую очистку сточных вод в естественных условиях. К этому времени становится ясным, что развитие города требует изыскания приёмов увеличения мощности очистных сооружений. На Люблинских полях орошения была создана опытная станция производительностью 1000 м³/сут., на которой изучались методы биологической очистки в искусственных условиях с принудительной подачей воздуха — различные типы аэротенков и биофильтров. Круг изучаемых вопросов постоянно расширялся, и в 1929 году была построена первая очередь, а в 1933-м — вторая очередь Кожуховской станции, оснащённой аэрофильтрами. Суммарная производительность очистных сооружений составила составляла 37 тыс. м³/сут. На станции достигалась весьма высокая степень очистки городских сточных вод.

Результаты научных разработок регулярно публиковались в прессе, научнотехническая литература подробно знакомила специалистов с результатами проводимых исследований [2–4].

УДК 628.213. Научная специальность 2.1.4.

Почему нужна помощь проектировщикам

Сергей Владимирович Залётов, к.т.н., доцент; **Нина Анатольевна Залётова**, д.т.н., профессор, кафедра «Водоснабжение и водоотведение», Национальный исследовательский Московский строительный университет (НИУ «МГСУ»)

На современном этапе развития сектора ЖКХ поставлена новая сложная объёмная задача — повысить глубину очистки сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, до новых законодательно установленных требований. В первую очередь это относится к обеспечению глубокого изъятия соединений азота и фосфора. В ряде научно-исследовательских организаций были проведены исследования возможных методов очистки сточных вод до установленных показателей. Разработаны методики расчёта технологических процессов. Получены результаты, удовлетворяющие установленным требованиям. Однако ни одна из методик не внесена в действующие нормативные документы — своды правил (СП) по канализации, которые сменили действовавшие ранее строительные нормы и правила (СНиП), позволявшие проводить широкомасштабное и эффективное проектирование очистных сооружений канализации городов. Отсутствие необходимых нормативных документов для расчёта сооружений биологической очистки с целью осуществления новых задач не позволяет проектировщикам выполнять самостоятельные расчёты сооружений, усложняет проведение государственной экспертизы, увеличивает сроки реализации реновации сооружений. Более того, ошибки, допущенные при проектировании, ведут к нерациональному использованию бюджетного финансирования ввиду неработоспособности построенных объектов.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, биогенные вещества, проектирование, СНиП (строительные нормы и правила), СП (свод правил).

UDC 628.213. Scientific specialty number: 2.1.4.

Why designers need assistance

Sergey V. Zaletov, PhD (Engineering), Associate Professor; **Nina A. Zaletova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow University of Civil Engineering (NRU MGSCU)

At the present stage of development of the housing and utilities sector, a new complex large-scale task has been set — to increase the depth of wastewater treatment discharged into water bodies to the new officially established requirements. First of all, this refers to the requirement to ensure deep extraction of nitrogen and phosphorus compounds. In a number of research organizations of our country, studies were carried out on possible methods of wastewater treatment to the established indicators. Methods for calculating technological processes have been developed. Results that meet the established requirements have been obtained. However, none of the methods are included in the current regulatory documents — the Codes of Practice for sewerage, which replaced the previously effective Construction Norms and Rules, which allowed for large-scale and effective design of sewerage treatment facilities in cities. The lack of the necessary regulatory documents for the calculation of biological treatment facilities in order to implement new tasks does not allow designers to perform independent calculations of structures, complicates the state examination, and increases the time for the renovation of structures. Moreover, mistakes made during the design lead to irrational use of budget financing due to the inoperability of the constructed facilities.

Key words: waste water, treatment, nutrients, designing, Construction Norms and Rules, Codes of Practice.

К 1930-м годам уже было накоплено достаточно материалов по выполненным исследованиям, практике проектирования, строительства отводящей системы и очистки сточных вод для написания учебника. В 1939 году был издан первый учебник по специальности «Канализация» для техникумов (автор — профессор З. Н. Шишкин) [5]. В книге отражены вопросы прокладки сетей водоотведения, создания очистных сооружений и пр. Материалы издания легли в основу вышедших позже учебников для высших учебных заведений, занимающихся подготовкой специалистов по данной тематике. Основные положения, касающиеся водоотведения, были включены в общестроительный СНиП II-Г.1 «Наружный водопровод», вышедший 1 января 1955 года.

Первый официальный нормативный документ по канализации — СНиП II-Г.6–62 «Канализация. Нормы проектирования» — был введен в действие 1 января 1963 года. В документ включили нормативы прокладки трубопроводов, основные необходимые технологические параметры и формулы для расчёта очистных сооружений сточных вод и обработки осадка. В основу предложенных параметров были положены научно обоснованные и проверенные практикой данные и расчётные формулы определения объёмов технологических ёмкостей и обвязки сооружений технологической схемы очистных сооружений, установленные на момент подготовки документа. К этому времени значительно увеличился круг инженеров, которые получили инструмент для расширения объёмов проектирования водоотводящих систем очистки сточных вод во многих городах СССР.



❖ Пример эвтрофикации («цветения» и зарастания) водоёма

Конечно, на местах не всегда хватало знаний у проектировщиков, чтобы выполнить проект целиком. На помощь пришло создание типовых проектов различных сооружений, что позволило при проектировании объекта водоотведения вести расчёты объёмов сооружений по конкретным параметрам загрязнения очищаемой воды, поступающей с объекта канализования, по формулам действующего СНиПа и корректировать конструктивную часть типового проекта.



Таким образом, наличие СНиПа позволяло на местах производить корректные расчёты необходимых объёмов сооружений, что приводило к расширению и ускорению внедрения очистных сооружений. Сложные вопросы, возникающие на местах, в необходимых случаях обсуждались и решались со специалистами из научно-исследовательских институтов — разработчиков данных документов.

В 1970-х годах стало ощутимо проявляться отрицательное влияние сбрасываемых сточных вод на состояние водоприёмников, что выражалось в эвтрофикации («цветении») водоёмов, особенно в малопроточных зонах. Соответственно, были сформулированы природоохранные задачи по борьбе с данным явлением.

В этот период велись широкие исследования методов очистки сточных вод в научно-исследовательских институтах ВОДГЕО, НИИ КВОВ, Мосинжпроект, ЛНИИ АКХ и других. Шло строительство огромного числа очистных сооружений по разработкам проектных институтов Гипрокоммунводоканал, Союзводоканалпроект, МосводоканалНИИпроект, ЦНИИ ЭП инженерного оборудования и многих других.

К середине 1970-х годов в Советском Союзе было проведено достаточно новых исследований в области водоотведения и очистки сточных вод для разработки следующей редакции СНиП. В 1975 году был издан СНиП II-32–74 «Канализация. Наружные сети и сооружения», в редакцию которого включили новые на тот период уточнённые параметры расчёта отдельных сооружений.

Спустя ещё десять лет вышло в свет следующее издание — СНиП 2.04.03–85 «Наружные сети и сооружения» (1986 год). В новом СНиПе наиболее полно отражался достигнутый на момент разработки уровень расчёта канализационных сетей и очистных сооружений.



❖ Строительство очистных сооружений в Сегежском районе Карельской АССР, 1970-е годы

Фото: Михаил Галагуцкий vk.com/fotosegezha



Из анализа содержания СНиПов видно, как, благодаря выполняемым научно-исследовательским работам, с годами повышалась сложность и точность расчётов отдельных сооружений. В каждом новом СНиПе усложнялись и уточнялись формулы расчёта отдельных сооружений технологической схемы очистки сточных вод по сравнению с предыдущим. В расчётные формулы постоянно включалось всё большее число параметров, учитывающих характеристику конкретного объекта проектирования.

Особенно наглядно это прослеживается по развитию методики расчёта сооружений биологической очистки, в частности, методики расчёта аэротенков. Были изучены зависимости биологического процесса (как очень сложного многокомпонентного и переменного по величине во времени для одного объекта), позволявшие более точно учитывать отдельные технологические параметры: потребность в кислороде, дозу ила в аэротенке, скорость окисления органических веществ конкретной сточной воды и др.

Каждый выпуск СНиП обогащался результатами проведённых исследований, получения новых знаний о процессах и технологиях очистки сточных вод. Особенно это видно на примере сопоставления предлагаемых формул для расчёта такого сложного процесса как биологическая очистка сточных вод.

Так, для расчёта объёма аэротенка СНиП II-Г.6–62 (1963 год) было рекомендовано вычислять время аэрации в аэротенке-смесителе по формуле:

$$t = \frac{2a}{KI}, \quad (1)$$

где a — БПК₂₀ поступающей в аэротенк жидкости, мг/л; K — коэффициент использования воздуха, г/м³; I — интенсивность аэрации, м³/м³ (по приведённой в СНиПе специальной таблице, характеризующей зависимость интенсивность аэрации от БПК₂₀ поступающей в аэротенк жидкости).

В СНиП II-32–74 (1975 год) продолжительность аэрации было предложено рассчитывать по формуле, учитывающей величину исходного загрязнения сточных вод органическими веществами и допустимую концентрацию органических веществ для сброса в водный объект, а также зольность активного ила и удельную скорость окисления по отдельным категориям сточных вод (включённую в СНиП в табличной форме):

$$t = \frac{L_a - L_t}{a(1 - S_d)\rho}, \quad (2)$$

где L_a — БПК₂₀, поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л; L_t — БПК₂₀ очищенной воды, мг/л; a — доза ила, г/л; S_d — зольность ила в долях единицы; ρ — средняя скорость окисления загрязнений в мг БПК₂₀ на 1 г беззольного вещества ила за 1 ч (по приведённой в СНиПе специальной таблице).

В СНиПе 2.04.03–85 (1986 год) методика расчёта аэротенков ещё более усложнилась. Дополнительно стало учитывать влияние концентрации растворенного кислорода, ингибирование биологического процесса продуктами распада активного ила. Вычисляется удельная скорость окисления органических веществ конкретной сточной воды. Период аэрации в аэротенках, работающих по принципу смесителей, было предложено определять по формуле:

$$t_{\text{атм}} = \frac{L_{\text{ен}} - L_{\text{ex}}}{a_t(1 - s)\rho}, \quad (3)$$

$$\rho = \rho_{\text{max}} \times \frac{L_{\text{ex}} C_0}{L_{\text{ex}} C_0 + K_t C_0 + K_0 L} \times \frac{1}{1 + \varphi a_i}, \quad (4)$$

здесь $L_{\text{ен}}$ — БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л; L_{ex} — БПК₂₀ очищенной воды, мг/л; a — доза ила, г/л; s — зольность ила в долях единицы; ρ — удельная скорость окисления загрязнений в мг БПК₂₀ на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч, определяемая по формуле (4); ρ_{max} — максимальная скорость окисления (по приведённой в СНиПе специаль-

ной таблице); C_0 — концентрация растворённого кислорода; K_t — константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ; K_0 — константа, характеризующая влияние кислорода [мг О₂/л], принимаемая по таблице; φ — коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила [л/г], принимаемый по таблице.

Активные работы в научно-исследовательских организациях продолжались примерно до начала 1990-х годов, а затем практически сократились в связи с ситуацией, сложившейся в стране.

Тем не менее, в начале нового XXI века были сформулированы важнейшие природоохранные принципы. В «Законе об охране окружающей среды» (2002) и в «Водном Кодексе» (2006) изложены новые принципы водного законодательства. Определены новые задачи в области охраны водных объектов.

Одной из масштабных новых задач является необходимость повышения степени очистки сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, от биогенных веществ — соединений азота (аммония, нитритов) и фосфатов. Эта задача явилась следствием накопления соединений азота и фосфора в воде водоёмов, принимающих сточные воды, и массового эвтрофирования водных объектов нашей страны [6].

Введение допустимых норм содержания азота и фосфора определило необходимость реновации практически всех без исключения действующих очистных сооружений, а также строящихся и проектируемых. Это предопределило новую волну проектирования.

Известно, что соединения азота и фосфора являются основными постоянно присутствующими загрязняющими веществами сточных вод, поскольку являются результатом жизнедеятельности человека и применения в быту продукции, содержащей фосфаты. В ходе традиционной биологической очистки биогенные вещества потребляются активным илом для обеспечения его жизнедеятельности и прироста активного ила. При характерном для городских сточных вод уровне загрязнения соединениями фосфора за счёт биологических процессов обеспечивается удаление биогенных только 20–40%. Для выполнения новых требований необходимо стало обеспечивать стабильное изъятие фосфатов на уровне 85–95%.

Для решения новых задач потребовалось применение новых специальных технологий биологической очистки, описание и расчёт которых в СНиПах предыдущих лет отсутствовали.

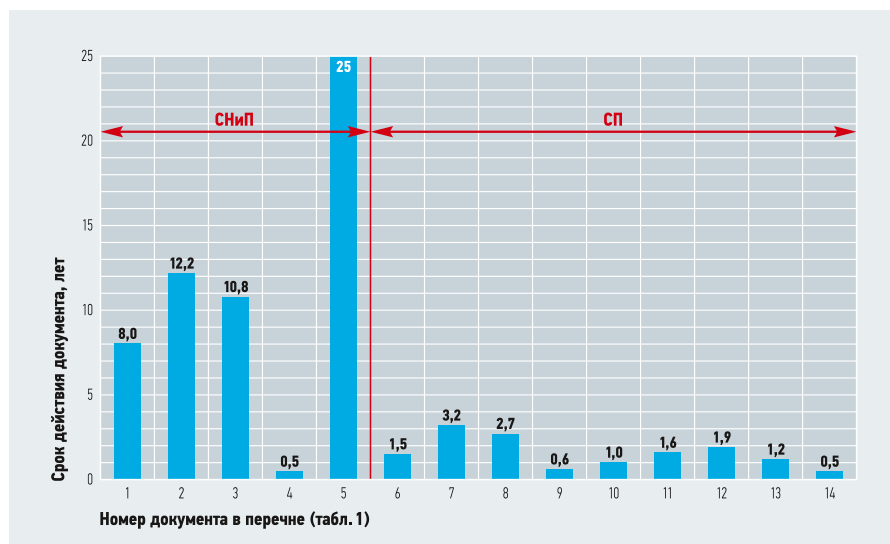


Рис. 1. Срок фактического действия нормативных документов в области очистки сточных вод

Поскольку тенденция ужесточения требований к условиям сброса биогенных веществ со сточными водами в водные объекты прослеживалась в мировой технической литературе и практике уже во второй половине прошлого века, в научно-исследовательских институтах и на очистных сооружениях крупных городов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Челябинск и некоторых других, в конце 1980–1990-х годов велось изучение процессов удаления биогенных веществ из городских сточных вод. Исследования технологий биологической нитрификации-денитрификации для удаления соединений азота и технологических процессов удаления фосфатов реагентным и биологическими методами проводились в научно-исследовательских институтах, таких как ВОДГЕО [7, 8], НИИ КВОВ [9], ЦНИИ ЭП инженерного оборудования [10] и др., на очистных сооружениях городов Санкт-Петербурга [11], Москвы (МГУП «Мосводоканал») [13], в учебных институтах: МГСУ [12], ЛИСИ и др.

В эти же годы было подготовлено несколько проектов новой редакции СНиП, но предпринятые попытки не дошли до официального издания ввиду отсутствия требований к очистке сточных вод по данным загрязняющим веществам.

В 2012 году был разработан свод правил (СП) — нормативный документ, который представлял собой актуализированную версию СНиП 2.04.03–85. В 2018-м выпустили новую версию этого свода правил — СП 32.13330.2018, в которую внесли четыре изменения, включая изменения по приказам Минстроя России: от 23 декабря 2019 года №839/пр; от 27 декабря 2021 года №1023/пр; от 28 декабря 2023 года №1009/пр. Следует отметить, что изложение материалов в указанных СП резко отличается от редакции вышедших прежде СНиПов по канализации. Данные своды правил и даже приложения к ним имеют довольно большой объём — от 200 до 300 страниц. Изложение технического материала СП носит повествовательный характер, имеет информационную суть

(сущность), но, что самое главное, в нём отсутствуют материалы, позволяющие проводить расчёт сооружений биологической очистки, обеспечивающей удаление соединений азота и фосфора.

Причём характер и частота внесения изменений в эти документы делают практически невозможным использовать те сохранившиеся остатки расчётных методик. Ни один из документов не про существовал без каких-либо изменений (зачастую кардинальных) более двух лет, в отличие от документов советской эпохи, где срок действия находился в интервале от восьми до 25 лет.

Рис.1 наглядно иллюстрирует различие во времени действия и использования нормативных документов (табл. 1).

В 2012 году был разработан СП — нормативный документ, который представлял собой актуализированную версию СНиП 2.04.03–85. В 2018-м выпустили новую версию — СП 32.13330.2018

Согласно тексту СП «Расчёт параметров сооружений биологической очистки (аэротенков и вторичных отстойников), использующих технологию удаления соединений азота или азота и фосфора... следует осуществлять по методикам, опубликованным в научно-технической литературе на русском языке на территории РФ не ранее 2000 года. Выполнение расчёта должно обеспечивать возможность последующей экспертной проверки [какой именно и чьей именно? — Прим. авт.] его соответствия алгоритму и формулам применённой методики, использованных данных назначенных констант и принятых допущений».

Отдельные специалисты, которые, как указывалось, занимались ранее разработкой методов удаления биогенных веществ из сточных вод, владеют методиками расчёта сооружений глубокой очистки от азота и фосфора и оказывают консультационные услуги при проектировании. Однако несколько специалистов не в силах обслужить все проектные организации страны, удовлетворить всю потребность в расчётах и в консультативной помощи по расчёту технологических схем глубокого удаления азота и фосфора. При этом авторы разработок сообщают о своих претензиях друг к другу на наибольшую корректность и точность разработанных ими методик расчёта сооружений нитрификации-денитрификации (биологического удаления азота и фосфора) [15].

Перечень нормативных документов

табл. 1

№	Документ		№ изм.	Введён	Прекр./изм.
1	СНиП II-Г.2 1954	Нормы проектирования санитарно-технических сооружений и устройств. Наружная канализация	—	01.01.1955	31.12.1962
2	СНиП II-Г.6–62	Канализация. Нормы проектирования	—	01.01.1963	28.02.1975
3	СНиП II-32–74	Канализация. Наружные сети и сооружения	—	01.03.1975	31.12.1985
4	СНиП 2.04.03–85	Канализация. Наружные сети и сооружения	—	01.01.1986	30.06.1986
5	СНиП 2.04.03–85	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 1	01.07.1986	30.06.2011
6	СП 32.13330.2010	Канализация. Наружные сети и сооружения	—	01.07.2011	31.12.2012
7	СП 32.13330.2012	Канализация. Наружные сети и сооружения	—	01.01.2013	24.03.2016
8	СП 32.13330.2012	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 1	25.03.2016	24.11.2018
9	СП 32.13330.2012	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 2	25.11.2018	25.06.2019
10	СП 32.13330.2018	Канализация. Наружные сети и сооружения	—	26.06.2019	23.06.2020
11	СП 32.13330.2018	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 1	24.06.2020	27.01.2022
12	СП 32.13330.2018	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 2	28.01.2022	31.12.2023
13	СП 32.13330.2018	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 3	01.01.2024	28.02.2025
14	СП 32.13330.2018	Канализация. Наружные сети и сооружения	Изм. 4	01.03.2025	—



Опубликованная в 2023 году С. В. Степановым книга «Технологический расчёт аэротенков и мембранных биореакторов» [16] позволяет проводить расчёт современных очистных сооружений технологической схемы биологической нитрификации-денитрификации и биологического удаления фосфора. Книга включает как теоретические зависимости (формулы), позволяющие проводить расчёты объёмов сооружений для удаления биогенных веществ из сточной воды, так и примеры расчёта отдельных параметров технологических схем. Однако книга, изданная тиражом всего 100 экземпляров, не может обеспечить потребности всех проектировщиков нашей страны.

К тому же научно-техническая литература, даже если и позволяет проводить расчёт сооружений очистки сточных вод, не является нормативным документом для проведения проектных работ и выполнения следующей за проектированием экспертизы проекта.

Кроме того, единый утверждённый документ необходим высшей и средней специальной школ, в которых идёт подготовка будущих инженеров, технологов и исследователей, которым нужна базовая информация для расчёта биологических процессов, обеспечивающих выполнение различных технологических задач.

Поэтому вопрос «*И что теперь делать?*», который является частью заглавия (и содержания) одной из статей [15], остаётся без ответа.

Представляется необходимым воспользоваться опытом прошлых лет: изучить опыт применения технологий на очистных сооружениях, выбрать наиболее эффективные, экономичные для широкого применения, технологические схемы и включить в очередную редакцию СП расчёт этих сооружений.

Представляется необходимым проанализировать компетентными специалистами существующие методики расчёта,

обобщить результаты работы очистных сооружений по разработанным методикам, а организациям, наделённым соответствующими полномочиями, утвердить наилучшие методики расчёта очистных сооружений от биогенных веществ в качестве базовых расчётов. Работы в части совершенствования биологической очистки должны продолжаться, поскольку процессы микробиологической очистки представляют собой неисчерпаемо сложные процессы, обладающие большим потенциалом возможностей при создании определенных условий их проведения. Новые продвинутое решения должны обобщаться и включаться в последующие редакции официальных документов.

Опыт успешного проектирования очистных сооружений водоотведения прошлых лет свидетельствует о том, что для реальной защиты водных объектов необходима разработка полновесного до-

кумента — СНиПа или его аналога, позволяющего выполнять расчёт и последующий контроль выполнения проектных работ, осуществлять проведение качественной экспертизы проектов реконструкции сооружений, вести грамотный мониторинг, сопровождающий эксплуатацию сооружений, а также обучение специалистов в области очистки сточных вод.

Большую армию проектировщиков по всей стране следует обеспечить научно-технической литературой, позволяющей проводить проектирование очистных сооружений водоотведения городских сточных вод с удалением биогенных веществ.

Необходимо продолжить исследование отдельных параметров и изучение новых глубокого исследования и исследований, направленных на повышение степени очистки биологическими методами, для сокращения капитальных и эксплуатационных затрат на реальные сооружения.

Документ по мере накопления опыта работы очистных сооружений должен корректироваться, но не ежегодно, не в спешке, а по мере накопления и обобщения новых уточняющих достижений по рассматриваемым технологиям и вводить уточнения аналогично накапливаемому опыту предшествующих лет. По мере наработки опыта применения технологий, позволяющих уточнять расчёт биологического процесса для получения более точных параметров процессов, следует вводить соответствующие корректировки в данный нормативный документ.

Предлагается обсудить, выполняли ли такая задача. ●

1. Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора / АН СССР; Ин-т географии. Серия: Проблемы конструктивной географии. — М.: Наука, 1977. 144 с.
2. Лукиных Н.А. Развитие канализации в России // Водоснабжение, 1993. №5. С. 7–9.
3. Базякина Н.А. Роль активного ила в работе аэротенка на полную очистку / Под ред. С.Н. Строганова. — М.: Изд-во «Власть Советов» при Президиуме ВЦИК СССР, 1936. 37 с.
4. Строганов С.Н. Пути развития методов очистки сточных вод в СССР во второй пятилетке // Труды Академии коммунального хозяйства. Вып. 11. — М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во строит. лит-ры, 1933. С. 95–106.
5. Строганов С.Н. Освоение новейшей техники в области очистки сточных вод // Труды Академии коммунального хозяйства. Вып. 11. — М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во строит. лит-ры, 1933. С. 89–94.
6. Шишкин З.Н. Канализация: учебник для техникумов. — М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во строит. лит-ры, 1939. 380 с.
7. Бондарев А.А. Биологическая очистка промышленных сточных вод от соединений азота: Автореферат дисс. доктора техн. наук по спец. 05.23.04. — М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1990. 49 с.
8. Морозова К.М. Принципы расчёта систем биологической очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника, 2009. №1. С. 26–31.
9. Залётова Н.А. Удаление азота и фосфора для городских станций аэрации // Водоснабжение и санитарная техника, 1993. №9. С. 3–5.
10. Водоснабжение и канализация населённых мест / Сб. науч. трудов ЦНИИ ЭП инженер. оборуд. городов, жилых и обществ. зданий; отв. ред. И.С. Свердлов. — М.: ЦНИИ ЭП инженер. оборуд., 1981. 118 с.
11. Мишук Б.Г., Соловьёва Е.А. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации / Прил. к журналу «Вода и экология: проблемы и решения». — СПб.: Водопроект-Гипрокоммунводоканал, 2004. 70 с.
12. Саломеев В.П., Гогина Е.С., Макиша Н.А. Решение вопросов удаления биогенных элементов из бытовых сточных вод // Водоснабжение и канализация, 2011. №5. С. 44–52.
13. Результаты работы крупномасштабных сооружений биологической очистки от соединений азота и фосфора / Д.А. Данилович, М.Н. Козлов, О.В. Мойжес [и др.] / В сб.: Канализация Москвы: десять лет в новом веке. — М.: Современная полиграфия, 2008. 392 с.
14. Степанов С.В. Биологическая очистка и доочистка сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: дисс. доктора техн. наук по спец. 05.23.04. — Самара: СамГТУ, 2014. 345 с.
15. Данилович Д.А., Эпов А.Н. Методика расчёта аэротенков: научная дискуссия не получилась. А стоило её начинать? И что теперь делать? // Журнал НДТ, 2023. №4. С. 42–55.
16. Степанов С.В. Технологический расчёт аэротенков и мембранных биореакторов: учебное пособие. — М.: Изд-во АСВ, 2023. 224 с.

References — see page 79.

Sergey V. Zaletov, PhD (Engineering), Associate Professor; **Nina A. Zaletova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. L.L. Rossolimo. *Izmenenie limnicheskikh ekosistem pod vozdejstviem antropogennogo faktora* [Changes in limnic ecosystems under the influence of anthropogenic factors]. AN SSSR [USSR Academy of Sciences]; *Institut geografii. Seriya: Problemy konstruktivnoj geografii* [Institute of Geography. Series: Problems of constructive geography]. Moscow. Nauka ["The Science" Publishers]. 1977. 144 p. [In Russian]
2. N.A. Lukinykh. *Razvitie kanalizatsii v Rossii* [Development of sewerage in Russia]. *Vodospabzhenie* ["Water supply" Magazine]. 1993. No. 5. Pp. 7–9. [In Russian]
3. N.A. Bazyakina. *Rol' aktivnogo ilya v rabote aerotenka na polnuyu ochistku* [The role of activated sludge in the operation of an aeration tank for complete purification]. Edited by S.N. Stroganov. Moscow. *Izd-vo "Vlast' Sovetov" pri Prezidiume VTsIK SSSR* ["Vlast' Sovetov" Publishing House under the Presidium of the All-Russian Central Executive Committee of the USSR]. 1936. 37 p. [In Russian]
4. S.N. Stroganov. *Puti razvitiya metodov ochistki stochnykh vod v SSSR vo vtoroy pyatiletke* [Ways of developing wastewater treatment methods in the USSR during the second five-year plan]. *Trudy Akademii kommunalnogo khozyajstva* [Papers of the Academy of Housing and Public Utilities]. Issue 11. Moscow — Leningrad. *Gos. nauch.-tekhn. izd-vo str. lit-ry* [State Scientific and Technical Publishing House of Construction Literature of the USSR]. 1933. Pp. 95–106. [In Russian]
5. S.N. Stroganov. *Osvoenie novejshoj tekhniki v oblasti ochistki stochnykh vod* [Mastering the newest technology in the field of wastewater treatment]. *Trudy Akademii kommunalnogo khozyajstva* [Papers of the Academy of Housing and Public Utilities]. Issue 11. Moscow — Leningrad. *Gos. nauch.-tekhn. izd-vo str. lit-ry* [State Scientific and Technical Publishing House of Construction Literature of the USSR]. 1933. Pp. 89–94. [In Russian]
6. Z.N. Shishkin. *Kanalizatsiya: uchebnyj dlya tekhnikumov* [Sewerage: A textbook for technical schools]. Moscow — Leningrad. *Gos. nauch.-tekhn. izd-vo str. lit-ry* [State Scientific and Technical Publishing House of Construction Literature of the USSR]. 1939. 380 p. [In Russian]
7. A.A. Bondarev. *Biologicheskaya ochistka promyshlennykh stochnykh vod ot soedinenij azota* [Biological treatment of industrial wastewater from nitrogen compounds]. *Avto-ref. diss. doktora tekhn. nauk po spets. 05.23.04* [Abstract of the Doctor of Technical Sciences's dissertation in scientific specialty No. 05.23.04]. Moscow. *VNII VODGEO* [All-Union Research Institute for Water Supply, Sewerage, Hydraulic Structures and Engineering Hydrogeology]. 1990. 49 p. [In Russian]
8. K.M. Morozova. *Printsipy raschyota sistem biologicheskoy ochistki stochnykh vod* [Calculation principles of biological wastewater treatment systems]. *Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water supply and sanitary engineering" Magazine]. 2009. No. 1. Pp. 26–31. [In Russian]
9. N.A. Zaletova. *Udalenie azota i fosfora dlya gorodskikh stantsij aeratsii* [Nitrogen and phosphorus removal for urban aeration stations]. *Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water supply and sanitary engineering" Magazine]. 1993. No. 9. Pp. 3–5. [In Russian]
10. *Vodospabzhenie i kanalizatsiya naselennykh mest* [Water supply and sanitation of populated areas]. *Sb. nauch. trudov TsNII EP* [Coll. vol. of scientific papers of the Central Research Institute for Experimental Design of Engineering Equipment for Cities, Residential and Public Buildings of the USSR]. Editor-in-chief: I.S. Sverdlov. Moscow. *TsNII EP inzhener. oborud.* [Central Research Institute for Experimental Design of Engineering Equipment for Cities, Residential and Public Buildings of the USSR]. 1981. 118 p. [In Russian]
11. B.G. Mishukov, E.A. Solovieva. *Udalenie azota i fosfora na ochistnykh sooruzheniyakh gorodskoj kanalizatsii* [Removal of nitrogen and phosphorus at municipal sewerage treatment plants]. *Pril. k zhurnalu "Voda i ekologiya: problemy i resheniya"* [Supplement to the "Water and Ecology: Problems and Solutions" Journal]. St. Petersburg. "Vodoproekt-Giprokommunvodokanal" ["Water Project — State Institute of Water and Sewerage Engineering" ("Vodoprojekt-Hydrocommunvodokanal"), CJSC]. 2004. 70 p. [In Russian]
12. V.P. Salomeev, E.S. Gogina, N.A. Makisha. *Reshenie voprosov udaleniya biogenykh elementov iz bytovykh stochnykh vod* [Solutions to the issues of removing biogenic elements from domestic wastewater]. *Vodospabzhenie i kanalizatsiya* ["Water supply and sanitation" Magazine]. 2011. No. 5. Pp. 44–52. [In Russian]
13. D.A. Danilovich, M.N. Kozlov, O.V. Moyzhes et al. *Rezultaty raboty krupnomasshtabnykh sooruzhenij biologicheskoy ochistki ot soedinenij azota i fosfora* [Results of operation of large-scale biological treatment facilities for nitrogen and phosphorus compounds]. *V sb.: Kanalizatsiya Moskvy: desyat' let v novom veke (MGUP "Mosvodokanal")* [In the coll.: Moscow Sewerage: Ten years in the new century ("Mosvodokanal" Moscow State Unitary Enterprise)]. Moscow. *Sovremennaya poligrafiya* ["Modern Printing" Publishers]. 2008. 392 p. [In Russian]
14. S.V. Stepanov. *Biologicheskaya ochistka i doochistka stochnykh vod neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh predpriyatij* [Biological treatment and advanced treatment of wastewater from oil refineries and petrochemical enterprises]. *Diss. doktora tekhn. nauk po spets. 05.23.04* [Dissertation of Doctor of Technical Sciences in scientific specialty No. 05.23.04]. Samara. *SamGTU* [Samara State Technical University]. 2014. 345 p. [In Russian]
15. D.A. Danilovich, A.N. Epov. *Metodika raschyota aerotנקov: nauchnaya diskussiya ne poluchilas'. A stoilo eyo nachinat' i chto teper' delat'?* [Methodology for calculating aerotanks: A scientific discussion failed. Was it worth starting? And what to do now?]. *Zhurnal NDT* [Journal of the Best Available Technologies]. 2023. No. 4. Pp. 42–55. [In Russian]
16. S.V. Stepanov. *Tekhnologicheskij raschyot aerotנקov i membrannykh bioreaktorov: ucheb. posobie* [Technological calculation of aeration tanks and membrane bioreactors: A tutorial]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2023. 224 p. [In Russian]