

# Проектирование очистных сооружений канализации: как избежать негативного опыта



**Д.А. Данилович,**  
КАНД. ТЕХН. НАУК,  
РУКОВОДИТЕЛЬ ЦЕНТРА  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ  
И МОДЕРНИЗАЦИИ В ЖКХ  
Ассоциации «ЖКХ  
И ГОРОДСКАЯ СРЕДА»,  
ЭКСПЕРТ-ДИРЕКТОР ЖУРНАЛА  
«НДТ»

В журнале «НДТ» публикуются примеры эффективных внедрений наилучших доступных технологий. На практике хватает и противоположных случаев, когда реализуются некорректные решения.

Как водоканалам оградить себя от неминуемого разорения при реализации подобных проектов? На основании имеющегося опыта автор на примере конкретного проекта показывает недостатки технологических и компоновочных решений, которые, к сожалению, весьма распространены. Редакция надеется, что материал будет полезен государственным заказчикам и эксплуатирующим организациям.

В публикации рассмотрен реальный проект, получивший положительное заключение государственной экспертизы. Однако заключение независимой организации<sup>1</sup>, к которой обратился заказчик, выявило большое количество серьезнейших ошибок. По имеющейся информации на основании данного заключения проект был отклонен.

Предлагаем вниманию читателей изложение наиболее важных положений этого заключения и рекомендации, как избежать подобных ситуаций.

## ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТЕ

Заданием на проектирование предусмотрено создание очистных сооружений (ОС) крупного города, имеющих производительность свыше 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут, располагаемых на стесненной площадке, где расположены неудовлетворительно работающие сооружения (задействована только механическая очистка).

Принятая проектом технологическая схема очистки предусматривает грубую механическую очистку (процеживание, песколовки), предварительное усреднение расхода, полную биологическую очистку с нитри-денитрификацией, с подачей воздуха роторными воздухоподъемниками, доочистку с химическим осаждением фосфора перед ней и УФ-обеззараживание очищенных сточных вод. Сооружения предварительной механической очистки расположены в отдельном здании, а основные сооружения (от усреднителей до обеззараживания) полностью заблокированы и для защиты от распространения неприятных запахов расположены в перекрывающем их здании. Образующийся осадок подвергается уплотнению (располагается в общей блоке очистки воды), механическому обезвоживанию, с последующей термосушкой (в отдельном здании).

В проекте было принято следующее исходное качество сточных вод: взвешенные вещества – 300 мг/л, БПК<sub>5</sub> – 300 мг/л, ХПК 500 мг/л, азот общий – 50 мг/л, фосфор общий – 12 мг/л.

В качестве результата очистки декларировано соблюдение ПДК для рыбохозяйственных водных объектов по соединениям азота и фосфора, по взвешенным веществам – 5 мг/л, по БПК<sub>полн</sub> – 3 мг/л.

Сразу хотелось бы обратить внимание, что принятое качество, безусловно, является назначенным, хотя речь идет о реконструкции давно существующего объекта, со сформировавшимся потоком поступающих сточных вод. Такое действие противоречит Своду правил «Канализация. Наружные сети и сооружения» СП 32.13330.2012 (далее – СП), требующему учитывать данные фактически поступающих сточных вод (п. 9.2.5.8), а также данные по расчетным температурам (п. 9.2.5.9). При разработке проекта данные по фактически поступающим сточным водам не рассматривались. Данные по расчетным температурам вообще отсутствуют.

Использование административно назначенных значений загрязненности сточных вод изначально способно привести к значительным ошибкам в проекте, прежде всего, к искажению объемов сооружений и их соотношений (что важно для удаления азота). Отсутствие данных о температуре вообще не позволяет корректно рассчитать аэротенки.



## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОЕКТА

### 1. Принятое время пребывания в песколовках недостаточно в условиях отказа от первичного отстаивания

Проектом предусмотрено использование аэрируемых песколовков со временем пребывания по максимальному притоку (95 % обеспеченности) – 4,2 мин. С учетом того, что в технологическую схему не включено первичное отстаивание, такое пребывания не соответствует нормам СП – не менее 10 мин. (п. 9.2.4.1). Данное требование сформулировано, исходя из предотвращения отложения мелкого песка в последующих сооружениях.

К сожалению, данное требование СП при попустительстве органов госэкспертизы игнорируется едва ли не в каждом проекте, в котором применены заблокированные в одной установке решетки-песколовки. Эти установки, изначально разработанные в ЕС, рассчитаны на использование на обычных станциях, в состав которых входят первичные отстойники.

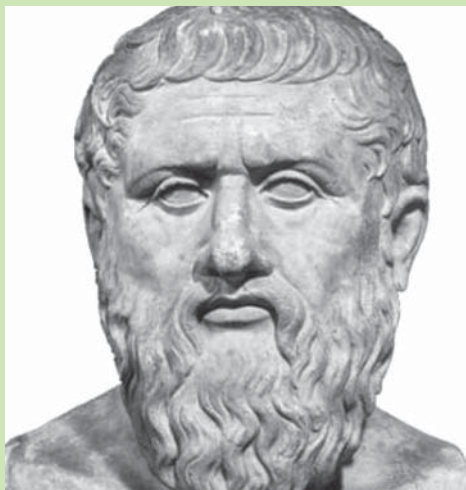
<sup>1</sup> Имеется в распоряжении редакции.

### 2. Включение в технологическую схему очистных сооружений такого масштаба усреднителей не имеет оснований и создаст неизбежные проблемы для эксплуатации

В состав сооружений включены усреднители расхода и концентрации сточных вод. Однако, для сооружений такого масштаба, не работающих в системе общесплавной канализации, усреднители нигде не применяются, так как это считается экономически не целесообразным. СП предписывает необходимость усреднения состава и расхода сточных вод определять технико-экономическим расчетом (п. 9.2.3.1). Данный расчет в составе ПСД отсутствует, что не удивительно, т.к. его положительный результат был бы невозможен. Объем усреднителей составляет около 20 % от максимального расчетного суточного притока. Для ОС такого масштаба часовой коэффициент неравномерности притока обычно находит в умеренных пределах. Усреднение расхода сточных вод никак не позволит уменьшить объем аэротенков, так как критичным параметром для них будет поддержание аэробного возраста активного ила выше минимального значения, обеспечивающего устойчивую глубокую нитрификацию. Внутрисуточные колебания как объемной, так и массовой нагрузки не оказывают существенного влияния на возраст ила. Безусловно, усреднение расхода позволяет уменьшить объем (площадь) вторичных отстойников, однако более целесообразно площадь, использованную для усреднения, добавить к площади вторичных отстойников.

**«КРУГЛОЕ НЕВЕЖЕСТВО  
НЕ САМОЕ БОЛЬШОЕ ЗЛО:  
НАКОПЛЕНИЕ ПЛОХО УСВОЕННЫХ  
ЗНАНИЙ ЕЩЕ ХУЖЕ»**

ПЛАТОН



В конструктивных решениях проекта усреднители полностью перекрыты железобетонными конструкциями, и на нулевой отметке над ними расположены различные производственные помещения станции. Предусмотрено перемешивание усреднителей тремя мешалками на каждую секцию, установленными на расстоянии 15–20 м друг от друга. Однако, мешалки не способны сформировать скорость, препятствующую оседанию песка (перемешивание применяется для предотвращения оседания взвешенных веществ, а не песка), а лишь могут способствовать оседанию песка с меньшим содержанием взвешенных веществ. Можно оценить количество песка, который будет выпадать в усреднителе. При нормально работающих песколовках в осадке первичных отстойников содержится около 6 % от сухого вещества песка. Данным проектом предусмотрено содержание взвешенных веществ в поступающей сточной воде 300 мг/л. Если бы она была подвергнута первичному отстаиванию, то масса сухого вещества уловленного осадка составила бы около 200 мг/л, из которых 12 мг/л пришлось бы на частицы, определяемые в тесте как песок. Это соответствует ежесуточному оседанию при расчетном притоке 1500 кг песка. Приняв зольность оседающего пескового осадка, равной 70 % и его удельный вес, равным 1,5 т/м<sup>3</sup>, получим ежесуточное накопление на дне усреднителей около 1,4 м<sup>3</sup> песка. За период, например, 10 лет даже с учетом сезонной неравномерности притока следует ожидать накопления около 4500 м<sup>3</sup> пескового осадка, что обеспечит на большей части дна (за исключением зон вокруг мешалок) слоя толщиной около 1,5 м. Однако, проектом не предусмотрено никаких технических возможностей для очистки усреднителей, в перекрытии есть только окна для установки мешалок и осевого насоса откачки сточных вод.

Следует отметить, что в профессионально разработанных конструкциях усреднителей для московской канализации проблема неизбежного накопления песка была решена устройством наклонного днища лотковой конструкции (покрытого половинами распиленных вдоль труб) и применением систем смыва осадка, осевшего в этих лотках, к приемкам насосов. Подобные конструкции можно рекомендовать для усреднителей там, где их использование обоснованно (ОС производительностью до нескольких тыс. м<sup>3</sup>/сут).

### 3. Не обоснован отказ от использования первичного отстаивания

Как уже отмечалось, принятая технология очистки сточных вод не содержит процесса первичного осветления (это решение в проекте не обсуждается и не обосновывается). Тогда как согласно СП, сооружения осветления сточных вод рекомендуется применять на очистных сооружениях производительностью свыше 1000 м<sup>3</sup>/сут, отказ от стадии осветления допускается обосновании (п. 9.2.4.1). Отказ от сооружений первичного осветления однозначно приводит к увеличению объема сооружений биологической очистки, так как необходимо окислить в них все загрязнения сточных вод, в том числе и те, которые можно осадить

при первичном осветлении. В то же время площадка для размещения ОС крайне стеснена, и отказ от первичного отстаивания неизбежно приводит к увеличению объема аэротенков.

В данном проекте был применен простой прием с целью избежать (исключительно на бумаге) последствий отказа от первичного осветления: при входной концентрации взвешенных веществ 300 мг/л после сооружений грубой механической очистки (решетки с прозором 3 мм и песколовки) указано содержание взвеси уже 217 мг/л (т.е. исчезло 28 %). При том, что все отбросы согласно проекта подвергаются промывке от взвешенных веществ с возвращением их в поток сточных вод, а песколовки являются аэрируемыми (осаждению в них взвеси препятствует аэрация). Таким образом, проектировщики легко избавились от 10 т по сухому веществу ежедневно, что позволило по расчету сократить объем аэротенков.

#### 4. Для биологической очистки использована самая старая и самая негибкая технология удаления азота

В основу процесса очистки сточных вод положена весьма простая технология: предвключенная денитрификация-нитрификация (известная более 40 лет, изначально как модифицированный процесс Лудзак-Этингера). Это хорошо апробированный процесс, однако он обладает двумя основными недостатками:

- малая гибкость при изменениях соотношения БПК/Азот, а также температуры. Современные технологии и компоновочные решения предусматривают возможность изменения соотношения зон нитрификации и денитрификации, что позволяет обеспечить надлежащее качество очистки при указанных изменениях, а также при сезонных изменениях температуры сточных вод;
- технология не удаляет фосфор (кроме как на прирост избыточного активного ила), что вынуждает предусматривать его осаждение реагентами и приводит к очень большим затратам.

Современным уровнем технологических решений для столь крупных объектов, начиная с 90-х годов, является биологическое, либо биолого-химическое удаление фосфора, а также хорошо регулируемое удаление азота. В этой связи СП указывает, что для очистных сооружений с нагрузкой свыше 50 тыс. ЭКЖ следует использовать биологическое, либо биолого-реагентное удаление фосфор (п. 9.2.5.6). Этот пункт СП, как и многие другие, был проигнорирован без каких-либо пояснений. В результате по данным проекта для удаления 1 кг общего фосфора расходуется 2,8 кг алюминия. Такой удельный расход реагента в 4 раза превышает максимальное значение, установленное информационно-техническим справочником по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» (НДТ 14г, см. табл. 5.21). Кроме огромных затрат, существенно то, что с реагентом в состав активного ила согласно проекта ежедневно должно поступать 18 т сухого вещества осадка очистных сооружений, что составляет около 1/3 от всего количества об-

разующегося осадка. Столь высокое содержание гидроксида алюминия в осадке может препятствовать его использованию в качестве удобрения.

Даже если потребность в коагулянте по факту окажется в 2 раза ниже, чем рассчитано в проекте, затраты на него составят около 400 млн руб., что составляет больше половины всего общего дохода от водоотведения данного населенного пункта. Подобное соотношение подтверждает важность правильно выбора технологических решений.

#### 5. Не предусмотрено регулирование подачи насосов внутреннего рецикла денитрификации

Рассмотренная технология нитри-денитрификации в обязательном порядке предусматривает внутренний рецикл нитрат-содержащей иловой смеси из зоны нитрификации в зону денитрификации. Этот рецикл рассчитывается для условий максимального притока и максимальной расчетной концентрации азота в поступающей сточной воде. В иных условиях максимальный расчетный рецикл может быть избыточным и приводить к торможению процесса денитрификации за счет подачи в нее избыточного количества растворенного кислорода из зоны нитрификации, а также к избыточным энергозатратам. Однако, регулирование насосов рецикла (обычно обеспечивается путем преобразователей частоты тока) в проекте отсутствует.

#### 6. Применен тип воздуходувки с низким КПД. Не предусмотрено регулирование подачи воздуха

Для подачи воздуха в аэротенки предусмотрено 8 рабочих воздуходувки роторного типа. Данное оборудование весьма популярно для относительно небольших очистных сооружений производительностью до 20 тыс. м³/сут. Они имеют немало преимуществ, в том числе легкость их возможного регулирования. Однако эти воздуходувки имеют очень большой недостаток: весьма низкий КПД, составляющий не более 75 % от воздуходувки центробежного типа. Для очистных сооружений масштаба рассматриваемого сотысячника роторные воздуходувки экономически неэффективны. Это масштаб, на котором из соображений экономии электроэнергии используют центробежные воздуходувки, причем регулируемые.

Наряду с использованием неэффективного по КПД воздуходувного оборудования, проектом также не было предусмотрено их регулирование по концентрации растворенного кислорода в аэротенках, что давно является современным минимальным стандартом. В разделе проекта «Автоматизация» указано применение кислородомеров, однако нет никакой информации об использовании их показаний для регулирования подачи воздуха. Отсутствие регулирования приведет к увеличению затрат электроэнергии еще на 40–50 %. Таким образом, общий перерасход электроэнергии только на нужды аэрации оценивается как минимум в 100 %, а с учетом отказа от первичного отстаивания – и свыше 150 %.



Расход воздуха на аэрацию по проекту составляет около 44 тыс. м<sup>3</sup>/час. Для использованных в проекте воздуходувок это соответствует 5-ти работающим агрегатам (а всего по проекту предусмотрены 8 рабочих воздуходувок, еще 3 – для других нужд), с мощностью двигателей по 250 кВт каждая, т.е. суммарной мощностью 1250 кВт. Для сравнения: турбовоздушный агрегат такой же мощности обеспечивает подачу до 60 тыс. м<sup>3</sup>/ч (вот она, разница в КПД), чего при условии использования эффективных аэрационных систем и регулирования достаточно для работы хорошо запроектированных очистных сооружений, принимающих 400–450 тыс. м<sup>3</sup>/сут сточных вод.

Так, используя современное оборудование и с виду обычную технологию, можно при неквалифицированном проектировании получить кратный перерасход электроэнергии, причем только на подачу воздуха в аэротенки. Можно говорить, как минимум, о двукратном перерасходе электроэнергии только на аэрацию по данному проекту, что составит за год около 5 млн кВт·ч на сумму свыше 20 млн рублей.

### 7. Использованные вторичные отстойники (с тонкослойными модулями) не обеспечат надежной работы

Проектом предусмотрено отстаивание в вертикальных отстойниках с применением так называемых «тонкослойных модулей кассетного типа с высокой регенерационной способностью». В результате объем использованных отстойников крайне мал: нагрузка на площадь их поверхности составляет около 2,6 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в час, тогда как для отстойников обычного типа (без тонкослойных модулей) при проектной дозе ила 5 кг/м<sup>3</sup> нагрузка должна быть в несколько раз ниже. Несмотря на то, что тонкослойные модули известны очень давно, а большие площади вторичных отстойников – печальная реальность (на очистных сооружениях в ЕС площадь вторичных отстойников, как правило, больше площади аэротенков), применение этих модулей для интенсификации разделения иловой смеси на крупных станциях биологической очистки в мировой практике встречается очень редко, даже в новых проектах. Причина этого заключается в том, что активный ил обладает очень высокой способностью к обрастанию поверхностей (адгезия, образование биопленок), что приводит к забиванию каналов модулей, загниванию в них ила и полному выходу сооружения из строя. Для предотвращения таких ситуаций необходимо иметь возможность осуществлять периодическую гидравлическую промывку модулей струей воды. Это возможно для малых очистных сооружений, но для объекта производительностью 125 тыс. м<sup>3</sup>/сут – нереально.

В проекте декларирована система регенерации модулей осуществляется потоком воздуха. Однако известно, что производители тонкослойных модулей в Германии используют в них не только аэрационные системы, но и сложные виброустройства. Очень большое внимание уделяется также составу пластика, из которого модули изготовлены, в том числе обработке поверхности для получения ее сверхгладкого состояния.

И, учитывая вибронагрузки, данные модули должны обладать высокой прочностью. Все это приводит к существенному удорожанию действительно эффективных модулей и ограничивает их конкурентоспособность и применение в новых проектах.

Скорость осаждения ила в отстойниках определяется иловым индексом (объем, который занимает 1 г сухого вещества ила после отстаивания в течение 30 мин.). СП рекомендует при проектировании сооружений совместного биологического удаления азота и фосфора иловый индекс следует принимать не менее 150 см<sup>3</sup>/г (п. 9.2.9.3). Однако в проекте использовано значение в 1,5 раза меньше – всего 100 см<sup>3</sup>/г. Занижение илового индекса приведет к нерасчетной нагрузке на узел илоразделения.

В проекте использованы 18 вертикальных 4-х конусных отстойника, таким образом, отделившийся активный ил должен отводиться из 72-х конических приемков. Количество этих элементов во много раз превышает разумное для станции такого масштаба. Это не только неизбежно приводит к увеличению стоимости проекта в целом, но и недопустимо усложняет эксплуатацию. Предусмотрен насосный отбор ила из приемков, с помощью 18 погружных насосов. Резервные насосы не предусмотрены, что противоречит СП. При этом наличие четырех неконтролируемых всасов у одного насоса может в условиях работы на сточных водах привести к забиванию одного или нескольких из них, которое весьма трудно будет определить.

Угол наклона стенок приемков составляет 47–48°, тогда СП предписывает, что угол наклона конического днища вертикальных отстойников и стенок иловых приемков горизонтальных и радиальных отстойников должен быть 55–60° (п. 9.2.9.4). Учитывая, что, чем выше иловый индекс, тем легче ил и тем хуже он будет сползать по наклонной поверхности, для технологии нитри-денитрификации следует использовать значение 60°.

С учетом совокупности замечаний, работоспособность проектного узла илоразделения в течение длительной эксплуатации весьма сомнительна.

### 8. Использованный биофильтр не обеспечит требуемой глубокой нитрификации

Проектом предусмотрена двухступенчатая доочистка с использованием кассетной ершовой загрузки, первая часть – как затопленный аэрируемый биофильтр, вторая часть – как фильтр для отделения взвешенных веществ. При этом реагент для дефосфотации добавляется перед фильтром. Следует обратить внимание, что в результате принятой компоновки для дозирования раствора реагента используется 18 рабочих насосов.

В отраслевом сообществе отсутствует однозначная достоверная информация об эффективности биореакторов доочистки на основе ершовой загрузки. Известно, что их особенностью является адгезионное задержание взвеси, выносимой из вторичного отстойника. В результате этого вероятно активность не столько биопленки, сколько уловленной

биомассы. Соответственно, функция такого биофильтра будет в основном определяться процессами, происходящими в аэротенке. Как будет показано дальше, развитые процессы нитрификации в аэротенке при расчетных условиях проекта маловероятны, а повышенный вынос ила из вторичных отстойников более чем вероятен (см. п. 6). В биофильтрах следует ожидать окончание процесса гетеротрофного окисления органических веществ и минерализации вынесенной взвеси, без глубокой нитрификации.

## 9. Фильтр доочистки не справится с нагрузкой по взвешенным веществам, образованным при осаждении фосфатов

Удаление фосфора предусмотрено химическим осаждением реагентом на основе алюминия за счет добавления реагентов с последующим задержанием образующегося осадка в фильтрах с ершовой загрузкой. Однако, по данным проекта, ежесуточное количество сухого вещества осадка гидроксида алюминия, которое будет образовываться после осаждения фосфатов коагулянтном, составит около 18 т. Согласно СП для получения концентраций фосфора фосфатов менее 0,2 мг/л необходимо увеличить базовое соотношение «металл:фосфор» не менее, чем в три раза (п. 9.2.5.7). В соответствии с такой расчетной дозой концентрация образовавшейся взвеси в результате составит около 140 мг/л. Таким образом, предусмотренный проектом фильтр будет работать в режиме колоссальной грязевой нагрузки, на порядок превосходящей нагрузку, обычно подаваемую на фильтры. Дополнительно ситуацию можно оценить с учетом того, что влажность данного осадка гидроксида алюминия после его образования и адгезионного задержания на ершовой загрузке составит 99,0–99,5 %, по опыту станций водоподготовки. В этом случае объем ежесуточно образующегося осадка будет как минимум равен общему объему всей ершовой загрузки фильтров. При этом проектом предполагается регенерация фильтра раз в сутки, т.е. фильтр будет являться резервуаром-накопителем осадка, что не имеет никакого отношения к процессам фильтрационного отделения взвеси. На практике при такой нагрузке и осадке с подобными свойствами фильтр будет требовать регенерации уже через несколько часов работы. Нет никаких оснований полагать, что данное сооружение способно задерживать взвешенные вещества до заявленных в проекте 5 мг/л (т.е. с эффективностью 96,5 %), но даже с 90-процентной эффективностью, что даст вынос около 15 мг/л.

Само по себе решение осаждать фосфор уже после биологической очистки способно уменьшить объемы последней, если обрабатывать образующийся осадок в отдельной технологической линии. И, при таком количестве взвешенных ве-

ществ, конечно, необходимо вначале использовать осаждение, а только затем фильтрацию. Таким образом, объемы и сложность сооружений возрастают, что и определяет в большинстве проектов с химическим удалением фосфора симультанное осаждение (в составе активного ила).

Однако рассматриваемым проектом предусмотрено направление сливной воды от регенерации фильтров в «голову сооружений», в результате чего вся образованная минеральная взвесь будет сорбирована активным илом, что увеличит его прирост более чем на 30 %. Как показано выше, в ряду других ошибок проекта это приведет к отсутствию процессов нитрификации аммонийного азота. Смысл осаждения фосфора после биологической очистки не понятен.

## 10. Сооружения нити-денитрификации рассчитаны некорректно и не обеспечат глубокого окисления аммонийного и нитритного азота

Объемы сооружений биологической очистки в проекте определены на основании назначенных величин скоростей нитрификации и денитрификации<sup>2</sup> (расчет не приводится). При этом возраст ила (отношение его общей массы к ежесуточному приросту) заявлен равным 10 суток, что, с учетом соотношения аэрируемых и аноксических зон, должно было бы быть достаточным. Корректно посчитаем прирост ила по формуле СНиП 2.04.03-85, которая была использована проектировщиками, но с учетом:

- необоснованного исчезновения части загрязнений на стадии грубой механической очистки (см. п. 3);
- осадка от дефосфотации, попадающего в состав ила.

Получим, что даже при заявленной дозе ила 5 г/л (хотя ее поддержание с учетом замечаний по узлу илоразделения весьма сомнительно) реальный общий возраст ила составит 5,5 суток, а не требуемые 10 суток.

Для протекания процесса нитрификации, как известно, имеет значение не просто возраст ила, а аэробный возраст, т.е. среднее время функционирования ила в зоне аэрации. С учетом соотношения объемов зон нитри-денитрификации как 1:2 аэробный возраст составит 3,7 сут. Согласно современным представлениям<sup>3</sup>, данный аэробный возраст примерно равен значению, при котором возможно накопление нитрифицирующих бактерий в иле (3,4 сут) при 15 °С. Однако расчет надежного процесса нитрификации предполагает учет факторов неравномерности нагрузки и прочих мешающих воздействий, для чего используется коэффициент надежности (SF фактор), который для объектов такого масштаба рекомендован равным 1,45. Таким образом, согласно Standard ATV-DVWK-A 131E, расчетное значение возраста ила должно быть не менее примерно 5 сут, что не выдерживается.

<sup>2</sup> Почему так нельзя рассчитывать сооружения нитри-денитрификации, см. статью Данилович Д.А., Эпов А.Н. «Как рассчитывать аэротенки с нитри-денитрификацией: выбор методики» на с. 46–53. – *Прим. ред.*

<sup>3</sup> [Standard ATV-DVWK-A 131E, Dimensions of Single-Stage Activated Sludge Plants. – 2000]

Однако в рассматриваемом проекте декларировано соблюдение в очищенной воде концентрации аммонийного азота не более 0,4 мг/л, а азота нитритов – не более 0,02 мг/л. П. 9.2.7.10 СП 32.13330.2012 предписывает обеспечить возраст ила, достаточный для надежного протекания процесса нитрификации. При расчетной концентрации азота аммонийного после аэротенков менее 0,5 мг/л аэробный возраст ила рекомендуется принимать не менее 8 сут.

Еще сложнее ситуация с достижением низких концентраций азота нитритов. По оценкам специалистов, достижение концентрации нитритов на уровне 0,02 мг/л требует значения аэробного возраста ила не менее 12 сут.

Да, проектом предусмотрена стадия аэробной доочистки на в биофильтрах. Но, как было отмечено в п. 7, биомасса ершовых фильтров доочистки – та же, что и в аэротенке, т.е. доля нитрифицирующих бактерий в ней будет невелика и ожидать глубокой доочистки именно по аммонийному и нитритному азоту нет оснований.

Таким образом, все заявленные в проекте показатели по аммонийному азоту и азоту нитритов не могут соблюдаться.

### 11. Предусмотрено 66 корпусных установок УФ обеззараживания вместо нескольких канальных установок

Проектом предусмотрено использование для обеззараживания очищенных сточных вод установок ультрафиолетового облучения (УФ). К самой технологии обеззараживания замечаний нет. Однако, запроектировано применение 66 корпусных установок УФ обеззараживания производительностью по 90 м³/ч каждая. Подобный подход не имеет ничего общего с нормальной проектной практикой и приводит к многократному нерациональному увеличению стоимости данного узла. Современные технические возможности создания установок УФ обеззараживания и оборудование, предлагаемое на этом рынке, предусматривают использование безнапорных лотковых установок с вертикальным расположением УФ-ламп, что, в принципе, позволяет осуществить обеззараживание всего потока данных сооружений на одной линии.

### 12. Время процесса аэробной стабилизации сокращено в 4 раза от минимального значения, предусмотренного СП

Технологическая схема по обработке осадка предусматривает некий неизвестный процесс: аэрационное кондиционирование в течение 6 часов. Обоснование данного решения в проекте отсутствует. Согласно СНиП 2.04.03-85 (в СП 32.13330.2012 эта норма отсутствует), время аэробной стабилизации неуплотненного активного ила должно составлять 2–5 суток. Таким образом, предусмотренная в проекте аэрация в течение 6 часов в 8 раз короче по времени, чем самое ми-

нимальное рекомендованное значение. Хотя целесообразность полноценного аэробного кондиционирования на столь производительном объекте весьма сомнительна.

Никаких решений по уплотнению активного ила в проекте не предусмотрено, на обезвоживание на центрифугах подается ил с содержанием сухого вещества 1 %. Общеизвестно, что подача столь низкоконцентрированного осадка на механическое обезвоживание существенно снижает производительность оборудования, однако, никаких решений по гравитационному уплотнению или механическому сгущению осадка не принято.

### 13. Недостаточен объем резервуаров для аварийного накопления осадка. Конструктивные решения по ним ошибочные

Проект не предусматривает наличия резервных иловых площадок. Вместо этого в блоке сооружений в соответствии с требованиями п. 9.2.14.32 СП предусмотрено наличие дополнительной единицы обезвоживающего оборудования и резервуаров для аварийного накопления осадка. Проектом предусмотрены 6 резервуаров, встроенных в общий блок основных сооружений. С учетом отсутствия реальных решений по уплотнению избыточного активного ила, несмотря на то, что общий объем резервуаров весьма немалый (свыше 5 тыс. м³), требования СП о накоплении ила в течение не менее 2-х суток не выполняются. СП для повышения концентрации избыточного активного ила перед его дальнейшей обработкой рекомендует осуществлять его уплотнение (сгущение) в сооружениях и оборудовании различных типов (гравитационные, механические, либо флотационные уплотнители и т.п.) (п. 9.2.14.4). В таком случае объем аварийных резервуаров мог бы быть сокращен в 2,5–3 раза (при уплотнении ила до 2,5–3 % по сухому веществу).

Расположение 6 единиц резервуаров в общем блоке сооружений биологической очистки следует оценить, как ошибочное, в условиях дефицита площади для основных сооружений. Более рациональной компоновкой (и более экономичным решением) является применяемое за рубежом, использование круглого металлического резервуара (типа нефтяного). Для решения задачи было бы достаточно резервуара диаметром 18 м, в этом случае необходимая площадь под резервуар составила бы 324 м² (сейчас в проекте – 1275 м²).

### 14. Использование термосушки потребует огромных затрат на тепловую энергию

Проектом предусмотрена среднетемпературная сушка осадка на ленточной сушилке. К самому узлу замечаний нет. Однако, сушка осадка – очень дорогостоящее мероприятие, как в части капитальных вложений, так и в последующей эксплуатации. Сушилки располагаются в отдельном корпусе 42 x 42 м с общим строительным объемом около 22 тыс. м³, для которого только расход воздуха, отбираемого вентиляционными

системами должен составлять (при обязательной кратности 5 объемов в час) 110 тыс. м<sup>3</sup>/ч. По проекту для термосушки должна использоваться перегретая горячая вода, при этом энергопотребление составляет около 8,3 Гкал/ч. Таким образом, годовая потребность сушилок в энергии составит около 70 тыс. Гкал тепла, что обойдется в 150–200 млн руб.

Следует отметить, что термическая сушка осадка отнюдь не является обязательным и, вероятнее всего, даже оптимальным техническим решением для регионов, в которых имеет место потребность в органических удобрениях и мелиоративных материалах (регион расположения данных очистных сооружений относится как раз к таким). В таких условиях гораздо предпочтительным и многократно более дешевым, как по инвестициям, так и по эксплуатационным затратам, является компостирование осадка с последующим получением почвогрунтов.

## 15. Недостатки компоновочных решений проекта: расположение всех основных сооружений в здании неэффективно для снижения выбросов, но повлечет за собой колоссальный перерасход затрат на строительство и тепла на отопление

В проекте предусмотрено размещение всех сооружений и оборудования в зданиях. Это обосновывается некой «концепцией» нулевого выброса (понятие, отсутствующее в законодательстве). Это привело к тому, что проектом разработаны 3 основных здания (механической очистки, основное здание, здание механического обезвоживания и сушки) общей площадью около 30 тыс. м<sup>2</sup> и объемом около 270 тыс. м<sup>3</sup>.<sup>4</sup>

В современной практике строительства очистных сооружений рассматриваемого масштаба в зонах с умеренным климатом в зданиях размещают только все основное не погруженное в жидкость оборудование, кроме затворов, задвижек и т.п.: решетки, оборудование для обезвоживания, воздухоподогреватели, реагентное хозяйство, УФ-обеззараживание. Также в зданиях, разумеется, размещают лаборатории, МПД, административные и бытовые помещения. Все технологические сооружения, выполняемые из бетона, начиная с песколовков, размещают на открытом воздухе. Размещение основных технологических сооружений в помещениях не имеет под собой никаких оснований. Оправдание этого неким «нулевым выбросом» не только не рационально, но и не соответствует действительности, т.к. основной объем выбросов от перекрытых зданиями очистных сооружений не подвергается никакой очистке.

В практике проектирования при расположении очистных сооружений недалеко от жилья предпринимают комплекс мер по перекрытию поверхностей сооружений, от которых возможно выделение дурнопахнущих выбросов. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизован-

ных систем водоотведения поселений, городских округов» установил для очистных сооружений, не имеющих санитарно-защитных зон необходимого размера, необходимые мероприятия.

Для перекрытия поверхностей сооружений, в мировой практике, как правило, используются специальные стеклопластиковые конструкции, реже применяются бетонные перекрытия (при условии их эффективной защиты от коррозии). В рассматриваемом проекте в перекрытии нуждаются: подводящие каналы и песколовки, а также уплотнители (которые безосновательно не включены в проект). Общая площадь перекрываемых сооружений не превысит 1,7 тыс. м<sup>2</sup>.

Важно отметить, что именно перекрытие непосредственно над поверхностью жидкости способно обеспечить экономичную и эффективную очистку газовых выбросов, которые в этом случае отбираются при концентрации, оптимальной для очистки. При перекрытии таких сооружений зданиями объем выбросов колоссален, а концентрация загрязнений в них мала для эффективной очистки.

Наряду с высокой и ничем не обоснованной стоимостью ненужных зданий, использованное в проекте решение требует очень высоких эксплуатационных затрат, не только на текущий ремонт и освещение, но, прежде всего, на вентиляцию и отопление. По данным проекта суммарный расход тепла на эти нужды для трех зданий составит 4,5 Гкал/ч, из них 4 Гкал/ч – на вентиляцию. Затраты на это оцениваются в 70–110 млн руб. Также установленная мощность вентсистем этих зданий по проекту составляет около 400 кВт.

## ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»

Наилучшие доступные технологии в части предотвращения загрязнения воздушной среды и уменьшения углеродного следа очистных сооружений (НДТ 15):

- перекрытие открытых поверхностей очистных сооружений, наиболее интенсивно выделяющих дурнопахнущие вещества (как минимум подводящие каналы, песколовки, уплотнители осадка, ацидофикаторы осадка),
- 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), с эффективностью удаления сероводорода не менее 90 %, либо распыление аэрозолей, нейтрализующих запах.



<sup>4</sup> Строительный объем соответствует 11 четырехподъездным 9-этажным домам, т.е. целому городскому микрорайону).



### ИТОГОВЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПРОЕКТУ

Подробный анализ технологических и компоновочных решений показал, что проект безосновательно усложнен по числу единиц сооружений и оборудования (на многих стадиях используются десятки единиц). Запроектированы дорогостоящие сооружения и оборудование, не требующиеся для данных условий (усреднители, термическая сушка), а также неэффективные в технологическом решении сооружения (фильтры доочистки).

#### По сравнению с оптимальным решением

СТОИМОСТЬ ОС



2  
раза

ОБЪЕМ ЗДАНИЙ



2  
раза

#### Годовые эксплуатационные расходы

РЕАГЕНТЫ

более  
9  
тыс. т



8-10  
раз

ЭЛЕКТРО-  
ЭНЕРГИЯ

около  
7,5  
млн кВт·ч



2,5-3  
раза

ТЕПЛО

свыше  
110  
тыс. Гкал



10-20  
раз

#### Необоснованные затраты на эксплуатацию

ГОДОВЫЕ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

650-700  
млн руб.

ДОХОД  
ВОДОКАНАЛА  
от водоотведения

Степень автоматизации, предусмотренная в проекте, абсолютно недостаточна по современным требованиям. Отсутствует важнейший элемент автоматизации очистных сооружений: управление процессом биологической очистки в целом и подачей воздуха в аэротенки в частности.

Принятые в проекте решения повлекли за собой колоссальные потребности очистных сооружений в энергии и реагентах. Следует отметить, что современная проблематика энергоэффективности станций очистки городских сточных вод в ЕС вообще находится в иной плоскости: современные проекты ориентированы на создание полностью энергонезависимых станций (по сумме затрат электрической и тепловой энергии). Это обеспечивается использованием энергетического потенциала сточных вод для генерации энергии.

Необоснованные технологические и конструктивно-архитектурные решения (включая завышение объема зданий до 10 раз) ведут к удорожанию стоимости строительства очистных оценочно в 2 раза, не обеспечивая при этом даже минимально приемлемого качества очистки сточных вод.

Рассмотренный проект можно охарактеризовать, как «сильно переросшие малые очистные сооружения», т.е. в нем использованы подходы и типы оборудования, вполне применимые для объектов производительностью в сотни м³/сут, без учета того, что они применяются на станции в сотни раз большего масштаба. Отсюда – десятки отстойников, УФ-установок, множество воздуходувок, сооружения в зданиях. К сожалению, такой подход стал одной из негативных тенденций на отечественном рынке очистных сооружений, когда компании, получившие опыт в сегменте относительно малых установок, смело берутся за гораздо большие объекты, не чувствуя их специфики. Однако есть и еще более мощный фактор: включение в проект десятков единиц малопроизводительных элементов, производимых или закупаемых компанией, аффилированной с проектировщиком, либо самой организацией – разработчиком проекта.

На рассмотренном примере хорошо видно, в каком огромном диапазоне могут различаться капитальные вложения и в особенности

эксплуатационные затраты на очистные сооружения населенных пунктов. Использование формально современных, не запрещенных стандартами и якобы прогрессивных решений по созданию очистных сооружений способно обречь водоканал нести все последующие годы затраты на эксплуатацию, в десятки раз превышающие оптимальные. При этом, если подобный объект будет построен за бюджетные средства, то оплачивать огромные затраты на его эксплуатацию будет должна уже эксплуатирующая организация. При этом оказывается, что все эти излишние затраты отнюдь не способны обеспечить требуемого качества очистки.

Особенно важно обратить внимание, что рассмотренный проект прошел государственную экспертизу без единого замечания, несмотря на грубейшие нарушения рекомендаций СП 32.13330.2012. Таким образом, в части технологических и конструктивных решений процедура экспертизы очистных сооружений, в том виде, как она проводится в настоящее время, полностью бесполезна и не способна защитить ни интересы государства как инвестора, ни водоканала как эксплуатирующей организации. Более того, данная процедура при такой неэффективности наносит очевидный вред интересам и той, и другой стороны, так как объявляет пригодными к применению разорительные и при этом неработоспособные технические решения.

## Выводы

В целях недопущения серьезных ошибок в проектах целесообразно:

1. Привлекать к реализации крупных проектов независимых специалистов (либо компаний), как консультантов, еще до стадии утверждения задания на проектирование вплоть до окончания реализации проекта. Выбирать для этой цели специалистов, активно участвующих в развитии отрасли (содержательные публикации, выступления, разработка нормативных актов и т.п.).

2. Внимательно изучить и использовать при разработке задания на проектирование и рассмотрении проекта положения СП

32.13330.2012 и ИТС 10-2015 и включать в задание соблюдение соответствующих пунктов, относящихся к очистным сооружениям по производительности и другим условиям. При обсуждении проектных решений, разработке и приемке самого проекта проверять соответствие требованиям указанных документов, в том числе количественных требований ИТС 10-2015 по энерго- и ресурсосбережению.

3. Не полагаться на решение государственной экспертизы, как на подтверждение действительного качества проекта, а привлекать к экспертизе проекта независимых специалистов (организации).

4. Использовать возможности бенчмаркинга, т.е. сопоставлять основные технические характеристики проекта с ведущими предприятиями и очистными сооружениями. При этом обязательно учитывать масштаб объектов. Решения, пригодные и даже оптимальные для небольших сооружений, часто не хороши или даже неприемлемы для крупных.

5. Добиваться при рассмотрении проекта получения (расчета) количественной оценки эксплуатационных затрат на работу предлагаемой технологии, силами проектировщика или иных специалистов. Особое внимание уделять не только расходам на реагенты и электроэнергию, но и на тепло для отопления помещений (в том числе приточной вентиляции) и производственных нужд.

6. Добиваться в проектах очистных сооружений всемерной минимизации объема проектируемых зданий. Например, в рассмотренном проекте можно было бы обойтись всего двумя зданиями (кроме вспомогательных): основным административно-производственным корпусом (с размещением только решеток, реагентного хозяйства, центрифуг и воздуходувок) и легкосборным небольшим зданием над лотками УФ-обеззараживания.

7. Повышать профессиональный уровень специалистов предприятия в области современных технологий.

Журнал «НДТ» готов помочь заинтересованным организациям организовать экспертизу проектов силами наших авторов – ведущих специалистов отрасли. ●