

# Нужен ли блок фильтрования в технологической схеме биологической очистки

С. В. Харьков<sup>1</sup>,  
ДИРЕКТОР КОМПАНИИ  
«АРХИТЕКТУРА ВОДНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ», ЧЛЕН СЕКЦИИ  
«ОТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА  
СТОЧНЫХ ВОД» ЭТС РАВВ



При реконструкции очистных сооружений требования достижения как ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения, так и соответствия НДТ ведут к увеличению объемов аэротенков до 2,5 и до 1,7 раз, соответственно. Проблема невозможности строительства дополнительных объемов может быть решена увеличением дозы активного ила в аэротенках, что требует применения сооружений фильтрования. При новом строительстве, применение сооружений фильтрования позволяет в разы уменьшить объемы сооружений биологической очистки. В статье рассмотрены практические примеры применения классической схемы гравитационного илоразделения и метода мембранного илоразделения.

<sup>1</sup> Харьков Сергей Валерьевич, тел.: +7 (926) 245 89 37, e-mail: skh@watertec.ru

В последнее время сформировалось обратное представление, что для очистки сточных вод для сброса в водоемы категории «Б» использование сооружений фильтрации от взвешенных веществ не рекомендуется. Однако, это не так. ИТС НДТ 10-2019 указывает, что «как фильтры доочистки, так и мембраны применимы при соответствующем обосновании» [1, с. 373].

В этой статье очертим случаи, когда отказ от сооружений фильтрации, помимо риска нестабильности достижения требуемого качества очищенной воды, ведет также к переразмериванию сооружений. Рассмотрим конкретные ситуации, в которых следование ложному тезису ведет к существенному увеличению как капитальных, так и эксплуатационных затрат.

Проектные значения качественных и количественных характеристик поступающих на очистку сточных вод определяются проектировщиком при анализе и статистической обработке массивов соответствующих данных (предоставляемых заказчиком).

## ДАННЫЕ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ ЗАКАЗЧИКОМ

### 1. ВХОДНЫЕ РАСХОДНЫЕ (КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ) ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- СРЕДНЕСУТОЧНЫЙ РАСХОД, м<sup>3</sup>/СУТ
- МАКСИМАЛЬНЫЙ СУТОЧНЫЙ РАСХОД, м<sup>3</sup>/СУТ
- МАКСИМАЛЬНЫЙ МЕСЯЧНЫЙ РАСХОД, м<sup>3</sup>/СУТ В МЕСЯЦ МАКСИМАЛЬНОГО ПРИТОКА
- МАКСИМАЛЬНЫЙ ЧАСОВОЙ РАСХОД, м<sup>3</sup>/ЧАС

Если проект предусматривает увеличение производительности очистных сооружений (по среднесуточному расходу) по сравнению с фактическим среднесуточным расходом, то фактические коэффициенты неравномерности, определенные в ходе обработки массива фактических расходных характеристик, применяются к перспективному (утвержденному в ТЗ на проектирование среднесуточному расходу).

### 2. ДИАПАЗОНЫ (НЕ ЕДИНСТВЕННОЕ РАСЧЕТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ) ВХОДНЫХ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (ПО КАЖДОМУ ПАРАМЕТРУ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ПРОПИСАННЫХ В ТЗ, ВКЛЮЧАЯ ТЕМПЕРАТУРУ И PH):

- РАСЧЕТНОЕ МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАЖДОГО ПАРАМЕТРА
- РАСЧЕТНОЕ МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ КАЖДОГО ПАРАМЕТРА

Рассмотрим и сравним расчеты биологического блока очистных сооружений для достижения ПДК<sub>рыбхоз</sub> и указанных в [1] технологических нормативов сбросов в водоем категории «Б» (далее – НДТ «Б»). Требования к качеству очищенной сточной воды приведены в табл. 1.

**ТАБЛИЦА 1.**  
**ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ОЧИЩЕННОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ**

	Параметр	Ед. изм.	ПДК <sub>рыбхоз</sub>	НДТ «Б»
1	Взвешенные вещества	мг/л	+0,25 к фону	10,0
2	Азот аммонийный (N-NH <sub>4</sub> )	мг/л	0,4	1,0
3	Азот нитратов (N-NO <sub>3</sub> )	мг/л	9,0	9,0
4	Азот нитритов (N-NO <sub>2</sub> )	мг/л	0,02	0,10
5	Фосфор фосфатов (P-PO <sub>4</sub> )	мг/л	0,2	0,7
6	ХПК	мгО <sub>2</sub> /л	30,0	80,0
7	БПК <sub>полн</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	3,0	12,0
8	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	2,1	8,0

## КЛАССИЧЕСКАЯ СХЕМА ГРАВИТАЦИОННОГО ИЛОРАЗДЕЛЕНИЯ ВО ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

Классическая схема биологического блока: биологическая очистка в аэротенке-вытеснителе + гравитационное илоразделение во вторичном отстойнике.

### 1. Аэротенки блока биологической очистки.

В аэротенках на стадии биологической очистки должны реализоваться следующие процессы для достижения требований к качеству очищенной воды:

- аэробное окисление органических соединений;
- аэробное окисление аммонийного азота до нитритов и, далее, до нитратов в ходе процесса
  - нитрификации (1-я и 2-я стадии);
  - аноксидное окисление органических соединений в ходе процесса денитрификации;

- восстановление нитратов до газообразного азота в ходе процесса денитрификации;

- биологическое (полностью или частично) или химическое удаление фосфора.

С точки зрения инвестиций в реконструкцию или новое строительство канализационных очистных сооружений, расчетные аэротенки для достижения требований НДТ получаются на порядок комфортнее, чем аэротенки для ПДК<sub>рыбхоз</sub> (для идентичных: начальных условий, доз активного ила в аэротенках, концентраций растворенного кислорода в аэробных зонах). Посмотрим на расчетные объемы требуемых технологических зон классических аэротенков-вытеснителей.

В качестве примера в табл. 2 приведены сравнительные значения для конкретного объекта, расчеты которого выполнялись компанией «Архитектура Водных Технологий». Для других объектов (с другими входными характеристиками) коэффициенты будут, конечно, иными, здесь важно оценить соотношение объемов технологических зон и объемов аэротенков в целом. Соответственно, можно сделать вывод о соотношении капитальных затрат (строительство, оборудование, затраты на аэрацию и пр.)

**Таблица 2.**  
**Соотношение объемов технологических зон и аэротенков (для конкретного объекта)**

	Технологическая зона аэротенка	ПДК <sub>рыбхоз</sub>	НДТ «Б»
1	Анаэробная	$V_{\text{анаэр}}$	$1,0 \cdot V_{\text{анаэр}}$
	Удаление фосфора	Частично биологическое и реагентное доудаление 0,5 мг/л	Полностью биологическое
2	Аноксидная	$V_{\text{анокс}}$	$0,7 \cdot V_{\text{анокс}}$
3	Аэробная	$V_{\text{аэр}}$	$0,45 \cdot V_{\text{аэр}}$
	Суммарный объем аэротенка	$V_{\text{общ}}$	$0,54 \cdot V_{\text{общ}}$

2. Гравитационное илоразделение во вторичных отстойниках (ВО).

Корректно запроектированные ВО при штатном режиме работы и при эффективной эксплуатации способны обеспечить качественные показатели очистки по взвешенным веществам (ВВ) на уровне 8–10 мг/л и по БПК<sub>полн</sub> на уровне 10–12 мг/л (так как взвешенные вещества в очищенной воде на выходе из вторичных отстойников представлены, в большинстве своем, микрочастицами активного ила).

Для достижения НДТ по показателям ВВ и БПК<sub>полн</sub>, необходимо корректно рассчитать (для выбранного конструктива) требуемую площадь ВО и, исходя из этого, их расчетное количество, – для проектного максимального часового расхода и дозы ила в аэротенках.

Для достижения ПДК<sub>рыбхоз</sub> илоразделения только во вторичных отстойниках уже будет недостаточно. С учетом требований к качеству очищенной воды по БПК<sub>полн</sub>, равному 3,0 мг/л, будет необходимо дополнительное фильтрование (фильтры доочистки или мембранное илоразделение) от ВВ. С учетом того, что значение БПК<sub>полн</sub> 1,0 мг микроорганизмов активного ила составляет 1,42 мг O<sub>2</sub> [2 3], при зольности активного ила 40 % (для рассматриваемых очистных сооружений), концентрация ВВ в очищенной воде (для обеспечения указанного значения БПК<sub>полн</sub>) должна быть:  $3 / (0,6 \cdot 1,42) = 3,5$  мг/л. При вероятном наличии в составе очищенных вод 20–30 % дополнительных инертных примесей для обеспечения требуемого качества очищенной воды по БПК<sub>полн</sub> концентрация ВВ в очищенной воде должна быть:  $3,5 \cdot 1,2 \dots 1,3 = 4,2 \dots 4,6$  мг/л. Принимаем для технологических расчетов округленные значения концентраций взвешенных веществ для достижения значения БПК<sub>полн</sub> 3 мг/л, как 4,0–5,0 мг/л.

То есть, при требованиях на сброс в водоемы рыбохозяйственного назначения, концентрация ВВ должна определяться из лимитирующего значения требований по БПК<sub>полн</sub>. В табл. 3 значение концентрации ВВ приведено, не исходя из локальных требований по взвешенным веществам как +0,25 мг/л к фону, а из требований к качеству очищенной воды по БПК<sub>полн</sub>.

**Таблица 3.**  
**Концентрация взвешенных веществ,**  
**исходя из требований к качеству**  
**очищенной воды по БПК<sub>полн</sub>**

	Параметр	Ед. изм.	ПДК <sub>рыбхоз</sub>	НДТ «Б»
1	БПК <sub>полн</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	3,0	12,0
	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	2,1	8,0
2	Взвешенные вещества	мг/л	4,0–5,0	10,0

Вторичные отстойники обеспечивают концентрацию ВВ, минимум 8,0 мг/л, при стабильном значении 10,0 мг/л при условии их корректного расчета и проектирования. Следовательно, для обеспечения концентрации ВВ в очищенной воде 4,0–5,0 мг/л, необходимо доудалить 5,0–6,0 мг/л ВВ на сооружениях доочистки от взвешенных веществ. Для определенности далее примем величину необходимого доудаления по ВВ = 5,0 мг/л.

При этом, как видно из табл. 3, требования по НДТ «Б» по БПК не являются лимитирующим фактором обеспечения необходимых значений концентраций взвешенных веществ.

Следовательно, если (при одинаковых максимальных часовых расходах и дозах ила в аэротенках) для достижения НДТ «Б» по ВВ расчет показывает требуемую площадь поверхности S и количество вторичных отстойников N, то для достижения ПДК<sub>рыбхоз</sub> потребуются то же количество вторичных отстойников N и, дополнительно, оборудование фильтрования (производительности, необходимой для удаления 5,0 мг/л ВВ).

**Таблица 4.**  
**Илоразделение для достижения ПДК<sub>рыбхоз</sub> и НДТ «Б»**

	Илоразделение	ПДК <sub>рыбхоз</sub>	НДТ «Б»
1	Расчетная площадь ВО	S	S
2	Количество ВО	N	N
3	Оборудование фильтрования после ВО	Требуется на удаление ВВ = 5,0 мг/л	-

Из анализа табл. 4 напрашивается очевидный вывод: при реализации классической

схемы блока биологической очистки (аэротенк + вторичный отстойник) для достижения ТП НДТ для сброса в водный объект категории «Б» «технологически» никакого дополнительного оборудования доочистки (фильтрования) по взвешенным веществам и БПК<sub>полн</sub> не требуется.

Вместе с тем, предлагаем здесь вспомнить, какую строительную площадь занимают ВО и какие капитальные затраты требуются для их строительства и оборудования. Подробнее о соотношении требуемых размеров и количества ВО (капитальные затраты) к достигаемому (при этих затратах) результату см. [3, 5].

Для определенности рассмотрим радиальные вторичные отстойники. В качестве примера приведены сравнительные значения для конкретного объекта, расчеты которого выполнялись компанией «Архитектура Водных Технологий» в целях достижения НДТ «Б». Количество радиальных ВО D = 40 м для достижения ВВ = 10 мг/л составило N<sub>10</sub> = 6 шт., а для достижения ВВ = 20 мг/л, соответственно, N<sub>20</sub> = 4 шт. Если принять одинаковые входные условия для расчета ВО (максимальный часовой расход, доза ила в аэротенках, иловый индекс и пр.), но различные требования к выходу (например, по ВВ<sub>10</sub> = 10 мг/л и ВВ<sub>20</sub> = 20 мг/л), то проведя соответствующий расчет [4, 2], получаем соотношение расчетных площадей поверхности ВО, указанное в табл. 5.

**Таблица 5.**  
**Соотношение расчетных площадей поверхности ВО**

	Илоразделение	После ВО ВВ = 10 мг/л	После ВО ВВ = 20 мг/л
1	Расчетная площадь радиальных ВО	S <sub>10</sub> = S <sub>НДТ</sub>	S <sub>20</sub> = 0,67 · S <sub>10</sub>
2	Количество радиальных ВО	N <sub>10</sub>	N <sub>20</sub> = 0,67 · N <sub>10</sub>
3	Оборудование фильтрования после ВО	Для НДТ «Б» не требуется	Для НДТ «Б» требуется на удаление ВВ = 10 мг/л
		Для ПДК <sub>рыбхоз</sub> требуется на удаление ВВ = 5,0 мг/л	Для ПДК <sub>рыбхоз</sub> требуется на удаление ВВ = 15 мг/л

В рассмотренной ситуации дальнейшие действия заказчика:

1. Необходимо направить запрос поставщику оборудования фильтрации (доочистки) с корректной постановкой задачи (максимальный часовой расход, ВВ на входе и требование ВВ на выходе, т. е. какое количество ВВ необходимо доудалить фильтрованием) для определения спецификации оборудования фильтрации, размеров резервуара для размещения оборудования фильтрации и пр. В итоге получить стоимость требуемого блока оборудования фильтрации (доочистки). В рассмотренном выше примере – для доудаления 10 мг/л для достижения НДТ «Б» по ВВ.

2. Сравнить со стоимостью строительства и оборудования вторичных отстойников для доудаления того же количества ВВ. В рассмотренном примере: для доудаления 10 мг/л для достижения НДТ «Б» по ВВ требуется дополнительно 2 шт. радиальных ВО D = 40 м.

3. Сравнить площади для размещения дополнительных ВО и резервуара(ов) с оборудованием фильтрации.

4. Учесть перспективные эксплуатационные затраты по блоку оборудования фильтрации (доочистки) или дополнительных ВО.

5. Принять решение на проектирование.

Все вышеизложенное актуально как для строительства новых очистных сооружений (особенно во избежание «переразмеривания» основных резервуаров), так и при реконструкции существующих для достижения современных требований к качеству очистки. Следует отметить, что вопросы переразмеривания сооружений весьма актуальны. При этом не следует воспринимать поиск решения проблем переразмеривания как задачу прямого уменьшения резервуаров, выбирая предложения проектных организаций, которые предлагают уменьшить объемы аэротенков. Результат такого подхода – недостижение заданного качества очищенной воды. Рассмотрим, как добиться снижения объемов сооружений и стабильно обеспечивать заданное качество очищенной воды.

### СТРОИТЕЛЬСТВО ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

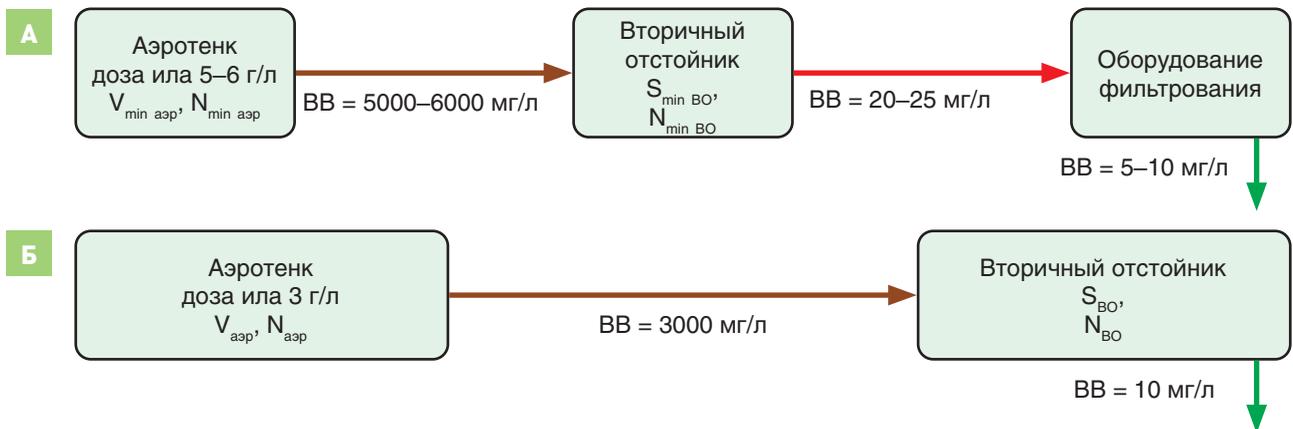
С точки зрения капитальных затрат, наиболее капиталоемкой статьёй является строительство и оборудование аэротенков блока биологической очистки. Исходя из этого, с целью минимизации размеров и количества аэротенков и вторичных отстойников (во избежание «переразмеривания» блока биологической очистки), логичным выглядит следующий алгоритм расчета биологического блока («от обратного»):

а) для проектного максимального часового расхода определяем спецификацию оборудования фильтрации (после ВО) так, чтобы на выходе гарантированно достигалось требуемое значение по ВВ (к примеру, для НДТ «Б» 10 мг/л). При консервативном сценарии (комфортная работа оборудования фильтрации) для этого ВО должны обеспечивать 20–25 мг/л по взвешенным веществам (вход на оборудование фильтрации).

б) для проектного максимального часового расхода рассчитываем ВО (для выбранного конструктива ВО: площадь и количество) так, чтобы максимально увеличив рабочую дозу ила в аэротенках (классической схемы), нарастив ее до 5–6 г/л, ВО при такой «входной» дозе ила были способны на выходе обеспечивать 20–25 мг/л по ВВ.

в) определив таким «обратным расчетом» рабочую дозу ила для аэротенков классической схемы, рассчитаем размеры и количество аэротенков и их технологическое зонирование.

По такому алгоритму мы гарантированно получаем (для корректного решения задачи биологической очистки конкретного объекта) минимально возможные размеры и количество аэротенков и вторичных отстойников, соответственно – минимально возможные капитальные затраты (и последующие эксплуатационные издержки) на построение блока биологической очистки классической схемы «аэротенк + вторичный отстойник» (рис. 1 а, б).



**Рис. 1. Алгоритм расчета блока биологической очистки классической схемы «АЭРОТЕНК + ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК» ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАБОЧИХ ДОЗАХ ИЛА В АЭРОТЕНКЕ**

В результате на одной чаше весов – размер экономии (за счет повышения рабочей дозы ила в аэротенках) капитальных затрат на строительство и оборудование аэротенков и ВО. При этом на другой чаше весов мы имеем капитальные затраты на дополнительный блок оборудования фильтрации. Какая чаша перевесит – определит заказчик проекта, с учетом важных (а иногда принципиальных) факторов: капитальных затрат, площади застройки комплекса очистных сооружений и дальнейших эксплуатационных издержек.

Следует напомнить, что показатели качества очистки по азотной группе и фосфору соответствуют при этом проектным требованиям, так как аэротенки (схема реализации процессов и объемы) и при дозе ила 5–6 г/л, и при дозе ила 3 г/л, рассчитываются на требуемое качество очищенной воды. В рассматриваемом случае, в соответствии с данными ТН для НТД «Б».

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При реконструкции сооружений на фактические или перспективные расходные и качественные характеристики поступающих на очистку сточных вод во многих случаях остро стоит вопрос ограниченных

размеров площадки сооружений, и строительство дополнительных аэротенков и вторичных отстойников крайне затруднительно или невозможно. В таких случаях в ТЗ на реконструкцию появляется требование достижения современных показателей качества очистки при актуальных (или перспективных) расходных и качественных характеристиках поступающих сточных вод – в объемах существующих аэротенков и вторичных отстойников, не рассматривая вообще капитальные затраты на строительство и оборудование. Такое требование/желание заказчика проекта вполне понятно, более того – достижимо на многих конкретных объектах. При такой постановке задачи алгоритм ее решения меняется следующим образом (так как мы оперируем имеющимися объемами и количеством резервуаров аэротенков и вторичных отстойников):

а) разрабатываем технологическую схему реконструкции аэротенка и новые технологические зоны в существующем объеме аэротенка, расчетным способом определяем рабочую дозу, при которой достигается требуемое качество очистки по азотной группе и фосфору;

б) для проектного максимального часового расхода и рабочей дозе ила в аэротенке пересчитываем существующие ВО и определяем, какой показатель по ВВ они смогут обеспечить;

в) для проектного максимального часового расхода определяем спецификацию оборудования фильтрования (после существующих ВО) так, чтобы на выходе гарантированно достигалось требуемое значение по ВВ (к примеру, для НДТ «Б» 10 мг/л). При консервативном сценарии (комфортная работа оборудования фильтрования) для этого существующие ВО должны обеспечивать 20–25 мг/л по взвешенным веществам (вход на оборудование фильтрования). Следует отметить, что для подавляющего большинства случаев, решение данной задачи невозможно без увеличения дозы активного ила в аэротенках. Следовательно, вторичные отстойники, уже не смогут выдавать 10 мг/л взвешенных веществ в очищенной воде.

По такому алгоритму мы гарантированно получаем (для корректного решения задачи биологической очистки конкретного объекта) требуемый результат качества очистки без строительства новых аэротенков и ВО, соответственно – минимально возможные капитальные затраты (и последующие эксплуатационные издержки) на реконструкцию и оборудование блока биологической очистки (классической схемы «аэротенк + вторичный отстойник») в существующих объемах. В этом случае потребуются проектировать и реализовывать дополнительный блок фильтрования (с соответствующими капитальными затратами).

Справедливости ради следует отметить (по опыту технологических расчетов, выполненных компанией «Архитектура Водных Технологий» для многих объектов), что в некоторых случаях удается обойтись существующими аэротенками и вторичными отстойниками для достижения НДТ «Б» без применения дополнительного блока фильтрования. В основном, это происходит тогда, когда в ТЗ на реконструкцию фигурирует фактический расход, который существенно меньше проектного, на который были запроектированы и построены существующие очистные сооружения. Однако подчеркнем, такие случаи – редкое исключение.

В большинстве случаев реконструкции в ТЗ заказчиком заявляется перспективный расход, превышающий и старый проектный,

и фактический. Анализ данных фактических качественных показателей поступающих сточных вод показывает существенное изменение (рост величин) по азоту, фосфору, ВВ, БПК<sub>5</sub> (БПК<sub>полн</sub>), ХПК. При проектировании и реализации классической схемы построения блока биологической очистки «аэротенк + вторичный отстойник» нет альтернативы проектированию и строительству дополнительного блока фильтрования (доочистки), чтобы исключить (если повезет) или минимизировать новое строительство дополнительных аэротенков и ВО (в случае наличия достаточных для этого площадей под застройку).

В рассмотренных выше вариантах «за кадром» остался один весьма неудобный вопрос. А именно: что делать, если расчеты показывают, что при проектных расходах и качестве входа для достижения требуемого качества биологической очистки не хватает не только объемов существующих аэротенков (даже при повышении рабочей дозы ила в них до 5–6 г/л), но и расчетные дополнительные объемы аэротенков таковы, что требуют колоссальных капитальных затрат на строительство и оборудование, и огромных площадей под застройку. А гравитационное илоразделение во вторичных отстойниках после аэротенков потребует еще немало капитальных затрат на строительство и оборудование дополнительных ВО, а также площадей под застройку. И затем еще и потребуются капитальные затраты на блок(и) фильтрования. Как итог ситуации:

- капитальные затраты на строительство и оборудование возрастают в разы;
- площадь комплекса очистных сооружений увеличивается в разы;
- на порядок увеличиваются эксплуатационные издержки;
- в ходе эксплуатации мониторинг, контроль и управление требуют больших дополнительных ресурсов.

Задача может перейти в категорию нереализуемой для блока биологической очистки в классическом варианте исполнения «аэротенк + вторичный отстойник». Отметим, что по опыту, такие объекты – редко встречаются, но они есть.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МЕМБРАННОГО ИЛОРАЗДЕЛЕНИЯ**

Корректным альтернативным решением является принципиальный отказ от классического гравитационного илоразделения во вторичных отстойниках, и применение после аэротенков ультрафильтрационных мембран в целях разделения биологически очищенной в аэротенках воды и активного ила.

Необходимо отметить, что мембранные технологии также относятся к сооружениям фильтрования. Объем мембранных реакторов (резервуаров), где происходит илоразделение биологически очищенной воды и активного ила, в 6–8 раз меньше объемов вторичных отстойников.

Применение метода мембранного илоразделения и возможности ультрафильтрационных мембран (рис. 2) позволяет повысить рабочую дозу ила в аэротенках (биореакторах) до 8–12 г/л, т. е. более чем в 2 раза по сравнению с аэротенками классического исполнения блока биологической очистки, даже при применении технологии с повышенными до 5–6 г/л дозами ила (рис. 1а).



**Рис. 2. Алгоритм расчета двухкомпонентного блока биологической очистки (аэротенк-биореактор + блок мембранного илоразделения)**

**СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ БЛОКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПО КАПИТАЛЬНЫМ ЗАТРАТАМ**

Для одинаковых начальных условий технологической задачи (входные расходные и качественные характеристики поступающих на очистку сточных вод), сравним эти два варианта построения блока биологической очистки по капитальным затратам.

1. Классический вариант с гравитационным илоразделением.

Потребуется:

- суммарный объем аэротенков –  $V_{\text{аэр,кл}}$ ;
- количество аэротенков –  $N_{\text{аэр,кл}}$ ;
- количество вторичных отстойников –  $N_{\text{во}}$ ;
- количество резервуаров для размещения оборудования фильтрования –  $N_{\text{до}}$ ;

Капитальные затраты:

$$P_{\text{кл}} = P_{\text{аэр,кл}} + [P_{\text{во}} + P_{\text{до}}],$$

где:

- $P_{\text{аэр,кл}}$  – стоимость строительства и оборудования аэротенков ( $N_{\text{аэр,кл}}$  объемом  $V_{\text{аэр,кл}}$ );
- $P_{\text{во}}$  – стоимость строительства и оборудования вторичных отстойников ( $N_{\text{во}}$ );
- $P_{\text{до}}$  – стоимость строительства резервуаров и оборудования фильтрования.

2. Вариант с мембранным илоразделением.

Потребуется:

- суммарный объем аэротенков –  $V_{\text{аэр,мб}} = \frac{1}{2}V_{\text{аэр,кл}}$  (за счет повышения в ~2 раза рабочей дозы ила в аэротенках [5, 6] по сравнению с аэротенками классического варианта с повышенными дозами ила до 5–6 г/л);
- количество аэротенков –  $N_{\text{аэр,мб}} = \frac{1}{2}N_{\text{аэр,кл}}$  (для показательного сравнения оставим аэротенк того же размера, что и в классической схеме);
- количество резервуаров для размещения модулей с ультрафильтрационными мембранами –  $N_{\text{мб}}$ .

Капитальные затраты:

$$P_{\text{МБР}} = \frac{1}{2}P_{\text{аэр,кл}} + [P_{\text{мб}}],$$

где:

- $P_{\text{мб}}$  – стоимость мембранного блока, т. е. строительства резервуаров для размещения мембранных модулей + стоимость расчетного количества мембранных модулей (расчетной площади мембран).

Разница капитальных затрат на реализацию этих вариантов:

$$(P_{\text{МБР}} - P_{\text{кл}}) = P_{\text{мб}} - (\frac{1}{2}P_{\text{аэр,кл}} + P_{\text{во}} + P_{\text{до}}).$$

Как только разница становится отрицательной (с учетом других очевидных преимуществ варианта 2 – компактности, сокращения эксплуатационных единиц и повышения надежности системы в целом, инженерной красоты решения, в конце концов), заказчик может принять решение в пользу варианта с мембранным илоразделением.

### Выводы

1. Сложившееся мнение, что для очистки сточных вод при сбросе в водоемы категории «Б» сооружения фильтрования от взвешенных веществ не применимы, является не корректным, что подтверждает ИТС НДТ 10-2019, где указывается, что «как фильтры доочистки, так и мембраны, применимы при соответствующем обосновании».

2. Сооружения фильтрования от взвешенных веществ необходимы во всех случаях для обеспечения качества очищенной воды на уровне ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

3. Сооружения фильтрования от взвешенных веществ при требованиях НДТ «Б» позволяют повысить дозу ила в аэротенках

до 5–6 г/л при использовании фильтров доочистки и до 8–10 г/л при реализации технологии МБР. Это позволяет обеспечить соответствующие требования к качеству очищенной воды без строительства дополнительных объемов аэротенков и/или вторичных отстойников при реконструкции существующих сооружений, снизить капитальные затраты в разы – при новом строительстве.

4. Решение о применении/неприменении сооружений фильтрования следует принимать в зависимости от поставленной задачи для конкретного объекта и выполнения ТЭО, а также с учетом возможности/невозможности строительства дополнительных объемов сооружений, исходя из требований заказчика.

5. При проектировании сооружений биологической очистки целесообразность (технологическую и экономическую) применения сооружений доочистки (фильтрования по взвешенным веществам) необходимо подтверждать расчетами, исходя из условий каждого конкретного проекта. При прохождении комиссий и экспертиз следует приводить ТЭО решений, как без сооружений фильтрования, так и с их применением. ●

### ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС НДТ 10-2019. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов.
2. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. Изд. «Мир», Москва, 2004, 480 с.
3. Данилович Д. А., Харькин С. В. Пути достижения технологических показателей НДТ в объемах существующих сооружений биологической очистки городских сточных вод // Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 1
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
5. Харькина О. В., Баумгартен С., Золотых С. В., Закиев Р. Р. Жесткие требования выполнимы // Экология производства. 2019. Июль. С. 96–101.