

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМПАКТНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Амброзова Г.Т.

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), г. Новосибирск*

Компактная установка производительностью 300 м³/сут предназначена для очистки высококонцентрированных стоков предприятия пищевой промышленности. На этом предприятии производственная канализация служит для отвода стоков от цехов основного производства, стоки от санузлов, душевых, прачечной, столовой отводятся по хозяйственно-бытовой канализации. Оба вида стоков поступают на установку с высоким коэффициентом неравномерности, который зависит от графика работы производственных цехов, режима работы столовой, прачечной и пользования душем. Канализационная сеть, транспортирующая производственные и бытовые стоки, имеет небольшую протяженность, в общей сложности не превышающую 500 метров. Стоки из производственных цехов поступают в насосную станцию производственных стоков, а бытовые стоки в насосную станцию хозяйственно-фекальных стоков. Далее они откачиваются в резервуар-усреднитель.

Технология очистки стоков и обработки осадков

Технологическая схема очистки стоков и обработки осадков представлена на (рис. 1). Резервуар-усреднитель выполняет несколько функций: усреднение стоков по расходу и составу, корректировку стоков по pH и гомогенизацию органических веществ. Ввод щелочи позволяет исключить запах на стадии механической очистки, так как при значении pH 9-9,5, которое поддерживается в усреднителе, весь сероводород находится в растворимой форме. Далее сточная жидкость откачивается на барабанное сито, имеющей по всей поверхности барабана отверстия с диаметром 0,8 мм. Освобожденная от крупных органических включений сточная жидкость самотеком поступает во флотатор. Флотатор работает в напорном режиме, 30 % технической воды, насыщенной воздухом при давлении 5-7 бар, способствует освобождению сточной жидкости от коллоидных частиц, удаление которых обычным отстаиванием невозможно. Водо-воздушная смесь подается через диффузоры в трех точках по дну флотатора. Осветленная сточная жидкость из флотатора самотеком поступает в резервуар осветленных стоков, а далее также самотеком направляется в биореактор, работающий в режиме контактной стабилизации.

В биореакторе последовательно протекает несколько процессов: денитрификация, аэробное окисление органических веществ в аэробных условиях, нитрификация, отстаивание и слив. Процесс денитрификации протекает в период запуска сточной жидкости в биореактор. На стадии денитрификации или восстановления нитритов и нитратов до NO, N₂O или N₂ одновременно осуществляется процесс окисления органических веществ в бескислородных условиях. На этой стадии в условиях острого дефицита кислорода факультативные бактерии используют для дыхания связанный кислород нитритов и нитратов. На этом этапе очистки стоков концентрация растворенного кислорода поддерживается на уровне 0-0,5 мг/л. Концентрация растворенного кислорода, температура и объем иловой смеси в биореакторе замеряются стационарно установленными датчиками с передачей показаний на дисплей, расположенный в диспетчерской.

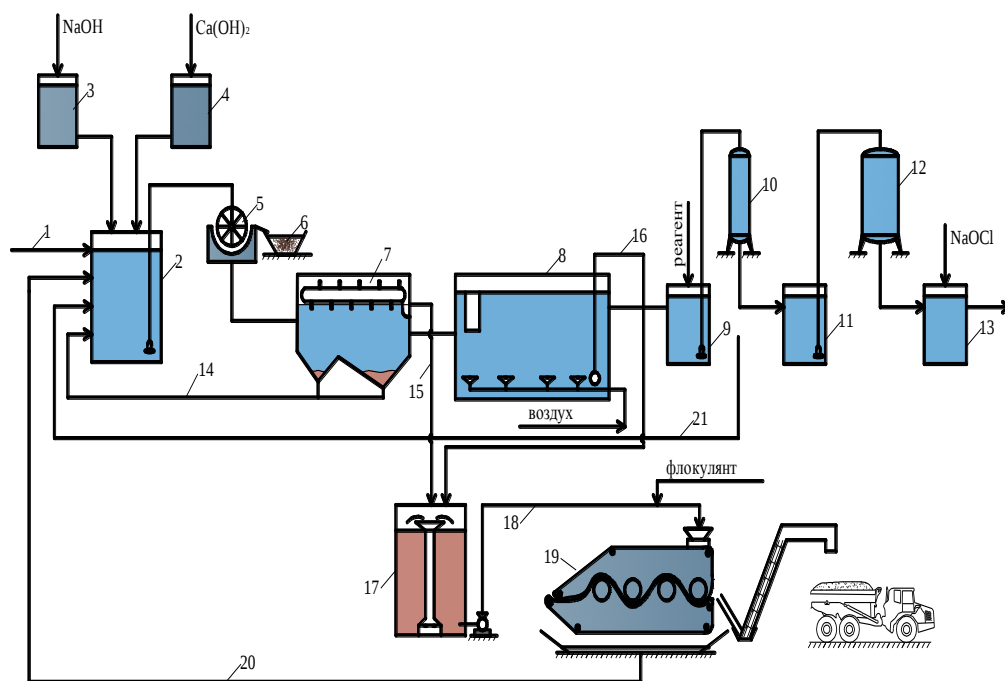


Рис. 1. Технологическая схема очистки высококонцентрированных производственных стоков предприятия пищевой промышленности.

1 – смесь производственных и бытовых сточных вод; 2 – резервуар-усреднитель; 3 – бак приготовления щелочи; 4 – бак приготовления извести; 5 – барабанное сито; 6 – емкость для приема отбросов из барабанного сита; 7 – флотатор; 8 – биореактор; 9 – резервуар биологически очищенных стоков; 10 – песчаный фильтр; 11 – резервуар доочищенных стоков; 12 – угольные фильтры; 13 – резервуар очищенных стоков; 14 – осадок из флотатора; 15 – пена из флотатора; 16 – избыточный активный ил; 17 – аэробный стабилизатор; 18 – стабилизированный осадок; 19 – фильтр-пресс для обезвоживания осадка; 20 – фильтрат; 21 – промывная вода песчаных фильтров.

Перемешивание поступающей сточной жидкости и иловой смеси, находящейся в биореакторе, производится в режиме пульс-пауз. Режим предполагает периодическое включение воздухоподогревателя на кратковременный период работы. Воздухоподогреватель включается в работу через каждые 10 минут, период работы воздухоподогревателя устанавливается в программе настроек на 30, 60 или 90 секунд. Главным при выборе периода работы воздухоподогревателя является поддержание концентрации растворенного кислорода на минимально возможном уровне. На стадии денитрификации для восстановления окисленной формы азота (NO^{2-} и NO^{3-}) используется только часть органических веществ, поступающих со сточной жидкостью, остальная окисляется в период работы биореактора в режиме аэробного окисления органических веществ.

После завершения процесса денитрификации наступает период окисления в аэробных условиях органических веществ, неостребованных на стадии денитрификации. В этот период концентрация растворенного кислорода в биореакторе поддерживается на уровне 2-2,5 мг/л, благоприятном для поддержания максимальной скорости окисления органических веществ в аэробных условиях. Воздухоподогреватель также работает в периодическом режиме, однако включается в работу при достижении концентрации растворенного кислорода 2 мг/л и выключается при повышении до 2,5 мг/л. Процесс окисления органических веществ завершается при снижении БПК_{пол} до 15-20 мг/л и далее начинается процесс нитрификации.

На стадии нитрификации концентрация растворенного кислорода поддерживается на уровне 3-4 мг/л. Воздуходувка также работает в периодическом режиме и включается при концентрации растворенного кислорода 3 мг/л, а выключается при достижении 4 мг/л. В ходе эксплуатации установки подмечено, что при отключении воздуходувки при значении 4 мг/л какое-то время концентрация растворенного кислорода в иловой смеси постепенно увеличивается и может достигать 4,15-4,25 мг/л, затем в течение 10-30 секунд сохраняется неизменной и начинает снижаться медленно или быстро, в зависимости от концентрации ранее поступивших загрязнений. После завершения последнего цикла биологической очистки стоков (нитрификации) наступает период отстаивания иловой смеси. В программе настроек денитрификация продолжается 4 часа, аэробное окисление и нитрификация 6 часов, отстаивание и слив сточной жидкости по 1 часу. Итого за сутки совершается два полных цикла по 12 часов, из них слив производится только два часа.

Выпуск сточной жидкости из биореакторов осуществляется в резервуар биологически очищенных стоков, а затем насосами подается на песчаный фильтр. По проекту был принят двухслойный фильтр пропускной способностью 10 м³/ч. Загружен песком фракцией 0,4-0,8 мм и гидроантрацитом фракцией 1,6-2,5 мм. Общая высота рабочей загрузки 1,4 м, поддерживающий слой высотой 0,2 м фракцией 4-6 мм. Промывка фильтра принята водяная с интенсивностью 9 л/м²*ч. Для промывки фильтра проектом предусмотрено использование биологически очищенной сточной жидкости после биореакторов. Сточная жидкость после фильтра сбрасывается в резервуар-накопитель и далее закачивается в фильтры, загруженные активированным углем.

Угольные фильтры предназначены для удаления трудно растворимых органических веществ (в основном лигнина-естественного биополимера), которые невозможно удалить биологическим путём. Перед сбросом стоков в водоём (рыбо-хозяйственный II категории) сточная жидкость обеззараживается гипохлоритом натрия (NaOCl) при начальной дозе 3 мг/л по активному хлору. Контакт сточной жидкости и хлорной воды, вводимой насосом-дозатором, осуществляется в приемном резервуаре насосной станции, откачивающей стоки с территории предприятия в водоём.

Проектная технологическая схема обработки осадка представлена следующим образом. Пена после флотатора и избыточный активный ил из биореактора загружаются в аэробный стабилизатор. Причём, пена загружается во время работы флотатора (8 часов в сутки), а избыточный активный ил во время слива биологически очищенной сточной жидкости (2 часа в сутки), когда концентрация осевшего активного ила имеет максимальные значения. Аэробный стабилизатор оборудован эрлифтом для насыщения стабилизируемого осадка кислородом. Для обезвоживания стабилизированного осадка предусмотрен ленточный фильтр-пресс «KLEIN», работающий с флокулянтom. Приготовление флокулянта происходит на установке в автоматическом режиме. Доза вводимого флокулянта находится в пределах 1,5-3 кг на т обезвоживаемого осадка. Обезвоженный осадок выгружается в накопительную емкость (тележку) и периодически вывозится на полигон твердых бытовых отходов.

В целом компактная установка работает в периодическом режиме: при откачке сточной жидкости из резервуара-усреднителя работают барабанное сито, флотатор, осветленная сточная жидкость заполняет биореакторы. Далее после завершения всего цикла биологической очистки, заканчивающегося сливом биологически очищенной сточной жидкости, в работу включаются фильтры песчаные и угольные. Аэробный стабилизатор работает в непрерывном режиме, выгрузка стабилизированного осадка на фильтр-пресс производится два раза в сутки, каждый раз по 2 часа непрерывной работы.

Проектные недоработки

После детального изучения проектной документации по компактной установке был выявлен ряд технологических недостатков, часть из которых была устранена эксплуатацией. Ниже приводится перечень основных проектных недоработок и пути их устранения.

В состав компактной установки включено по одному сооружению (резервуар-усреднитель, резервуар осветленных стоков, резервуар биологически очищенных стоков, песчаный фильтр, резервуар доочищенных стоков, аэробный стабилизатор) и по одному оборудованию (барабанное сито, флотатор, фильтр-пресс). Любые профилактические или ремонтные работы, требующие больших затрат времени, вынуждают выключать очистные сооружения из работы. Если производственные цеха работали в обычном режиме, то поступающие стоки приходилось вывозить ассенизационными машинами на специальные полигоны. Это увеличивает эксплуатационные затраты, связанные с вывозом стоков автотранспортом и размещением этих стоков на полигоне твердых бытовых отходов, а также дестабилизирует работу сооружений биологической очистки, которые не получают необходимой питательной подпитки. Эту проектную недоработку устранить невозможно, поэтому все профилактические и ремонтные работы эксплуатация очистных сооружений приурочивает к плановым остановкам основного производства.

Мало того, что резервуар-усреднитель принят один, но он ещё имеет малые размеры, его вместимость не превышает четырёхчасового приёма стоков. Обычно резервуары-усреднители рассчитываются с учётом графика притока сточной жидкости на очистные сооружения, в среднем их объём равен 18-20 часовому усреднению стоков. Для предприятия, имеющего высокий коэффициент часовой неравномерности, как по притоку сточной жидкости, так и поступлению загрязнений, недостаточный объём резервуара-усреднителя практически не решает проблемы сокращения требуемых объёмов сооружений. При этом не решается вопрос стабилизации работы комплекса по очистке сточных вод, особенно биореакторов, наиболее чувствительного к изменению нагрузки по органическим загрязнениям. Строительство дополнительного резервуара-усреднителя запланировано на период капитальной реконструкции объекта, намеченной на ближайшие годы.

К сожалению, не предусмотрены резервуары-накопители растворов, образующихся при санитарной обработке технологического оборудования. Эти растворы помимо высокой концентрации органических веществ, удаляемых из технологического оборудования, содержат моющие и обеззараживающие средства. При попадании на очистные сооружения канализации свежих моющих растворов нарушается работа биореакторов и аэробных стабилизаторов, последние подвержены влиянию в большей степени, так как они имеют намного меньшие размеры и принимают высококонцентрированную пену. С течением времени в этих растворах активность обеззараживающих средств теряется, и они могут малыми порциями срабатывать на очистные сооружения. Строительство резервуаров – накопителей также запланировано на период капитальной реконструкции объекта, намеченной на ближайшие годы.

Отбросы, удаляемые из барабанного сита представлены в основном водой и крупными органическими включениями, которые собираются в ёмкость и вывозятся на полигон твердых бытовых отходов. С целью сокращения эксплуатационных затрат на вывоз крупных включений автотранспортом, оплату размещения этих отходов, а также сохранения от загрязнения окружающей среды, предложено снимаемые отбросы измельчать в мацераторе и возвращать в резервуар-усреднитель. Реконструкция этого узла также запланирована на период капитальной реконструкции объекта, намеченной на ближайшие годы.

В проекте было указано снижение фосфора с 20-40 мг/л до 2 мг/л на стадии механической и биологической очистки. Однако анализ принятой проектом технологии очистки сточной жидкости показал, что снизить фосфор на 90-95 % невозможно только за счёт его использования на синтез биомассы в биореакторах. Рассмотрим это на примере. Примем средний фактический прирост активного ила равным 500-600 мг/л, примем также среднюю долю фосфора в клетке микроорганизмов равной 1-2 % от массы сухого вещества клетки. Тогда получается, что на синтез новых клеток требуется всего лишь 5-12 мг/л фосфора. Таким образом, при поступлении в биореакторы фосфора в количестве 20-40 мг/л после биореактора его концентрация понизится за счёт использования на синтез биомассы только до 15-28 мг/л. Предложена и в настоящее время реализована технология снижения основной массы фосфора на стадии усреднения стоков путем дозирования извести в резервуар-усреднитель [1]. Количество вводимой извести обеспечивает связывание основной части фосфатов с известью в трудно растворимую соль ортофосфорной кислоты $[\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$. Остаточная концентрация фосфора после флотатора поддерживается в пределах 7-14 мг/л, что обеспечит необходимое количество фосфора для нормальной работы биореактора. Подмечено, что ввод извести в резервуар-усреднитель позволяет снизить концентрацию сульфатов в поступающей сточной жидкости с 50-90 мг/л до 7-25 мг/л.

Согласно проектным данным для промывки песчаного и угольного фильтров предложено использовать биологически очищенную сточную жидкость после биореакторов. Действительно, такой вариант экономит эксплуатационные затраты, так как не требуются затраты на доочистку стоков, которые потом будут использованы для промывки фильтров. Однако при этом не учтено следующее. В процессе эксплуатации биореакторов возможно нарушение их работы по разным причинам: в результате «вспухания» активного ила или его гибели, снижения качества очистки из-за залпового сброса органических загрязнений на сооружения биологической очистки, невозможности своевременной откачки избыточного активного ила из биореакторов, приводящей к повышению уровня стояния активного ила в момент слива сточной жидкости и многое другое. Вынос частиц активного ила из биореакторов может быть столь значительным, что такая техническая вода, используемая для промывки фильтра, явится источником загрязнения его рабочей загрузки. Например, при развитии в биореакторе процесса «вспухания» активного ила вынос ила может достигать 50-100 мг/л. Промывка фильтра водой даже с меньшей концентрацией исключает получение в фильтрате концентрации взвешенных веществ 2 мг/л. Рекомендовано использовать для промывки профильтрованную сточную жидкость, Произведен демонтаж насосов в резервуаре биологически очищенных стоков с перенесением их в резервуар доочищенных стоков.

Проектная схема предусматривала возврат промывной воды песчаного фильтра, содержащей мелкие частицы активного ила и песка, в резервуар осветленных стоков с последующей их закачкой в биореакторы, оборудованные мембранными аэраторами. Длительная эксплуатации по такой схеме сокращает сроки службы дорогостоящих аэраторов, имеющих размеры пор 30-50 мкм, из-за их засорения. Рекомендовано промывную воду фильтра сбрасывать в резервуар-усреднитель, при этом часть минеральных частиц будет задерживаться на барабанном сите, часть окажется в аэробном стабилизаторе и далее по цепочке будет обезвреживаться на фильтр-прессе.

Принятая проектом технология доочистки стоков по фосфору не обеспечивает снижение фосфора до ПДК (0,2 мг/л) при введении хлорного железа из-за высокой концентрации фосфора, поступающего из биореактора. После биореактора концентрация фосфора, как уже указывалось ранее, составляет примерно 15-28 мг/л. Для получения необходимого эффекта реагент требуется вводить в соотношении по массе $\text{P}:\text{Fe}^{3+} = 1:(1,5-2)$. Хлорное железо неплохой реагент, он относится к одному из самых актив-

ных, содержит хлор, способен не только связывать фосфор в труднорастворимое соединение (FePO_4), но и предотвращать образование биопленки на фильтрующей загрузке. Однако при высокой концентрации фосфора, поступающего на фильтр, доза вводимого реагента должна составлять для рассматриваемого случая 22,5-56 мг/л. В этом случае остаточная концентрация железа (в пересчёте на Fe^{3+}) в очищенной сточной жидкости всегда будет превышать ПДК на сброс в водоём (0,1 мг/л). Во избежание ухудшения качества очистки стоков рекомендовано заменить хлорное железо на сернокислый алюминий $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ или ОХА. В сочетании с предварительным связыванием фосфора известью на стадии усреднения сточной жидкости это дает хороший результат.

Для двух угольных фильтров не предусмотрена система регенерации загрузки. В процессе эксплуатации после исчерпания обменной ёмкости фильтр будет работать как обычный зернистый фильтр, предназначенный для задержания взвешенных веществ, а трудноокисляемые органические вещества (в основном лигнин) будут сбрасываться в водоём. Лигнин не удаляется биологическим путем в биореакторах, его можно удалить только окислителями (озоном, пероксидом водорода, хлором), либо реагентами (известью, сернокислым алюминием, ОХА). К сожалению, вопрос удаления из сточной жидкости лигнина на этом объекте пока остается не решенным.

Часто встречающиеся нарушения в работе компактной установки

Длительное наблюдение за работой компактной установки и поиск оптимального технологического режима позволили выявить целый ряд возможных нарушений в её работе. Ниже приводится перечень наиболее часто повторяющихся нарушений и способов их устранения.

На очистные сооружения поступает практически не аммонифицированная сточная жидкость. Так, концентрация аммонийного азота в поступающих на очистку производственных стоках не превышает 0,6 мг/л, в то время как на синтез биомассы активного ила требуется минимум 25-30 мг/л при приросте избыточного ила 500-600 мг/л. Это обстоятельство естественно отражается на снижении скорости окисления органических веществ в биореакторах. Только по этой причине продолжительность обработки сточной жидкости в биореакторах составляет около 7 суток. Следует признать, что при такой концентрации достичь в очищенной сточной жидкости предельно-допустимую концентрацию аммонийного азота (0,4 мг/л), установленную для сброса в рыбо-хозяйственный водоём, довольно просто. Для городских стоков глубокая аммонификация сточной жидкости протекает в канализационных сетях, поэтому средняя продолжительность обработки сточной жидкости в аэротенках составляет 6-8 часов. Предполагается, что устройство резервуаров-усреднителей больших размеров может помимо усреднения расхода и состава сточной жидкости отчасти решить проблему её аммонификации.

Частым нарушением в работе барабанного сита является засорение отверстий жиром и органическими частицами. Это объясняется двумя причинами: недостаточной гомогенизацией органических частиц, связанной с ограниченным временем пребывания сточной жидкости, в резервуаре-усреднителе и его промывкой холодной водой. После включения дополнительного узла по подогреву до 60°C технической воды, используемой для промывки, сито стало работать стабильно.

Флотатор, работающий с высоким давлением в сатураторе (6-7 атм) и повышенным расходом циркуляционной воды, обеспечивает очень высокий эффект изъятия взвешенных веществ из сточной жидкости, в результате в биореакторах формируются облегченные «хлопочки» активного ила с неудовлетворительными седиментационными свойствами. Это провоцирует повышенный вынос активного ила из биореакторов и

увеличивает число промывок песчаного фильтра. По этой причине в процессе эксплуатации постоянно отслеживается качество поступающей сточной жидкости и регулируется подача в сатуратор технической воды и воздуха.

«Вспухание» активного ила относится к самому часто повторяющемуся нарушению в работе биореакторов. «Вспухание» может быть вызвано многими причинами: залповым сбросом органических загрязнений, повышенной эффективностью работы флотатора, чрезмерной интенсивностью аэрации в биореакторах, длительной работой биореактора в режиме острого дефицита кислорода, массовой гибелью активного ила, вызванной поступлением токсичных стоков, подпиткой активного ила в биореакторах углеводами (сахаром или лимонной кислотой) во время вынужденной или запланированной остановки производственных цехов, длительной работой биореактора при низких значениях фосфора и pH. В процессе эксплуатации по возможности своевременно исключаются все случаи, провоцирующие развитие процесса «вспухания» активного ила.

Очень часто в биореакторах наблюдается дефосфатирование сточной жидкости либо из-за чрезмерной аэрации активного ила, либо из-за острого дефицита кислорода. В первом случае это происходит в результате длительной аэрации сточной жидкости, поступившей с небольшим количеством органических загрязнений, приводящей к самоокислению бактериальных клеток и выходу наружу их содержимого. Во втором случае при остром дефиците O_2 начинается перестройка микроорганизмов с аэробного дыхания на анаэробное сбраживание и микроорганизмы освобождаются от части фосфора, использованного ими в аэробных условиях на синтез молекулы АТФ. Усугубление этих нарушений предупреждается путём своевременной корректировки программы настройки технологического режима работы биореакторов.

Очень часто активный ил в биореакторах погибает из-за поступления даже небольшого количества сточной жидкости, содержащей моющие и дезинфицирующие средства. После чего активный ил может восстанавливаться в зависимости глубины поражения в течение 3-4 недель. Наличие культиваторов для выращивания активного ила на производственных стоках позволило бы в течение короткого времени восстановить активный ил и стабилизировать работу биореакторов. На этом объекте под культиваторы предполагается выделить емкости, которые будут высвобождены при проведении капитальной реконструкции компактной установки. В настоящее время в качестве культиватора используется емкость около 1 м^3 , подпитка активного ила осуществляется как сточной жидкостью, так и концентрированными отходами производства.

Серьёзным нарушением в работе комплекса по очистке сточных вод является интенсивное развитие в биореакторах процесса денитрификации во время отстаивания иловой смеси, особенно это характерно для летнего периода, когда температура сточной жидкости может достигать $27-34^{\circ}\text{C}$. Процесс денитрификации сопровождается массовым всплыванием на поверхность биореакторов активного ила и его выноса на песчаный фильтр. В связи с этим было принято решение: в период, предшествующий отстаиванию, иловую смесь насыщать растворённым кислородом до предельно возможной концентрации (7-8 мг/л). Это мероприятие не решает проблему полностью, но сглаживает её остроту [2].

В самом начале эксплуатации компактной установки была выявлена серьёзная проблема, связанная с её ограниченной пропускной способностью. Суть этой проблемы заключалась в следующем. Расчётная проектная пропускная способность установки составляла $300\text{ м}^3/\text{сут}$. При двух работающих биореакторах каждый должен обрабатывать $150\text{ м}^3/\text{сут}$. Если полный цикл в биореакторе протекает за 12 часов, то каждую смену из биореактора за час должно отводиться 75 м^3 . Что запроектировано фактически: пропускная способность фильтра $10\text{ м}^3/\text{час}$, объём резервуара биологически очищенных сто-

ков 30 м^3 , итого пропускная способность узла выпуска сточной жидкости из биореактора на песчаный фильтр составляет $40 \text{ м}^3/\text{ч}$. Увеличить пропуск стоков через этот узел за счёт увеличения продолжительности слива сточной жидкости из биореактора (например, слив осуществлять 2 ч, вместо 1 ч) не представлялось возможным по двум причинам. Во-первых, нитрифицированный активный ил, находясь в течение трёх часов (1 час до слива и 2 часа в период слива) без доступа кислорода, будет подвергаться сильнейшей денитрификации с массовым его всплыванием на поверхность биореакторов. Во-вторых, при длительном нахождении активного ила в анаэробных условиях создаются благоприятные условия для развития процесса дефосфатирования, сопровождающегося обогащением сточной жидкости фосфором. В-третьих, при достаточно высокой температуре сточной жидкости ($27\text{--}34^\circ\text{C}$), которая поддерживается в тёплый период года, длительное нахождение в анаэробных условиях активного ила приводит к качественному изменению его свойств, иногда перерождающемуся во «вспухание» активного ила. Первоначально эта проблема была решена путем увеличения фракции рабочей загрузки фильтра с 0,6-0,8 мм до 1,6-2,5 мм. К сожалению, практика показала, что такой вариант не приемлем, так как это приводит к прохождению через крупную загрузку кристалликов ортофосфорной кислоты, которые образуются после введения реагента, дозирование которого производится в резервуар биологически очищенных стоков. Проблема была решена путем увеличения резервуара биологически очищенных стоков вдвое за счёт имеющего резервного резервуара и замены фильтра на фильтр с большей пропускной способностью. Во вновь смонтированном однослойном фильтре предусмотрена песчаная загрузка фракцией 0,6-1,2 мм и предусмотрена водовоздушная промывка.

С позиции сегодняшнего дня явным недостатком проекта является отсутствие датчиков контроля группы азота (аммонийного, нитритов и нитратов), фосфора как в биореакторах, так и на всех этапах очистки сточной жидкости. Наличие датчиков контроля группы азота, с помощью которых включаются и выключаются воздухоподогреватели, позволило бы исключить нежелательные отклонения этих показателей от ПДК. Установка датчиков намечена на период проведения капитальной реконструкции очистных сооружений канализации.

В ходе наблюдения за работой вновь смонтированного песчаного фильтра удалось установить интересную закономерность, позволяющую определить качество промывки фильтрующей загрузки [3]. Так, при идеальной промывке концентрация фосфора после фильтра снижается на 0,3-1,5 мг/л, при нормальной промывке она остается неизменной, при некачественной промывке концентрация фосфора после фильтра увеличивается на 0,3-2 мг/л. При обнаружении некачественной промывки фильтр промывается в ручном режиме, а затем переводится в автоматический режим.

В аэробном стабилизаторе насыщение сточной жидкости кислородом производится эрлифтом, диффузор которого находится на высоте примерно 1 м от дна. Практика эксплуатации показала, что эрлифт не только повреждает механически стабилизируемый осадок, но малоэффективен по насыщению иловой смеси кислородом. Более того, при критическом снижении уровня осадка в стабилизаторе его насыщение кислородом прекращается. Концентрация растворенного кислорода в этом сооружении, как правило, составляет 0,5-1 мг/л, что явно недостаточно для аэробных процессов. Осадок практически не уплотняется даже при его концентрации 6-8 г/л из-за его сильной диспергации. Замена системы распределения воздуха на средне-пузырчатую аэрацию намечена на период проведения капитальной реконструкции компактной установки.

Частым нарушением работы фильтр-пресса является сползание осадка с ленты и скапливание осадка, проникающего через поры фильтровальной ленты под последними валиками. Факторов, вызывающих неудовлетворительную работу фильтр-пресса, дос-

точно много. Прежде всего, это недостаток или избыток вводимого флокулянта, использование старого флокулянта, некачественная промывка верхней и нижней лент из-за засорения форсунок или недостаточного давления подаваемой технической воды, затирание фильтровальных лент, низкое значения pH обезвоживаемого осадка и наличие в нём большого количества мелких некоагулированных частиц. Накопленные в процессе эксплуатации знания основных причин нарушения работы фильтр-пресс позволяют эксплуатации исключать их повторения путем своевременного проведения профилактических работ.

В таблице приводятся данные по эффективности работы компактной установки по усредненным годовым данным, поступающей и очищенной сточной жидкости за 2016 год.

Показатели поступающей и очищенной сточной жидкости

№	Показатель	Значение показателей сточной жидкости		
		поступающая	очищенная	ПДК при сбросе в водоём
1.	Взвешенные вещества, мг/л	2100-2600	0-0,5	2
2.	БПК _{пол} , мг/л	2300-2700	2.5-3.5	3
3.	ХПК	3200-4500	30-40	30
4.	Группа азота:			
	азот общий, мг/л	120-160	-	-
	аммонийный азот, мг/л	0,2-0,6	0,04-0,15	0,4
	нитриты, мг/л	отсутствуют	0,05-0,08	0,08
	нитраты, мг/л	отсутствуют	15-28	28
5.	Сульфаты, мг/л	50-90	7-25	58
6.	Фосфор (по Р), мг/л	20-40	0,2-0,4	0,2
7.	Хлориды, мг/л	50-70	50-70	80
8.	ПАВ, мг/л	10-20	0,25-0,35	0,41
9.	Жиры, мг/л	50-100	отсутствуют	отсутствуют
10.	Активная реакция (pH)	4,5-5,5	7,5-8,5	6,5-8,5
11.	Температура, °C	20-40	20-35	не более 40

Как видно из таблицы, качество очистки практически по всем показателям отвечает ПДК, исключение составляет показатель по ХПК, значение которого всегда выше нормы, что обусловлено наличием в стоках остаточной концентрации трудно растворимых органических загрязнений (лигнина). По другим показателям, например, взвешенным веществам, аммонийному азоту, сульфатам ПАВ значения показателей намного ниже ПДК. ПАВ представлены в основном сапонами, которые относятся к естественным вспенивателям, которые при концентрации 0,41 мг/л не образуют пены в водоёме при любой волне.

Вывод. После устранения большей части имевшихся проектных недоработок компактная установка способна обеспечить требуемую степень очистки стоков при их сбросе в рыбо-хозяйственный водоём I или II категории. Предстоящая в ближайшие 2-3 года капитальная реконструкция компактной установки позволит значительно стабилизировать её работу.

Литература

1. Пат. 2593877 Российская Федерация, МПК С 02 F 9/04, С 02 F 1/58, С 02 F 101/10, С 02 F 103/28, С 02 F 103/32. Способ очистки сточной жидкости от фосфатов и сульфатов [Текст] / Г.Т. Амбросова, Е.Н. Матюшенко, К.П. Гавриленко, М.Ю. Немшилова, К.А. Разгоняева.; заявитель и патентообладатель НГАСУ (Сибстрин). – № 2014144829/05; заявл. 05.11.2014; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. – 9 с.
2. Амбросова Г.Т. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, С.Д. Иванова, Ш. Ганзориг // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016, №2. – С. 25–36.
3. Ambrosova G. T., Matyushenko E. N., Funk A. A. «On the question of reduction of phosphates». 8th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, Yerevan, 26–28 October, 2016. (0,75 п.л.).