

КАНАЛИЗАЦИЯ И ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ — НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

Иванов А. Н., генеральный директор, Научно-производственная фирма «Экологическая химия», г. Новосибирск,

Дуамбеков М. С., д-р техн. наук, профессор, президент, Международная академия экологии, Республика Казахстан, г. Нур-Султан,

Молдагулова Н. Б., вед. науч. сотр., Учреждение «Международная академия экологии», Республика Казахстан, г. Нур-Султан

Приведено описание процессов и проблем, возникающих при перекачивании сточных вод, и в особенности технологических проблем, возникающих на очистных сооружениях в процессе очистки стоков. Авторы статьи в рамках своей профессиональной деятельности провели работы на более чем 40 очистных сооружениях России, Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Монголии и Индии — практически везде существует проблема очистки сточных вод с высоким содержанием загрязнений. Отдельно можно отметить проблемы, связанные с высоким содержанием фосфора в очищенной воде. Одну из причин авторы статьи видят в изменении стандартов водопотребления, повышении тарифов и установке водосчетчиков, которые привели к резкому сокращению потребления воды. Похожая ситуация сложилась в Германии, когда Восточная Германия воссоединилась с Западной, по новым стандартам в Восточной части был везде установлен контроль потребления воды и повышен тариф. В результате резко снизилось водопотребление, следствием чего стало катастрофическое изменение процессов транспортировки стоков в коллекторах и, как следствие, целый каскад новых проблем на очистных сооружениях. Актуальность статьи также продиктована тем, что в ходе выполнения проекта «Органический пояс вокруг городов Казахстана — 2020» специалисты Научно-производственной компании «Экологическая химия» и Международной академии экологии (г. Нур-Султан) получают массовые обращения от технологов и руководителей водоканалов в разных городах Казахстана с просьбой решить проблемы обезвоживания шламов, устранить или уменьшить запахи, снизить содержание фосфора в стоках. Аналогичные просьбы все чаще поступают и от российских предприятий.

Ключевые слова: очистные сооружения канализации, эксплуатация КОС (канализационные очистные сооружения), очистка воды, канализация, канализационные коллекторы, анаэробное брожение, фосфаты в стоках, садки сточных вод, обезвоживание, иловые площадки, компостирование.

Несмотря на активное развитие технологий во всех сферах нашей жизни, вода остается, как и тысячи лет назад, незаменимой субстанцией — универсальным растворителем питательных веществ, средством доставки этих веществ в кор-

ни растений, в клетки микро- и макроорганизмов, средой обитания, основой для миллионов химических реакций и т. д. Как ни парадоксально, несмотря на всю ценность и значимость, вода, как и много веков назад, по-прежнему используется

для транспортировки отходов и продуктов жизнедеятельности на очистные сооружения, только в России ежедневно миллионы кубометров пресной питьевой воды после использования сливаются в канализацию.

Стоит отметить, что современный подход к потреблению воды становится более осознанным; применение счетчиков воды, нового оборудования санузлов и т. д. приносят положительные результаты. Однако только немногие специалисты понимают, что данные преобразований вызывают и существенные побочные эффекты. Решение этих проблем требует значительных финансовых затрат и глубокой модернизации системы канализации.

Водоснабжение затронуто не критично, снижение потребления воды приводит к снижению скорости движения воды в трубопроводах, в некоторых случаях вызывает застойные явления и незначительное снижение качества подаваемой воды. Так или иначе, водоснабжение всегда производится в напорном режиме, а содержание взвешенных веществ в этой воде можно приравнять нулю.



Рис. 1. Классический канализационный коллектор из ЖБИ-элементов с дурно пахнущим бродящим осадком на дне

С канализацией ситуация выглядит иначе: система канализации эксплуатируется преимущественно в «самотечном» безнапорном режиме, бытовые и производственные сточные воды содержат значительные количества органических веществ, способных быстро гнить и служить питательной средой для массового развития различных, в том чис-



Рис. 2. Разрушение железобетона под действием влаги и иных факторов

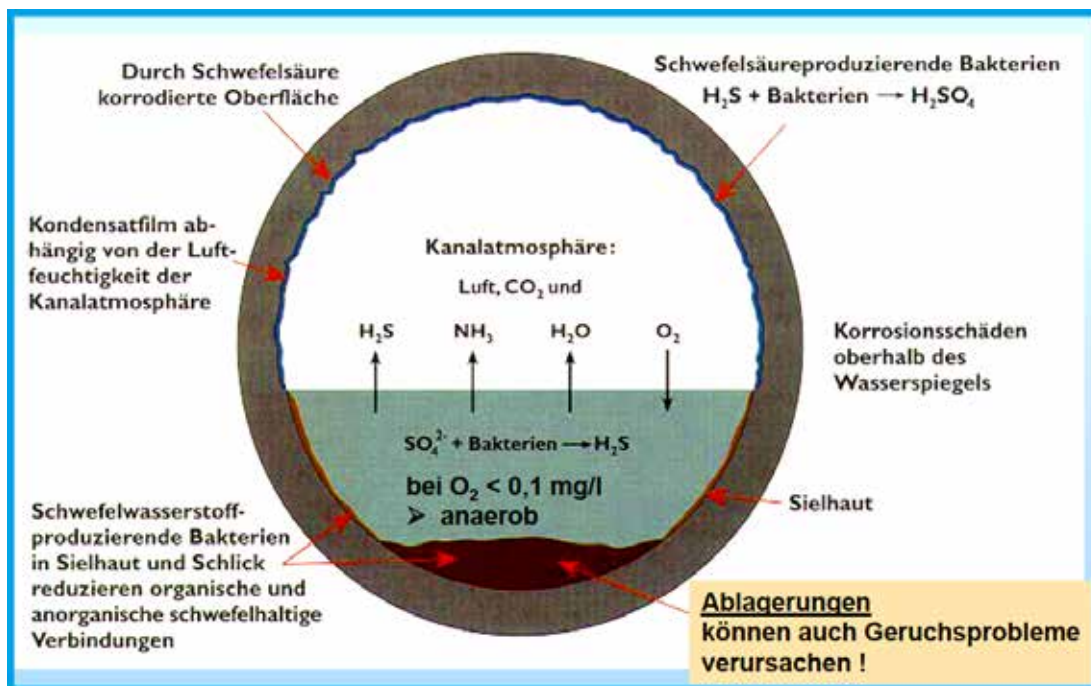


Рис. 3. Схема разрушения коллектора из ЖБИ под действием серной кислоты

ле, патогенных микроорганизмов. Даже незначительное снижение расхода воды приводит к замедлению движения стоков по канализационным трубам и коллекторам, а снижение даже на 20–40% приводит к тому, что взвешенные вещества начинают осаждаться на дне коллекторов и накапливаться, формируя постоянно растущий плотный неподвижный слой (рис. 1), в котором достаточно быстро формируется устойчивый анаэробный биоценоз, со всеми вытекающими последствиями (рис. 2).

На рис. 3 показан процесс разрушения коллекторов как результат жизнедеятельности анаэробных бактерий, которые в огромных количествах находятся в осадке на дне коллектора. С поверхности сточных вод в атмосферу коллектора выделяется сероводород, аммиак, иные газообразные метаболиты бактерий и пар. На внутренней открытой поверхности коллектора формируется бактериальная пленка, в которой размножаются бактерии, перерабатывающие сероводород в серную кислоту, которая вместе с конденсатом постоянно воздействует

на стенки коллекторов, впитывается в бетон и разрушает арматуру.

Известно, что анаэробное гниение не редко сопровождается выделением таких дурно пахнущих веществ, как индол, крезол, фенол, скатол, диамины производные, которые являются трупными ядами, также выделяется аммиак и диоксид углерода.

Таким образом, отложения на дне коллекторов (площадь которых составляет сотни и тысячи квадратных метров) являются источником неприятных, а главное, опасных запахов в городах и населенных пунктах.

В значительной степени ситуацию усугубляет состояние ливневых колодцев и коллекторов. В большинстве городов прочисткой и эксплуатацией ливневого хозяйства занимаются «постольку-поскольку», или не занимаются вообще. При ремонте автодорог нередко ливневые колодцы просто засыпают и асфальтируют, так как это намного дешевле, чем проводить их чистку, реконструкцию, а затем еще интеграцию «ливневого» люка в автодорожное полотно.

Еще одним негативным фактором, способствующим формированию слоя на дне коллекторов, является форма самих коллекторов, традиционно в России для строительства коллекторов используются круглые бетонные кольца, в свою очередь в Европе еще в XIX веке канализационные коллекторы выкладывались кирпичом, при этом сечение коллектора выполнялось в форме вытянутого овала либо в форме яйца, повернутого узким концом вниз (рис. 6). В таком коллекторе даже при минимальном объеме сточной воды всегда сохраняется достаточная скорость потока сточной воды, и соответственно происходит самопромывка коллектора.

В наши дни такая идея кажется не вполне приемлемой, однако, стоит отметить, что некоторые производители «сохранили традицию» и дают возможность прокладывать коллекторы с сечением трубы в форме яйца.



Где рис. 4? Рис. 5. Заасфальтированные люки ливневой канализации

Водопроводные сети можно условно назвать «артерии» города, так как они действительно имеют протяженность многие десятки километров и огромную сеть ответвлений до каждого водоразборного устройства, будь то душевая кабина

Early sewer designs. Best "capacity" for combined use was the oval shape (right) and best hydraulic combination was the egg shape (below). (Illustrations from WRC library)

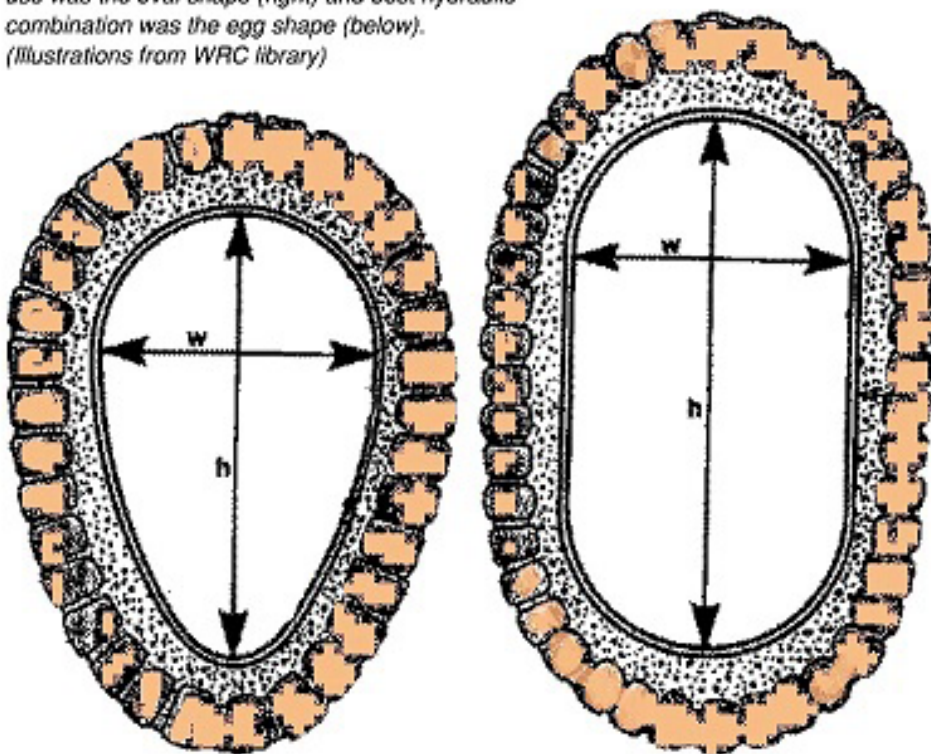


Рис.6. Канализационные коллекторы в форме вытянутого овала и в форме яйца



Рис. 7. ЖБИ для самопромывающихся канализационных коллекторов в форме яйца

или кран встроенного фильтра питьевой воды. Да, «артерии» должны быть чисты и здоровы, но ведь и про «вены» забывать нельзя, это тоже часть организма любого города.

На практике, о канализации вспоминают только тогда, когда в разрушенные

коллекторы проваливаются огромные массивы грунта, дома, люди и автомобили. Между тем, как «бомба замедленного действия», коллекторы, проложенные еще в советское время 40–60 лет назад, разрушаются, о проблеме можно не говорить и не реагировать на нее, но от этого «отложенные последствия» будут еще более критичными.

К сожалению, проблемы, вызванные анаэробными бактериями, из канализационных коллекторов переходят в насосные станции перекачивания сточных вод (рис. 9). Сточная вода приносит в резервуар насосной станции вместе с загрязнениями огромное количество бактерий и микроорганизмов, часть из которых накапливается на дне резервуара насосной станции. Общая особенность всех резервуаров для накопления и перекачивания стоков состоит в том, что на дне резервуаров имеется приямок, или просто зона накопления переходящего осадка (выделено розовым цветом на рис. 9), которая находится ниже порога отключения насоса, в зоне начинает работать принцип «чайного гриба», после каждого отключе-



Рис. 8. Стеклопластиковый самопромывающийся коллектор в форме яйца

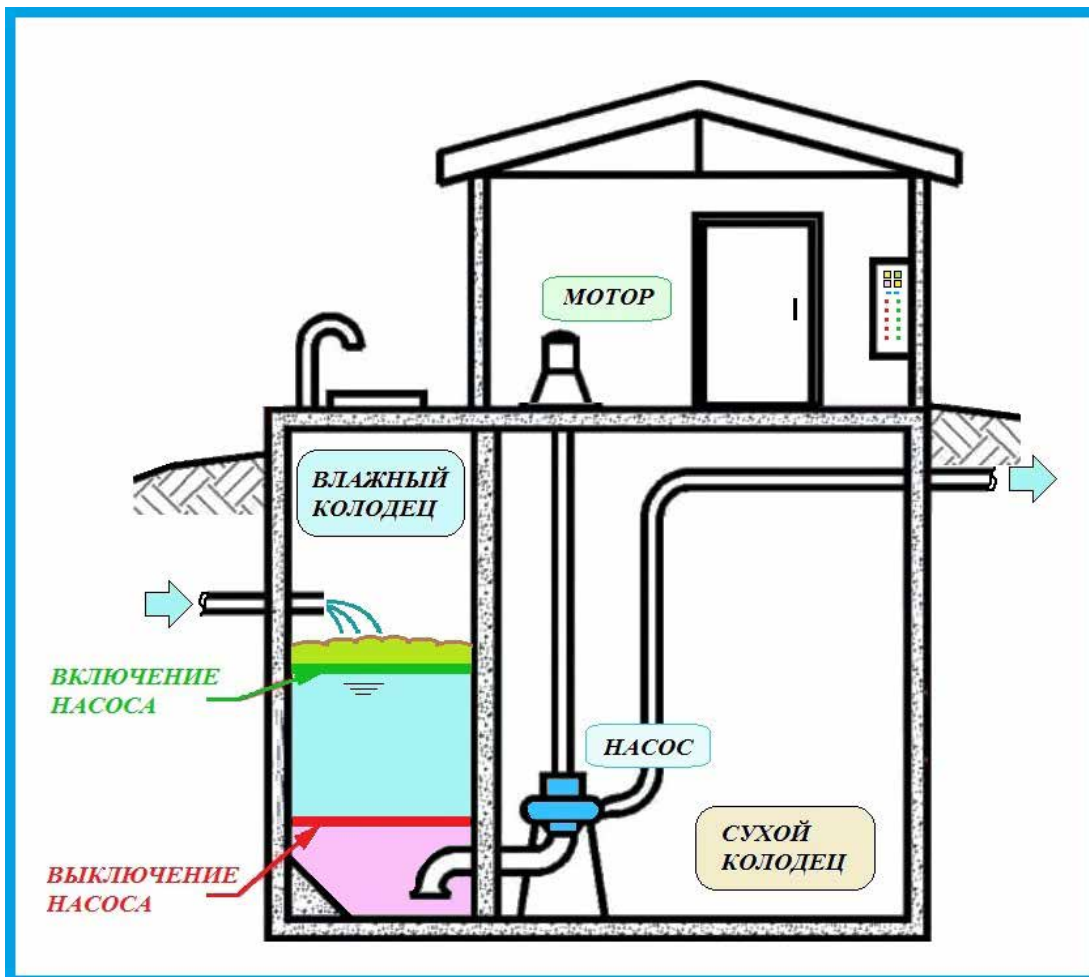


Рис. 9. Схематическое изображение станции перекачивания стоков

ния насоса в этом месте остается остаток забродившей сточной воды, который отдает свои свойства вновь поступающим стокам, получается циклический процесс с сохранением анаэробного биоценоза на дне резервуара. По аналогии с коллекторами, в осадке на дне резервуара идут анаэробные процессы, в пространство над стоками также выделяется аммиак, сероводород и другие вещества, на стенках резервуара также образуется бактериальная пленка, в которой имеются бактерии, способные перерабатывать сероводород в серную кислоту, которая вместе с конденсатом проникает в бетон, разрушает его и арматуру (рис. 10). Не редко на поверхности приемной камеры накапливается слой мусора и пены, в котором также происходят неконтролируемые

химические и биологические процессы, при этом плавающий верхний слой, как нижний слой на дне, не выкачивается насосом и всегда остается, внутри формируя, по сути, второй аэробно-анаэробный биоценоз в резервуаре насосной станции.

Прежде чем перейти к анализу работы КОС — канализационных очистных сооружений, — хотелось бы сделать промежуточный вывод. Городские сточные воды, представляющие собой сложную смесь органических и химических загрязнений, в процессе сбора и транспортирования через коллекторы и насосные станции подвергаются дополнительному биологическому, химическому загрязнению, которое является результатом неконтролируемых биологических процессов и стихийных химических реакций, про-



Рис. 10. Разрушение защитного слоя бетона, обрушение конструкций

исходящих в сточной воде. Стоит обратить внимание на то, что протяженность канализационных коллекторов в крупных городах составляет десятки километров.

Работа КОС остается всегда вне поля зрения жителей, для большинства очистные сооружения вообще существуют только теоретически, и любое упоминание вызывает только негатив, в то время как очистные сооружения являются единственным барьером, отделяющим продукты жизнедеятельности человека и отходы промышленных предприятий от водоемов, которые являются основой среды обитания человека и всего живого, имеют принципиальное значение для общества.

Проблемой большинства КОС является заметное сокращение объема поступающих стоков и существенное повышение концентрации взвешенных веществ в сточной воде, если например в 2005–2008-е гг. средней нормой для большинства сооружений можно было считать 160–220 мг/л, в паводок — до 400 мг/л, то сегодня многие водоканалы вынуждены принимать стоки концентрацией до 500–600 мг/л, а в паводок — более 1 г/л. Другими словами, изменения в режиме водопотребления за последние 10 лет привело к повышению концен-

трации загрязнений в сточных водах в 2–3 раза, что, естественно, оказывает негативное влияние на качество очистки и требует существенной корректировки технологии.

Заметные изменения в составе и количестве сточных вод произошли также из-за трансформации производственной сферы и сферы услуг, некоторые крупные предприятия закрылись, уменьшив объем стоков и частично уменьшив поступление загрязнений, с другой стороны, появились десятки и сотни мелких предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, автомойки и предприятия быстрого питания, иные малые предприятия, нередко использующие канализацию как средство избавления от всех видов жидких отходов (масла, технические жидкости, бытовая химия и т. д.), а также используя современные измельчители от твердых органических и иных отходов.

Отдельно следует обратить внимание на то, что очень серьезную озабоченность водоканалов вызывают изменившиеся привычки населения — все чаще канализацию начинают использовать как средство избавления от мусора. Особые проблемы вызывают влажные салфетки и ушные палочки, так как они легко проходят через защитные решетки и, скапливаясь в больших количествах, приводят к засорению и аварийной остановке насосов, причем нередко речь идет об оборудовании стоимостью в сотни тысяч рублей.

Первый удар принимают на себя решетки механической очистки сточных вод, сталкиваясь с огромным количеством механических загрязнений. В некоторых городах до сих пор используются старые решетки с прозором 12 мм, что позволяет большому количеству загрязнений, минуя решетки, оказаться в песколовках и первичных отстойниках, большинство же предприятий сегодня эксплуатирует решетки с прозором 5–8 мм (важно отметить, что решетки с прозором 5–6 мм приходится



Рис. 11. Решетки с механической очисткой

прочистать чаще, чем решетки с прозором 8 мм).

Второе серьезное испытание выпадает на песколовки. Слишком высокое содержание взвешенных веществ (в том числе органики) заметно ухудшает осаждение песка, вместе с песком осаждается часть мусора, а присутствие в стоках продуктов гниения и брожения придают песку очень неприятный запах. Если ранее песковые площадки не имели резкого запаха и песок после вылеживания в течение 1–2 лет мог быть использован для тех или иных работ, то сегодня на большинстве сооружений песковые площадки превратились в источник резкого запаха, а о каком-либо использовании песка говорить не приходится.

Первичные отстойники — главный предмет данной статьи, так как именно здесь происходит самое неприятное явление и именно здесь совершается главная ошибка эксплуатации, следствием которой является нарушение работы всех очистных сооружений.

В 95% случаев технический анализ работы очистных сооружений показывает, что первичные отстойники эксплуатируются неправильно. Прокачивание отстойников производится с большими интервалами, чем положено, например, вместо двух раз в сутки всего один раз,



Рис. 12. Первичный отстойник

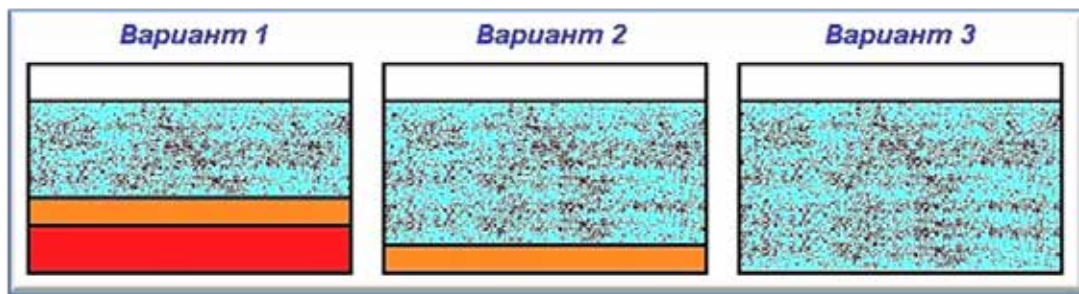


Рис. 13. Первичный отстойник (варианты прокачивания)

либо в экстремальном случае один раз в два дня!!! При этом влажность сырого осадка составляет 95–96% (что соответствует содержанию абсолютного сухого вещества 40–50 кг/м куб.), в отдельных случаях влажность сырого осадка составляет всего 92–93%, что можно считать абсолютным антирекордом и грубейшим нарушением технологии очистки стоков, учитывая тот факт, что технологическая норма для сырого осадка составляет 97,5–98,5% (что соответствует содержанию абсолютного сухого вещества 15–25 кг/м куб.).

Технологи сооружений объясняют ситуацию тем, что осадок лить некуда, иловые карты переполнены (*и про технологию активации работы иловых карт с флокулянтот Сибфлок и целевыми колодцами им неизвестно*), и потому осадок максимально сгущают, технологически это достигается следующим образом (рис. 13).

Рис. 13. Вариант 1. На дне отстойника находится очень густой осадок (отмечено красным цветом), над ним находится более жидкая часть осадка (отмечено оранжевым цветом) и сверху находится отстаивающаяся сточная вода со взвешенными веществами (отмечено голубым цветом). При прокачке отстойника выкачивается только «красный слой» — самый густой, «оранжевый» как переходящая закваска, проконтактировавшая с «красным слоем», остается в отстойнике.

Рис. 13. Вариант 2. По факту опять получается эффект «чайного гриба» — мы

сливаем «готовый продукт» — анаэробно сброженный сырой осадок с высоким содержанием фосфатов, сероводорода, аммиака, которые образовались уже здесь в отстойнике, и подливаем в свежую среду сточную воду, полную питательных веществ, для протекания дальнейших анаэробных трансформаций.

Если вернуться к технологическим нормам, то стоит отметить, что прокачка отстойников должна производиться по третьему варианту.

Рис. 13. Вариант 3, то есть до момента, когда выкачивается не осадок, а сточная вода, так как именно этот вариант прокачки позволяет обеспечить регулярную промывку отстойника и исключить возникновение процессов гниения, а значит, исключить мощное вторичное загрязнение осадка и сточной воды в первичных отстойниках.

В результате неправильной эксплуатации отстойников без того высококонцентрированные, трудно обрабатываемые сточные воды получают дополнительное повышение содержания сероводорода, аммиака и фосфора, также БПК (биологическая потребность в кислороде) и ХПК (химическая потребность в кислороде) — все это негативно сказывается на процессах биологической очистки стоков в аэротенках (рис. 14).

Очистка стоков в аэротенках — процесс достаточно сложный, во многом зависящий от видового многообразия микроорганизмов, входящих в состав активного ила. В норме в составе ила



Рис. 14. Пена в аэротенках, нарушение баланса микроорганизмов активного ила, стресс-факторы, токсичные или трудно окисляемые стоки, причиной иногда является фугат/фильтрат из ЦМО (собственный архив)

постоянно находится от 16 до 26 видов различных микроорганизмов плюс к этому периодически появляются и исчезают еще 5–10 видов, обычно они появляются и исчезают, например, в зависимости от температуры стока, концентрации растворенного кислорода или от иных факторов. Из-за сложного состава стоков, большого количества трудно-окисляемых загрязнений, низкой концентрации кислорода видовое многообразие активного ила беднеет, количество постоянно присутствующих и периодически появляющихся видов сокращается в 2–3 раза, что соответственно приводит к снижению качества очистки стоков.

Основными конкурирующими группами в биомассе активного ила являются флокулообразующие бактерии и нитчатые организмы, доминирование первых является показателем благополучия ила и обычно сопровождается обширным ви-

довым составом, в случае же доминирования «нитчатых» можно сделать вывод, что активный ил не здоров и находится под действием стресс-факторов, например, поступление вышеописанных стоков с высоким БПК и ХПК, с большим количеством токсичных и трудно окисляемых веществ.

Многолетние наблюдения (более 10 лет) на различных водоканалах показывают, что использование полиакриламидных флокулянтов (при механическом обезвоживании осадков сточных вод на центрифугах, фильтр-прессах и т. д.) в высоких дозах (более 4 кг на тонну сухого вещества), при сбросе фугата/фильтрата в верхний канал аэротенков, также является серьезным стресс-фактором для активного ила. По мнению большого количества специалистов, остаточный полимер в воде, поступающей из цеха механического обезвоживания, блокирует



Рис. 15. Микротрикс парвицелла

доступ кислорода в клетки «простейших», в результате в аэротенках начинают доминировать нитчатые микроорганизмы, наиболее известные из них микротрикс парвицелла (рис. 15), сфаеротилус натанс и нокардиоформные актиномицеты.

Ситуация с очисткой сточной воды в аэротенках усугубляется еще и тем, что по экономическим причинам на многих очистных сооружениях сокращают количество работающих «воздуходувок» — компрессоров, нагнетающих воздух в аэротенки, которые действительно тратят очень много электроэнергии. На практике получается полностью абсурдная, противоречивая ситуация: с одной стороны, изменение характера сточных вод (высокое ХПК и БПК, токсичные загрязнения) требует увеличения кислорода в аэротенках, а значит, увеличения количества работающих воздуходувок, с другой стороны, жесткие экономические ограничения требуют делать обратное.

Завершающий этап очистки стоков — вторичные отстойники, как и все ступени очистных сооружений также страдают от негативных изменений в составе поступающих стоков и вторичного загрязнения стоков на самих очистных сооружениях в результате неправильной эксплуатации отстойников, уплотнителей, цеха мехобезвоживания и т. д.

В первую очередь стоит обратить внимание на превышения показателей

по фосфатам и по азоту аммонийному, и то, и другое неразрывно связано с анаэробными процессами, гниением и брожением в канализации, насосных станциях, первичных отстойниках, а также в уплотнителях и усреднителях-накопителях.

Второй проблемой является вынос ила из вторичных отстойников из-за своей формы (рис. 15) «спутанный клубок», нитчатые микроорганизмы очень плохо осаждаются сами и существенно затрудняют осаждение всей массы ила, провоцируют «вынос» из отстойника и, как результат, снижают качество очистки воды.

Последнее, на что хотелось бы обратить внимание, это различные накопители, усреднители, уплотнители и загустители сырого осадка и/или избыточного ила (рис. 16).

Практически во всех случаях без исключения все виды уплотнителей, усреднителей, накопителей и т. д. работают как анаэробные стабилизаторы. Авторы статьи много раз наблюдали схожие результаты при проведении экспериментов по определению удельного сопротивления осадков сточных вод, известно, что «свежий» откачанный осадок и избыточный ил имеют низкое удельное сопротивление фильтрации, легко отдают воду (под действием реагентов или без).

Все дело в том, что осевшие частички ила и сырого осадка представляют собой не только загрязнения, но и микроколонию живых бактерий и микроорганизмов, находящихся в достаточной высокой концентрации в относительно чистой воде.

По прошествии очень небольшого времени продукты жизнедеятельности бактерий начинают поступать в воду, и уже через 1 час проба шлама, состоящая из сырого осадка и/или избыточного ила, начинает хуже отдавать воду, через несколько часов шлам приобретает высокое удельное сопротивление фильтрации и практически не отдает воду, а после точного хранения в накопителе шлам становится скользким (маслянистым на вид),



Рис. 16. Уплотнитель сырого осадка

приобретает характерный черный цвет и уже не отдает воду даже при использовании высоких доз реагентов. В этот момент шлам уже не представляет собой отдельные частички в воде, как ранее, но является однородной органоминеральной массой, распределенной в концентрированном растворе биополимеров (выделяемых бактериями в окружающую среду).

Поскольку для повышения эффективности сгущения накопители, усреднители прокачиваются, как и первичные отстойники в нарушение технологии не полностью, а только «красный слой» (рис. 13), то фактически можно отметить, что при такой эксплуатации данные со-

оружения ничего хорошего в качестве очистки стоков не привносят, а, наоборот, являются продуцентами дополнительных загрязнений стоков такими веществами, как сероводород, аммиак, фосфор и т. д.

Усугубляет ситуацию следующее обстоятельство. Тяжелым балластом остались существовавшие ранее проблемы, острая нехватка квалифицированных кадров, катастрофический износ оборудования и сооружений, отсутствие средств на расширение и модернизацию очистных сооружений, «точечные вливания» на реконструкцию того или иного процесса, часто не приносят должного результата и системных изменений в процессах очистки стоков.

Для оформления подписки через редакцию пришлите заявку в произвольной форме по адресу электронной почты podpiska@panor.ru или позвоните по тел. 8 (495) 274-22-22 (многоканальный).