

Очистка сточных вод предприятий агропромышленного комплекса

А.Н. Эпов¹,
М.А. Канунникова²

На предприятиях агропромышленного комплекса (АПК) – фермах, мясокомбинатах, молочных, спиртовых, крахмалопаточных заводах и др., образуются концентрированные и высококонцентрированные сточные воды. В зависимости от местных условий, возможны два основных варианта очистки этих сточных вод:

1. Предочистка на локальных очистных сооружениях (ЛОС), с последующим сбросом в централизованную систему водоотведения, на городские очистные сооружения.

2. Полный комплекс очистных сооружений и сброс очищенной воды непосредственно в водный объект.

С административной точки зрения оба подхода имеют право на существование и в данной работе не обсуждаются. С точки зрения технологии очистки и стоимости сооружений для реализации данных способов наблюдается существенная разница. Причина в том, что в первом случае для глубокой очистки стоков до требований к сбросу в водоемы используются возможности городских очистных сооружений, а во втором – вся необходимая для глубокой очистки и доочистки технология должна реализовываться на площадке локальных очистных сооружений предприятий АПК. Для надежности работы процесса очистки, всегда предпочтительнее удалять загрязнения с минимальным количеством технологических операций, минимально достаточным количеством оборудования и специально обученным персоналом. Таким условиям соответствует первый вариант с применением наиболее простых процессов с последующим сбросом на крупные городские сооружения при квалифицированной эксплуатации сложного комплекса. Однако поступающие стоки не должны нарушать процесс очистки на городских сооружениях.

Однако в ряде случаев единственно возможным путем является глубокая очистка стока до норм сброса в водные объекты, что требует применения многоступенчатой схемы со сложной технологией и значительно повышает вероятность нарушения процесса из-за выхода из строя хотя бы одного звена технологической цепочки.

Рассмотрим оба варианта на примере удаления основных компонентов стока предприятий АПК – концентрации органических веществ по ХПК и азоту, которые могут удаляться как на локальных, так и на городских сооружениях.

¹ Эпов Андрей Николаевич, гл. технический специалист ООО «Домкопстрой», epov@treatmentwater.ru.

² Канунникова Марина Александровна, к.т.н., директор направления «Водоснабжения и водоотведения» ООО «Домкопстрой», kanunnikova@treatmentwater.ru.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Концентрация органических веществ по ХПК в стоках предприятий агропромышленного комплекса составляет от 1 до 100 г/л. При этом наряду с легко окисляемой органикой во многих стоках содержатся трудно окисляемые вещества. При этом органические вещества представлены ХПК взвешенных веществ и растворенным ХПК.

Поступление органических веществ на городские сооружения влияет на прирост ила, следовательно для сохранения необходимого возраста ила потребуется поддержание больших доз ила, кроме того поступление биоокисляемой части ХПК увеличивает затраты кислорода на очистку стока, а, следовательно, сказывается на затратах электроэнергии.

Также в стоках АПК содержится трудно окисляемая фракция ХПК, которая при низких концентрациях в стоке городских сооружений может удаляться за счет экзоферментативной сорбционной способности активного ила. Кроме того, окисление трудно окисляемой органики может легче проходить в присутствии легко окисляемой органики, содержащейся в городских стоках. Данный эффект известен как совместное окисление веществ, при котором микроорга-

низмы способны в присутствии одного, как правило, более легко окисляемого вещества, окислять другое, которое в отсутствие первого практически не окисляется. Поэтому при окислении трудно окисляемой органики использование городских стоков на второй ступени биологической очистки, и тем более поступление предочищенных стоков АПК на городские сооружения (при условии, что расход городских сооружений существенно больше расхода промстоков) перспективно с технологической точки зрения. В ряде случаев поступление трудно окисляемой органики в больших концентрациях, которые не могут быть снижены за счёт приведенных эффектов (например, стоки дрожжевых заводов), приводит к повышению ХПК очищенной воды, поэтому нежелательно для городских очистных сооружений.

При относительно низких концентрациях по ХПК 1000–3500 мг/л, характерных для молокозаводов, работающих без образования (или без сброса) сыворотки, мясо- и птицекомбинатов, кондитерских и ряда других производств, при доочистке на городских очистных сооружениях снижение основной части органических веществ может быть произведено при физико-химической очистке, например, реагентной напорной флотации (рис. 1).

Рис. 1.

Очистные сооружения бойни: а) напорный флотатор; б) ленточный фильтр-пресс для обезвоживания осадка



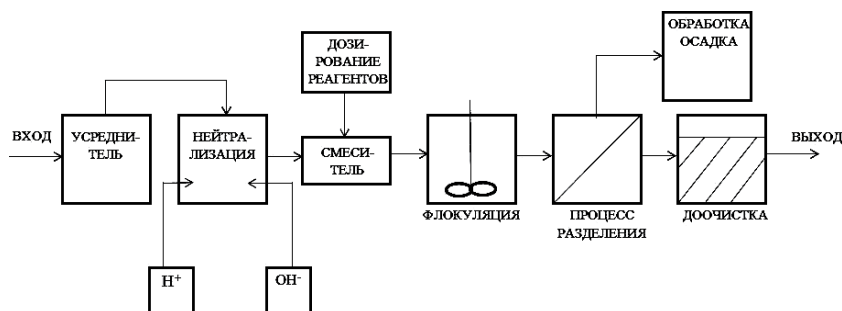


Рис. 2.
СХЕМА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Роль трудно окисляемой органики в этом диапазоне концентраций не столь значима. Достичь удаления основной части взвешенных веществ, жиров, нефтепродуктов, а также снижения ХПК до 500–1000 мг/л, можно, используя технологию, схема которой представлена на рис. 2.

Такие сооружения располагаются в здании, которое может быть оснащено очисткой отходящего воздуха, что минимизирует необходимую санитарно-защитную зону. Осадки, полученные при реагентной флотации стоков АПК, содержат большое количество органических веществ. В идеальном случае данные осадки следует сбрасывать в метантенках городских очистных сооружений совместно с образующимися там осадками, с дополнительным получением биогаза.

Доведение величины ХПК до 30 мг/л и БПК₅ до 3 мг/л при сбросе в водоем в этом случае потребует проведения после реагентной флотации полной биологической очистки доочистки и обеззараживания. Образование избыточного активного ила, как правило, требует собственных сооружений обработки осадка. В результате необходимо строительство полного комплекса очистных сооружений и специально обученного персонала.

При средне концентрированных стоках ХПК 3 500–10 000 мг/л для снижения концентрации органических веществ до 500–1000 мг/л применение физико-химических методов локальной очистки, как правило, недостаточно. В этом случае необходима локальная биологическая очистка.

При данных концентрациях возможна как аэробная, так и анаэробная биологическая очистка. Однако в России в основном преобладают аэробные сооружения.

Аэробная локальная биологическая очистка в этом случае может проводиться при высоких нагрузках на активный ил: 1–2 г БПК₅/г сухого вещества (СВ) в сутки и низкой концентрации кислорода 0,3–0,5 мг/л, с максимальным использованием биосорбционной способности активного ила. Примером такой очистки может служить высоконагружаемая ступень аэротенков, реализованная в конце 90-х годов на свинокомплексе «Надеево» (Вологодская область). Здесь высоконагружаемая ступень обеспечивала 80 % удаления ХПК при нагрузках на ил 1–1,5 г ХПК/г СВ ила в сутки при минимальном расходе воздуха на окисление. В высоконагружаемом аэротенке окислялось только 25–30 % растворенной легко окисляемой части ХПК, остальная часть удалялась благодаря сорбционной и флокуляционной способности активного ила. Также в процессе очистки на 20–30 % снижалась концентрация аммонийного азота и фосфора. В случае использования высоконагружаемых аэротенков возникает значительный прирост ила. На сооружениях в «Надеево» ил после обезвоживания компостируется в буртах вместе с задержанной на дуговых ситах твердой фазой навоза.

При сбросе на городские очистные сооружения стока, очищенного таким способом, они играют роль 2-ой ступени биологической очистки. Поступление дополнительного биоокисляемого ХПК, безусловно, оказывает

влияние на прирост ила и затраты кислорода. В этом диапазоне концентраций сточная вода содержит уже достаточно много трудноокисляемого ХПК – до 500 мг/л. Однако при сбросе на городские сооружения трудноокисляемое ХПК стока свиного комплекса не оказывает существенного влияния на очищенную воду. Это было подтверждено на практике при сбросе стоков комплекса «Надеево» на ОСК г. Вологда. Отсутствие влияния трудно окисляемого ХПК объясняется как разбавлением, так и сорбционной и окислительной способностью большой массы активного ила городских очистных сооружений, работающих при низких нагрузках, свойственных процессу нитрификации. Трудно окисляемая органика, поступающая в аэротенки городских очистных сооружений в незначительном количестве, в данном случае менее 10 % от общей нагрузки по ХПК, частично сорбируется, а частично перерабатывается ферментативной системой активного ила, не оказывая влияния на качество очищенных стоков.

В случае сброса в водоем доочистка таких стоков представляет собой достаточно сложную задачу. В СССР разрабатывались различные методы доочистки стоков с трудно окисляемой органикой, такие как биосорберы с псевдоожиженным слоем активированного угля, частичное разрушение трудно окисляемой органики озоном и пероксидными радикалами, разрушение радиационной обработкой. Однако существенного применения на практике не было вследствие сложности эксплуатации, высоких стоимости и потребления энергии, либо жестких требований по технике безопасности. Поэтому на практике единственным методом самостоятельной доочистки данного типа стоков являются биопруды с длительным временем пребывания: от 3-х месяцев до года.

Такая схема очистки успешно реализована на свином комплексе «Дорони́чи» (Кировская область), где используются многокаскадные биопруды с общим временем пребывания более 1 года (рис. 3).

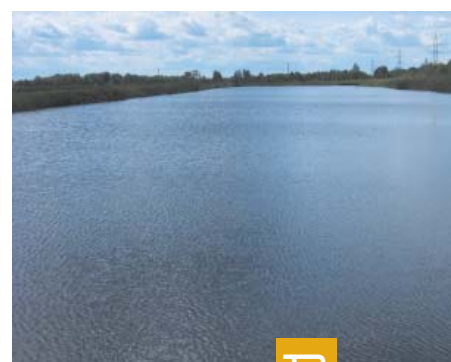
Рис. 3.
Биопруды для очистки стоков свиного комплекса «Дорони́чи»:
а) пруд накопитель;
б) 1 ступень очистки;
в) 2 ступень очистки;
г) и д) очищенная вода (3 ступень очистки)



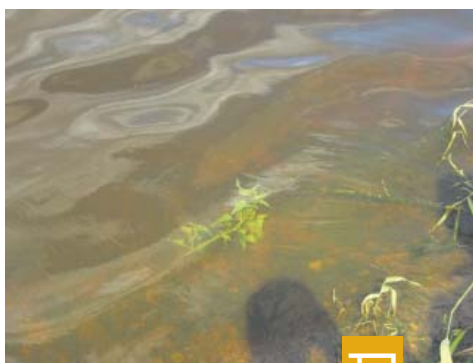
А



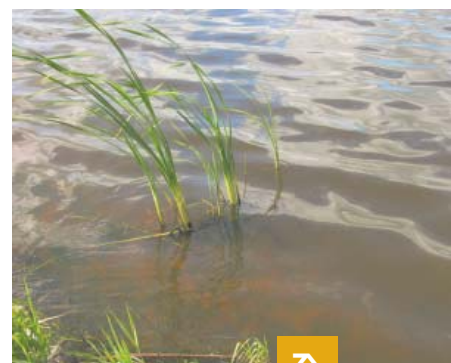
Б



В



Г



Д

Как показывает практика, полная очистка средне концентрированных стоков без сброса на городские очистные сооружения оправдана только в случае невозможности их использования, например в силу их малой производительности, когда расход локально очищенного стока превосходит или сравним с расходом городских очистных сооружений.

Для более концентрированных стоков 10 000–100 000 мг/л по ХПК, которые образуются на сырзаводах с учетом сыворотки, спиртзаводах, крахмалопаточных производствах, свинокомплексах с современной системой содержания животных, биохимзаводах и ряде других производств, необходимы более сложные схемы локальной очистки с применением анаэробно – аэробных технологий биологической очистки. Схема очистки обязательно должна увязываться со схемой обработки стоков на городских сооружениях, так как сброс недостаточно очищенных стоков этой категории способен оказывать существенное негативное влияние на работу городских сооружений.

Примером такого воздействия может служить влияние недостаточно очищенных стоков биохимзавода на работу ОСК г. Кирова. Залповые поступления промстока не только приводят к падению концентрации растворенного кислорода и нарушению процессов нитрификации, но и влияют на технологию обеззараживания. Остаточная трудно окисляемая органика существенно повышает хлороемкость очищенной воды и снижает УФ пропускание, что увеличивает расход хлора или гипохлорита и существенно увеличивает энергозатраты при переходе на УФ–обеззараживание.

Аэробная очистка для концентрированных промстоков, как правило, не рациональна, так как требует существенных затрат энергии на подачу воздуха. Наилучшим методом для снижения концентрации органических веществ в этом случае является анаэробная биологическая обработка.

В России анаэробная очистка высококонцентрированных стоков пока применяется достаточно редко. Примерами такой

очистки может служить очистка стоков спиртзавода ЗАО «Брынцалов», ряда пивзаводов в анаэробных реакторах восходящего потока, очистка навозных стоков предприятия «Мортадель» в метантенках и еще несколько других объектов. Наиболее удачное применение анаэробных реакторов в России связано с проектированием и строительством этих сооружений силами зарубежных фирм. Так на комплексе «Мортадель» специалистами австрийской компании реализована схема очистки, в соответствии с которой навозные стоки с концентрацией взвешенных веществ до 5 % по массе поступают непосредственно в метантенк, после чего направляются на ленточный фильтр-пресс, где с высокой эффективностью отделяются взвешенные вещества сброженного навоза. Фильтрат поступает на доочистку в циклический (SBR) реактор с нитри-денитрификацией.

Однако дальнейшая доочистка данной категории стоков до концентрации органических веществ, необходимой при сбросе в водоем, осложняется высоким содержанием бионеокисляемого ХПК, которое может составлять более 1000 мг/л, и неполным удалением соединений азота, что и наблюдается на данных сооружениях. Поэтому наилучшим решением в таких ситуациях является дальнейшая совместная очистка и доочистка предварительно очищенных концентрированных стоков совместно с хозяйственными стоками на городских очистных сооружениях с усилением на них блока доочистки.

Если такая возможность отсутствует, практически единственным решением также является применение биопрудов с длительным временем пребывания. Такое решение, безусловно, ведет к существенному удорожанию очистки и не всегда возможно по условиям необходимых площадей.

Азот

При поступлении азота на городские очистные сооружения важно, в какой форме происходит сброс азота. Азот нитратов (который образуется при аэробной предочистке стоков АПК) в небольших концентрациях удаляется за счет биологических процессов уже в первичных отстойниках. Однако если концентрации азота нитратов в стоке, поступающем на городские очистные сооружения, становятся выше 5 мг/л, процессы денитрификации, проходящие в первичных отстойниках, могут вызывать всплытие части задержанного осадка вследствие процессов автофлотации газообразным азотом. Такая ситуация в ряде случаев возникает на городских очистных сооружениях при совместном уплотнении сырого осадка и активного ила при глубокой нитрификации в аэротенках. Возникновение автофлотации в первичных отстойниках крайне не желательно, так как приводит к увеличению концентрации взвешенных веществ, поступающих на аэротенки, и существенно влияет на прирост ила.

Азот, содержащийся в форме органического азота во фракции взвешенных веществ, существенно (до 60 %) удаляется с первичным осадком.

Растворенный органический и аммонийный азот должен подвергаться удалению методом нитри-денитрификации. Влияние аммонийного и растворенного органического азота на городские сооружения во многом зависит от их конструкции. Для сооружений, на которых применяются устаревшие схемы биологической очистки без нитри-денитрификации, влияние растворенного органического и аммонийного азота наиболее критично. В данном случае резко возрастают затраты воздуха и концентрации азота нитратов в очищенной воде. Для современных технологий очистки с биологическим удалением азота или азота и фосфора влияние дополнительного сброса аммонийного и растворенного органического азота может быть полностью устранено с наименьшими (60–63 %) затратами кислорода, чем при полном окислении без процесса дени-

трификации. Однако для этого при проектировании городских сооружений следует предусматривать варианты управления соотношением зон нитри- и денитрификации.

Для предварительно очищенных от органических веществ стоков АПК с относительно низкой концентрацией по ХПК, как правило, характерны концентрации азота аммонийного до 100 мг/л. При этом удаление растворенного азота методами физико-химической очистки практически не возможно. Наилучшим решением является внедрение современных технологий биологической очистки с удалением азота на городских сооружениях, с учетом дополнительной нагрузки по азоту от локально очищенных стоков предприятий АПК.

В случае если прием стоков с повышенной концентрацией аммонийного азота на городские очистные сооружения невозможен, вместо локальной физико-химической предочистки, придется применять биологические сооружения с нитрификацией или нитри-денитрификацией, что увеличит стоимость сооружений в 2 и более раз. Дальнейший сброс сточных вод определяется местными гидрологическими условиями, а также сравнением вариантов строительства собственных сооружений доочистки до норм сброса в водные объекты (при наличии технической возможности) или дальнейшего сброса очищенной воды в городскую сеть.

В концентрированных стоках ферм (5 000–10 000 мг/л по ХПК) концентрация азота может составлять 500–3000 мг/л. На вышеописанных очистных сооружениях свинокомплекса «Надеево», где концентрация азота аммонийного на входе достигает 1000 мг/л, при нитри-денитрификации на локальных сооружениях биологической очистки удается достигать качества очищенной воды до 30 мг/л по азоту аммонийному и до 20 мг/л по азоту нитратов. Последующий сброс этой воды на ОСК г. Вологды не приводил к негативным последствиям.

Для некоторых высококонцентрированных стоков концентрации общего азота составляют до 5 000 мг/л и иногда даже более, что в 100 раз выше характерных для городских сточных вод. Даже при небольших

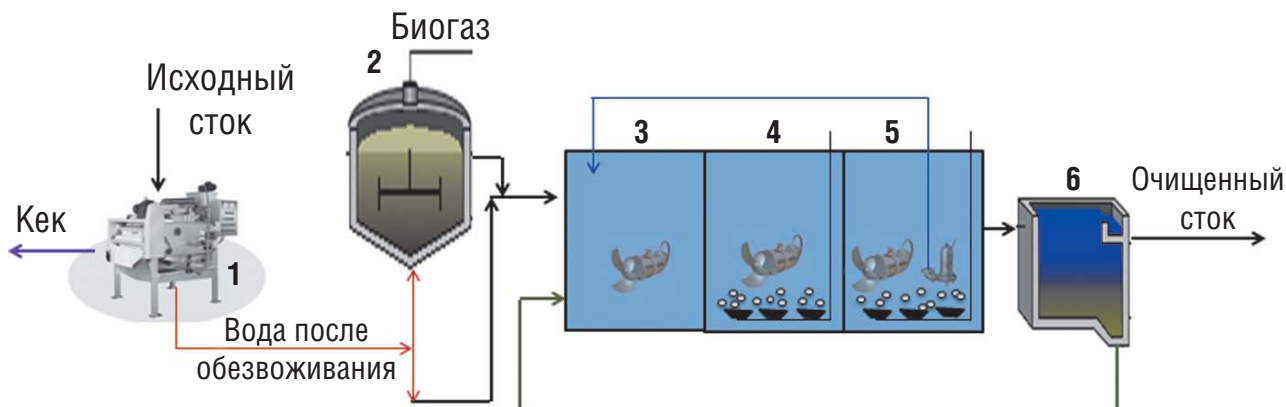


Рис. 4.
СХЕМА ОЧИСТКИ
ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ
СТОКОВ С УДАЛЕНИЕМ АЗОТА:

- 1— ЛЕНТОЧНЫЙ ФИЛЬТР-ПРЕСС;**
- 2— АНАЭРОБНЫЙ БИОРЕАКТОР;**
- 3— ДЕНИТРИФИКАТОР;**
- 4— ПЕРИОДИЧЕСКАЯ НИТРИ-ДЕНИТРИФИКАЦИЯ;**
- 5— НИТРИФИКАЦИЯ;**
- 6— ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК**

расходах, особенно в случае залповых поступлений, такие высококонцентрированные стоки способны существенно нарушать работу сооружений. Поэтому удаление соединений азота является одной из важнейших задач при их очистке.

Наиболее сложно удалять растворенные формы азота, поэтому если часть общего азота находится во взвешенной фракции, необходимо максимально удалить ее совместно с взвешенными веществами. При больших концентрациях взвешенных веществ (10 000–40 000 мг/л) разделение фаз может производиться на аппаратах обезвоживания осадка – ленточных фильтр-прессах, центрифугах, сепараторах и т.п. При более низких концентрациях отделение взвешенных веществ может производиться отстаиванием, напорной флоатацией или их сочетанием для достижения максимального эффекта удаления.

Дальнейшее удаление азота методом нитри-денитрификации связано с существенным расходом энергии. Для денитрификации на 1 мг азота требуется до 8 мг ХПК. Поэтому часть ХПК, необходимая для денитрификации не должна удаляться анаэробными методами, и должна удаляться в сооружениях традиционной биологической очистки с удалением азота. Следовательно, в этих условиях снижается выработка энергии в анаэробных очистных сооружениях и увеличивается потребление энергии в сооружениях нитри-денитрификации. Тем не менее, метод очистки, включающий отделение твердой фракции, частичную анаэробную очистку с последующей нитри-денитрификацией (рис. 4), является основной технологией, применяемой в проектировании очистных сооружений для таких стоков.

Дальнейшая очистка концентрированных стоков по азоту наиболее перспективна при их сбросе на городские сооружения, где технологии очистки предусматривают получение низких концентраций, необходимых для сброса в водоем.

Одним из перспективных направлений при очистке концентрированных промстоков является сочетание анаэробной технологии с процессом Анаммокс. В этом процессе окисленные формы азота являются донорами электронов, а аммонийный азот акцептором. Таким образом, процесс нитри-денитрификации с эффективностью более 50 % происходит без дополнительных органических веществ. Если городские очистные сооружения способны принимать сток, очищенный от азота в соответствии с эффективностью, достигаемой в процессе Анаммокс, то технологическая схема и затраты на процесс могут существенно снижаться.

Выводы

Для всех видов стоков предприятий АПК схема с предварительной локальной очисткой и последующей совместной доочисткой с городскими стоками является оптимальной с наименьшими финансовыми затратами и обеспечивает большую надежность защиты водоема.

Для удаления мало концентрированных стоков с 1–3,5 г/л по ХПК и до 100 мг/л по азоту наиболее рациональны схемы с физико-химической очисткой, обеспечивающие снятие основной части ХПК, взвешенных веществ, жиров, нефтепродуктов. Удаление азота и глубокое удаление органических веществ требует существенного удорожания и усложнения схем локальной очистки.

Для очистки средне концентрированных стоков до 10 г/л по ХПК и до 3 г/л по азоту в зависимости от концентрации азота могут применяться схемы с использованием анаэробной биологической, высоконагружаемой аэробной биологической очистки, аэробной очистки с нитри-денитрификацией с последующим сбросом на городские сооружения. Метод очистки определяется концентрациями загрязняющих веществ с предприятий АПК и производственной мощностью городских очистных сооружений.

При невозможности сброса на городские сооружения после биологической очистки для удаления трудно окисляемой органики требуется доочистка с применением биопрудов с длительным временем пребывания.

Для удаления загрязнений с высокими значениями ХПК 10–100 г/л и высоким содержанием азота рационально использовать глубокую механическую, анаэробную биологическую очистки и нитри-денитрификации с последующей доочисткой на городских очистных сооружениях. В случае невозможности доочистки совместно с городскими стоками достигнуть норм сброса в водные объекты в этих случаях крайне затратно.

Проектирование новых и реконструкция существующих городских сооружений с внедрением технологий удаления биогенных элементов должна учитывать нагрузки по промстокам, необходимую управляемость процесса и обеспечивать рациональные, технологически обоснованные концентрации при их приеме в городскую сеть. ●