



Использование респирометрического анализа на токсичность при разработке технологии очистки стоков спиртзавода

Андрей Эпов, Марина Гладченко, Марина Канунникова

На сооружениях очистки стоков спиртзавода, включающих анаэробные реакторы в первой ступени и сооружения нитриденитрификации во второй ступени, в течение длительного времени, несмотря на достаточный возраст ила и поддержание необходимых концентраций кислорода, запуска процесса с 10-15% расхода производственного стока от расчетного не удавалось запустить процесс нитрификации. Было сделано предположение о том, что отсутствие нитрификации может быть вызвано наличием токсичных веществ, препятствующих росту микроорганизмов нитрификаторов.

Причинами возникновения токсичности могли быть:

- высокая концентрация аммонийного азота в стоке - 1500 - 2500 мг/л. При концентрациях аммонийного азота (более 500 мг/л) он оказывает отрицательное влияние на процесс нитрификации. При этом следует учитывать, что непосредственно токсичен не столько сам азот, сколько аммиак, образование которого зависит как от концентрации аммонийного азота, так и от pH и температуры [1, 2]. В данном случае температура стока более 25°C и pH более 8 могли дополнительно оказывать негативное влияние на процесс нитрификации;

- постоянное применение пеногасителей. В качестве пеногасителей использовались олеиновая кислота и продукт с коммерческим названием «Квинтатекс». Эти вещества в зависимости от интенсивности пенообразования в аэротенках использовались в концентрациях от 50 до 300 мг/л. Известно, что длинноцепочные жирные кислоты могут отрицательно влиять на нитрификацию, однако концентрации, при которых это происходит, мало описаны в литературе. Состав пеногасителя «Квинтатекс» производителем не раскрывается и предсказать его влияние на нитрификацию было невозможно;

- наличие или образование в стоке других токсичных веществ. При производстве спирта на данном заводе используется меласса, образующаяся

Для анализа неудовлетворительной нитрификации при очистке стоков спиртзавода была разработана методика респирометрического анализа токсичности поступающего стока и применяемых пеногасителей с использованием респирометрического оборудования, предназначенного для определения БПК. Было установлено, что олеиновая кислота, используемая в качестве пеногасителя, может оказывать отрицательное действие на микроорганизмы нитрификации, однако в концентрациях, многократно превышающих используемые для пеногашения. Сам сток спиртзавода остро токсичен для микроорганизмов нитрификаторов. Для снижения токсичности возможно деление процесса на две ступени с увеличением времени окисления или деление процесса на две ступени с использованием биосорбционной очистки в первой ступени.

Ключевые слова: сточные воды спиртзавода, респирометрический анализ, респирометрическое оборудование, нитрификация, токсичность, пеногасители.

при получении сахара из свеклы. В самом производстве сахара в значительных концентрациях при сульфитации с целью обесцвечивания используется диоксид серы. Также уже при производстве спирта на стадии подкисления при подготовке к брожению используется добавка серной кислоты и азотного питания для дрожжей. Далее после спиртового брожения следует процесс отгонки, проходящий при высокой температуре. Все основные нелетучие соединения в данном процессе остаются в барде, поступающей на очистку. В ходе очистки на рассматриваемых сооружениях в первой ступени сток подвергается анаэробной очистке при 35°C.

Во всех данных процессах существует вероятность образования соединений, содержащих азот и серу. При этом известно, что такие соединения, например, тиомочевина, остроотоксичны для микроорганизмов нитрификаторов.

Таким образом, отрицательное влияние токсичности, не позволяющее достигнуть удовлетворительной нитрификации в аэротенках, было признано вероятной гипотезой.

Для исследования токсичности пеногасителей, поступающего стока и технологических приемов очистки,

позволяющих избежать отрицательного влияния токсичности на процесс нитрификации, был выбран респирометрический метод, дающий возможность надежно описывать ход процесса нитрификации и его кинетику [3-5].

При разработке методики респирометрического определения токсичности были выбраны не лабораторные респирометры, обычно используемые в таких экспериментах, а лабораторный комплекс, предназначенный для определения БПК. На взгляд авторов, это может позволить шире использовать данные методы в практике станций очистки, стоков, используя один и тот же прибор как для определения БПК и биоокисляемости, так и токсичности стоков.

Методика работы

В основе респирометрического метода определения скорости нитрификации лежит сравнение скорости потребления кислорода нитрифицирующим илом в присутствии аммонийного азота и органических веществ с добавлением ингибитора нитрификации и без него. Разность скоростей потребления кислорода в данных пробах при равных условиях является скоростью потребления кислорода на процесс нитрификации. При наличии в стоке токсичных веществ ско-

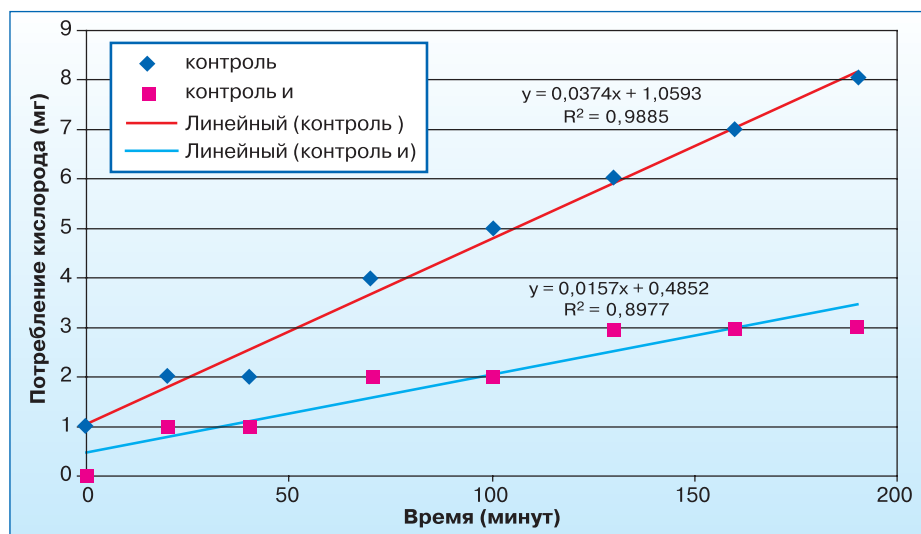
Эпов Андрей Николаевич, главный технический специалист TWW Treatment Waste Water ООО «Домкопстрой». 129110, Россия, Москва, пр. Мира, д. 68, стр. 3. E-mail: epov@treatmentwater.ru

Гладченко Марина Анатольевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры химической энзимологии МГУ им. М.В. Ломоносова. 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 3. E-mail: gladmarina@yandex.ru

Канунникова Марина Александровна, кандидат технических наук, директор направления водоснабжения и водоотведения TWW Treatment Waste Water ООО «Домкопстрой», 129110, Россия, Москва, пр. Мира, д. 68, стр. 3. E-mail: kanunnikova@treatmentwater.ru



■ **Рис. 1.** Определение потребления кислорода и его скорости в контрольной пробе. И - проба с ингибитором нитрификации



рость потребления кислорода на нитрификацию падает или отсутствует.

Для определения скорости потребления кислорода традиционно используются приборы, называемые респирометрами. Анализ скоростей нитрификации и влияния токсичных стоков с их использованием хорошо отработан. Однако такие приборы есть только в нескольких научных организациях, что не позволяет широко применять респирометрическое определение токсичности в практике анализа поступающих сточных вод.

Прибор, используемый для определения БПК в сточных водах, по сути, является простым контактным респирометром манометрического принципа действия. При этом он является простым и надежным средством определения одного из важнейших показателей загрязненности воды - БПК (биологического потребления кислорода). Ранее было показано, что с его использованием можно также определять в стоках фракционный состав ХПК по биоокисляемости, необходимый для применения современных математических моделей [6].

Использование данного прибора для определения токсичности стоков должно способствовать более широкому применению респирометрического метода контроля токсичности сточных вод, но требует разработки методики его применения.

Для использования данного прибора с целью определения токсичности следует учитывать следующие ограничения:

- запас кислорода в приборе ограничен и зависит от степени заполнения респирометрической колбы. Данное ограничение прописано как максимально допустимая концентрация определяемого БПК в инструкции прибора;

- скорость потребления кислорода ограничена возможностью аэрационной системы прибора (мешалки, обеспечивающей передачу кислоро-

да из воздуха в колбе в среду). Данное ограничение устанавливалось в ходе разработки методики экспериментально. Максимальная скорость потребления кислорода, надежно фиксируемая прибором, составила 0,15-0,17 мг/мин.

Эти два ограничения дают необходимые данные для подбора дозы ила и количества необходимых субстратов. При максимальном заполнении колбы количество кислорода, которое может быть определено, составляет 40 мг. Следовательно, время измерения при максимальной скорости потребления кислорода составит 235-266 минут.

Максимальные скорости дыхания ила для станций очистки городских стоков составляют от 25 до 50 мг/г ила час, или 0,41-0,83 мг/мин. При объеме пробы 432 мл расчетная доза ила в эксперименте составляет 0,5-0,9 г/л.

Также следует учитывать, что, во-первых, прибор начинает давать точные показания только после достижения температуры в пробе 20°C, а, во-вторых, в исходной сточной воде со-

держится CO₂. Точные показания прибора будут достигнуты только после выравнивания температуры, что автоматически фиксируется прибором, и концентраций CO₂ в воде и в газовой фазе.

Для минимизации влияния температуры сточная вода выдерживалась минимум 3 часа в термостате при 20°C, ил и другие среды добавлялись при комнатной температуре. Тем не менее, значимые показания прибора достигались лишь через 60-90 минут с начала эксперимента.

Таким образом, активное время эксперимента при максимальной скорости дыхания составляет около 175 минут. Для получения значимого количества точек при определении скорости потребления кислорода время между замерах должно составлять не более 30 минут.

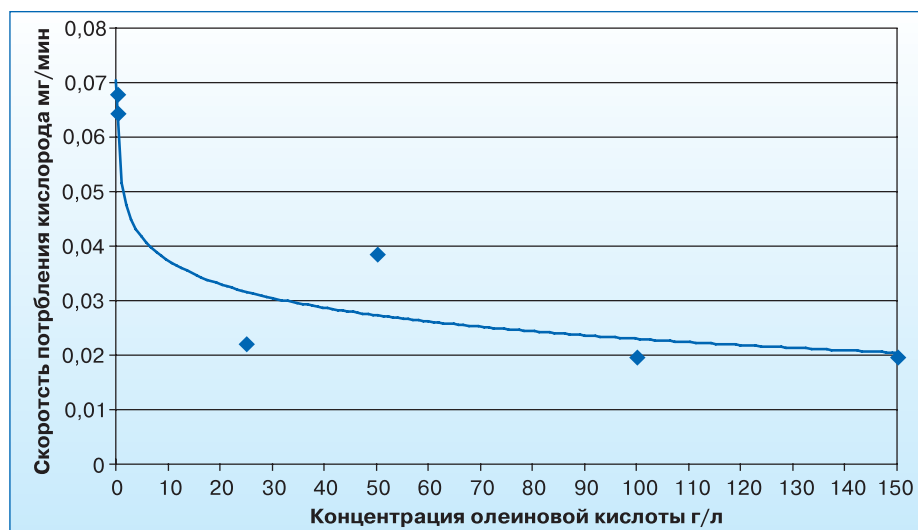
При учете данных ограничений в контрольной пробе с использованием активного ила Курьяновской станции аэрации, хлорида аммония, в концентрациях 15 мг/л по азоту аммония и предварительно проаэрированной для удаления соединений хлора водопроводной воды было получено надежное определение как общей скорости потребления кислорода, так и скорости потребления кислорода на нитрификацию как разницы скоростей в пробе с ингибитором нитрификации и без него (рис. 1).

Определение токсичности пеногасителей

В качестве источника неадаптированной к исследуемым веществам и стоку культуры нитрификаторов использовался активный ил Курьяновской станции аэрации г. Москвы. Данная станция проводит очистку городских стоков без использования пеногасителей, при этом достигая хороших показателей нитрификации.

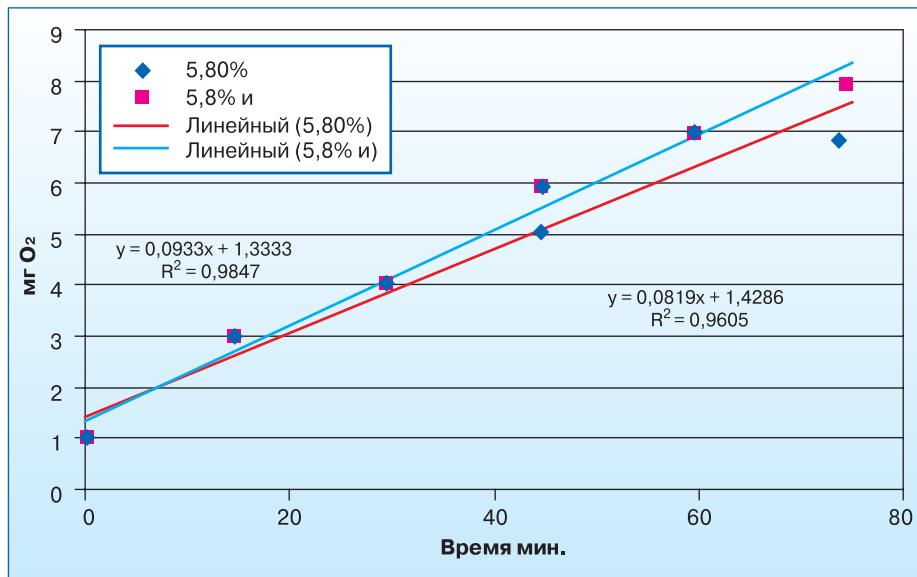
Отобранный на станции активный ил был проаэрирован в течение 20 часов, после чего его скорость потреб-

■ **Рис. 2.** Зависимость скорости потребления кислорода на нитрификацию от концентрации олеиновой кислоты

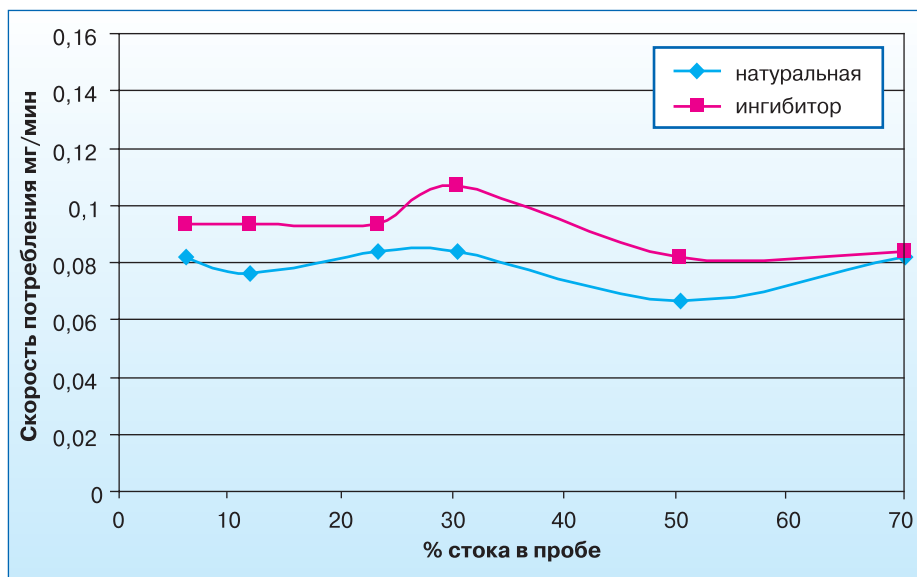




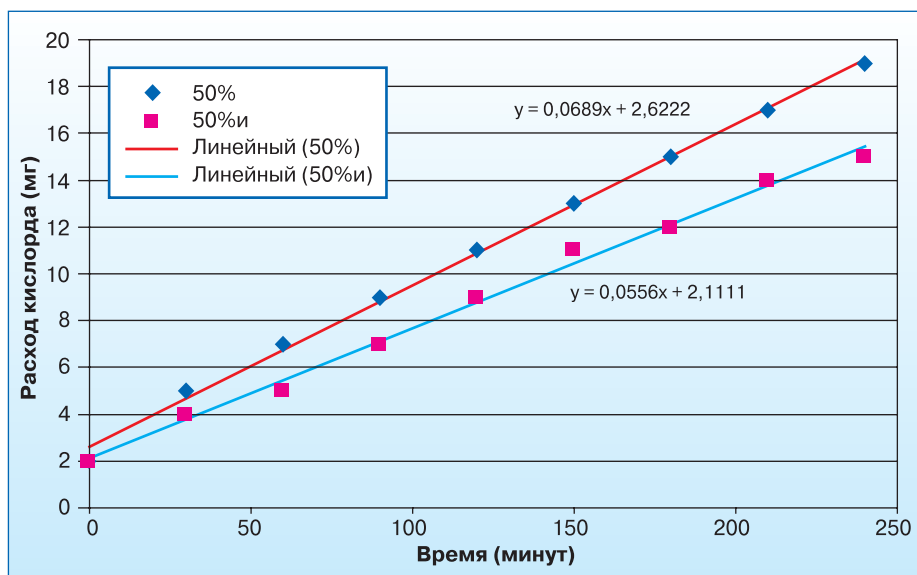
■ Рис. 3. Потребление кислорода



■ Рис. 4. Скорости потребления кислорода с добавлением сточной воды



■ Рис. 5. Потребление кислорода с ингибитором нитрификации (и) и без него при добавлении в пробу 50% биологически очищенной воды



ления кислорода определялась только величиной эндогенного дыхания и концентрациями добавляемых в эксперименте субстратов.

Подготовленный активный ил добавлялся в пробы исходя из расчетной концентрации в пробе менее 1 г/л.

В качестве источника аммонийного азота в опытах, проводимых с пеногасителями, использовался хлорид аммония, добавляемый в исследуемые пробы в концентрациях 15 мг/л по азоту аммония. Данная концентрация позволяет достигать максимальных скоростей процесса и поддерживать их в течение всего эксперимента.

Поскольку добавляемые пеногасители могут восприниматься активным илом как органический субстрат, параллельно с пробами, содержащими пеногаситель, активный ил и хлорид аммония, ставились аналогичные эксперименты с ингибитором нитрификации. В данных пробах скорости потребления кислорода определялись только потреблением органических веществ и эндогенным дыханием.

Скорости потребления кислорода на нитрификацию вычислялись как разность скоростей без ингибитора и в его присутствии. В качестве ингибитора использовался рекомендуемый фирменный раствор.

Поскольку олеиновая кислота является основным пеногасителем, применяемым в ходе очистки стоков, ее влияние проверялось не только в рабочем, но и в расширенном диапазоне концентраций. Для этого были поставлены две серии по шесть опытов. В первой серии концентрации соответствовали рабочему диапазону концентраций - от 50 до 300 мг/л. Во второй серии экспериментов концентрации олеиновой кислоты были увеличены вплоть до 150 г/л.

В ходе экспериментов было установлено, что в рабочем диапазоне концентраций олеиновая кислота не оказывает токсического действия на микроорганизмы нитрификации, но в высоких концентрациях способна снижать скорость процесса, не подавляя нитрификацию полностью (рис. 2).

Аналогично было установлено, что пеногаситель «Квинтатекс» не оказывает токсического действия на микроорганизмы нитрификации в концентрациях до 300 мг/л.

При анализе на токсичность сточной воды добавки хлорида аммония не использовались, так как содержание аммонийного азота в стоке составляло 1900 мг/л. Сточная вода добавлялась в пробу в соотношении 70%, 50%, 30%, 23%, 11% и 5,8% от объема пробы. Скорости нитрификации также вычислялись как разница в пробах без ингибирования и в его присутствии.

Даже при максимальном разведении - 5,8% промстока от объема пробы - сток полностью подавлял нитрификацию в эксперименте (рис. 3). При этом скорость потребления кис-



лорода с изменением разведения пробы практически не изменялась (рис. 4). В качестве артефакта следует отметить, что потребление кислорода в пробах с ингибитором была даже несколько выше, чем без него.

При этом концентрации аммонийного азота в пробе, где добавлялось 5,8% стока, составляли 110 мг/л и не могли оказывать существенного токсического влияния на процесс нитрификации.

В результате был сделан вывод: сток содержит токсичные для нитрификации вещества, ингибирующие процесс даже при незначительной добавке проточного стока в пробу. Однако те же вещества не оказывают существенного влияния на гетеротрофные микроорганизмы.

Анализ методов устранения токсичности стока для разработки технологии очистки сточных вод

Химическое определение неизвестных веществ, вызывающих токсическое воздействие на микроорганизмы нитрификации, вызывает в существующей ситуации существенные трудности, поскольку неизвестно, какое или какие именно вещества оказывают токсическое влияние на активный ил. Поэтому были исследованы основные методы, применяемые для устранения токсичности, что позволяет предложить метод очистки и описать основные свойства токсичных веществ.

Были исследованы следующие методы очистки:

- *биологическое окисление* - если вещества, вызывающие токсичность, биоокисляемы, то токсичность может быть устранена в ходе биологического окисления;

- *обработка коагуляцией* - если вещества, вызывающие токсичность, удаляются в процессе коагуляции, то ее применение перед биологической очисткой может устранять нарушение процесса нитрификации;

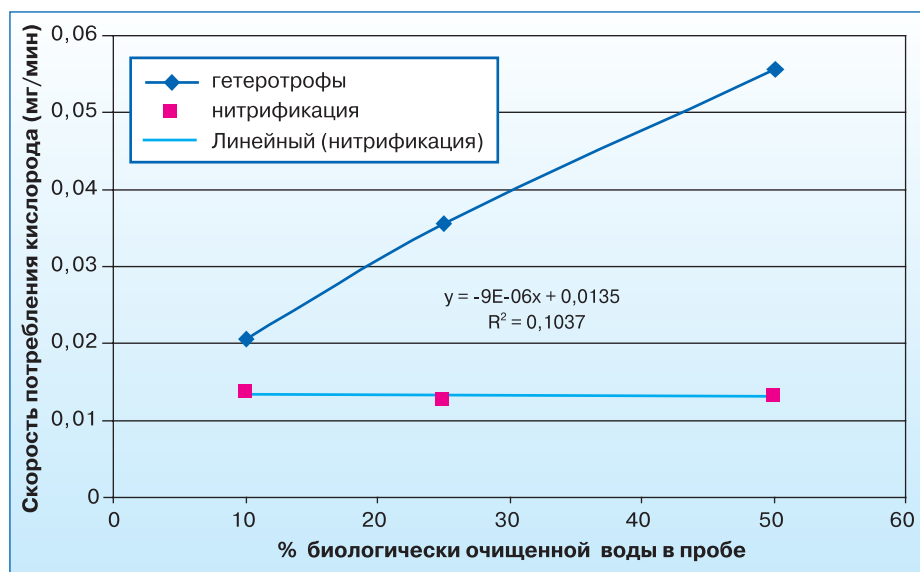
- *совместное воздействие активированного угля и биологического окисления* - биосорбционная очистка. Если вещества, вызывающие токсичность, или промежуточные продукты их биологического окисления способны сорбироваться активированным углем, то его добавление в процесс биологической очистки способно снизить токсичность стока, также возможно увеличение скорости биологического окисления токсичных веществ в присутствии активированного угля.

Анализ влияния биотического окисления

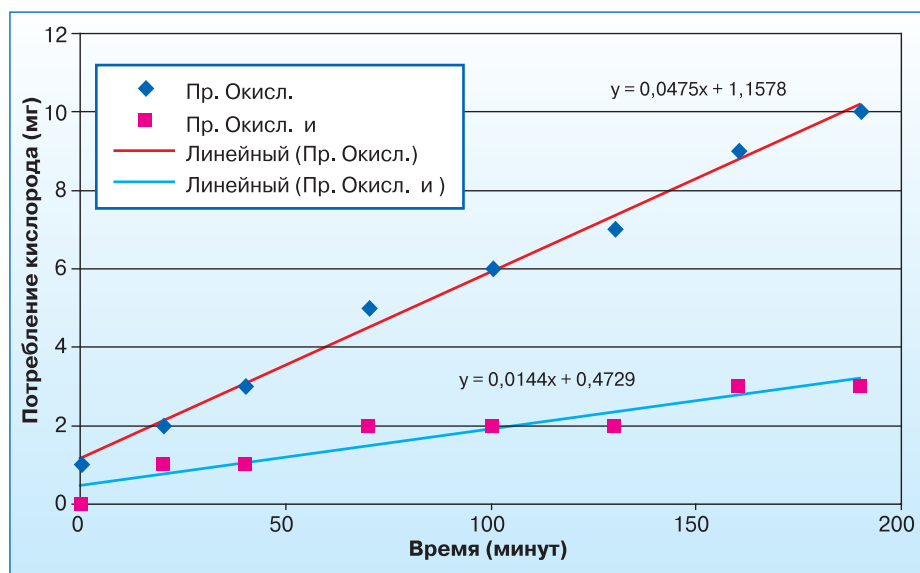
В данных опытах исследовалось влияние существующего процесса очистки со временем пребывания в аэротенках пять суток и максимальное (предельное) биологическое окисление.

Для исследования предельного окисления с целью расширения состава биоценоза использовалась смесь подготовленного ила с содержанием

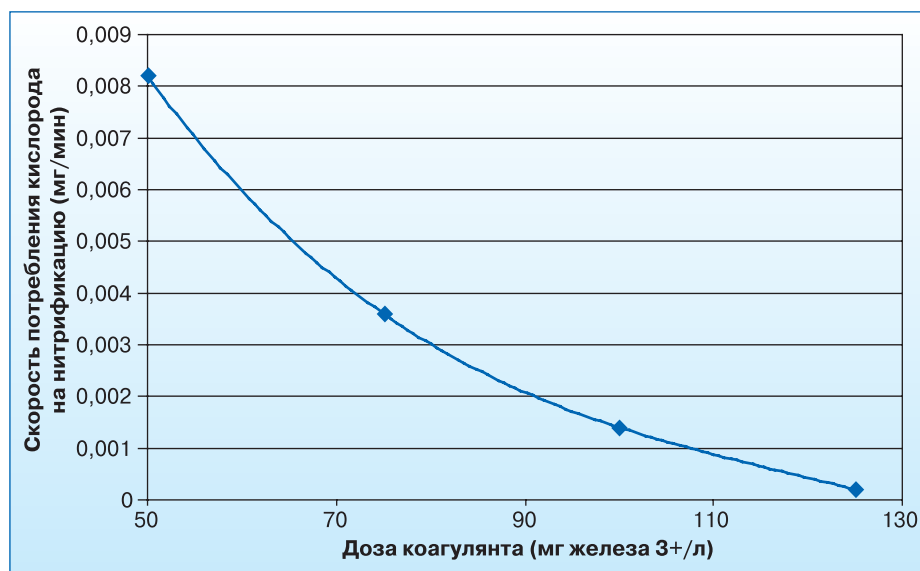
■ **Рис. 6.** Скорости потребления кислорода на нитрификацию и гетеротрофное окисление в эксперименте с добавлением биологически очищенной сточной воды

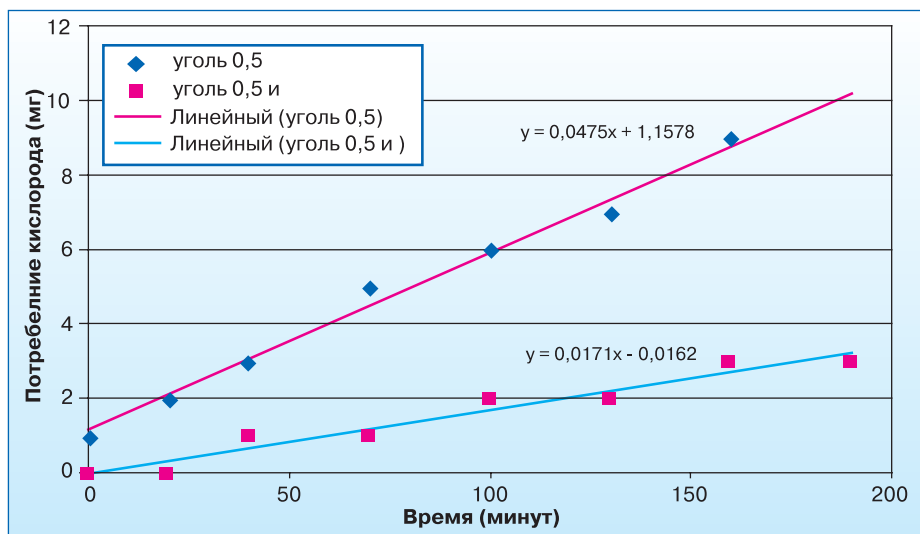


■ **Рис. 7.** Потребление кислорода в опыте с «предельным» биотическим окислением



■ **Рис. 8.** Эксперименты, проводимые в ходе коагуляции



**Рис. 9.** Различия скоростей потребления кислорода с ингибитором и без него

нитрификаторов и аэрированного в течение трех суток ила, отобранного из рециркуляционного потока действующих очистных сооружений. Илы смешивались в соотношении 1:1.

Подготовленный активный ил представлял собой отобранный на Курьяновской станции активный ил, который поддерживался в лабораторных условиях в течение эксперимента с добавлением в качестве источника аммонийного азота хлорида аммония для развития микроорганизмов нитрификации, и аэрировался перед опытом не менее 20 часов, после чего его скорость потребления кислорода определялась только величиной эндогенного дыхания и концентрациями добавляемых в эксперименте субстратов.

Для анализа токсичности биологически очищенного стока использовались биологически очищенная сточная вода после вторичных отстойников и подготовленный активный ил. Биологически очищенная на существующих сооружениях сточная вода добавлялась в количестве 10, 25 и 50% от объема пробы. Результаты экспериментов представлены на рис. 5 и 6.

Эксперименты показали, что в процессе существующей биологической очистки токсичность воды существенно снижается. Процессы нитрификации проходят даже при добавлении в пробу 50% стока (рис. 5). Причем скорость нитрификации падает весьма незначительно при увеличении % добавленной в пробу биологически очищенной сточной воды (рис. 6).

Скорость потребления кислорода на процессы гетеротрофного окисления, напротив, существенно возрастает с увеличением % добавленной в пробу очищенной сточной воды. Совместно результаты эксперимента показывают, что в биологически очищенной сточной воде существующих сооружений концентрации токсичных веществ значительно падают, но остаются биоокисляемые вещества, активно потребляемые гетеротрофами,

в незначительных концентрациях сравнимых с коэффициентом полунасыщения по субстрату для гетеротрофов. То есть токсичные вещества, присутствующие в стоках, биоокисляются и активно перерабатываются илом существующих сооружений. Однако данный эффект не может быть использован на существующих сооружениях в силу их гидродинамической структуры. Аэротенки существующих сооружений выполнены в виде восьмикоридорного сооружения, максимально приближенного к идеальному вытеснителю, в результате чего высокие концентрации токсичных веществ в его начале не позволяют запустить процесс нитрификации.

Увеличение глубины биологического окисления в опыте на «предельное» окисление позволяет полностью убрать влияние токсичности и достигнуть хорошего потребления кислорода на нитрификацию. На рис. 7 наблюдается существенная разница в потреблении кислорода с ингибитором нитрификации (проба с индексом и) и без него, что говорит о хорошем прохождении процесса.

Результаты этих экспериментов показывают, что при переводе аэротенка в режим смесителя и снижения нагрузки возможно добиться хорошей очистки данного стока с прохождением процесса нитрификации.

Исследование влияния предварительной коагуляции

Коагуляция сточной воды проводилась коагулянтом хлорид железа в дозах 50, 75, 100, 125 мг/л по железу. Для процесса коагуляции применялась магнитная мешалка. Коагулянт добавлялся при работе мешалки на высоких оборотах, с образованием в экспериментальной емкости воронки в течение трех минут для имитации смесителя. Затем обороты мешалки снижались до минимума, и в течение 10 мин. моделировалась камера хлопьеобразования. В ходе перемешивания измерялась величина pH.

Далее пробы переносились в лабораторные цилиндры, где отстаивались в течение 30 мин. Образовавшаяся надосадочная жидкость сифонировалась и затем использовалась для анализа на токсичность.

В ходе коагуляции было установлено:

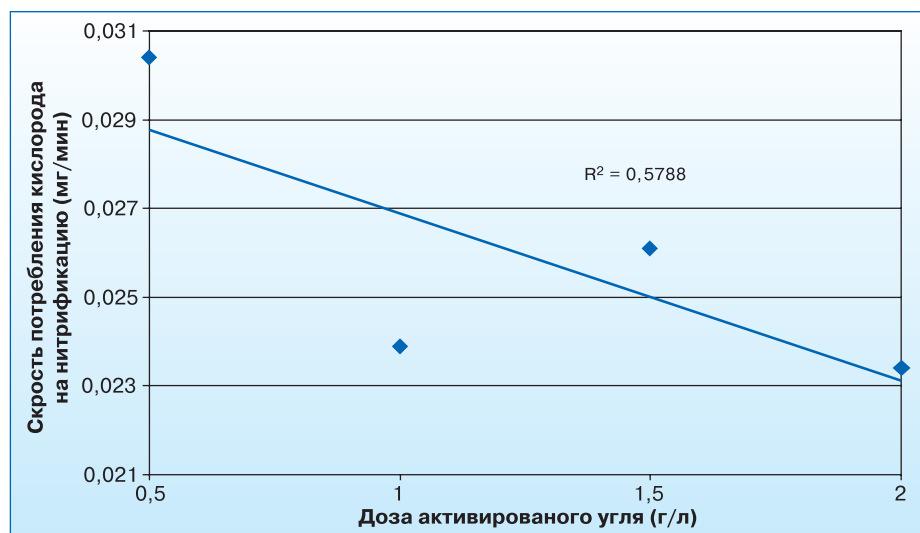
- добавление хлорида железа в используемых дозах не приводило к изменению pH (pH оставалось в пределах 8,6 - 8,5);

- во всех пробах образовался хорошо сформированный хлопок, который в ходе отстаивания дал 8-10% осадка от объема пробы;

- цвет обрабатываемой воды изменился с темно-коричневого на черный, что говорит об образовании сульфида железа.

Результаты экспериментов представлены на рис. 8.

Результаты экспериментов позволили выявить наличие нитрификации, проходящей с низкими скоростями. Полученные результаты позволяют заключить, что коагуляция лишь частично снимает токсическое воздействие анаэробно очищенной воды, причем с увеличением дозы коагулянта

Рис. 10. Скорость нитрификации с увеличением дозы угля



та эффективность его действия практически исчезает, что может быть связано с образованием новых соединений при коагуляции, также оказывающих токсическое воздействие на микроорганизмы нитрификации.

Анализ влияния биосорбционной очистки

При исследовании влияния биосорбционной очистки использовался активированный уголь марки АГЗ. Для проведения процесса с внедрением угля в хлопок ила уголь был предварительно измельчен в лабораторной ступке до порошкообразного состояния. Исследовался диапазон доз угля от 0,5 до 2 г/л, а именно 0,5; 1; 1,5 и 2 г/л.

Для биоокисления в ходе биосорбционной очистки с целью расширения состава биоценоза использовалась смесь подготовленного ила с содержанием нитрификаторов и аэрированного в течение трех суток ила, отобранного из рециркуляционного потока действующих очистных сооружений. Илы смешивались в количестве 1:1.

В пробу перед аэрацией добавлялось 50% ила и 50% исходной сточной воды после отстойников анаэробной ступени. Время аэрации составляло до 5 суток в соответствии со временем пребывания в сооружениях.

После аэрации сток отстаивался, надильная жидкость декантировалась и использовалась для анализа на токсичность. Поскольку нитрификация могла проходить уже в ходе аэрации, в пробу при анализе на токсичность добавлялся хлорид аммония в качестве источника аммонийного азота.

Во всех четырех экспериментах, начиная с дозы 0,5 г/л (рис. 9), наблюдалось существенное различие скоростей потребления кислорода с ингибитором и без него, что говорит о высокой скорости нитрификации. Кроме того, в ходе аэрации был полностью устранен запах и существенно снижена цветность сточных вод.

При этом скорость нитрификации несколько падает с увеличением дозы угля (рис. 10).

Полученные данные первоначально представляют собой парадоксаль-

ную картину. Наименьшие скорости нитрификации достигаются в наиболее чистой среде и убывают с хорошей статистической обеспеченностью с увеличением дозы угля при биосорбционной обработке. То есть скорость процесса нитрификации падает с увеличением степени очистки стока по органическим веществам.

Однако такая картина вполне логична, если учесть, что основным источником углерода для синтеза биомассы нитрификаторами является CO_2 . При этом в респирометрическом эксперименте CO_2 в воздушной фазе отсутствует - поглощается щелочным поглотителем. На этом основан метод измерения кислорода по падению давления в приборе.

Таким образом CO_2 доступное микроорганизмами нитрификаторами для синтеза биомассы определяется балансом образования CO_2 при окислении и его отдувки в воздушную фазу, скорость которой постоянна и определяется работой магнитной мешалки. Следовательно, чем ниже скорость образования CO_2 - скорость дыхания гетеротрофов, тем ниже концентрация CO_2 , доступная для нитрификаторов. Поставленные дополнительно в лаборатории очистных сооружений эксперименты позволили установить, что добавка активированного угля непосредственно не снижает токсичность сточных вод, но обработка воды биосорбционным методом позволяет при времени контакта 16 -20 часов устранить токсическое влияние стоков на процесс нитрификации. Токсичные вещества не сорбируются активно углем, но их окисление значительно ускоряется в его присутствии.

В целом можно сделать вывод о том, что применение биосорбционной очистки позволяет значительно ускорить удаление органических веществ и снижение токсичности стоков. Таким образом, биосорбционная обработка наиболее перспективна для разработки технологии очистки данных сточных вод.

Выводы:

Разработанная методика позволяет надежно определять наличие в сто-

ках токсичных веществ и может применяться для анализа стоков на токсичность и разработки технологии их очистки.

Содержащиеся в стоках спиртзавода токсичные вещества не воздействуют на анаэробный ил и микроорганизмы гетеротрофного аэробного окисления, но токсичны для микроорганизмов нитрификаторов. Данные вещества, скорее всего, находятся в растворенном состоянии, т.к. плохо удаляются коагуляцией. Сорбция на активированном угле малоэффективна для удаления этих веществ. Они биологически окисляемы, причем их окисление значительно ускоряется в присутствии активированного угля. Наиболее вероятно, что в качестве токсичных веществ выступают соединения, содержащие азот и серу.

По результатам экспериментов для дальнейших разработок принята технология, включающая биосорбционную обработку стоков на первой ступени аэрации и перевод аэротенков второй ступени в режим, максимально приближенный к аэротенку-смесителю.

Литература:

1. Udo Wiesmann, In Su Choi, Eva-Maria Dombrowski. Fundamentals of Biological Wastewater Treatment. Copyright © 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-31219-1.
2. М. Хенце. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / М., Мир. - 2004.
3. Эпов А.Н. Канунникова М.А. «Респирометрическое определение кинетических коэффициентов уравнения скорости нитрификации». Водоснабжение и Канализация 4 - 2009.
4. S. Marsili-Libelli, F. Tabani. Accuracy analysis of a respirometr for activated sludge dynamic modelling. Water Research 36 (2002) 1181 - 1192.
5. Kartik Chandrana, Barth F. Smetsb. Optimizing experimental design to estimate ammonia and nitrite oxidation biokinetic parameters from batch respirograms. Water Research 39 (2005) 4969-4978.
6. В.И. Баженов, А.Н. Эпов, И.А. Носкова. Математическое моделирование объекта очистки сточных вод. Экологический вестник России 4/2011.

Use respirometric analysis toxicity analysis and the development of technology of wastewater treatment of distillery

For analysis of inadequate nitrification during wastewater treatment of distillery methodology was developed respirometric analysis of the toxicity of the incoming drain and apply foam using respirometric equipment for determining the BOD. It was found that oleic acid used as a defoamer, may have a negative effect on the microorganisms of nitrification, however, in concentrations many times higher than those used for defoaming. The drain of the distillery is acutely toxic to the nitrifying microorganisms. To reduce toxicity, it is possible to divide the process into two steps with increasing time of oxidation, or the division of the process into two stages using biosorptional cleaning in the first stage.

Key words: wastewater distillery, respirometric analysis respirometric equipment, nitrification, toxicity, defoamers.

Epov Andrey Nikolaevich, chief technical specialist TWW Waste Water Treatment LLC «Demoplay». 129110, Russia, Moscow, avenue Mira, 68, 3. E-mail: epov@treatmentwater.ru

Gladchenko Marina Anatolyevna, Ph.D. (Engineering), senior researcher of the Department of chemical Enzymology, Moscow state University. M. V. Lomonosov. 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, 3. E-mail: gladmarina@yandex.ru

Kanunnikova Marina Aleksandrovna, Ph.D. (Engineering), Director of water and wastewater Treatment TWW Waste Water LLC «Demoplay», 129110, Russia, Moscow, avenue Mira, 68, 3. E-mail: kanunnikova@treatmentwater.ru