

месяца, в летний – 1 раз в месяц. При сбросе токсичных промышленных стоков ил, находящийся в аэротенках в свободноплавающем состоянии, погибал как без загрузки, так и с загрузкой, но в течение 3–5 дней в аэротенке с внедренной загрузкой ход очистки восстанавливался до прежних значений по эффективности.

Приведенные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что цикл комплексной очистки сточных вод обязательно должен включать стадию биологической очистки с применением загрузки, содержащей волокнисто-пористые полимерные носители с иммобилизованной биомассой. Благодаря этому обеспечивается стабильная эффективная очистка от большинства опасных загрязнений за счет утилизации использующей их для собственной жизнедеятельности биомассой. Такая очистка может осуществляться как в условиях крупных водоочистных сооружений, так и на локальных установках.

ЛИТЕРАТУРА

1 Состояние и перспективы решения проблемы комплексной очистки сточных вод / А. Г. Кравцов, С. В. Зотов, В. Л. Лисицын, Н. Е. Савицкий // Наука и инновации. – 2011. – Т. 103, № 9. – С. 65–70.

2 Очистка сточных вод, как средство регулирования состояния водных ресурсов / А. Г. Кравцов, С. В. Зотов, К. В. Овчинников, В.Л. Лисицын, Н. Е. Савицкий // Экологическая безопасность региона : материалы междунар. науч.-практич. конф. – Брянск, Брянский государственный университет, 20 октября 2011. – Брянск, 2011. – С. 35–40.

3 Кравцов, А. Г. Полимерные волокнистые фильтры для преодоления экологических последствий чрезвычайных ситуаций / А. Г. Кравцов, С. А. Марченко, С. В. Зотов. — Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – 280 с.

УДК 628.355:628.356.3

Р. М. Маркевич, доц., канд. хим. наук;

И. А. Гребенчикова, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);

Г. П. Костень, гл. инженер (ОАО «Поставский молочный завод»)

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МОЛОЧНОГО ЗАВОДА В ПЕРИОД ЗАПУСКА

На ОАО «Поставский молочный завод» в 2011 г введены в эксплуатацию биологические очистные сооружения. Технология предусматривает обработку сточных вод (СВ) на решетках, их нейтрализацию, усреднение, осветление напорной флотацией с применением полиакриламидных флокулянтов, биологическую очистку в аэротенке-смесителе. Очищенные воды после отстаивания

проходят стадию дезинфекции и направляются в реку Мяделка. Проектом предусмотрена также доочистка СВ с помощью песчано-угольных фильтров и установки обратного осмоса. Однако в пусковой период возникли следующие проблемы: очистные сооружения предприятия не достигали проектных показателей по уровню очистки воды, при эксплуатации возникал неприятный запах, наблюдалось частое развитие нитчатого вспухания активного ила (АИ), повышенный вынос взвешенных веществ (ВВ) из вторичных отстойников и другие негативные явления.

Целью настоящей работы являлся анализ функционирования очистных сооружений ОАО «Поставский молочный завод», направленный на оптимизацию условий биологической очистки.

Отбор проб осуществляли в течение марта – июня 2012 г. Объектами исследования служили СВ, отобранные на разных ступенях очистки: усредненные, осветленные флотацией, биологически очищенные, а также биоценоз АИ из аэротенка. Разовые пробы осветленных вод отбирали также после песчано-угольных фильтров и установки обратного осмоса после введения их в эксплуатацию. Оценку качества сточных и биологически очищенных вод (БОВ) осуществляли по показателям ХПК, БПК₅, определяли также концентрацию ВВ и уровень рН [1]. Для АИ устанавливали иловый индекс, структуру и состав биоценоза [2, 3].

В ходе исследований выявлены сильные колебания расхода и уровня загрязненности поступающих на очистку СВ, вызванные залповыми сбросами отходов молочного производства. Как следствие, физико-химические показатели СВ после стадии усреднения в разное время различались в несколько раз. Так, за период проведения анализов в усреднителе зафиксированы значения рН СВ от 4,7 до 8,2; показатель ХПК изменялся в пределах 1580-12600 мг О₂/дм³; величина БПК₅ (составляющая порядка 80% БПК_{полн.}) – от 1350 до 5600 мг О₂/дм³, содержание ВВ достигало значений 1300-2870 мг/дм³, что зачастую намного превышало проектные значения этих показателей (БПК_{полн.} – 1700 мг О₂/дм³, концентрация ВВ – 760 мг/дм³). В условиях постоянного колебания значений рН поступающих СВ возникали проблемы с их нейтрализацией в усреднителе.

Нестабильные характеристики усредненных вод сказывались на эффективности их дальнейшей очистки. Так, в установке напорной флотации удалялось только от 5 до 50 % загрязнений по БПК₅, содержание ВВ снижалось на 20-50 %. В результате в СВ, поступающих в аэротенк, уровень загрязненности в ряде случаев оставался достаточно высоким (по БПК₅ – 1400-2800 мг О₂/дм³, по ВВ – 900-1100 мг/дм³), в то время как согласно СНиП 2.04.03-85 для аэротенков, работающих в режиме смешения без регенерации АИ, предусмотрены

следующие показатели поступающих в них вод: БПК_{полн} – не более 500 мг О₂/дм³, концентрация ВВ – до 150 мг/дм³. Таким образом, АИ в аэротенке оказывался перегруженным по легкоокисляемым органическим соединениям, что увеличивало его прирост и ухудшало седиментационные свойства. Поступающие в аэротенк ВВ сорбировались АИ и снижали его окислительную способность. В большинстве случаев наблюдался завышенный уровень рН СВ на различных ступенях очистки, а также рН иловой смеси в аэротенке (8,0-8,5), хотя для нормального развития АИ предпочтительны значения рН около 7,0-7,5. Эти обстоятельства, а также периодическое резкое снижение значений рН поступающих в аэротенк СВ негативно сказывались на состоянии биоценоза АИ.

В аэротенке наблюдался также дисбаланс по биогенному питанию. Для эффективного протекания процесса очистки СВ в среде должна быть достаточная концентрация биогенных элементов, и соотношение БПК : N : P должно составлять 100 : 5 : 1. В СВ Поставского молочного завода соотношение БПК : N : P, по данным предприятия, составляет 100 : 0,92 : 0,95, что свидетельствует о недостатке азота. Для принятого в проекте значения БПК_{полн}, равного 1700 мг О₂/дм³, содержание азота должно составлять около 85 мг/дм³, а фосфора – 17 мг/дм³. Однако следует отметить, что в условиях сильных колебаний показателей СВ сложно рассчитать оптимальное количество добавляемых соединений.

В целом за период исследований, до введения в эксплуатацию песчано-угольных фильтров и установки обратного осмоса, степень очистки СВ на очистных сооружениях составляла по ХПК – 60-84 %, БПК₅ – 77-97 %, ВВ – 93-96 %. В основном отстаивные БОВ имели показатель БПК₅ 40-45 мг О₂/дм³, при значительных нарушениях процесса очистки значение БПК₅ достигало 1300 мг О₂/дм³, содержание ВВ в БОВ составляло от 50 до 120 мг/дм³. Повышенная концентрация ВВ в отстаивных водах была вызвана низкой седиментационной способностью АИ, которая, в свою очередь, обусловлена неудовлетворительным состоянием хлопков АИ и частым развитием нитчатого вспухания ила в аэротенке. Так, величина илового индекса в основном составляла более 300 см³/г, а в отдельные периоды – более 400 см³/г. Концентрация АИ по массе (доза ила) колебалась от 1,6 до 6,3 мг/дм³ (в среднем 3,1 мг/дм³).

Установлено, что в биоценозе АИ присутствовали представители различных индикаторных групп: раковинные (*Centropyxis* sp.) и голые амёбы; инфузории – кругоресничные (*Vorticella microstoma*, *Opercularia microdiscum*, *Epistylis urceolata* и др.), свободноплавающие (*Trachelophyllum pusillum*, *Uronema nigricans*, *Drepanomonas revoluta*, *Paramecium* sp. и др.), брюхоресничные (*Aspidisca costata*, *Euplotes affinis*), сосущие; жгутиковые (*Bodo* sp. и др.); колероватки (*Rotaria* sp., *Lecane* sp.). В

целом обнаружено около 22 видов простейших и многоклеточных организмов, из них встречались одновременно 13-15 (при нарушениях процесса очистки – только 5-7) видов, многие из которых могут обитать в широких интервалах загрязненности воды по БПК_{полн}, устойчивы к недостатку кислорода и высоким нагрузкам по органическим веществам.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что биоценоз АИ на очистных сооружениях Поставского молочного завода находился в постоянно меняющихся условиях, которые в ряде случаев можно назвать экстремальными. Сильные колебания расхода и уровня загрязненности поступающих на очистку СВ обуславливали значительные колебания численности организмов различных видов и общей численности организмов, которая в исследуемый период составляла от 6 до 36 тысяч экз./см³. Постоянно и в короткие сроки (в течение 1-2 недель) менялось соотношение основных индикаторных групп, наблюдались случаи, когда в биоценозе в массе присутствовали лишь несколько наиболее устойчивых к неблагоприятным условиям видов, например, осмотрофно питающиеся амебы, мелкие жгутиконосцы.

В биоценозе обнаружено около 10 различных видов нитчатых бактерий, при этом в пробах одновременно встречались 4-5 видов, поочередно получавших условия для массового развития в зависимости от вида и характера воздействия внешних факторов – рН, уровня аэрации, нагрузки по органическим веществам, наличия биогенной подпитки. Для предупреждения нитчатого вспухания АИ необходимо обеспечить стабильные благоприятные параметры СВ, исключить перегрузки по органическим загрязнениям, установить постоянный высокий уровень аэробности системы.

В периоды, когда процесс очистки начинал стабилизироваться и значение БПК₅ усредненных вод не превышало 1400 мг О₂/дм³, увеличивалась доля других индикаторных групп – свободноплавающих, брюхооресничных инфузорий, коловраток, питающихся бактериями, а также хищных сосущих инфузорий. В целом биоценоз АИ аэротенка, наблюдавшийся в период исследований, можно отнести к типам биоценозов со средним и низким деструкционным потенциалом [3].

Отмечены следующие причины появления на очистных сооружениях дурного запаха: брожение и гниение белков, углеводов, жиров СВ в усреднителе при недостаточной аэрации; глубокое разложение белков вследствие локальных перегревов при нейтрализации СВ гранулированной щелочью; распад органических веществ флотошлама при хранении осадка в емкости-накопителе. Для устранения этой проблемы целесообразно увеличить уровень аэрации смеси в усреднителе, добавлять в усреднитель NaOH в виде 15%-ого раствора до значения рН 7,1. Для стабилизации осадка возможно добавление известкового молока.

В результате проведенных на очистных сооружениях мероприятий, а также введения в эксплуатацию песчано-угольных фильтров и установки обратного осмоса, в июне наметилась тенденция повышения эффективности очистки. Увеличилась степень очистки СВ по БПК₅ на 30-50 %, по ВВ – на 50-90 %. Содержание ВВ в воде после ее обработки в установке обратного осмоса составляло около 3 мг/дм³. Улучшилось состояние АИ: сформировались довольно крупные хлопья, значительно уменьшилось количество нитчатых бактерий.

В целом для обеспечения эффективной работы очистных сооружений необходимо обеспечить поступление на них СВ с такими расходами и уровнем загрязненности, чтобы после усреднения показатели были стабильными и находились в пределах значений (рН, ХПК, БПК, содержание ВВ), заложенных в проект. Целесообразно также проведение контроля состояния биоценоза активного ила с целью своевременного обнаружения нарушений процесса очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лурье, Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье [и др.]. – Москва: Химия, 1974. – 336 с.

2 Маркевич, Р. М. Методическое руководство по контролю процесса биологической очистки сточных вод: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 03 «Биоэкология» / Р.М. Маркевич [и др.]. – Минск: БГТУ, 2009. – 161 с.

3 Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – Москва: Акварос, 2003. – 512 с.

УДК 556.01+628.357.4

Е. А. Флюрик, ст. преп., канд. биол. наук, А. А. Змитрович, студ.
О. В. Абрамович, студ. (БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *EICHORNIA CRASSIPES* ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В последние годы все большее внимание уделяется борьбе за чистоту окружающей среды, так процесс очистки сточных вод совершенствуется путем модернизации старых линий, введения новых, современных методов очистки с помощью биофильтров, высших водных растений и др.

Сточные воды можно очищать с помощью таких растений как водный гиацинт (эйхорния) *Eichornia crassipes* (Mart. Solms), пистия (*Pistia* L., 1753), арундо (*Arundo* L., 1754) и др.

Водный гиацинт (рисунок 1, а) – растение семейства понтедериевых (*Pontederiaceae*). Его родина – водоемы тропических и субтропических районов Южной Америки. Корни мочковатые длинные