

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила охраны поверхностных вод. Госкомитет СССР по охране природы. М., 1991.
2. СанПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Минздрав СССР, М., 1988.
3. Водный кодекс Республики Беларусь (введен в действие с 10 сентября 1998 г.).

УДК 628.356:628.336.511.512

И.А. Гребенчикова, Н.С. Ручай, Р.М. Маркевич, Н.В. Гриц  
(БГТУ, г. Минск)

### ТЕХНОЛОГИЯ АНАЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ ГИДРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

За рубежом достигнут значительный прогресс в области разработки и практического применения анаэробных реакторов специальной конструкции, которые обеспечивают очистку стоков в очень широком диапазоне концентраций загрязнений. Для реализации анаэробного процесса из ряда аппаратов, предлагаемых исследователями, привлекает внимание высокой эффективностью массообмена и высокой скоростью деструкции загрязнений реактор с гранулированной биомассой активного ила (UASB-реактор).

Исходя из теоретических представлений, сточная вода гидролизного производства должны быть благоприятной средой для формирования гранулированного активного ила, так как содержит способствующие этому процессу углеводы, летучие органические кислоты и катионы кальция. Однако формирование гранул активного ила – длительный процесс, зависящий от ряда факторов и осложняющий процедуру запуска биореактора. Этот недостаток в значительной степени может быть преодолен при использовании комбинированного биореактора, представляющего собой совмещенную конструкцию из UASB-реактора и реактора с фиксированной насадкой. Модель такого биореактора длительное время функционировала в лабораторных условиях.

В эксперименте засев комбинированного биореактора инокулятом не производили. Аппарат работал в непрерывном режиме более года. Первые пять месяцев биореактор выдерживали при малой скорости протока, создавая условия для естественного образования хлопьев и гранул активного ила из спонтанно развивающейся микрофлоры. Стабильный режим функционирования комбинированного биореактора был достигнут через девять месяцев эксплуатации аппарата.

Установлено, что при очистке сточной воды гидролизного производства в комбинированном биореакторе анаэробная микрофлора способна к образованию хлопьев и гранул.

При нагрузке по органическим веществам 8–13 кг ХПК/м<sup>3</sup>·сут и времени пребывания в биореакторе 12–15 часов степень очистки сточной воды составила 71–73 % по ХПК.

Эффективность очистки сточной воды в комбинированном биореакторе значительно выше, чем в аппарате с фиксированной насадкой. Комбинированный биореактор менее чувствителен к увеличению нагрузки.

Существующая на Бобруйском ГЗ технология предусматривает обработку сточной воды в аэрируемых биоокислителях после предварительной нейтрализации, отстаивания и охлаждения до оптимальной температуры. Биологически очищенная вода после отделения биомассы активного ила напорной флотацией направляется на городские очистные сооружения для дальнейшего обезвреживания.

На основании результатов проведенных исследований предложена следующая технологическая схема анаэробной обработки сточной воды гидролизного производства.

Исходную сточную воду с температурой 35–37°C и рН 4,5–4,7 нейтрализуют известковым молоком до рН 6,5–7,0, осветляют отстаиванием и направляют на очистку в биореактор комбинированного типа. Биореактор имеет верхнюю зону с насадкой (30–35% от полезного объема), работающую по принципу анаэробного биофильтра с иммобилизованной микрофлорой, и свободную нижнюю зону, в которой формируется гранулированный активный ил (UASB-зона). Плотность загрузки носителя (насадка «ВИЯ») в верхней зоне 10–15 кг/м<sup>3</sup>. На границе между верхней и нижней зонами смонтировано газоилоотделительное устройство, у дна аппарата располагается система распределения сточной воды.

Очистка сточной воды в биореакторе осуществляется за счет спонтанно развивающейся анаэробной микрофлоры.

При нормальном функционировании биореактора значение рН среды 7,0–8,0, оптимальное для развития метаногенных бактерий и обеспечивающее стабильность работы аппарата, поддерживается самопроизвольно.

Для поддержания оптимального температурного режима (35–37°C) предусмотрена теплоизоляция биореактора и емкостных аппаратов для подготовки сточной воды к переработке (сборник исходного стока, нейтрализатор, отстойник), а в холодное время года – подогрев нейтрализованного стока горячей оборотной водой в пластинчатых теплообменниках.

Ответственной процедурой является запуск биореактора, в ходе которого происходит адаптация видового состава микрофлоры к загрязнению сточной воды, формирование биопленки на волокнистой насадке (в течение 1,5–2 месяцев) и гранул активного ила (в течение 6–9 месяцев). Че-

рез 6–9 месяцев эксплуатации работа биореактора стабилизируется, аппарат обеспечивает требуемую степень очистки сточной воды при нагрузке по загрязнению 8–10 кг ХПК/м<sup>3</sup>сут.

Содержание взвешенных веществ в очищенном стоке (30–100 мг/л биомассы) позволяет непосредственно сбрасывать его на очистные сооружения города.

Осадок из нижней части биореактора периодически удаляют и обезвоживают с помощью фильтр-прессов либо на иловой площадке.

В процессе очистки сточной воды на 1 кг снятых загрязнений по ХПК выделяется 0,4–0,6 м<sup>3</sup> биогаза, который накапливается в верхней части биореактора и сухом газгольдере, проходит осушку в мультициклоне и направляется для использования в качестве энергоносителя.

При очистке сточной воды, содержащей сульфаты, образуется сероводород. Удаление растворенного сероводорода из очищенной воды производят посредством контакта со стальными стружками в колонном аппарате или с помощью аэрации очищенного стока. Образовавшиеся нерастворимые сульфиды металлов удаляются из биореактора с осадком.

Работа выполнена в рамках государственной программы «Промышленная биотехнология», в соответствии с которой по результатам выполненных исследований разработаны конструкторская документация на анаэробный биореактор комбинированного типа и проект промышленной установки для Бобруйского гидролизного завода, на котором планируется реализация технологического процесса.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии включает экономию за счет исключения энергетических и эксплуатационных затрат на аэрацию очищаемого стока, а также экономию за счет использования образующегося биогаза в качестве топлива для котельной установки.

Таким образом, в результате проведенных исследований впервые в РБ разработана технология локальной анаэробной очистки сточной воды гидролизного производства с использованием высокоэффективного биореактора с гранулированной биомассой активного ила. Технология обеспечивает необходимую для локальной обработки степень очистки сточной воды (70 % по ХПК) при низких энергетических затратах, а также получение биогаза, используемого в качестве энергоносителя. После отработки в промышленных условиях разработанная технология может быть адаптирована и распространена на другие предприятия биотехнологического профиля.