

Проведенные сравнительные испытания среды Кода производства Угличского филиала ВНИИМС и ГП БелНИКТИММП с использованием классического и фотометрического методов показали, что качество отечественной среды не уступает аналогу, а по прозрачности превосходит его.

Таким образом, с помощью предлагаемого метода фотометрии можно охарактеризовать биохимическую активность БГКП на среде Кода и оценить качество приготавливаемой среды за 2-3 часа вместо 24 часов, требуемых в методе выращивания культур на чашках; при этом одновременно уменьшается расход питательной среды и увеличивается производительность анализа.

УДК 628.356:628.336.511.512

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЭРОБНОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ГИДРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

В настоящее время возрос интерес к анаэробным процессам биодеградации загрязнений биосферы. Это обусловлено двумя важнейшими причинами: низкими энергетическими и эксплуатационными затратами на осуществление процесса и появившейся возможностью резкого увеличения скорости анаэробной детоксикации загрязнений путем использования высокоэффективных реакторов с иммобилизованной микрофлорой. Низкая скорость анаэробных процессов является одним из главных факторов, сдерживающих широкое распространение анаэробных методов очистки промышленных сточных вод.

В настоящей работе исследован процесс анаэробной биологической очистки сточных вод гидролизного производства спонтанно развивающейся микрофлорой, иммобилизованной на полиамидном волокне (насадка типа "ВИЯ"). Стоки гидролизных заводов имеют сложный многокомпонентный состав и содержат углеводы, альдегиды, спирты, эфиры, фурфурол и его производные, лигноуミノвые вещества, фенолы и другие соединения. Объектом исследования являлись сточные воды Бобруйского гидролизного завода с уровнем загрязненности по ХПК 4-6 кг/м<sup>3</sup>, величиной рН 4,5-4,8.

Для практической реализации процесса важное значение имеет конструкция биореактора с иммобилизованной микрофлорой. Простотой уст-

ройства и низким энергопотреблением отличаются реакторы с фиксированной насадкой. Наиболее эффективны биореакторы с гранулированной активной биомассой - UASB-реакторы, недостатком которых является длительность и сложность процедуры запуска [1]. В исследованиях использовали два типа биореакторов: с фиксированной насадкой и комбинированный биореактор, представляющий собой UASB-реактор со слоем фиксированной насадки. Считают, что комбинированные реакторы будут наиболее технологичными.

Процесс анаэробной обработки сточных вод моделировали на лабораторной установке с каскадом биореакторов объемом 1,0-2,5 л, работающих в мезофильном (30°C) проточном режиме. Технологическая обвязка биореакторов позволяла эксплуатировать каждый из аппаратов автономно либо в составе батареи из параллельно или последовательно соединенных аппаратов. Накопление микроорганизмов-деструкторов, формирование биопленки или хлопьев и вывод биосистемы на стабильный режим работы осуществляли по отработанной методике [2]. Глубину очистки стоков оценивали по величине ХПК, а также по содержанию индивидуальных компонентов (в том числе тяжелых металлов), используя стандартные методики [2].

Основные характеристики процесса анаэробной обработки сточной воды определяли в биореакторах с фиксированной насадкой.

Установлено, что формирование и иммобилизация спонтанно развивающейся в сточной воде микрофлоры в анаэробных условиях длится 15-16 суток. Полная стабилизация процесса биологической очистки стоков наблюдается через 35-40 суток. Максимальная глубина очистки сточных вод гидролизного производства при анаэробной обработке составляет около 90% по ХПК. Возможна переработка натуральных стоков, но предварительная нейтрализация кислых сточных вод до величины рН 6,0-6,5 повышает эффективность очистки при прочих равных условиях на 20-25%. В батарее из последовательно соединенных аппаратов наибольший вклад в очистку стоков вносят биореакторы первых двух ступеней. Выявлены существенные отличия в составе биоценозов биореакторов первой и второй ступеней очистки, свидетельствующие об имеющей место специализации микрофлоры в биореакторах. При двухступенчатой реализации процесса около 95% от всех снятых загрязнений (по ХПК) окисляется микрофлорой биореактора первой ступени. Биореактор второй ступени повышает эффективность очистки сточных вод на 3-5% абсолютных. Это позволяет сделать вывод о возможности осуществления процесса анаэробной детоксикации стоков в одну ступень. Следует отметить более низкую чувствительность биореактора второй ступени к изменению скорости потока среды. Окислительная эффективность этого биореактора существенно не

изменяется при скоростях протока в 2-2,5 раза больших, чем для биореактора первой ступени очистки. Это также косвенно свидетельствует о специализации микрофлоры в биореакторах.

Исследовали влияние плотности загрузки биореактора волокнистым носителем в пределах 2-25 г/л на эффективность анаэробной обработки стоков при различных скоростях протока (0,02-0,13 ч<sup>-1</sup>). Увеличение плотности волокнистой загрузки с 2 до 18 г/л обеспечивает значительный рост окислительной мощности биореактора и степени очистки сточных вод по ХПК. При дальнейшем повышении плотности загрузки биореактора носителем возрастающий уровень газонакопления реакционного пространства выделяющимся биогазом затормаживает рост эффективности процесса очистки. Для достижения требуемого уровня эффективности процесса при локальной очистке сточных вод (не менее 60% по ХПК) рекомендуется загрузка биореактора носителем в количестве 9-15 г/л, что обеспечивает ведение процесса при скорости протока 0,04-0,06 ч<sup>-1</sup>. В ходе длительного непрерывного эксперимента (85 суток) установлена способность биосистемы к стабильному функционированию при очистке промышленных сточных вод.

Повышение температуры процесса до 50<sup>0</sup>С не приводит к адекватному увеличению скорости биодegradации загрязнений. Наибольшей окислительной эффективностью обладает микрофлора, развивающаяся в биореакторе при 40<sup>0</sup>С. Различия в скорости и эффективности деструкции загрязнений при 30<sup>0</sup>С и 40<sup>0</sup>С невелики.

Исследования состава биологически очищенной воды показали, что при анаэробной обработке сточных вод гидролизного производства практически полностью удаляются фурфурол, нитраты, нитриты, на 90% снижается содержание соединений фосфора, на 92% и 50% соответственно удаляются сульфаты и хлориды. Плохо поддаются биодegradации только лигноуминовые вещества, содержание которых снизилось на 24%. Анаэробная обработка стоков приводит также к удалению значительной части тяжелых металлов: меди, свинца, железа, цинка, никеля, кадмия.

Как и предполагалось, биореактор комбинированного типа на основе UASB-реактора более эффективен, чем биореактор с фиксированной насадкой. При равных условиях ведения процесса эффективность очистки сточных вод в комбинированном биореакторе на 50% выше. Комбинированный биореактор обеспечивает тот же эффект очистки стоков, что и реактор с фиксированной насадкой, при загрузке волокнистого носителя, меньшей в 2 раза.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о возможности создания энергосберегающей технологии локальной очистки сточных вод гидролизных производств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каложный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. Анаэробная, биологическая очистка сточных вод // Итоги науки и техники. Сер. биотехнол. ВИНТИ.- 1991.- N 29.- С. 5-156.
2. Ручай Н.С., Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А. и др. Исследование процесса очистки сточных вод иммобилизованной микрофлорой // Вестник БГУ.- 1996.- Серия 2, N 1.- С. 13-17.

УДК 573.6.086.83;663.1

### МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ОКИСЕЙ ОЛЕФИНОВ

Т.И.Сокольчик, Н.В.Гриц, В.Н.Леонтьев  
(БГТУ, г.Минск)

Одним из новых направлений в биотехнологии является получение эпоксидов, представляющих собой циклические простые эфиры. Интерес к ним обусловлен тем, что эпоксидный цикл легко раскрывается с образованием либо полимерных продуктов, находящихся широкое промышленное применение, либо бифункциональных оптически активных соединений, многие из которых обладают биологической активностью.

Эти соединения применяются в производстве этилен- и пропиленгликолей, полиэтилен- и полипропиленгликолей, различных сополимеров, пенополиуретанов, ПАВ, синтетических смазочных материалов, эпоксидных смол и др. Объемы их производства в мире составляют миллионы тонн в год, причем, в основном, их получают химическим способом [1]. В Республике Беларусь окиси олефинов не производятся.

Микробиологический синтез окисей олефинов является экономически более выгодным и интенсивно развивается. В особенности это касается оптически активных эпоксидов.

По оценкам экспертов, в ближайшие годы около 20% продуктов, получаемых химическим синтезом, можно будет производить биотехнологическим способом, что снизит производственные расходы на основное технологическое оборудование на 20%, а энергозатраты - минимум на 50% [2].

В отличие от химического синтеза, микробиологическое эпоксидирование протекает с высокой стереоселективностью [3]. Причем, существ-