

протока суслу $0,17-0,22 \text{ ч}^{-1}$ При этом удельная производительность биореактора по этанолу достигает $2,2 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$.

Разработанная технология сбраживания гидролизного суслу позволяет исключить стадию сепарационного выделения дрожжей из бражки и снизить затраты энергии на процесс в $1,8-2,0$ раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стебакова С.А., Ручай Н.С. Сорбционная иммобилизация спиртообразующих дрожжей на волокнистом носителе // Труды БГТУ. Сер.4.- 1994.С.80-84.
2. Jsoutsas Gh., Kapellaki Ju., Psarianos C. // J.Ferment.Technol.- 1990.- V.69, N2.- P.93-97.
3. Doran R.M., Bailey J.E. // Biotechnol. Bioeng.- 1987.-V.27.P.73-87.

УДК 628.356:628.336.511.512

И.А.Гребенчикова, соискатель;
Н.С.Ручай, доцент;
Р.М.Маркевич, ст.преп.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОТОЧНОМ РЕЖИМЕ

The process of anaerobic detoxication of biochemical production waste water by immobilized microorganisms using bioreactor with fixed fibre carrier was investigated. The efficiency of the process in dependence on the density of bioreactor paking by carrier, rate of stream and number of purification stages was established.

Проведенными исследованиями [1] показана перспективность детоксикации сточных вод гидролизного производства иммобилизованной микрофлорой, спонтанно развивающейся в анаэробных условиях. В промышленных масштабах этот процесс может быть реализован в биореакторах с фиксированной волокнистой насадкой, отличающихся простотой конструкции и низким энергопотреблением. Для разработки технологического процесса необходимо определить режимные параметры функционирования биореактора, важнейшими из которых являются скорость протока жидкости, плотность загрузки биореактора насадкой, число ступеней очистки, обеспечивающих достижение требуемой эффективности процесса. В этом и заключалась цель настоящей работы.

Процесс анаэробной очистки сточных вод моделировали на лабораторной установке с каскадом биореакторов, загруженных волокнистой насадкой типа "ВИЯ" (волокно капрон) и работающих в мезофильном (30°C) проточном режиме. В зависимости от цели эксперимента биореакторы

функционировали автономно или в составе батареи из двух или трех последовательно соединенных аппаратов. Накопление микроорганизмов-деструкторов, закрепление их на носителе и вывод биосистемы на стабильный режим работы осуществляли по отработанной методике [1] в течение 15-18 сут. При этом создавались условия для пространственной сукцессии микроорганизмов и автоселекции биоценоза в биореакторах разных ступеней очистки. Подачу и дозировку жидкости обеспечивали многоканальными перистальтическими насосами. Скорость протока среды через биореактор варьировали в пределах $0,016-0,130 \text{ ч}^{-1}$, а плотность загрузки биореакторов носителем - от 2 до 25 г/л. Эффективность процесса очистки сточных вод оценивали по величине ХПК биологически очищенной воды (БОВ), контролировали также изменение рН БОВ.

В экспериментах использовали сточные воды Бобруйского гидролизного завода с уровнем загрязненности по ХПК $4500-5500 \text{ г/м}^3$ и рН 4,5-5,0. Величину ХПК биологически очищенной воды для каждой скорости протока определяли после полной смены всего объема жидкости в биореакторе.

Установлено, что предварительная нейтрализация кислых сточных вод до величины рН 6,0-6,5 повышает эффективность очистки при прочих равных условиях на 20-25%. Это связано с расширением спектра бактериальной микрофлоры, развивающейся в нейтрализованной сточной воде, в частности с развитием метаногенных бактерий. Дальнейшие исследования проводили с использованием нейтрализованных сточных вод.

Как и предполагалось, эффективность анаэробной очистки стоков определяется в значительной степени плотностью загрузки биореактора носителем (рис.1). При малой плотности загрузки биореактора (2-5 г/л) система не обеспечивает необходимого съема загрязнений. Увеличение плотности загрузки свыше 18 г/л также ухудшает работу биосистемы вследствие нарушения массообмена в реакторе и снижения его полезного объема, обусловленного большим количеством биогаза, удерживаемого в реакционном пространстве неупорядоченно расположенных волокон. Увеличением газонаполнения биореактора можно объяснить также и относительно небольшое различие в эффективности процесса при плотностях загрузки 13 и 18 г/л. Участки кривых зависимости величины ХПК БОВ от удельной скорости разбавления при плотностях загрузки 9-18 г/л практически параллельны. Следовательно, в биореакторах развивается идентичная микрофлора, которая одинаково реагирует на изменение скорости протока. Исходя из требуемого уровня эффективности процесса при локальной очистке сточных вод (ХПК БОВ не более 2000 мг/л), может быть рекомендована плотность загрузки биореакторов носителем 9-15 г/л. Кроме того, необходимо упорядоченное расположение волокна в биореак-

торе в виде вертикальных слоев, способствующее свободному выходу биогаза из реакционной зоны.

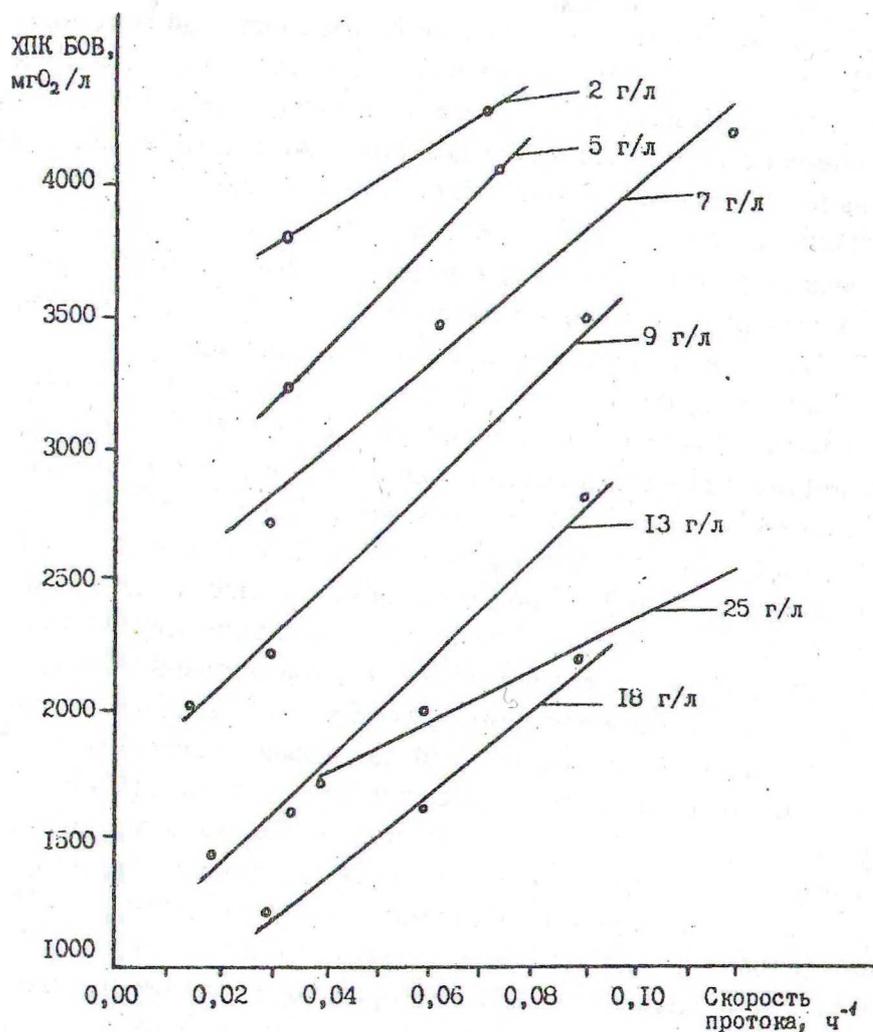


Рис.1. Эффективность анаэробной очистки сточных вод при различной плотности загрузки биореактора

Процесс ступенчатой очистки сточных вод исследовали в последовательно соединенных биореакторах объемом 2,5 л (первая ступень) и 1 л (вторая ступень), приняв в качестве оптимальной плотность загрузки биореакторов носителем 9 г/л. Как показали исследования, применение третьей ступени нецелесообразно ввиду ее низкой эффективности. При двухступенчатой реализации процесса около 95% от всех снятых загрязнений (по ХПК) окисляется микрофлорой биореактора первой ступени. Выявлены существенные различия в составе биоценозов биореакторов.

Биореактор второй ступени повышает эффективность очистки сточных вод на 3-5% абсолютных, и окислительная эффективность его невели-

ка (рис.2). Это позволяет сделать вывод о возможности осуществления анаэробной детоксикации стоков в одну ступень. Следует отметить более низкую чувствительность биореактора второй ступени к изменению скорости протока среды. Окислительная эффективность этого биореактора существенно не изменяется при скоростях протока в 2-2,5 раза больших, чем для биореактора первой ступени очистки, что также косвенно свидетельствует о специализации микрофлоры в биореакторах.

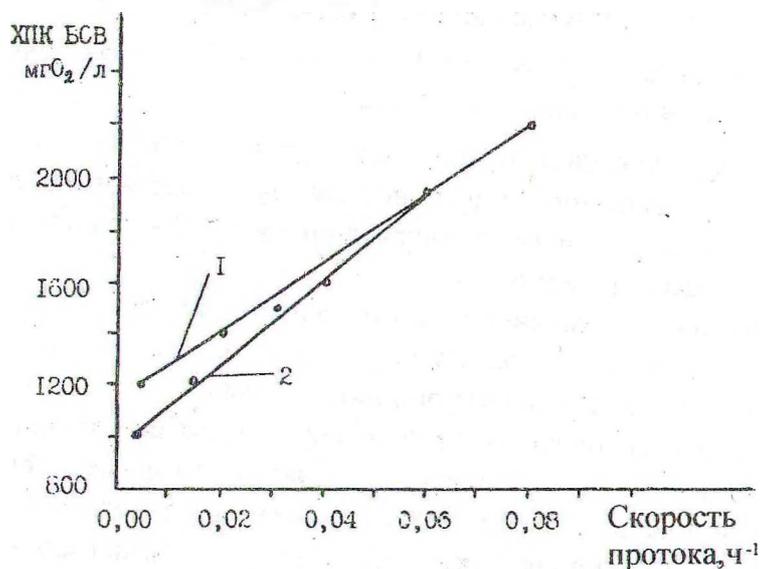


Рис.2. Эффективность двухступенчатой очистки сточных вод.
1-первая ступень очистки;
2-две ступени очистки

Таким образом, при локальной анаэробной очистке сточных вод гидролизного производства в биореакторе с фиксированной насадкой рекомендуется осуществление процесса в одну ступень при плотности загрузки биореактора носителем 9-15 г/л, что обеспечивает достижение требуемого уровня очистки при скорости протока 0,04-0,06 ч⁻¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ручай Н.С., Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А. и др. Исследование процесса очистки сточных вод иммобилизованной микрофлорой // Вестник БГУ.- 1996.- Серия 2, №1.- Стр. 13-17.