

Н. С. Ручай, доцент; И. А. Гребенчикова, ассистент;
М. В. Рымовская, аспирант; Е. В. Блажко, студентка

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЭРОБНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Bakery yeast production wastewater treatment in cross flow and non-cross flow bioreactors with spontaneously developing consortium of anaerobic microorganisms has been investigated. The cross flow bioreactor of «anaerobic biofilter» type provides COD decrease by 67–77% with an organic loading rate $7,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day}$.

Предприятия пищевой промышленности в подавляющем большинстве не располагают собственными сооружениями для очистки стоков. Сброс сточной воды в городскую канализационную сеть ограничен нормированным уровнем загрязненности. В связи с этим возникла необходимость в создании компактных малоэнергос затратных установок для предварительной очистки сточной воды [1]. Для решения этой задачи наиболее пригодны анаэробные технологии на основе биореакторов, обеспечивающих удержание активного ила в реакционном объеме [2, 3].

Цель настоящих исследований – разработка энергосберегающей технологии предварительной очистки сточной воды производства хлебопекарных дрожжей.

Объектом исследования являлись сточные воды цехов Минского дрожжевого комбината, общий сток которого характеризуется следующими основными показателями: рН 5,2–5,5, ХПК – 2000–2500 мг/л, БПК₅ – 1400–1600 мг/л, взвешенные вещества – 300–500 мг/л, сухие вещества – до 30 г/л, температура 28–33°C.

Процесс анаэробной очистки сточной воды в непроточном режиме моделировали в термостатируемых лабораторных биореакторах объемом по 0,5 л с иммобилизованными на волокнистом носителе анаэробными микроорганизмами, спонтанно развивающимися при температурах 20, 30 и 37°C. В качестве носителя для закрепления микроорганизмов использовали полиамидное волокно в виде насадки «ВИЯ». Плотность загрузки биореакторов волокнистым носителем составляла 12 г/л. Анаэробность процесса очистки сточной воды обеспечивали герметизацией биореакторов с выводом образующегося биогаза через гидрозатвор. Исходную сточную воду подвергали нейтрализации гидроксидом натрия до рН 6,5–7,0.

Для накопления микроорганизмов и иммобилизации их на волокнистом носителе биореакторы функционировали в отъемно-доливном режиме в течение месяца с регулярной заменой части жидкости (80–120 мл) в аппаратах на исходную сточную воду. Подпитку биореакторов осуществляли без нарушения анаэробности процесса методом вытеснения жидкости в ап-

парате исходной сточной водой, подаваемой в нижнюю часть биореактора перистальтическим насосом. После выхода на стабильный режим работы производили залповую замену всей жидкости в биореакторе на исходную сточную воду и исследовали динамику изменения показателя ХПК и величины рН очищаемой воды.

Результаты экспериментов показали, что спонтанно развивающиеся анаэробные микроорганизмы достаточно эффективно деструктурируют загрязнения сточной воды производства хлебопекарных дрожжей в исследуемом интервале температур (20–37°C). Анаэробная обработка наиболее загрязненного стока в биореакторах с иммобилизованными микроорганизмами в течение 55 ч обеспечивает снижение уровня загрязненности по показателю ХПК на 50–67% (рис. 1, 2).

Повышение температуры интенсифицирует процесс деструкции загрязнений, но наиболее высокая степень очистки сточной воды достигнута при температуре 30°C. Как правило, это связывают с более широким разнообразием развивающихся при данной температуре микроорганизмов метаногенного консорциума, обладающего большими деструктивными возможностями.

Учитывая полученные результаты исследований и фактическую температуру усредненного производственного стока, все последующие эксперименты по очистке сточной воды проводили при температуре 30°C.

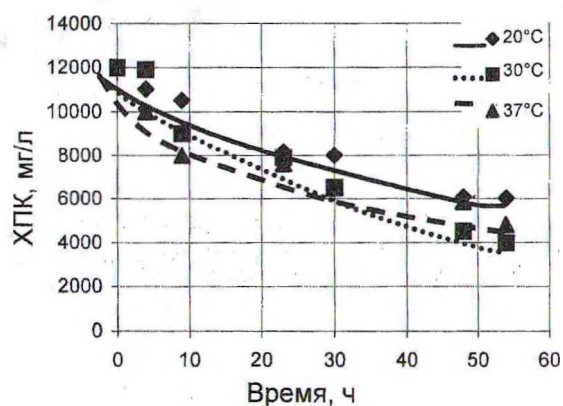


Рис. 1. Динамика изменения показателя ХПК при анаэробной обработке концентрированного стока

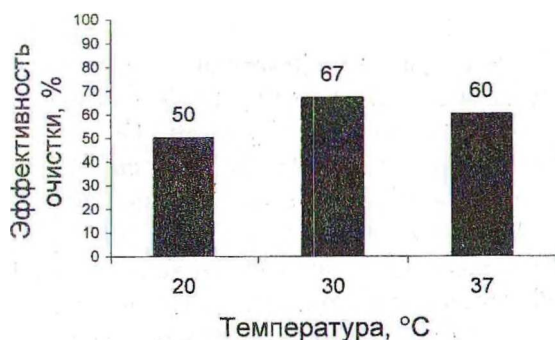


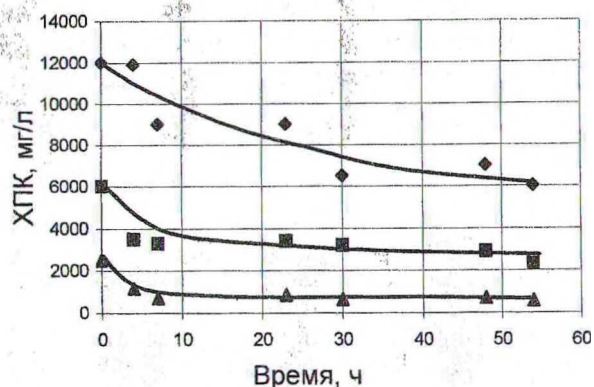
Рис. 2. Влияние температуры на степень очистки концентрированного стока

Величина рН очищаемой воды в ходе анаэробной обработки постепенно понижается при всех температурах с 6,5–6,8 до 5,6–5,7; это свидетельствует о том, что сформировавшийся в биореакторах биоценоз анаэробных микроорганизмов перегружен по загрязнению в результате залповой замены жидкости в аппарате на сильно загрязненную сточную воду.

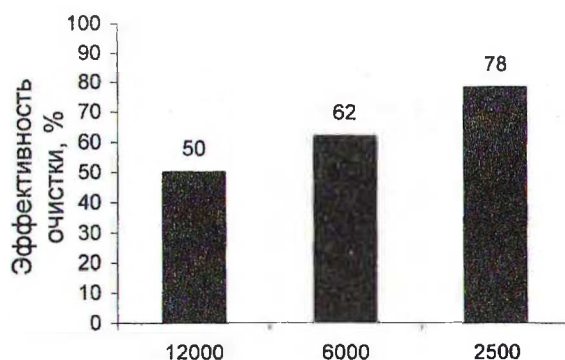
Снижение нагрузки на активный ил при прочих равных условиях привело к повышению эффективности очистки сточной воды (рис. 3, а, б).

При анаэробной обработке усредненного стока дрожжевого производства с исходным уровнем загрязненности 2500 мг/л по ХПК (рис. 3, б) степень деструкции загрязнений достигает 78%. Остаточный уровень загрязненности биологически очищенной воды (550 мг/л по ХПК) существенно ниже допустимой величины при сбросе сточной воды в коммунальную канализацию (1000 мг/л). В результате снижения нагрузки на активный ил стабилизировалась также величина показателя рН очищаемой воды (7,2–6,4). Процесс очистки сточной воды в непрерывном режиме моделировали в биореакторе типа «анаэробный биофильтр» с использованием усредненного производственного стока (3000 мг/л по ХПК).

Объем биореактора 2 л, плотность загрузки аппарата носителем (насадка «ВИЯ») 12 г/л. Биореактор функционировал в мезофильном режиме (30°C). Скорость протока среды изменяли ступенчато. При каждом изменении скорости протока среды отбор проб производили после полутора-двухкратной смены объема жидкости в биореакторе.



а



Начальное значение величины ХПК, мг/л

б

Рис. 3. Сравнительная эффективность очистки стоков с различным уровнем загрязненности: а – динамика деструкции загрязнений по ХПК; б – степень очистки сточной воды

Таблица

Очистка сточной воды в проточном анаэробном биореакторе

| $D, \text{ч}^{-1}$ | Нагрузка по ХПК, $\text{кг/м}^3 \cdot \text{сут}$ | Удельная производительность биореактора по деструктированным загрязнениям (ХПК), $\text{кг/м}^3 \cdot \text{сут}$ | Степень очистки сточной воды по ХПК, % | Уровень загрязненности биологически очищенной воды (ХПК), мг/л |
|--------------------|---|---|--|--|
| 0,036 | 2,6 | 2,0 | 77 | 700 |
| 0,067 | 4,8 | 3,6 | 73 | 800 |
| 0,156 | 11,2 | 7,4 | 67 | 1000 |

Нейтрализация исходной сточной воды до рН 6,5–7,0 обеспечивает самопроизвольную стабилизацию рН ферментационной среды в биореакторе на уровне 6,4–6,8. Биореактор устойчив к возрастающим нагрузкам по загрязнению сточной воды: увеличение нагрузки в четыре раза приводит к снижению степени очистки сточной воды на 10% абс., что свидетельствует о высокой концентрации биомассы анаэробного ила, удерживаемого в реакционном объеме биореактора.

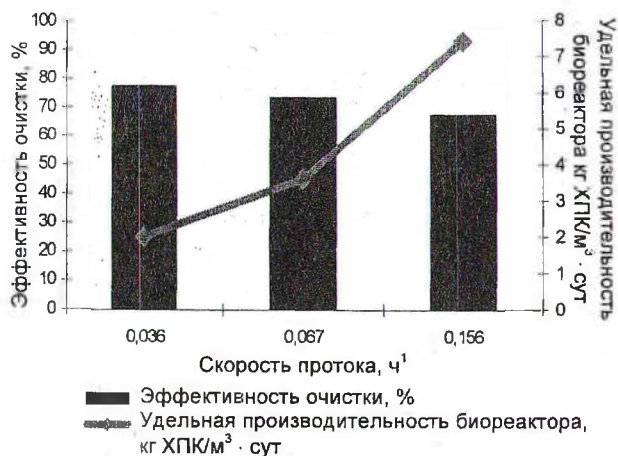


Рис. 4. Эффективность функционирования проточного биореактора

Результаты экспериментов (см. таблицу) свидетельствуют, что анаэробный биофильтр с восходящим потоком жидкости обеспечивает эффективную очистку сточной воды (67–77% по ХПК) при нагрузке по загрязнению 2,6–11,2 кг ХПК/м³·сут.

Удельная производительность анаэробного биофильтра по деструктируемым загрязнениям составила 7,4 кг/м³·сут при времени пребывания сточной воды в аппарате 6–7 ч (рис. 4).

Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности применения анаэробной технологии для предварительной очистки сточной воды производства хлебопекарных дрожжей.

Литература

1. Комбинированная биологическая очистка сточных вод производства хлебопекарных дрожжей // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2004. – № 3. – С. 10–141.
2. Калужный С. В., Данилович Д. А., Ножевикова А. Н. Анаэробная, биологическая очистка сточных вод // Итоги науки и техники. Сер. биотехнол. – М.: ВИНТИ, 1991. – № 29. – 187 с.
3. Обзор современного состояния анаэробной очистки сточных вод бродильных производств / Гладченко М. А., Скляр В. И., Калужный С. В., Щербаков С. С. // Техника и технология. – 2002. – № 2 – С. 14–17.