

В. И. Хиневич, проф., д-р с/х наук;
М. В. Рымовская, доц., канд. техн. наук;
А. Н. Наврость, магистрант (БГТУ, г. Минск);
И. Н. Кузнецов, директор, канд. техн. наук (ООО «БиоИдея», г. Минск)

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА БИОГАЗА
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АНАЭРОБНОГО БИОРЕАКТОРА
С ГРАНУЛИРОВАННЫМ ИЛОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ
ЦЕХЕ № 6 ОАО «МИНСК КРИСТАЛЛ» УПРАВЛЯЮЩЕЙ
КОМПАНИИ ХОЛДИНГА «МИНСК КРИСТАЛЛ ГРУПП»**

Производство пищевого этанола из зернового сырья при традиционно используемой технологии неизбежно приводит к образованию крупнотоннажного отхода – послеспиртовой барды, представляющей собой кубовый остаток из бражной ректификационной колонны. Этот отход используется в основном на кормовые цели, однако высокая влажность усложняет его хранение и транспортирование к потребителю. Обычной практикой является снижение влажности барды путем упаривания, центробежного разделения или отцеживания на вибростите на дробину и жидкую фазу, сушки упаренной барды либо дробины. Разделение послеспиртовой барды на фазы менее энергозатратно по сравнению с упариванием, однако приводит к образованию фугата либо фильтрата, требующего дополнительной обработки.

На одном из предприятий спиртовой отрасли Республики Беларусь – в производственном цеху № 6 ОАО «Минск Кристалл», расположенном в г. Березино (Минская обл.), с 2013 года для обработки фугата послеспиртовой барды эксплуатируется анаэробный биореактор с гранулированным активным илом. В результате образуется биогаз, который можно использовать как энергоноситель, избыточный анаэробный гранулированный активный ил, который может быть реализован как инокулят для ускоренного запуска подобных установок, а также анаэробно обработанная вода, состав которой позволяет доочищать ее на городских очистных сооружениях.

Биогаз является конечным продуктом длинной цепи биохимических превращений, последнее звено которой представлено самой требовательной к условиям среды группой микроорганизмов – облигатно анаэробными метаногенными бактериями. Создание и поддержание их деятельности обеспечивается в основном расположением внутри гранул ила, важны стабильность температуры и рН, достаточное обеспечение низкомолекулярными органическими веществами – продуктами метаболизма других микроорганизмов сообщества. Работу анаэробного

биореактора характеризуют концентрация растворенных и взвешенных сухих веществ, ХПК в жидкости на входе и на выходе из биореактора, объемный расход очищаемой жидкости (по ним определяются нагрузка на биореактор по удаляемым загрязнениям), рН и буферность, а также концентрации ионов аммония (характеризуют кислотно-щелочное равновесие в биореакторе). В совокупности с температурой поступающей на очистку жидкости и содержимого биореактора, а также количеством и составом биогаза эта система показателей дает достаточную оценку условий работы метаногенных бактерий.

Для анаэробной обработки фугата послеспиртовой барды в производственном цеху № 6 ОАО «Минск Кристалл» разработана и реализована процедура пуска с накоплением гранулированного активного ила [1], проработаны основные рекомендации по эксплуатации, включая требования к составу поступающей в биореактор жидкости и потому – порядок подготовки фугата, обоснована необходимость поддержания определенных условий в биореакторе, рекомендован проточный режим, при необходимости предусмотрена коррекция рН.

Для выявления путей повышения выхода биогаза проведен анализ технологии анаэробной обработки фугата и данных теххимического контроля, выполняемых по месту, а также определены некоторые дополнительные показатели.

Подготовка фугата послеспиртовой барды включает обработку флокулянтами и коагулянтами, содержание взвешенных веществ не должно превышать 2000 мг/дм³. Среднее значение содержания взвешенных веществ составило 2050 мг/дм³ и чаще всего не превышало 3000 мг/дм³. Микроскопирование осадка подготовленного фугата при содержании взвешенных веществ 1400 мг/дм³ показало, что он состоит в основном из клеток бактерий палочковидной формы с редкими включениями клетчатки сопоставимых размеров (не более 10 мкм). Клетки этой формы есть в верхней части биореактора и на выходе из него, а растительные остатки уже отсутствуют.

Нейтрализация послеспиртовой барды известью перед центрифугированием была необходимой операцией в период пуска – до формирования внутренней среды в анаэробном биореакторе с устойчивым и саморегулирующимся рН. Сейчас значение буферности в жидком содержимом биореактора составляет 3900 мг/дм³ (обычно достаточно 1500 мг/дм³), а содержание зольных веществ в иле достигло 60%.

Для устойчивого анаэробного сбраживания фугата важны стабильность нагрузки по органическим веществам, температура и рН. Нагрузка на биореактор по органическим веществам составляет 1,5-6,0 кг/(м³·сут). Питание биореактора нестабильное и определяется ре-

жимом работы предприятия, самое негативно влияние оказывают снижение и даже прекращение подачи фугата с последующим подъемом объемного расхода. Несмотря на внешне удовлетворительный результат очистки (значение ХПК на выходе составляет в среднем 1600 мг/дм³ при значении его на входе 32000 мг/дм³), это нарушает постоянство среды в реакторе не только по органическому питанию, но и по рН и температуре, специальное регулирование которых в поступающем на очистку фугате не предусмотрено. Средние значения температуры и рН фугата составляют 31°С и 4,0 соответственно и в целом приемлема, однако они имеют слишком широкие пределы варьирования (от 4 до 38°С для температуры и от 3,5 до 8,1 для рН). рН жидкости в биореакторе в целом стабилизируется в пределах 5,0-7,5 в нижней части и 6,9-8,1 в верхней части и заметного влияния на количество и состав биогаза не оказывает, в отличие от температуры фугата, особенно при большом его расходе.

В настоящий момент образующийся биогаз направляется на сжигание на свече без использования получаемой тепловой энергии, учет количества образующегося биогаза также практически не налажен. Расчетное количество биогаза при средних показателях в условиях текущей эксплуатации этой установки и норме образования биогаза 0,55 н. м³/кг утилизированных органических веществ [2, стр. 84] составляет 47 м³/ч, при концентрации загрязнений по ХПК в фугате на уровне 45 г/дм³ и объемном расходе 5 м³/ч расчетное количество биогаза составляет 80 м³. Рассчитанные значения хорошо коррелируют со значениями, полученными в результате измерений по месту.

Для повышения выхода биогаза в результате работы данной установки надо обеспечить достаточно стабильную подачу органического субстрата без резких скачков температуры фугата. Использование биогаза снизит энергозатраты на процесс очистки фугата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ручай, Н. С. Обработка фугата послеспиртовой барды в анаэробном биореакторе с гранулированным илом / Н. С. Ручай, М. В. Рымовская, Суй Я. Ф. // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 18-20 ноября 2015 г.; под. общ. ред. И. М. Жарского. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 102-105.

2. Abbasi, T. Biogas Energy / T. Abbasi, S.M. Tauseef, S.A. Abbasi. – SpringerBriefs in Environmental Science, 2012. – 184 p.