

рованно подвергнутся однократному срыву с осажденного слоя.

Оценим теперь размеры частиц, подвергающихся УЗ – воздействию при разрушении осажденного слоя. Так, как при фильтрации стока на обратноосмотических мембранах температура должна быть близка к комнатной, свойства стока близки к свойствам воды ($\rho=1\ 000\text{ кг/м}^3$, $\sigma=1,5\cdot 10^4\text{ н/м}^2$), то при скорости потока $V_0=0,01 - 0,05\text{ м/с}$, для частиц имеющих характерный размер $R\approx 10^{-4} - 10^{-6}\text{ м}$, частоты обеспечивающие срыв частицы находятся в интервале $10 - 25\text{ кГц}$.

Отметим, что дробление слоя частиц, возникающее в том случае, если инерционные силы превосходят поверхностное натяжение, происходит при $We = (5\div 7)$, следовательно, при выбранных параметрах пульсационное дробление слоя весьма существенно влияет на процесс фильтрации.

Литература

1. Систер В.Г., Гонопольский А.М., Кривобородова Е.Г. К вопросу очистки сточных вод от тяжелых металлов //Безопасность в техносфере, №1/2007, январь-февраль, с. 36-42
2. Систер В.Г., Гонопольский А.М., Карпова Е.В. Критериальное обобщение результатов экспериментальных исследований процесса реагентной флотации в акустическом поле// Сборник научных трудов МГУИЭ. Инженерная экология: Проблемы города, промышленности, подготовки кадров, - М., 2006 г.
3. Гонопольский А.М. Влияние пульсаций потока плазмы на качество покрытий при плазменном напылении. Тр. ВНИИ Автогенмаш: Качество и эффективность автогенного оборудования и процессов. М., ЦИНТХИМНЕФТЕМАШ, 1982, стр. 33-40
4. Стокер Дж. Нелинейные колебания в механических и электрических системах. -М.: ИЛ. 1953, с 185
5. Стретт М.-Д.О. Функции Ламе, Матье и родственные им в физике и технике. Харьков, ИФТЛ. 1935.
6. Ламб Г. Гидродинамика. М., ОТИЗ, 1947
7. Бородин В.А. и др. Распыливание жидкостей. М., Машиностроение, 1967.
8. Раушенбах Б.В. Физические основы рабочего процесса в камерах сгорания воздушно-реактивных двигателей. Л., Машиностроение, 1964
9. Неустойчивость горения в ЖРД. Сб. статей под ред. Харрье Уотерсона (перевод с англ.) М., Мир, 1975

Утилизация органических отходов на основе производства биогаза

д.т.н. проф. Щербаков В.И.¹, к.т.н. проф. Гогина Е.С.², к.т.н. проф. Щукина Т.В.¹,
Кузнецова Н.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Воронежский ГАСУ»

²ФГБОУ ВПО «МГСУ»,

scher@vgasu.vrn.ru, iesm@mgsu.ru, Schukina.niki@yandex.ru, polecat_3@mail.ru

Аннотация. Оцениваются ресурсы сырья необходимого для производства альтернативного топлива. Для определения эффективности возможной конверсии предложено уравнение материального баланса, результатом решения которого является концентрация метана в получаемом биогазе. Прогнозируется дальнейшее совершенствование существующих конструкций метантенков, повышающее степень переработки отходов при условии минимального энергопотребления.

Ключевые слова: органические отходы, метантенки, биогаз.

Внедряемые технологии утилизации органических отходов позволяют перерабатывать различные виды сырья: навоз, птичий помет, бытовые сточные воды, зерновая и меласная после спиртовая барда, свекольный, фруктовый, ягодный и овощной жом, травяной силос,

отходы рыбных и забойных цехов. Качество сырья для проведения анаэробного сбраживания характеризуется влажностью и концентрацией питательных органических веществ, способствующих выходу газа с возможно большим содержанием метана. В среднем из тонны навоза крупного рогатого скота получается 50–65 м³ биогаза, имеющего в своем составе 60 % метана. Из различных видов энергетических растений выход топлива в зависимости от вида культур может достигать до 150–500 м³ с 70 % содержанием метана. Максимальное до 1300 м³ количество биогаза можно получить из 1 т животного жира, при этом в своем составе он будет иметь до 87 % метана [1, 2]. Особый интерес с точки зрения экологического состояния городов и поселков городского типа представляют сточные воды, как сырье для производства биогаза, при этом концентрация органических составляющих предполагает дальнейшее совершенствование не только конверсии отходов, но и технологии предварительного уплотнения осадка [3].

Приведенные на рисунке 1 сведения [4] по ресурсам органических отходов позволяют оценить перспективность данного направления утилизации. Это особенно актуально для населенных пунктов, не имеющих доступа к газовым сетям, при их достаточной удаленности.

Самыми простыми по конструктивному исполнению являются биоустановки, использующие навоз. Микроорганизмы, участвующие в процессе брожения, попадают в органические отходы из кишечника животных, что не требует дополнительного их внесения для ускорения процесса разложения, как в случае с некоторыми видами растительного сырья.

В большинстве случаев процессы конверсии, включающие четыре ступени, происходят одновременно, то есть при отсутствии раздела по месту и продолжительности протекания, что относит их к одностадийным технологиям. Для сбраживания быстро разлагаемых видов сырья требуется особая двух стадийная технология [1, 5]. Например, птичий помет, спиртовая барда не перерабатываются в биогаз в обычном метантенке. Для такого сырья устанавливается дополнительный реактор гидролиза, который повышает выход метана контролируемым уровнем кислотности, не позволяющим погибнуть бактериям из-за повышенного содержания кислот или щелочей.

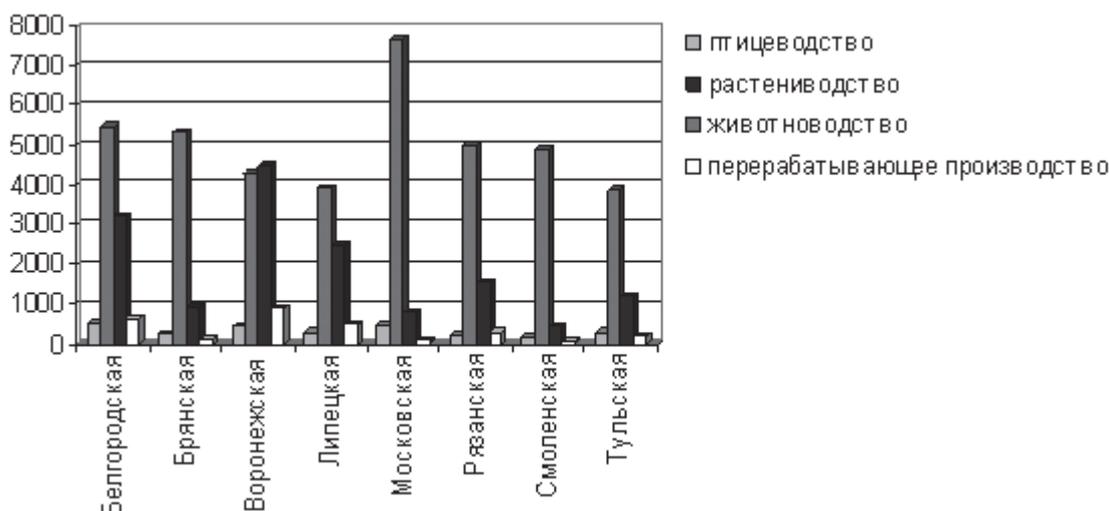


Рисунок 1. Ресурсы сырья, в тыс. т/год, в областях с максимальными показателями по органическим отходам от производственной деятельности по Центральному федеральному округу РФ

Получаемый при брожении отходов сельского хозяйства и животноводства биогаз в основном состоит из 50–80% метана и 50–20 % углекислого газа. По своим характеристикам он близок к природному, и его теплотворная способность составляет 6000–9500 ккал/м³, при

средней калорийности природного газа 7900 ккал/м^3 [1, 6]. Поэтому при выходе топлива из биогазовых установок и направлении непосредственно потребителю или отпуске в газораспределительную систему, целесообразно контролировать количество вырабатываемого метана. Определить его концентрацию в получаемой смеси можно воспользовавшись уравнением материального баланса конверсии исходного продукта

$$d(\rho c V) = \psi m d\tau + c G_{\Gamma} d\tau, \quad (1)$$

где c – концентрация метана, кг/кг; ρ – плотность газа, кг/м³; V – объем газа, м³; ψ – скорость разложения субстрата в момент времени τ , кг/ч; m – количество продукта, образующегося в результате разложения единицы массы субстрата, кг/кг; G_{Γ} – расход газа, удаляемого из метантенка, кг/ч.

Интегрируя уравнение (1) с учетом условия, что в момент загрузки реактора, то есть при $\tau=0$, концентрация метана равна нулю, получаем зависимость

$$c = \frac{\psi m}{G_{\Gamma}} \left(1 - e^{-\frac{G_{\Gamma}}{\rho V} \tau} \right). \quad (2)$$

Выражение (2) показывает, что наибольшее влияние на рост концентрации метана оказывает скорость конверсии и общее количество вырабатываемого газа, которые могут быть увеличены за счет поддержания термофильного режима и высокой активности бактерий. Так, например, при общей продолжительности брожения одной тонны навоза крупного рогатого скота 15 дней, концентрация метана, определенная по полученной зависимости (2), ежедневно возрастает, достигая 80 % на 8 день конверсии. При постоянной загрузке биореактора изменение концентрации будет иметь незначительные амплитудные колебания, зависящие от содержания органических составляющих загружаемого сырья. Однако такая схема обработки отходов не способствует достижению максимальных объемов получаемого газа, так как не обеспечивается полнота конверсии.

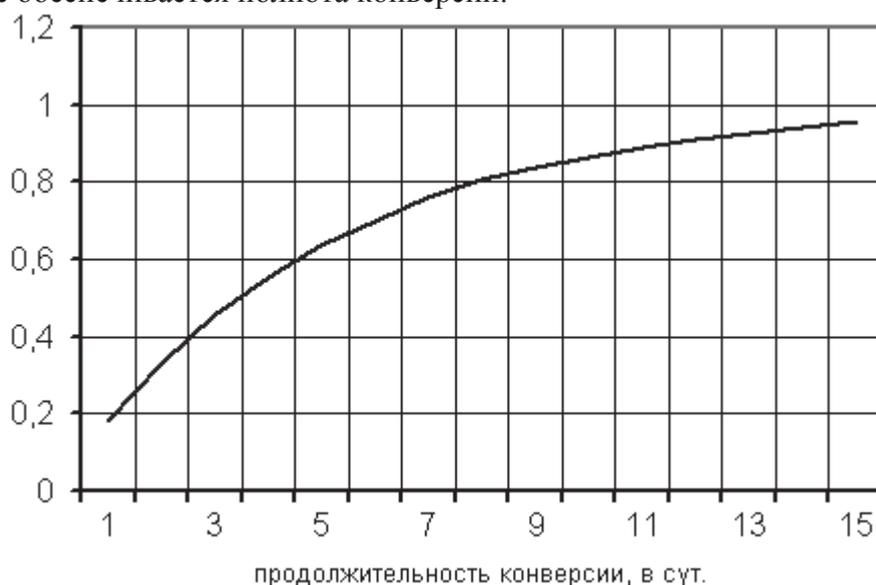


Рисунок 2. Изменение концентрации метана в вырабатываемом биогазе в процессе конверсии, кг/кг

Рассматривая вопросы эффективной утилизации отходов и бесперебойной альтернативной поставки топлива потребителям, необходимо в первую очередь создавать условия для интенсификации процессов метанового брожения по ряду причин:

- сокращение продолжительности разложения сырья при достижении требуемой степени распада вызовет снижение объемов сооружений и, соответственно, капитальных затрат на их возведение;
- увеличение количества производимого биогаза приведет к более полному возмещению нагрузок и сокращению потребления других видов энергии;
- рост содержания метана в биогазе повысит его теплоту сгорания и эффективность утилизации.

В дальнейшем развитии технологий получения альтернативного топлива можно выделить следующие основные направления:

- совершенствование и интенсификация метанообразования с совмещением в одном реакторе всех стадий этого процесса;
- использование ступенчатых схем сбраживания с созданием в каждой ступени различных условий проведения процесса;
- разработка новых технологий, основанных на использовании особенностей микроорганизмов, участвующих в каждой из четырех основных стадий процесса брожения, а также их требований к условиям среды;
- установка не менее двух технологических линий переработки образующихся отходов для возможности частичного обмена субстратом, насыщенным колониями бактерий, и производства постоянного количества биогаза;
- обогащение получаемого топлива различными техническими средствами, в том числе и природным газом.

Это может быть достигнуто как новыми конструктивными разработками, включая дополнительные устройства подогрева отходов и оптимизацию протекания всех основных процессов, так и дополнительно вносимыми активизирующими компонентами и микробами, ускоряющими процесс разложения, но не снижающими впоследствии качество получаемого удобрения [6, 7]. К интенсивным технологиям метанового сбраживания относятся также ступенчатые схемы работы реакторов. Наиболее широко применяются схемы двух- и многоступенчатого сбраживания [3, 5], в основе которых лежит разделение процесса на стадии конверсии с бурным выделением биогаза, предотвращающим расслоение осадка (первая ступень), и затухания процесса разложения отходов (вторая и последующие ступени). Это ведет к уменьшению объема сброженного продукта, поступающего на обезвоживание, и, соответственно, затрат на данную стадию его обработки. Дображивание и расслоение осадка иногда проводят в нескольких последовательно расположенных резервуарах.

Для решения задач интенсификации разложения сельскохозяйственных отходов следует использовать реакторы из композитных материалов с двойной оболочкой корпуса, позволяющей дополнительно образованное пространство заполнять полученным газом с целью его хранения [2, 7]. Так как накапливаемый газ имеет низкую теплопроводность, близкую к параметрам воздушной среды, которую по своим свойствам можно отнести к теплоизолирующим материалам, то расположение в емкости хранения газа реактора позволит не только сократить расходы на монтаж системы альтернативного газоснабжения, но и обеспечит поддержание температурного режима в холодный период года без существенных затрат на подогрев сырья. Перспективным также является применение эластичных укрытий для верхней части метантенков, выполняющих роль расширяющихся газгольдеров.

Для повышения эффективности утилизации осадков сточных вод, которые без обработки представляют собой экологическую угрозу для любой территории городского типа, необходимо разрабатывать конструкции реакторов, позволяющих интенсифицировать процессы конверсии и уплотнения осадков без использования тепловой энергии для создания термофильных условий. Для этой цели подходит многоступенчатая схема, позволяющая обеспечить наиболее полное разложение субстрата. Чтобы сократить потери теплоты метантенка каждой ступени целесообразно их конструктивно объединить их в одном устройстве, вы-

полнив в нем перегородки, создающие отдельные камеры, в которых происходит по стадийное брожение осадка, циклично перемещаемого из одного отсека в другой.

Обоснованные направления увеличения выхода биогаза и объемы постоянно образующегося сырья показывают, что данная технология, не смотря на общеизвестность и не сложное в исполнении оборудование перерабатывающих систем, еще имеет достаточные резервы для повышения качественных показателей получаемого альтернативного топлива, достижение которых вызовет требуемую для экологической безопасности интенсивность внедрения.

Литература

1. Осмонов О.М. Основы инженерного расчета гелиобиоэнергетических установок. / М.: Издательско-аналитический центр «Энергия», 2011. 175 с.
2. Полосин И.И., Кузнецова Н.В., Щукина Т.В. Биогаз – как способ регулярного снабжения топливом локальных потребителей // *Materialy VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami – 2011»*, 07-15 listopada 2011 roku. Volume 49. *Chemia i chemiczne technologie.: Przemysł. Nauka i studia – Str. 52-57.*
3. Зуева С.Б., Зарцына С.С., Щербаков В.И. Экозащитные технологии систем водоотведения предприятий пищевой промышленности. / СПб.: Проспект Науки, 2012. 328 с.
4. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива/ показатели по территориям/ - М.: «ИАЦ Энергия», 2007. 272 с.
5. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М.: Стройиздат, 1991. 128 с.
6. Щукина Т.В. Биогаз – перспективы и возможности производства // *Известия вузов «Прикладная химия и биотехнология»*, 2012, № 1(2). С. 113-118.
7. Кузнецова Н.В., Щукина Т.В. Повышение надежности альтернативного газоснабжения локальных потребителей // *Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сборник тезисов шестнадцатой международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (24-26 апреля 2013 г., г. Москва); М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «МГСУ» Москва: МГСУ, 2013. С. 243-247.*

Снижение расхода агло топлива при агломерации железорудной шихты за счет подачи в спекаемый слой воды и газовой смеси

Богомолов В.М., к.т.н. доц. Богомолова Н.П., Гречко Е.Г.
Университет машиностроения
8(4992)267-10-12

Аннотация. Исследована возможность улучшения параметров агломерационного процесса железорудной шихты путём совместной подачи воды и углеводородов.

Ключевые слова: агломерация железорудной шихты, оптимизация агломерационного процесса;

Идея частичной замены агло топлива углеводородным газом впервые появилась еще в 1947 году [1]. Однако практической реализации она не получила из-за воспламенения газообразного топлива не внутри, а над поверхностью слоя спекаемой шихты.

Кроме того, были попытки использовать водяной пар или тонкодисперсную воду в процессе агломерации для уменьшения толщины зоны горения и, как следствие, увеличения газопроницаемости спекаемого слоя и производительности процесса. Тем не менее, все предлагавшиеся способы применения воды не дали ожидаемого эффекта [2, 3].

Впервые совместное использование газа и воды было предложено группой авторов [4]