

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОСАДКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Анаэробное сбраживание считается одними из самых привлекательных способов производства возобновляемых энергетических ресурсов с точки зрения эффективности и стоимости. В связи с этим наблюдается постоянно растущий интерес к использованию различных субстратов, содержащих органические вещества, для получения метана. Выбор технологии и оборудования для анаэробного сбраживания невозможно произвести без информации о количестве биогаза, в том числе метана, которое может быть произведено из конкретного субстрата в определенных условиях проведения процесса. Практически все работы, которые выполняются в этой области исследований, нацелены на получение такой информации. В литературе в качестве характеристики органических субстратов, дающей представление о количестве метана, которое может быть получено при определенных условиях в процессе анаэробного сбраживания, является биохимический потенциал метана (biochemical methane potential – BMP).

На практике для определения БМП используются теоретические (расчетные), экспериментальные методики.

Теоретический БМП широко используется для прогнозирования количества метана, которое может быть получено из органических субстратов различного состава. Расчеты обычно ведут на массу органического вещества и ХПК субстрата и выражают в см³ метана на одни грамм.

Используя результаты определения элементного состава органического вещества субстрата (% масс.) и его эмпирическую формулу (C_aH_bO_cN_dS_e) БМП рассчитывают по соотношению:

$$V_t = [(a/2) + (b/8) + (c/4) - (3d/8) - (e/4)] / [12a + d + 16c + 14d + 32e].$$

Для субстратов, близких по составу осадкам очистных сооружений канализации, БМП может быть рассчитан по содержанию белков (Б), жиров (Ж) и углеводов (У), выраженному в массовых долях:

$$V_{tv} = 415 \cdot У + 496 \cdot Б + 1014 \cdot Ж.$$

Для прогнозирования БМП нашли применение эмпирические модели, которые получены для органических субстратов различного состава.

Для определения БПМ могут использоваться данные по ХПК субстрата, так как известно, что из 1 г ХПК продуцируется около 350 см^3 метана (приведенное к нормальным условиям) или 395 см^3 при 35°C и давлении 101,325 кПа. Однако для таких субстратов, как осадки очистных сооружений, содержащих значительное количество дисперсных частиц, определение ХПК с использованием методик, разработанных для анализа сточных вод, затруднено по причине плохой воспроизводимости результатов. В качестве показателя, дающего представление о содержании органических веществ в осадках, может быть использован общий органический углерод (ООУ). Имеется достаточно тесная корреляционная взаимосвязь между ХПК и ООУ. Для ООУ разработаны методики выполнения измерений этого показателя для образцов в широком спектре концентраций загрязняющих веществ.

Для осадков очистных сооружений канализации ТКП 45-4.01-321-2018 для предварительных расчетов рекомендует массу газа, получаемого при анаэробном сбраживании, принимать равной 1 г (1 дм^3 при плотности 1 кг/м^3) на 1 г распавшегося органического (беззольного) вещества осадка. Рекомендуемая величина степени распада органического вещества для осадков из первичных отстойников – 53 %; для избыточного активного ила – 44 %.

Расчетные значения БПМ являются хорошим ориентиром для оценки перспективности субстрата для анаэробного сбраживания, однако для определения продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества, выбора температурного режима и других параметров, которые оказывают влияние на выбор аппаратного оформления и экономические показатели процесса не обойтись без проведения теста на БПМ.

В многочисленных работах по определению БПМ используются различные варианты определения этого показателя, которые отличаются как конструкцией установок, так и различными экспериментальными процедурами анализа субстратов. В общем виде процедура определения БПМ включает: смешение органического субстрата с анаэробным инокулятом, выдержку его в лабораторном анаэробном реакторе при заданной температуре и выбранном режиме перемешивания, количественное определение объема выделившегося биогаза и его состава.

В настоящее время не существует стандартизованных процедур проведения испытаний для определения БПМ, которые устанавливают конкретные условия проведения отдельных этапов такого исследования.

Наиболее часто в практической работе по определению БПМ ориентируются на руководство VDI 4630, разработанное ассоциацией

немецких инженеров. В руководстве подробно изложен поэтапный процесс оценки биогазового потенциала. Подбор дозы инокулята и выбор способа определения расхода биогаза (метана) производится в зависимости от состава субстрата и имеющихся возможностей. Продолжительность процесса сбраживания зависит от условий эксперимента (мезофильный или термофильный режим). Количественная оценка объема полученного биогаза чаще всего производится по объему вытесненной воды. Если в системе измерения расхода биогаза производится поглощение CO_2 раствором щелочи (обычно 1М раствор NaOH), то в результате получают расход метана. Результаты экспериментального определения выхода биогаза (метана) приводят к нормальным условиям (температура 273 К, давление 101,3 кПа, сухой газ).

Использование данной методики позволяет с помощью относительно простого аппаратного оформления получить данные по продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества для субстратов различного состава. Однако ввиду малых объемов обрабатываемых субстратов, определение состава исследуемых субстратов производят только до и после сбраживания. Не удастся определить влияние на выход биогаза суточной дозы загрузки, условий перемешивания, колебаний в составе субстрата, установить изменения состава жидкой фазы, водоотдающих свойств сброженных осадков и др.

В БГТУ проведены сравнительные испытания различных вариантов определения БПМ осадков Минской очистной станции, базирующихся на руководстве VDI 4630. В качестве инокулята использовали, сброженный в лабораторных условиях сырой осадок (до 15% от массы сухого вещества). В качестве субстратов использовали сырой осадок, избыточный активный ил и их смеси. Определены степень распада органического вещества, выход биогаза и метана из исследуемых субстратов в мезофильных и термофильных условиях. Результаты исследований использованы при составлении материальных и энергетических балансов альтернативных вариантов обработки и использования осадков.

Определение условий анаэробного сбраживания, в максимальной степени соответствующих условиям действующей промышленной установки, возможно при использовании для проведения исследований анаэробных биореакторов, работающих непрерывно в проточном режиме с постоянным контролем выхода и состава биогаза, pH и других параметров.

Для получения исходных данных для выбора проектных решений по обработке и использованию осадков, образующихся на Минской очистной станции в соответствии Рамочным соглашением о сотрудничестве по проведению испытаний на ГУ «МИНСКВОДОКАНАЛ»

между БГТУ, компаниями AQUA-Consult Ingenieur GmbH, Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX, AQUA-Consult Ingenieur GmbH предоставлена для проведения испытаний пилотная установка контейнерного типа, которая состоит из четырех реакторов объемом 80 литров каждый. Контейнер оборудован современными аналитической и инструментальной системами. Каждый реактор оснащен смесителем, станцией дозирования (предназначена для дозирования кислоты, основания и / или субстрата), системой сбора газа со встроенной конденсатоотводной ловушкой. В процессе работы производится автоматический контроль и измерение температуры, pH, уровня субстрата, расхода газа и его состава.

В ходе испытаний будут использованы мезофильный и термофильный режимы сбраживания сырого осадка, избыточного активного ила и их смеси. Будет установлено влияние предварительного термогидролиза осадков перед сбраживанием на выход биогаза. Для условий Минской очистной станции будет определена возможность и целесообразность извлечения фосфора из жидкой фазы сброженного осадка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Angelidaki I, Sanders W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 2004. v. 3, №2. – p.117–129.
2. I. Angelidaki, M. Alves, D. Bolzonella, L. Borzacconi, J. L. Campos. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Sci Technol*, 2009, v. 59. №5. – p. 927–934.
3. Chudoba P, Chevalier JJ, Chang J and Capdeville B, Effect of anaerobic stabilization of activated sludge on its production under batch conditions at various S(o)/X(o) ratios. *Water Sci Technol.*, 1991, v. 23. – p. 917–926.
4. Schievano A, Pognani M, D'Imporzano G and Adani F, Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresource Technol*. 2008. v. 99, p. 8112–8117.
5. VDI 4630, Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests. *VDI-Handbuch Energietechnik*. 2006.–92p.
6. ТКП 45-4.01-321-2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования.