УДК 628.44

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАНТАНТЕНОВОГО СБРАЖИВАНИЯ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ

А. С. ЖАЛАБКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность. В условиях глобального роста энергопотребления и истощения запасов ископаемого топлива особую актуальность приобретает поиск альтернативных возобновляемых источников энергии. Примерно 88 % производимой в мире энергии по-прежнему базируется на ископаемом топливе, что усугубляет проблему энергетической безопасности, учитывая политическую нестабильность в регионах добычи. В этом контексте биомасса, в частности органические отходы, рассматривается как перспективное сырье. Понятие «биомасса» охватывает вещества растительного и животного происхождения, а также продукты их переработки, и является эффективным и возобновляемым источником энергии.

Одним из эффективных методов очистки сточных вод с получением энергии является анаэробное сбраживание в метантенках. Однако внедрение таких технологий требует не только учета потенциальной энергетической выгоды, но и тщательного анализа технологических ограничений, состава перерабатываемого сырья и экологических последствий утилизации продуктов сбраживания [1]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью системной оценки факторов, влияющих на очистные сооружения.

Цель работы. Анализ технологических решений и подходов, определяющих целесообразность использования метантенков для сбраживания осадков сточных вод.

Основные результаты. Метантенки представляют сооружения (преимущественно цилиндрической или яйцевидной формы), предназначенные для анаэробной стабилизации осадков, образующихся при очистке сточных вод. Основным технологическим процессом является сбраживание смеси осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила в термофильных или мезофильных условиях.

В ходе этого процесса под действием анаэробных микроорганизмов сложные органические соединения последовательно проходят стадии гидролиза, кислотообразования и метаногенеза с образованием конечных газообразных продуктов – метана и диоксида углерода [1].

Эффективность метантантенового сбраживания в значительной степени детерминируется морфологическим и химическим составом исходного субстрата. Высокое содержание легкоокисляемых органических соединений (липиды, углеводы, белки) способствует интенсификации газообразования,

тогда как наличие инертных или трудноразлагаемых компонентов, таких как лигнин или некоторые синтетические полимеры, снижает удельный выход целевого продукта. Скорость и полнота деструкции органического вещества также зависят от доступности субстрата для ферментативных систем микроорганизмов, что связано с дисперсностью частиц и их способностью к гидролизу.

При анализе материальных балансов установлено, что основная масса органического углерода перераспределяется между газовой фазой (биогаз) и обезвреженным твердым остатком. Степень конверсии органического вещества варьирует в зависимости от гидравлической нагрузки и времени пребывания массы в метантенке. Увеличение нагрузки сверх определенного предела может приводить к накоплению летучих жирных кислот и снижению pH среды, что угнетает метаногенную микрофлору. Стабильность процесса сбраживания достигается при соблюдении определенного соотношения углерода и азота в загружаемой смеси; отклонение от этого соотношения требует корректировки состава путем совместного сбраживания разнотипных субстратов или введения добавок [1, 3].

Значительным резервом повышения эффективности является совершенствование конструкции реакторов и режимов сбраживания. Двухфазное сбраживание, при котором процессы гидролиза с кислотообразованием и метаногенеза пространственно или временно разделены, создает более благоприятные условия для развития специализированных микроорганизмов на каждой стадии. Такая организация процесса позволяет достичь более полной деградации органического вещества и повышения содержания метана в биогазе по сравнению с традиционной одноступенчатой схемой.

Важную роль в обеспечении эффективности сбраживания играет система перемешивания субстрата в метантенке. Перемешивание способствует равномерному распределению свежего субстрата и бактериальной биомассы по объему аппарата, выравниванию температурного поля, предотвращению образования поверхностной корки и осаждения плотных фракций, а также удалению пузырьков образовавшегося газа из толщи жидкости. Применение гидравлического (рециркуляционного) перемешивания для реакторов большого объема обеспечивает непрерывность процесса, снижает долю застойных зон и упрощает техническое обслуживание за счет наружного расположения насосного оборудования, что исключает необходимость вскрытия корпуса для ремонта.

Конструктивная форма метантенка также оказывает влияние на гидродинамику потоков и эффективность использования объема. Яйцевидная форма, характерная для ряда крупных сооружений, способствует лучшей циркуляции осадка, уменьшает площадь зеркала жидкости для образования корки и обеспечивает более равномерный температурный режим по высоте аппарата.

Энергоэффективность комплекса обработки оценивается возможностью использования биогаза в когенерационных установках. Биогаз, содержащий в качестве основного горючего компонента метан, после очистки от сероводорода и влаги может быть подан в газопоршневые двигатели или газовые турбины. Тепло, образующееся при охлаждении двигателей и утилизации выхлопных газов, направляется на подогрев свежего осадка и поддержание технологической температуры в метантенках, что позволяет существенно снизить внешнее энергопотребление.

На отдельных объектах внедрение систем сбора и утилизации биогаза обеспечивает не только полное теплоснабжение самих реакторов, но и генерацию избыточной электрической энергии, которая может быть использована для питания насосного и воздуходувного оборудования либо передана во внешнюю сеть. Энергетический потенциал получаемого биогаза может быть реализован как непосредственно на площадке для покрытия собственных нужд, так и путем промышленной генерации электроэнергии.

Помимо энергетической ценности, биогаз рассматривается как продукт, утилизация которого позволяет сократить выбросы парниковых газов в атмосферу по сравнению с открытым хранением нестабилизированных осадков. Образующийся сброженный остаток характеризуется сниженной концентрацией органических соединений, улучшенными седиментационными свойствами и отсутствием неприятного запаха. Данный остаток содержит соединения азота, фосфора и калия и может быть использован в качестве удобрения или структурообразователя почв при условии контроля содержания тяжелых металлов и патогенной микрофлоры [2].

Вывод. Проведенная оценка позволяет рассматривать метантеновое сбраживание как технологически состоявшийся метод обработки органических осадков, обеспечивающий их стабилизацию и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Эффективность данного метода определяется комплексом взаимосвязанных факторов, охватывая состав исходного субстрата, гидравлический режим, температурные условия и конструктивные особенности реактора. С экологической точки зрения метод обеспечивает сокращение неконтролируемых выбросов парниковых газов и позволяет получать стабилизированный остаток, пригодный для дальнейшего использования в агротехнических целях при соблюдении соответствующих нормативных требований. Целесообразность применения метантантенового сбраживания наиболее полно реализуется в составе крупных централизованных систем водоотведения и агропромышленных комплексов с гарантированным притоком субстрата.

В таких условиях достигается баланс между капитальными затратами на сооружение реакторов, энергетической эффективностью процесса и экологическим эффектом от утилизации осадков.

Список литературы

1 **Пуринг, С. М.** Особенности использования биогаза, образующегося на очистных сооружениях / С. М. Пуринг, Д. Н. Ватузов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : сб. ст. 79-й Всерос. науч.-техн. конф., Самара, 2022 г. ; Самарский гос. техн. ун-т. ; под ред. М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. – Самара, 2022. – С. 715–720.

2 **Москвичева, А. В.** Канализационные очистные сооружения. Механическая очи стка / А. В. Москвичева, Ю. Ю. Юрьев, А. А. Геращенко. – Волгоград, 2018. – 186 с.

3 **Ковалев, Д. А.** Влияние нагрузки по органическому веществу на процесс биоконверсии предварительно обработанных субстратов анаэробных биореакторов / Д. А. Ковалев, А. А. Ковалев, Ю. В. Литти [и др.] // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23, № 12. – С. 9–13.

УДК 551.4(476.13)

СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

П. Г. КУРЛОВИЧ, А. М. ЗИМИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, kurlovich.pk@gmail.com, alexandrazimich@gmail.com

Проблема качественного водоснабжения не теряет актуальности на протяжении многих лет. Активное развитие и строительство водозаборных сооружений, станций водоподготовки и водопроводных сетей проводилось в 1970-1980-х годах. Состояние таких водопроводных систем не соответствует современным требованиям. Проблема заключается в том, что некоторые скважины выработали эксплуатационный срок работы, закольматровались или частично разрушены, насосное оборудование устарело. Водопроводные сети прокладывались из чугунных и металлических труб, в настоящее время они частично разрушены, стенки истончены, образовались железистые накопления внутри труб, что приводит к уменьшению условного прохода трубы (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Внутренние отложения труб