

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ БИОГАЗОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "BIOGAS NORD" (ФРГ). НА ПРИМЕРЕ СГЦ РУСП «ЗАПАДНЫЙ»

М.К. Попвянюк., Е.А. Урвэцкiй

СГЦ РУСП «Западный» д. Мотыкалы Брестской области, УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных сточных вод, а также жидкого навоза, твердого навоза и навозной жижи. Эти отходы представляют серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так, по данным [1], ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду 40–45 млн. м³ стоков. Основной формой их утилизации является полив, причём безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Как известно, свиноводческий комплекс на 100 000 голов вносит со сбрасываемыми стоками такое количество биологических загрязнений, которое эквивалентно городу с 300 000 жителей. Существующая упрощённая схема обработки стоков животноводческого комплекса СГЦ РУСП «Западный» показана на рис. 1.

Анализ действующих в РБ очистных сооружений животноводческих комплексов (в том числе и свинокомплексов) показал, что в республике практически отсутствуют не только эффективные очистные сооружения сточных вод подобных комплексов, но и технологии переработки осадков.

В СГЦ РУСП «Западный» впервые в РБ внедрен биогазовый энергетический комплекс "BIOGAS NORD" (ФРГ) по переработке жидкого, твердого навоза, а также накоплен определённый опыт его эксплуатации.

В основу технологии получения биогаза в этом комплексе положен принцип ферментации.

Он основан на совместной анаэробной обработке (сбраживании) возобновляемых сырьевых ресурсов в качестве органической субстанции из сельского хозяйства и животноводства (жидкий навоз, твердый навоз, навозная жижа) в качестве основного субстрата для получения биогаза в качестве энергоносителя. Биогаз является продуктом обмена веществ метановых бактерий при разложении органической массы в определённых условиях.

Процесс разложения в биогазовом энергетическом комплексе протекает в основном в 4 фазы.

В первой фазе различные высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жир, целлюлоза) с помощью ферментов превращаются в низкомолекулярные соединения, такие как моносахарид, аминокислоты, жирные кислоты и воду. После этого кислотообразующие бактерии осуществляют дальнейшее разложение на органические кислоты, двуокись углерода, сероводород и аммиак. Затем уксуснокислые бактерии производят из этого ацетаты, двуокись углерода и водород. И только в конце осуществляется образование метана, двуокиси углерода и воды в щелочном диапазоне в результате действия метановых бактерий.

При постоянной подаче органической массы эти процессы осуществляется параллельно друг другу и не разделяются ни по пространству, ни по времени. Только при запуске биогазовой установки происходит отдельное разложение. Поэтому при запуске установки может пройти несколько недель, прежде чем будет достигнута 4-ая фаза (образование метана) и загорится возникающий газ.

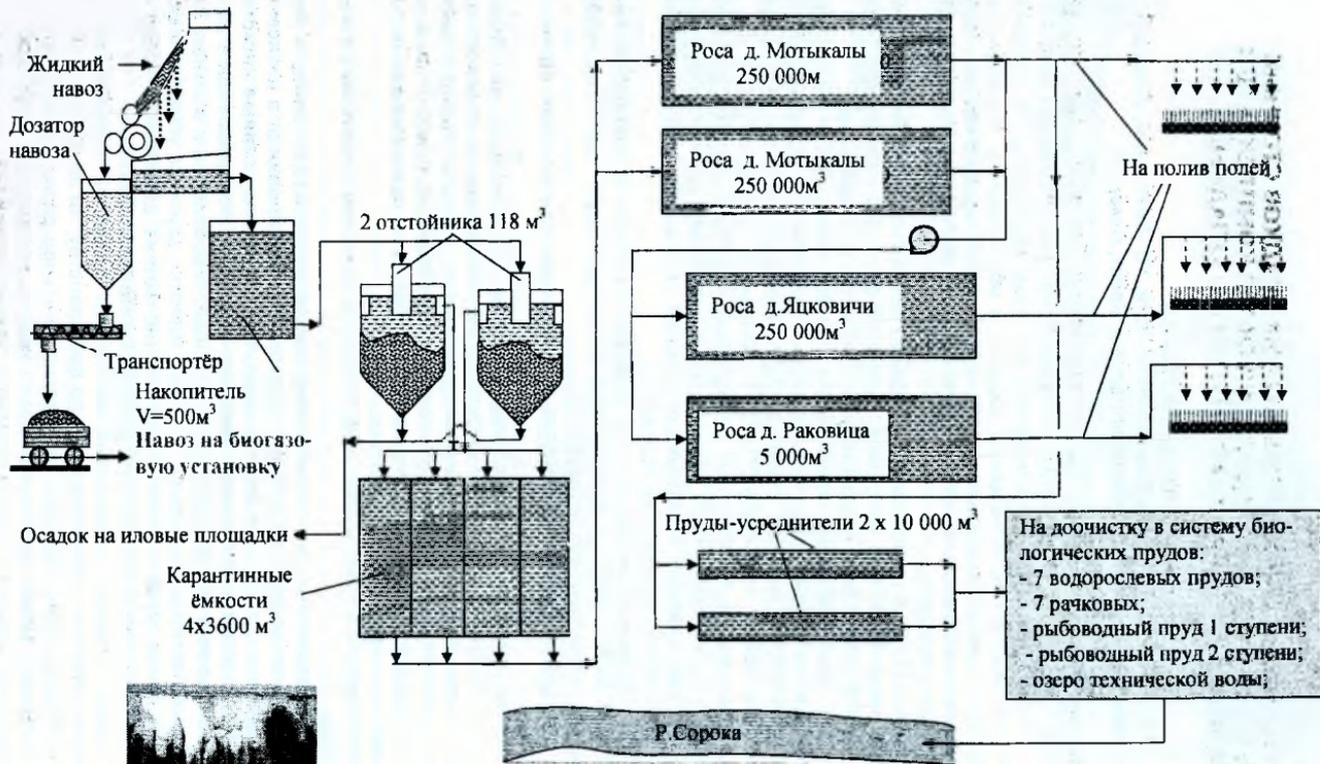


Рис. 1. Существующая упрощённая схема обработки стоков животноводческого комплекса СГЦ РУСП «Западный»

Метановые бактерии в установке работают и размножаются только, если субстраты достаточно суспендированы в воде (не менее 50%). В отличие от аэробных бактерий, дрожжей и грибков они не могут существовать в твердой фазе.

Как известно, эти микроорганизмы строго анаэробны. Если в субстрате еще есть кислород, например, в свежем жидком навозе, то сначала его расходуют аэробные бактерии. Это происходит на первой фазе биогазового процесса. Небольшое количество кислорода, образующееся также в результате целенаправленного нагнетания воздуха с целью десульфурации, не повредит.

Метановые бактерии не могут разлагать жиры, белок, углеводы (крахмал, сахар) и целлюлозу в чистом виде. Более того, им для создания своей клеточной субстанции нужны растворимые азотные соединения, минеральные вещества и микроэлементы. В жидком и твердом навозе эти вещества содержатся в достаточном количестве. Трава (в свежем или консервированном виде), жмых, барда и сыворотка также содержат достаточно общих питательных веществ и в принципе могут сами разлагаться. Но на практике рекомендуется использовать жидкий и твердый навоз в качестве стабильного основного субстрата и добавлять другие из названных веществ, чтобы предотвратить расслоение и обеспечить хорошее накопление кислот и оснований.

Рабочий температурный диапазон метановых бактерий составляет от 0 до 70 °С.

При более высоких температурах они погибают за исключением некоторых штаммов, которые могут жить при температуре до 90 °С. Скорость процесса разложения очень сильно зависит от температуры. Принципиальное правило: чем выше температура, тем быстрее происходит разложение и тем выше производство газа, тем меньше дается сбраживание и тем ниже содержание метана в биогазе. На практике были выявлены три типичных температурных диапазона, в которых соответствующие штаммы бактерий чувствуют себя хорошо:

- психрофильные штаммы при температурах ниже 20 °С;
- мезофильные штаммы при температурах 25-42 °С;
- термофильные штаммы при температурах выше 45 °С.

Для нормальной работы установки в ней поддерживается мезофильный температурный режим, значение pH прим. 7,5.

В жидком и твердом навозе на второй фазе процесса разложения этот диапазон в основном устанавливается сам в результате образования аммония.

Степень нагрузки метантенка, прежде всего, зависит от уровня температуры, содержания органических веществ и продолжительности пребывания. Обычная степень нагрузки метантенка при 35 °С составляет от 2 до 5 кг ОСВ/м³ в день (ОСВ - органическое сухое вещество), т.е. на один м³ объема ферментера ежедневно подается и обрабатывается от 2 до 5 кг ОСВ.

Высокую эффективность разложения метановые бактерии обеспечивают постоянным выделением биогаза из субстрата. В жидких субстратах небольшие пузырьки газа поднимаются даже сами в субстрате. Если субстраты с высоким содержанием сухих веществ (свыше 5%), необходима дополнительная дегазация. Здесь себя хорошо зарекомендовало многократное ежедневное перемешивание.

Относительно долгое время генерации метановых бактерий примерно 10-20 дней ведет к тому, что минимальная продолжительность пребывания субстратов не должна быть меньше этого значения, чтобы предотвратить вымывание метановых бактерий из зоны ферментации.

На практике хорошо зарекомендовала себя продолжительность пребывания не менее 50-60 дней.

Описание рабочих узлов биогазового энергетического комплекса

Биогазовый энергетический комплекс (см. рисунок) подразделяется на следующие рабочие узлы, выполняющие различные функции в технологической линии:

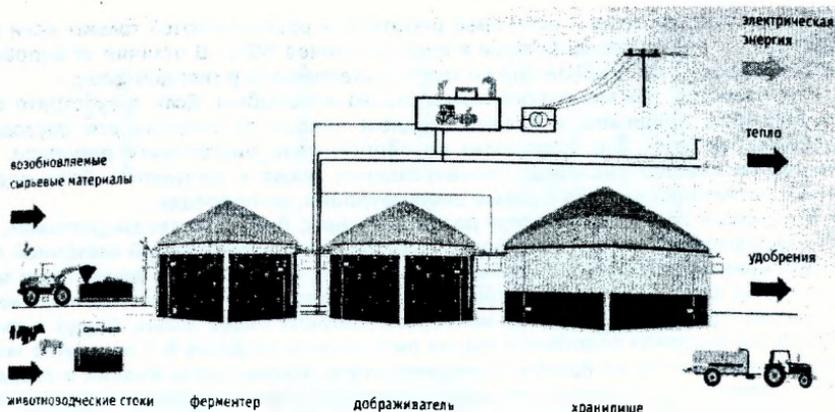


Рис.2. Упрощённая блок-схема биогазового энергетического комплекса, предложенная "BIOGAS NORD" (ФРГ) СГЦ РУСП -Западный-

Рабочий узел 1: Приемка, промежуточное хранение и загрузка сырья

Этот рабочий узел предназначен для промежуточного хранения субстратов с момента их образования в результате внутрипроизводственной деятельности и до загрузки в ферментационную установку.

Рабочий узел 1.1: Первичный резервуар

Первичный резервуар объемом прим. 200 куб. м для промежуточного хранения жидких органических удобрений и силосного инфильтрата. Оттуда жидкие субстраты направляются через насос в ферментационную установку.

Рабочий узел 1.2: Насос для отделенного жидкого навоза свиней P1

Рабочий узел 1.3: Дозатор твердых материалов FS

Внесение твердых материалов предназначено для равномерной загрузки ферментера твердыми субстратами (энергетические растения в виде кукурузного силоса и зерновых).

Суточное количество загружается погрузчиком в приемную воронку. Приемная воронка вмещает объем прим. 14,5 куб. м. Горизонтальный шнековый конвейер подает субстраты из приемной воронки на вертикальный шнековый конвейер и далее – на шнековые конвейеры непосредственно в ферментеры.

Привод осуществляется от непосредственно подсоединенного редукторного двигателя. В месте передачи на ферментере следующий шнек подает субстраты сверху вниз в ферментер, так обеспечивается водо- и газогерметичная передача.

Рабочий узел. 1.4: Ферментационная установка BS

Ферментационная установка состоит из 2 круглых закрытых железобетонных резервуаров с сопровождающим обогревом, через которые субстрат проходит по так называемому принципу «накопление-расход», и в которых органические субстраты ферментируются без доступа воздуха при температуре 38-40°С с образованием биогаза.

Основное брожение происходит в ферментере, дображиватель предназначен, в первую очередь, для дображивания и хранения биогаза. Максимальный уровень составляет примерно 5,5 м. Фундаментная плита выполняется с уклоном 2-4° к центру с донным водоспуском. Просачивание через фундаментную плиту не осуществляется.

Ферментер имеет теплоизоляцию по всему периметру, облицован трапециевидными стальными пластинами для защиты от непогоды, а также оснащен крышей газохранилища и соединен через трубный сифон с дображивателем/храни-

лицем в качестве свободного перелива. Как только в ферментер BS 1 поступает свежий субстрат, то же количество субстрата само переходит в дображиватель/хранилище.

Образование слоев нижних и взвешенных слоев предотвращается мешалками с погружными двигателями. Визуальный контроль содержания резервуара осуществляется с помощью 2 проемов в стене на верхнем крае ферментера («иллюминаторы»), к которым можно подойти по стационарной рабочей площадке. Между ферментером и дображивателем сооружается рабочая площадка. Для обнаружения течи ферментер окружен кольцевым дренажем с контрольным колодцем.

Рабочий узел 2: Хранилище биогаза GS 1, GS 2

Для промежуточного хранения биогаза на ферментере и дображивателе сооружается по газохранилищу, каждое из которых состоит из пленки ПВХ, которая крепится с помощью зажимной планки из нержавеющей стали по всему периметру, прикручиваемой к верхнему краю соответствующего резервуара. С помощью устройства подкачки внутри пленочной крыши создается избыточное давление прим. 3 мбар, так что получается ветро- и снегостойчивая воздухоопорная крыша с уклоном 30°. Под пленкой ПВХ находится полиэтиленовая пленка, также вырезанная в виде конуса, в качестве газовой мембраны.

Под полиэтиленовой пленкой в каждом резервуаре установлена сетка и центральная железобетонная стойка высотой 6,5 м. Деревянные балки, идущие от стены до центральной стойки, фиксируют стойку и надежно удерживают сетку над бродительным субстратом. Полиэтиленовая пленка, поддерживаемая биогазом, может свободно двигаться между наружной пленкой и опорной сеткой. При диаметре резервуара 2x18 м (ферментер) в каждом из них может храниться примерно 405 м³. В сумме на промежуточном хранении находится 810 м³. Газохранилища соединены между собой, так что биогаз может равномерно распределяться в газохранилищах.

Предохранительное устройство пониженного/повышенного давления, установленное на каждом резервуаре и рассчитанное с большим запасом, обеспечивает, чтобы не превышалось избыточное давление биогаза 3 мбар и пониженное давление биогаза 1 мбар. Газопровод от резервуаров к контейнеру блочной ТЭЦ устанавливается с тем же перепадом.

При прохождении неочищенный газ за счет охлаждения конденсируется на газовом участке и за счет этого осушается. Конденсат собирается в сборном колодце и далее возвращается в ферментер в качестве технологической воды. Кроме того, неочищенный газ направляется через газовый фильтр на отделение частиц пыли и грязи. Количество газа измеряется волюметрически с помощью объемного газомера. Прежде чем газ попадет в двигатель внутреннего сгорания, он проходит через защиту от обратного удара пламени, два релейных запорных клапана и дроссельную заслонку, регулируемую в зависимости от производительности.

Рабочий узел 3: Установка использования биогаза

Биогаз за счет объединения выработки и электрической энергии в блочной ТЭЦ преобразуется в электрическую (ток) и тепловую энергию.

Сооружаются и эксплуатируются два агрегата блочной ТЭЦ в виде газового двигателя внутреннего сгорания с электрической мощностью генераторов 180 киловатт или 340 киловатт. Они устанавливаются в контейнерах.

Отдача мощности блочной ТЭЦ регулируется плавно от 50 до 100%. Все функции контроля и управления выполняются централизованно гибко программируемой АСУ. Постоянно контролируются: частота, асимметрия, выпадение фазы, напряжение, число оборотов выше и ниже номинального, контроль обратной мощности, температура охлаждающей воды, генератора, а также двигателя с автоматическим подключением аварийного охладителя, а также давление масла и уровень масла.

Отвод газа осуществляется через стену контейнера блочной ТЭЦ по газоотводящей трубе вертикально наружу. Передача тока осуществляется в сеть местного энергоснабжающего предприятия. Полученное тепло в настоящее время исполь-

зается для подогрева субстрата, а оставшаяся часть направляется на существующее производство для технологических целей (хозбытовые нужды, убойный и колбасные цеха и т.д.).

Рабочий узел 4: Установка использования газа

Через установку использования газа могут проходить следующие количества биогаза для их энергетического использования:

Таблица 5.1

Объем расхода газа блочной ТЭЦ

Установка использования газа	Подведённая мощность, [кВт]	Элект. /тепл. мощность, [кВт]	Расход биогаза блочной ТЭЦ (биогаз с долей CH ₄ 60%)	
			[Нм ³ /ч]	[Нм ³ /день]
Блочная ТЭЦ 180 кВт	486	180/219	81	1.944
Блочная ТЭЦ 340 кВт	944	340/430	157	3.768

Вывод: Установка использования газа в нормальном режиме эксплуатации может потреблять для энергетического использования прим. до 5 712 м³/день биогаза. Из ферментации собственных органических удобрений и энергетических растений ожидается прим. 4 700 куб. м. биогаза в сутки.

Литература

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. «Экологические проблемы республики Беларусь и пути их решения». – Мн. 1999. – 47 с.

УДК 662.7, 628.356

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

П.Ф. Янчилин, В.С. Сөөврянин, Е.А. Урецкий

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь

На любых очистных сооружениях в процессе очистки сточных вод образуется осадок. Далее он подвергается механическому обезвоживанию (процесс естественной сушки осадка на иловых площадках заменен фильтрацией под вакуумом (центрифугированием) на специальных сооружениях). Это позволяет полностью механизировать и автоматизировать процесс обезвоживания осадка, высвободить значительные площади земли, требующиеся для иловых площадок, улучшить санитарное состояние территорий, расположенных рядом с очистными станциями. Полученный в результате механического обезвоживания осадок содержит 60-80% воды. При значительных количествах осадка на очистных сооружениях возникают проблемы по его хранению, утилизации и транспортированию. Согласно п. 6.407 [1] необходимость термической сушки осадка должна определяться условиями дальнейшей его утилизации и транспортирования.

Термическая обработка осадка производится в тех случаях, когда требуется его обеззараживание и дальнейшее снижение влажности, а значит и уменьшение его количества (в несколько раз уменьшается его объём, что очень важно для удобства транспортировки и хранения). Производится она в различных сушильных установках: барабанных сушилках, сушилках с кипящим слоем, сушилках со встречными струями, а также в вакуум-сушилках.

Известные методы термической обработки осадка очень энергозатратны. Нами предлагается разработанная в НИЛ «Пульсар» установка для термического обезвреживания отходов [2], представленная на рисунке 1. Преимущества этой установки: