

Биогаз для чайников.

1. Что такое биогаз.
2. Анаэробное брожение.
3. Распространенные заблуждения.
4. Кому это нужно.
5. Что можно получить.
 - 5.1. Биогаз.
 - 5.2. Тепловая энергия.
 - 5.3. Электроэнергия.
 - 5.4. Биогумус.
6. Хранение продуктов, произведенных биогазовой установкой.
7. С чего начинать.
8. Делаем сами.
 - 8.1. «Китайская» яма.
 - 8.2. Гибкий ферментатор.
 - 8.3. «Всепогодная» установка.
9. Промышленные конструкции.



1. Что такое биогаз.

В ряду продуктов альтернативной энергетики биогаз занимает несколько особенное положение. Обычно все устройства альтернативной энергетики производят энергию из так называемых «возобновляемых источников». Так называемые они потому, что на самом деле энергия эта берется от солнца, причем временной промежуток между попаданием конкретной порции солнечной энергии на Землю и ее утилизацией устройствами альтернативной энергетики относительно небольшой, от нуля до максимум нескольких лет.

Солнечные фотоэлементы и солнечные нагревательные элементы утилизируют солнечную энергию сразу. Ветряные электростанции используют энергию воздуха, движущегося после нагревания солнцем. Гидроэлектростанции используют энергию текущей воды, которая перед этим была

перемещена под воздействием энергии солнца. Жидкое топливо, полученное из биомассы (биодизель, биоэтанол, топливные брикеты и пеллеты, просто дрова) – это продукт, полученный из растительности, которая получила энергию для роста от солнца.

Биогаз тоже получается из биомассы, хотя и не только растительной. Поэтому сроки окупаемости устройств для получения биогаза (биогазовых установок или БГУ) могут иметь тот же порядок, что и сроки окупаемости других устройств альтернативной энергетики.

Биогаз, как и биоэтанол, производится с использованием биологических преобразований. В процессе этих преобразований биомасса разлагается как на энергетический продукт (биогаз, спирт), так и на органические отходы. В случае с получением биоэтанола такие отходы непосредственно представляют вред для окружающей среды, и только после энергоемкой переработки (сушки и измельчения) могут быть использованы в качестве корма для скота. При производстве биогаза отход, который образуется (шлам биогазовой установки), может быть использован непосредственно без каких-либо дополнительных преобразований. Он представляет собой прекрасное высокоэффективное и экологически безопасное удобрение. Ценность этого удобрения настолько высока, что сравнима или даже превосходит ценность вырабатываемого биогаза. Поэтому при правильной утилизации всех выходных продуктов БГУ срок ее окупаемости может быть существенно ниже, чем у всех других устройств альтернативной энергетики.

Теперь стоит сказать традиционные несколько слов о химическом составе биогаза. Конечно, об этом обязательно пишут в любой книжке или даже коротенькой газетной заметке. Но ведь эта книга предназначена для чайников, которые предположительно не читают книг и «советских газет перед едой», поэтому будем повторять прописные истины:

Биогаз преимущественно состоит из метана (CH_4). Это тот же горючий газ, младший в ряду углеводородов, из которого преимущественно состоит так называемый «природный газ». Только в природном газе метана более 90%, а в биогазе – 45-75%. В жидкое состояние метан переходит при температуре $-161,6^\circ\text{C}$. Метан почти не растворим в воде. Метан легче воздуха. При комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении практически не вступает в химические реакции. Эти скучные цифры и факты понадобятся потом, чтобы развенчать некоторые заблуждения по поводу биогаза.

Второй значительный по объему компонент биогаза – углекислый газ (CO_2). Это тот газ, который создает приятные пузырьки в газировке, пиве и шампанском. Он тяжелее воздуха. Он хорошо растворяется в холодной воде. При давлении больше 5,28 атм и комнатной температуре углекислота переходит в жидкое состояние. В биогазе содержится 25-55% углекислого газа.

Третий компонент биогаза – пары воды (H_2O). Их количество зависит от температуры биогаза и условий его получения и хранения и составляет единицы процентов. Обычно биогаз осушают перед использованием.

Четвертый компонент биогаза, который часто присутствует в нем – сероводород (H_2S). Его может содержаться в биогазе от 0 до 2%. Сероводород плохо растворяется в воде. При сжигании сероводорода получается сернистый газ (SO_2). В большой концентрации сероводород разъедает металлы. Сернистый газ может служить источником получения серной кислоты.

Пятый компонент биогаза – аммиак (NH_3). Обычно его концентрация не превышает процента. Это тоже агрессивный газ.

Остальные компоненты присутствуют в биогазе в виде следов в доли процента – азот, кислород, водород. Они не оказывают существенного влияния на его свойства.

При сжигании биогаза сгорает метан, содержащийся в нем. Теплота, образующаяся при сгорании биогаза, меньше теплоты, образующейся при сжигании природного газа, пропорционально соотношениям количеств метана в природном газе и биогазе. Поскольку в биогазе меньше метана, чем в природном газе, то для сгорания единицы объема биогаза нужно меньше воздуха, чем при сжигании такой же единицы объема природного газа. Поэтому, если применяются горелки для газа, в которых сжигается предварительно созданная смесь горючего газа и воздуха, то для таких горелок надо уменьшать подачу воздуха в смесь при сжигании биогаза. Это единственное изменение, которое имеет смысл вносить в бытовые газовые приборы при настройке их для работы на биогазе.

Смесь биогаза с воздухом может быть взрывоопасной. Но взрывоопасна она в гораздо более узком диапазоне соотношений воздуха и биогаза, чем для смеси природного газа и воздуха. Поэтому вероятность взрыва смеси биогаза с воздухом при утечке намного меньше, чем при утечках природного газа. Средняя плотность биогаза составляет примерно $1,13 \text{ кг/м}^3$, то есть, в среднем он легче воздуха, плотность которого при комнатной температуре составляет около $1,2 \text{ кг/м}^3$. Это значит, что при утечке биогаз будет улетучиваться вверх. Но биогаз также будет расслаиваться. Поэтому

если биогаз улетучивается в помещении без сквозняков, то возле пола скопится углекислый газ, а возле потолка – метан.

2. Анаэробное брожение.

Биогаз – это продукт (один из продуктов) анаэробного брожения. Это значит, что биогаз выделяется при брожении органических веществ без доступа воздуха. А брожение – это процесс разложения под действием бактерий. Попросту говоря, брожение происходит, когда бактерии едят эту органику.

Процесс анаэробного брожения с выделением биогаза условно разделяют на четыре фазы по типу происходящих процессов. Это фаза гидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. В каждой фазе работает свой тип бактерий, причем количество видов бактерий, участвующих в каждой фазе, насчитывается сотнями. На фазе гидролиза бактерии расщепляют белки, жиры и углеводы на более простые молекулы, типа сахаров, аминокислот и т.п. На фазе ацидогенеза образуются различные органические кислоты. На фазе ацетогенеза образуется уксусная кислота. И на фазе метаногенеза образуется биогаз. Это описание фаз весьма приблизительно. Каждая фаза описывается множеством химических уравнений. Одновременно происходит несколько различных реакций на каждой фазе. Количественное соотношение этих реакций зависит от типа перерабатываемого сырья, от видов участвующих на этом этапе бактерий и множества других факторов. Поэтому невозможно абсолютно точно просчитать и предсказать характер протекания реакции и количественные показатели на выходе.

Процесс анаэробного брожения различают также по температуре его протекания. Есть три температурных диапазона, при которых наблюдаются локальные максимумы интенсивности процесса брожения. Косвенным показателем этой интенсивности является объем выделяемого биогаза в единицу времени. Первый температурный режим анаэробного брожения называется психрофильным. Психрофильное брожение происходит в диапазоне температур 15-25⁰С. Второй температурный режим называется мезофильным. Мезофильное брожение происходит в диапазоне температур 30-40⁰С. Третий температурный режим называется термофильным. Термофильное брожение происходит в диапазоне температур 50-56⁰С.

В каждом более теплом температурном режиме метаболизм бактерий происходит примерно в два раза быстрее, чем в предыдущем. Соответственно, биогаз выделяется примерно в два раза быстрее. Но более высокотемпературный процесс менее устойчив и более капризен, чем предыдущий. Поэтому самые простые биогазовые установки работают обычно в психрофильном режиме. Большие промышленные установки работают обычно в мезофильном режиме.

Обычно у всех «чайников» возникает вопрос: откуда берутся эти бактерии, которые обеспечивают анаэробное брожение? Ответ простой: эти бактерии живут в желудках практически всех животных на земле. Особенно много бактерий третьей и четвертой фаз брожения находится в желудках жвачных животных (коровы, овцы, кони, козы и т.д.).

Как всем известно, нормальная температура тела у млекопитающих на Земле лежит в диапазоне 35-40⁰С. Например, для человека это 36,6⁰С. Отсюда становится понятно, почему большинство биогазовых установок работают в мезофильном режиме при температуре реакции 37-38⁰С.

Кстати, бактерии, работающие в двух первых фазах, эффективнее функционируют при температурах психрофильного режима. Поэтому существует технология двухстадийного анаэробного брожения, когда реакция происходит в двух последовательно соединенных емкостях. В первой емкости происходят две первые фазы анаэробного брожения при температуре 25⁰С. Во второй емкости происходят третья и четвертая фазы при температуре 37-38⁰С. Такое решение позволяет оптимизировать и стабилизировать протекание процесса для некоторых типов сырья.

До сих пор нет единого мнения по поводу того, какие бактерии работают на третьей и четвертой фазах в разных температурных режимах. Одни утверждают, что это разные виды бактерий. В реальном мире они есть повсюду, но активизируются, только попав в подходящие условия. Другая теория гласит, что это одни и те же бактерии приспосабливаются к разным температурам и работают в разных режимах метаболизма.

Если взять какое-нибудь подходящее органическое сырье, поместить его в подходящую герметичную емкость с газоотводом и обеспечивать поддержание стабильной температуры соответствующего режима и периодическое перемешивание, то получится лабораторная биогазовая установка с однократной загрузкой. График зависимости скорости выделения биогаза от прошедшего времени брожения будет выглядеть в виде плавного горба. Это легко объяснимо. Сначала начинаются первые стадии брожения, а потом уже в действие вступают последние стадии. Но количество органического сырья в лабораторном реакторе ограничено. Это вещество разлагается, количество не-

разложенной органики уменьшается, и выход биогаза падает. Постепенно выход упадет до нуля. Это будет означать, что вся органика в сырье разложилась до неорганических солей. Процесс полного разложения даже в термофильном режиме занимает очень значительное время. В мезофильном режиме это время измеряется месяцами. Однако, если принять во внимание только значения выхода биогаза, близкие к максимальным, то такое время будет лежать в диапазоне двух-четырёх недель для мезофильного режима. Время это зависит от состава исходного сырья и называется длительностью цикла анаэробного брожения. Естественно, что если остановить брожение в конце этого цикла, то в реакторе останется частично разложенная органика. Обычно глубина разложения органики в конце цикла составляет 40-60%. Это значит, что в конечном субстрате масса органики составляет 40-60% от массы органики в субстрате, которым был изначально заполнен реактор. На такое «недображивание» идут сознательно с целью получения максимальной скорости выхода биогаза и минимизации размеров биогазовой установки.

Обычно биогазовые установки не работают так, как в лаборатории. В них сразу закладывают полную порцию сырья, чтобы заполнить реактор. Потом, когда реакция начинается и стабилизируется, сырье добавляют регулярно небольшими порциями, одновременно сливая перебродившую массу. Поэтому понятие длительности цикла для них заменяется понятием «времени гидравлического пребывания» в реакторе. Это условная величина, которая характеризует среднее время, которое проведет в реакторе очередная порция свежего субстрата.

3. Распространенные заблуждения.

За длительное время общения с «чайниками» в технологиях анаэробного брожения собралась коллекция самых распространенных заблуждений на тему биогаза и биогазовых установок. Попробуем проанализировать их здесь.

Первое и самое распространенное заблуждение – это когда «чайники» считают, что биогазовая установка предназначена для получения энергии, и что они себя с помощью биогазовой установки этой самой энергией дешево обеспечат. На самом деле, биогазовая установка предназначена в первую очередь для утилизации вредных для окружающей среды органических отходов и превращения их в полезное и эффективное органическое биоудобрение. Энергия – побочный продукт работы биогазовой установки. Поэтому, если у Вас нет стабильного источника достаточного количества бесплатных или дешевых органических отходов, не стоит задумываться о биогазовой установке. Купите лучше дров или угля, дешевле и проще получится.

Второе заблуждение – это то, что биогазовая установка якобы может представлять какую-то опасность для окружающих. Конечно, абсолютно безопасной ее назвать нельзя так же, как и любое другое техническое устройство. Но реактор БГУ не может взорваться от высокого давления, потому что относительное давление в нем не превышает сотых долей атмосферы. Биогаз в газгольдере не может взорваться, потому что он не смешан с воздухом, и, даже если каким-то чудом внутри газгольдера проскочит искра, она ничего не сможет зажечь. В выходном шламе из реактора нет болезнетворных бактерий, нет яиц глистов и всхожих семян сорняков. Высушенный и измельченный в муку шлам даже применяют в качестве кормовой добавки для скота. Утечка биогаза в проветриваемом помещении или на открытом воздухе не приведет к отравлению или удушью окружающих, так как биогаз быстро улетучится в воздух.

Третье заблуждение – это то, что пищевых отходов и стоков туалета обычной семьи хватит для обогрева частного дома. Если бы все было так чудесно просто, то энергетические компании не правили бы миром. В дальнейших главах будет показано, сколько биогаза можно получить из определенного количества сырья и почему. Но фактически, биогазовая установка – это сельскохозяйственная техника, ибо только в сельском хозяйстве и пищевой промышленности может возникать достаточное количество органических отходов для того, чтобы экономически оправдать целесообразность их переработки методом анаэробного брожения.

Четвертое заблуждение – это то, что из полученного в малой биогазовой установке биогаза можно будет выработать электроэнергию, получить тепло для обогрева дома и топливо для заправки автомобиля. Да, теоретически все это возможно. И практически все это делают, но только на больших промышленных биогазовых установках. Устройство, которое позволяет получить из биогаза электрическую и тепловую энергию, называется когенератор. Бывают газопоршневые и газотурбинные когенераторы. Первые сделаны на базе двигателей внутреннего сгорания, вторые – на базе газотурбинного двигателя. Промышленно выпускаемые когенераторы рассчитаны на большие объемы потребляемого биогаза и на большие генерируемые электрические мощности. Из 1 м³ биогаза можно выработать до 2,3 кВт*ч электрической энергии. А модели промышленных когенераторов обычно начинаются с электрических мощностей в 50 кВт. То есть, в сутки такой когенератор при работе на

номинальном режиме потребляет $50 \cdot 24 / 2,3 = 522 \text{ м}^3$ биогаза. Малые же биогазовые установки обычно в сутки выдают $5-50 \text{ м}^3$ биогаза. Удельная стоимость серийно выпускаемых когенераторов составляет от 500 до 2000 USD за 1 кВт электрической мощности. В продаже в некоторых странах можно найти газопоршневые генераторы резервного электропитания малой мощности. Некоторые из них способны работать на биогазе. Но они не рассчитаны на круглосуточную работу без перерывов, имеют малый моторесурс и не вырабатывают тепловую энергию. Также обычно у них пониженный КПД, то есть из 1 м^3 биогаза они выработают менее $2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии.

Тепло для обогрева дома получить можно, но не всегда и при условии хорошей теплоизоляции этого дома. Надо помнить, что теплотворная способность биогаза составляет около $2/3$ теплотворной способности природного газа, поэтому для обогрева биогаза надо в 1,5 раза больше, чем природного газа.

Для автомобиля с бензиновым двигателем после дополнения специальными системами можно применять в качестве топлива метан. Обычно природный газ (состоящий более, чем на 90% из метана) сжимают до давления 200 атм и заполняют баллоны. Один или несколько таких баллонов размещается в автомобиле, двигатель которого работает на таком топливе. Биогаз же имеет гораздо большее количество примесей, чем природный газ. Поэтому под него нужно специально настраивать двигатель внутреннего сгорания. Также биогаз невозможно напрямую сжать до 200 атм из-за высокого содержания углекислого газа. В первой главе я не зря указал характеристики углекислого газа. При таком давлении углекислый газ затвердеет. А если ограничиться сжатием до 5 атм, то в баллоны поместится слишком маленький запас топлива. А задача очистки биогаза от углекислого газа (доведение до состояния «биометана») очень непростая и недешевая. Промышленные устройства очистки рассчитаны на большие перерабатываемые объемы и стоят многие сотни тысяч USD.

Пятое заблуждение – это когда люди считают, что достаточно выкопать яму, укрепить стенки, загерметизировать свод и засыпать в эту яму навоз, траву и листья, и выделяемым биогазом можно будет всю зиму отапливать жилище. Мнение такое не возникло на пустом месте, а базируется на гуляющих в сети Интернет картинках китайских/вьетнамских/индийских/африканских биогазовых установок ямного типа и бредовом сочинении какого-то журналиста про якобы успешный вышеописанный опыт где-то в России. Всем страждущим следует обратить внимание, что все реально эксплуатирующиеся биогазовые установки ямного типа находятся в странах с теплым климатом. Никто не слышал о миллионе установок, ну хотя бы в Турции? А ведь там уже относительно тепло!

Дело в том, что простые установки в виде армированной ямы в земле практически никак не теплоизолированы от грунта, в котором они расположены. В большинстве случаев грунт этот влажный. Поэтому почти всегда грунт является хорошим проводником тепла. А температура грунта в таких странах, как Украина, Белоруссия, Россия на глубине более 1 м круглый год составляет около 10°C . Выше я написал, что психрофильный режим начинается с 15°C . А реально заметный выход биогаза в психрофильном режиме начинается после достижения субстратом температуры 20°C . В описанных выше теплых странах грунт обычно прогрет на глубину несколько десятков метров до температуры $20-30^\circ\text{C}$. Поэтому, если в этих странах грунт действует, как бесплатный нагреватель, то в наших широтах грунт действует, как холодильник. Даже если подогревать субстрат, то из-за высокой теплопроводности грунта мы будем просто греть окружающий грунт.

4. Кому это нужно.

Вопрос несколько риторический. Возможно, надо было бы спросить: «Кому это можно?» Но нельзя давить энтузиазм в зародыше. Поэтому здесь я опишу, кому, в первую очередь, есть смысл подумать о создании и эксплуатации биогазовой установки.

Ответ достаточно простой. Думать об анаэробной переработке органического сырья следует тому, у кого это сырье образуется регулярно, дешево и в достаточных количествах. Почти наверняка при этом существует проблема утилизации такого сырья, потому что очень часто это сырье представляет собой опасность для окружающей среды. Решение задачи утилизации этого сырья сразу же минимизирует затраты или вообще избавляет от затрат на такую утилизацию. Это первая и главная причина для создания биогазовой установки. Второй побудительной причиной является энергия, которую можно получить в процессе анаэробного брожения органического сырья. Обычно этот фактор выносят во главу угла. Ну и третье – это получение из вредных для экологии органических отходов чрезвычайно полезного органического биоудобрения.

В зависимости от ежесуточно образующейся порции сырья можно думать о создании малой, средней или большой биогазовой установки. Такое деление по размерам – весьма условно. Скорее, стоит делить установки по функциональности и степени автоматизации. Но вполне естест-

венно, когда более крупные по размерам и пропускной способности биогазовые установки наделяют дополнительными функциями и минимизируют применение труда человека для их обслуживания.

Наличие сырья – необходимое условие, но не достаточное. Еще понадобится площадка для размещения биогазовой установки. Редко удается создать настолько мобильную конструкцию, чтобы без больших усилий и затрат иметь возможность демонтировать и перемещать установку на другое место. Поэтому очень важно, чтобы место будущего размещения установки было в Вашей собственности или же в долгосрочной аренде. Чем больше размер будущей установки, тем с большей вероятностью Вам понадобятся официальные разрешения на размещение такого объекта. Значит, участок должен находиться в такой зоне, где разрешено промышленное строительство, и иметь соответствующий статус. К участку должны быть подведены коммуникации, в зависимости от конструкции будущей установки и типа сырья. Обычно нужны подвод электроэнергии, технической воды, иногда природного газа, отвод канализации. Для крупной установки очень не помешают хорошие подъездные пути.

Также понадобятся соответствующие финансовые средства. Биогазовая установка – объект очень недешевый. Затраты на малые биогазовые установки обычно начинаются от нескольких тысяч USD. Средние установки – десятки тысяч. Стоимость больших установок начинается от нескольких сотен тысяч USD, однако, действительно большие проекты требуют миллионных вложений.

Редко у кого есть достаточное количество собственных средств, поэтому стоит подумать об источниках финансирования, поискать возможности привлечения инвестиций. Срок окупаемости правильно эксплуатирующихся биогазовых установок составляет от одного года до пяти лет. Доход от эксплуатации установки появляется с заметной задержкой после начала финансирования, так как требуется время на монтаж и запуск установки. Для малых установок это время составляет от одной недели до пары месяцев, для больших установок – от нескольких месяцев до пары лет. Проблема с большими установками состоит не только в объемах строительства, но и в необходимости составлять и утверждать проектную документацию на объект промышленного строительства. Иногда получение разрешений на проектирование и утверждение проектной документации по времени может превысить в несколько раз длительность собственно строительства и запуска в эксплуатацию.

Поэтому финансовые средства должны привлекаться с условием начала графика погашения с задержкой до запуска объекта в эксплуатацию.

Ну и наконец, самым главным условием для создания биогазовой установки является большое желание владельца будущей установки. Без этого обязательного условия остальные факторы не имеют смысла. И наоборот, если есть очень сильное желание, то можно найти и все остальное, даже если изначально его нет.

5. Что можно получить.

Биогазовые установки имеют одно важное коренное отличие от всех остальных устройств альтернативной энергетики. Как и при использовании других устройств альтернативной энергетики, конечным продуктом работы биогазовой установки может быть произведенная энергия, чаще всего тепловая и/или электрическая. Но помимо энергии на выходе всегда образуется (но не всегда используется) другой продукт – высокоэффективное органическое биоудобрение. Третий продукт не является материальным, но за него можно получить вполне реальные весомые деньги. Это и утилизация отходов, и продажа квот парниковых выбросов по Киотскому протоколу. Конечно, этот источник дохода доступен, прежде всего, владельцам больших БГУ, однако, даже маленькая установка может заниматься утилизацией, например, отходов бойни, завода производству биодизеля и т.п. В случае утилизации отходов это может быть основной причиной для строительства биогазовой установки. Преимущества утилизации методом анаэробного брожения заключаются в том, что такой технологический процесс утилизации не является энергоемким, а наоборот, выделяет энергию. Вредность же исходных отходов для окружающей среды после прохождения процедуры анаэробного брожения меняет знак с минуса на плюс, и выходной продукт становится уже чрезвычайно полезным и восстанавливающим плодородные свойства почвы.

Рассмотрим теперь по отдельности все продукты, которые можно получить на выходе биогазовой установки.

5.1. Биогаз.

В первой главе мы уже рассматривали свойства и состав биогаза. Биогаз – это газообразная часть продуктов анаэробного разложения органических веществ, являющегося результатом жизнедеятельности симбиоза множества видов бактерий. То есть, процесс анаэробного брожения - биоло-

гический процесс. Он существуют сам по себе и в природных условиях: во-первых, в желудках животных организмов нашей планеты, а во-вторых, в толще грунта или на дне водоемов, где затруднен доступ кислорода. Биогазовая установка – эквивалент аквариума, в котором содержатся не рыбы, а специальные бактерии.

В силу таких исходно биологических свойств техпроцесса работы биогазовой установки невозможно абсолютно точно подсчитать заранее такие выходные параметры, как конкретный набор химических реакций, глубину разложения биомассы, удельный выход биогаза и его состав. Количество «внешних» факторов, влияющих на техпроцесс (управляющие воздействия) весьма ограничено. Обычно это температура, градиент температуры и скорость изменения температуры внутри реактора, степень герметичности реактора, частота подачи в реактор и размер порции свежего сырья, частота выемки шлама, частота и длительность циклов перемешивания субстрата внутри реактора. Естественные же «внутренние» факторы описываются тысячами возможных параметров. Одних только видов бактерий, участвующих в процессе, может быть больше тысячи, а есть еще химический состав и физические кондиции исходного сырья.

Рассчитать все это практически невозможно. Поэтому при проектировании биогазовых установок используют экспериментальные результаты, полученные на лабораторных установках, моделирующих требуемый техпроцесс в миниатюре. Также собирается статистика действующих больших БГУ. Статистические данные обрабатываются, группируются, и в результате получаются таблицы рекомендованных параметров техпроцесса и примерные выходные параметры при применении различных типов сырья. Но разброс величин в таких таблицах составляет до 50%.

Поэтому предсказать, например, суточный выход и состав биогаза для проектируемой биогазовой установки изначально можно именно с подобной точностью. Для увеличения точности расчетов до нескольких процентов, необходимо провести лабораторный эксперимент и соответствующие измерения. Тем не менее, простейшие расчеты позволят хотя бы оценить границы выхода биогаза, особенно верхнюю.

Как известно, исходное сырье состоит из воды и так называемого сухого вещества (СВ). Соотношение воды и сухого вещества сырья характеризуется таким параметром, как влажность.

$$H = m_{\text{воды}} / m_{\text{сырья}} * 100\%$$

Сухое вещество сырья состоит из органических (ОСВ) и неорганических веществ. Соотношение неорганических и органических веществ характеризуется таким параметром, как зольность.

$$Z = (m_{\text{сырья}} - m_{\text{ОСВ}}) / m_{\text{сырья}} * 100\%$$

Для получения этих параметров, необходимо взять пробы сырья и произвести соответствующие анализы в лаборатории.

Итак, зная тип сырья, и его влажность и зольность, можно посчитать, сколько органического вещества содержится в единице массы сырья. Зная суточное количество исходного сырья, можно посчитать, сколько ОСВ будет попадать в реактор биогазовой установки ежедневно.

В статистических таблицах обычно указывают, какой объем биогаза выделится из единицы массы ОСВ на протяжении оптимальной длительности цикла брожения этого типа сырья. Обычно, эта величина составляет от 0,2 до 0,8 м³/кг ОСВ. Плотность биогаза составляет примерно 1,13 кг/м³. Поэтому, если бы все органическое вещество превратилось в биогаз, то выход биогаза составил бы 0,885 м³/кг ОСВ. Однако, в процессе анаэробного брожения получается не только биогаз, но также и вода, причем масса выделившейся воды может быть равна массе выделившегося биогаза. Соотношение выделяющихся воды и биогаза зависит от преобладания в процессе тех или иных химических реакций, а оно, в свою очередь, зависит от бактериального состава и исходного состава сырья. Помимо воды и биогаза, образуется еще и некоторое количество минеральных солей.

Кроме того, оптимальная длительность цикла обычно выбирается по критерию максимальной скорости выхода биогаза. После разложения около половины ОСВ в составе сырья скорость выделения биогаза обычно заметно падает. Это связано с тем, что органический состав ОСВ в исходном сырье достаточно неоднороден. Поэтому вначале разлагаются быстрорасщепляемые вещества, а «долгоиграющие» компоненты, типа лигнина, за этот срок остаются почти нетронутыми. Таким образом, глубина разложения биомассы в реакторах БГУ обычно составляет 40-60%. Эта величина может быть больше только при применении однородного искусственно созданного органического сырья, типа глицерина, либо при применении предварительной глубокой гомогенизации сырья, типа кавитационного измельчения, разрушающего даже молекулярные связи.

Вот и получается, что реально из 1 кг ОСВ можно выжать 0,3-0,5 куб.м биогаза.

Теперь разберем это все на примере. Допустим, что в Вашем хозяйстве есть 5 коров, которые стоят в стойле. Их навоз вместе с мочой собирается в отдельную канаву. Влажность такой смеси навоза с мочой обычно составляет около 85%. Суточный выход навоза без мочи у одной коровы до-

ходит до 35 кг. Влажность навоза без мочи обычно составляет около 70%. Плотность навоза без мочи составляет около 950 кг/м³. Зольность сухой фракции коровьего навоза составляет от 2 до 20%, в зависимости от метода сбора навоза. То есть, все зависит от того, как много примесей песка и камней попадет в навоз. В данном случае зольность должна быть не выше 5%. Влажность и зольность выбраны из статистических данных, а плотность можно измерить самостоятельно «методом Архимеда» с помощью пружинных весов и ведра.

Из 5 коров в сутки соберется $35 \cdot 5 = 175$ кг навоза. В этом навозе будет $175 \cdot (100 - 70) / 100 = 52,5$ кг сухого вещества. В этом сухом веществе будет $52,5 \cdot (100 - 5) / 100 = 49,875$ кг органического сухого вещества. Используя статистически полученное значение удельного выхода биогаза из коровьего навоза 0,4 м³/кг, получим суточный выход биогаза $49,875 \cdot 0,4 = 19,95$ м³. Следует пояснить, почему мы из удельного выхода биогаза из 1 кг ОСВ за весь цикл брожения получаем суточный выход. Дело в том, что биогазовые установки практически всегда работают в непрерывном цикле. Это обозначает, что каждые сутки в них добавляется суточная доза субстрата, а получившийся излишек шлама сливается. Шлама сливается чуть меньше, чем заливается субстрата, потому что часть содержимого реактора вышла наружу в виде биогаза. Объем реактора выбирается такой, чтобы рабочее пространство реактора вмещало количество суточных доз субстрата, умноженных на длительность цикла в сутках. Так получится, что среднее время пребывания субстрата в реакторе и составит один цикл. Можно представить реактор, как конвейер, длина которого соответствует объему рабочей области реактора. Суточная доза – это один объект на конвейере. Конвейер имеет длину, соответствующую количеству объектов, равному длине цикла в сутках. В сутки конвейер сдвигается на одну дозу. Получается, что скорость переработки составляет 1 дозу в сутки, но благодаря длине конвейера, эта доза находится на нем всю длительность цикла.

За все время цикла должно выделиться столько биогаза, сколько сырья находится внутри реактора. Например, рекомендованная длительность цикла брожения коровьего навоза в мезофильном режиме составляет 16 суток. Значит, внутри реактора всегда находится 16 суточных объемов субстрата. За 16 суток из реактора должно выделиться в 16 раз больше биогаза, чем из одной суточной порции субстрата. Но за одни сутки выделится $16 / 16 = 1$ порция биогаза, как из суточной порции субстрата за полное время цикла.

Теперь рассмотрим, насколько точно мы сделали расчет суточного выхода биогаза. Если посмотреть накопленную в мире статистику по удельному выходу биогаза из навоза КРС, то величина выхода будет лежать в пределах 0,1-0,8 м³/кг ОСВ. Значит, выход биогаза может соответственно колебаться от 5 до 40 м³. Замечу только, что мой опыт указывает мне в сторону величины 5 м³.

Есть еще одна статистическая величина, при помощи которой мы можем проверить наши расчеты. На больших биогазовых установках собрана статистика по удельному суточному выходу биогаза по отношению к объему реактора. Обычно для коровьего навоза это 0,8-0,9 м³ биогаза на 1 м³ полного объема реактора в сутки.

Посчитаем объем реактора для нашего примера. В сутки мы имеем эквивалент 175 кг навоза влажностью 70%. Мы добавим воду для получения субстрата влажностью 90% (для малой биогазовой установки трудно будет оперировать с субстратом меньшей влажности из-за высокой вязкости). Таким образом, мы получим в сутки $175 \cdot (100 - 70) / (100 - 90) = 525$ кг субстрата. Значит, мы добавили $525 - 175 = 350$ кг (или л) воды. Объем исходного навоза составлял $175 / 950 = 0,184$ м³, или 184 литра. Значит, общий объем суточной порции субстрата составляет $184 + 350 = 534$ л. Объем рабочей части реактора должен составить $534 \cdot 16 = 8544$ л, или 8,544 м³. Обычно, объем газового буфера реактора составляет 20% его общего объема, соответственно, объем рабочей области реактора составляет 80% его объема. Тогда полный объем реактора должен составить $8,544 / 80 \cdot 100 = 10,68$ м³.

Выход биогаза из такого реактора, работающего на коровьем навозе должен быть в пределах 8,5 – 9,6 м³. Это значит, что коэффициент 0,4 м³/кг ОСВ, который мы изначально взяли для расчетов, завышен в два раза. Нельзя утверждать, что он неверный, вполне возможен и такой случай, но чаще всего так не бывает.

Резюмируя все расчеты, показанные в этой главе по поводу получения биогаза, могу посоветовать только одно: «Будьте пессимистами!» Пока Вы не исследовали экспериментально конкретное сырье, для переработки которого вы собираетесь строить биогазовую установку, берите для расчетов нижнюю планку из статистических таблиц.

5.2. Тепловая энергия.

Биогазовая установка не вырабатывает тепловую энергию непосредственно, она ее потребляет. Температура самого распространенного режима работы биогазовых установок – мезофильного – составляет 37-38⁰С, что выше, чем среднесуточная температура в европейских широтах, причем

даже пиковые дневные температуры обычно ниже этой величины. Среди химических реакций, происходящих внутри биогазовой установки, есть как экзотермические, так и эндотермические. Но суммарный тепловой баланс реакций вместе с тепловым обменом с окружающей средой в наших широтах получается отрицательным. Поэтому в наших широтах подогреть субстрат в реакторе биогазовой установки приходится всегда.

Однако, биогаз, который выделяется в результате анаэробного брожения, содержит примерно 2/3 метана в своем составе. Поэтому самое первое применение для биогаза – сжигание для получения тепловой энергии. Сжигание такое производится в обычных газовых котлах или горелках, которые используются для сжигания природного газа или пропан-бутана. Но, как было сказано в первой главе, для оптимального сжигания биогаза желательно регулировать состав газовой-воздушной смеси, если образование такой смеси перед сжиганием предусмотрено конструкцией горелки. Однако, если горелки рассчитаны и на природный газ и на пропан-бутан, это обозначает, что такая регулировка возможна, либо не нужна, поскольку для природного газа и пропан-бутана тоже нужна разная дозировка воздуха.

Теплотворную способность биогаза можно выразить в калориях или джоулях. Но, думаю, для обычного человека более понятным будет сравнение биогаза по теплотворной способности с природным газом. И там, и там сгорает метан, содержащийся в этих газах. Значит энергия, выделяемая при сгорании этих газов, пропорциональна количеству содержащегося в них метана. В природном газе содержится 92-98% метана, а в биогазе – 55-75%. Возьмем средние величины – 95% и 65%. Соотношение метана в этих газах получается $65/95=0,68$. Это примерно две трети. Значит, для выполнения одной и той же тепловой работы (нагрева помещения, приготовления пищи) биогаза надо в полтора раза больше, чем природного газа.

КПД газовых котлов обычно составляет 90-95%. При работе газового котла на биогазе КПД может получиться меньшим из-за неточных настроек газовой-воздушной смеси.

Еще одним способом получения тепла является когенерация. Когенераторы – устройства для получения из биогаза (и не только) одновременно нескольких видов энергии, обычно электрической и тепловой. Бывают поршневые и газотурбинные когенераторы. В первом случае работает классический двигатель внутреннего сгорания с искровым зажиганием, топливом для которого служит биогаз. Иногда это может быть дизельный двигатель, работающий на смеси солярки и биогаза. Тепловая энергия снимается с такого когенератора в виде горячей воды температурой около 75⁰С, циркулирующей через теплообменник когенератора и нагревающейся там. А теплообменник, в свою очередь, может греться теплоносителем, охлаждающим рубашку двигателя, маслом картера и выхлопными газами. Тепловой КПД при этом может достигать 35-40%. Это неплохо, учитывая еще электрический КПД 30-33%.

Во втором случае работает газовая турбина на биогазе. Тепловая энергия снимается тоже в виде горячей воды, циркулирующей через теплообменник.

Таким образом, утилизация тепла, выработанного из биогаза, зависит от вида нагретого рабочего тела. Горячую воду направляют циркулировать по различным трубам и батареям отопления. Горячими продуктами сгорания биогаза непосредственно греют емкости с водой, пищей, поверхности нагревателей и т.п. Попросту говоря, применение биогаза для получения тепловой энергии ничем кардинально не отличается от применения для этих же целей природного газа или сжиженного пропан-бутана.

5.3. Электроэнергия.

Самым широко распространенным способом получения электрической энергии из биогаза является использование газопоршневых генераторов на базе двигателей внутреннего сгорания. В данном случае топливом для такого двигателя служит биогаз. С выходным валом такого двигателя соединен электрический генератор. Чаще всего это генератор переменного тока. В большинстве случаев, а для генераторов мощностей от 10 кВт и выше - поголовно, генератор этот вырабатывает трехфазный переменный ток той частоты и напряжения, которые приняты в качестве стандартных в стране применения этого генератора. Так, например, для европейских стран, в т.ч. и стран бывшего СССР, это 50 Гц 400 В. Почему 400 В, а не 380 В? Потому что обычно такой генератор подсоединяют к общей электрической сети, соответственно, напряжение на выходе генератора должно быть немного больше (в холостом режиме), чем напряжение в этой сети, чтобы ток пошел из генератора в сеть, а не обратно.

Частота вращения электрогенератора 50 Гц обеспечивается электронной системой управления двигателя внутреннего сгорания, регулирующей подачу топлива в зависимости от скорости вра-

щения выходного вала. Эта система также может синхронизировать частоту вращения вала с частотой в общественной сети, к которой подключен генератор.

Вторым способом получения электрической энергии из биогаза является использование газотурбинного двигателя. Частота вращения вала турбины в газотурбинном двигателе на порядки выше, чем частота вращения вала поршневого двигателя внутреннего сгорания. Из-за большого момента инерции турбины невозможно резко изменять частоту ее вращения. Поэтому обычно турбина вращает генератор постоянного тока. Постоянный ток проходит через электронный инвертор и на выходе формируется ток заданного напряжения, частоты и фазности. Точно такие же инверторы ставятся для получения электроэнергии от ветряков и солнечных панелей. И точно так же, как и в этих случаях, в газотурбинных генераторах применяются еще и аккумуляторные батареи, которые демпфируют неравномерность потребления электрического тока переменной нагрузкой у потребителя. Поэтому удельная стоимость одного киловатта электрической мощности газопоршневого генератора существенно ниже, чем газотурбинного. Но при этом стоимость технического обслуживания газопоршневых генераторов существенно выше, а срок службы до капитального ремонта – существенно ниже.



Газопоршневые двигатели чувствительны к примесям, содержащимся в биогазе. Остатки таких агрессивных газов, как аммиак или сероводород, вызывают коррозию металлических поверхностей цилиндра и поршня, выхлопных труб, окисляют масло, циркулирующее в системе смазки, из-за чего оно теряет свои смазывающие свойства. От содержания углекислого газа в биогазе зависят детонационные свойства горючей смеси воздуха с биогазом (для бензинов характеризуется октановым числом), соответственно, усложняется система регулировки угла опережения зажигания, нарушается оптимальное соотношение степени сжатия и объема камеры сгорания и т.д. И, хотя режим работы на газообразном топливе является более щадящим для поршневых двигателей внутреннего сгорания, чем режим работы на жидком топливе, вышеописанные факторы заметно ограничивают моторесурс газопоршневых генераторов, работающих на биогазе. Для промышленных устройств моторесурс обычно не превышает 5 лет непрерывной работы, предусматривающей лишь остановки для проведения ТО и регламентных работ (замена масла, свечей, прокладок и т.п.). Маломощные генераторы имеют моторесурс не более 1 года, и обычно не рассчитаны на непрерывную работу.



Газотурбинные генераторы выпускаются только большой мощности. Преимуществом их является нечувствительность к примесям в биогазе, минимальная потребность в ТО.

Из одного кубометра биогаза можно получить 1,8-2,3 кВт*ч электроэнергии, в зависимости от содержания метана в биогазе и типа примененного генератора.

5.4. Биогумус.

В процессе работы биогазовой установки выделяется не только биогаз. Точнее сказать, не все поступающее в реактор биогазовой установки сырье превращается в биогаз. Во-первых, разложению подвергается только органическое сухое вещество. Такие составляющие субстрата, как вода и неорганические включения (песок, зола и пр.) выходят из реактора в неизменном виде. В биогаз, воду и минеральные соли превращается обычно 40-60% органического вещества. Глубина разложения редко превышает 80%. Соотношение органического сухого вещества к общей массе субстрата обычно составляет не более 10%, поэтому при добавлении свежего субстрата в реактор биогазовой установки из него выливается почти столько же шлама (переброженного субстрата), сколько залилось субстрата. Этот шлам (метановый эффлюент, метановая бражка) представляет собой прекрасное удобрение чисто органического происхождения. В процессе брожения субстрата в реакторе все потенциально вредные для окружающей среды факторы, присутствующие в исходном сырье, исчезают.

Неприятный запах в навозах и подобном сырье обуславливается ароматическими углеводородами и аммиаком. В процессе брожения ароматические углеводороды разлагаются, азот из аммонийной формы частично переходит в нитратную форму, уменьшая концентрацию аммиака. Поэтому шлам обычно имеет слабый запах печеного хлеба.

Зерна растений в процессе брожения обычно частично или полностью разлагаются, как минимум – разлагается их оболочка, поэтому они теряют всхожесть. То есть, шлам биогазовой установки уже не может быть источником сорняков после внесения в почву.

Яйца гельминтов (глистов) тоже разлагаются в процессе брожения в реакторе. Поэтому выходной шлам обеззаражен.

Практически все вредные для живых существ на Земле бактерии – аэробные. Для их размножения и существования нужен кислород. Внутри реактора созданы анаэробные условия. Поэтому все другие бактерии гибнут и служат пищей для анаэробных бактерий.

Попросту говоря, те бактерии, которые участвуют в процессе анаэробного брожения внутри реактора биогазовой установки, «съедают» любую органику, которая попадает в реактор, или хотя бы «надкусывают». Поэтому и разлагаются все живые организмы, изначально присутствующие в суб-

страте, а в шлам попадают только те бактерии, которые участвуют в процессе анаэробного брожения. Бактерии эти не представляют вреда для птиц и животных в обычных природных условиях, потому что обычно они живут с ними в симбиозе, находясь в кишечном тракте этих птиц и животных.

Итак, выходной шлам биогазовой установки состоит из воды, неорганических нерастворимых веществ, неорганических растворимых солей, среди которых преобладают соли, содержащие азот, фосфор и калий, частично разложенных органических соединений, среди которых есть такие полезные вещества, как гуминовые кислоты, фульвокислоты, различные витамины, и бактерий, которые обеспечивали процесс анаэробного брожения. Все эти составляющие, за исключением нерастворимых неорганических веществ, при внесении в почву обеспечивают питание для растений, ускоряют их рост, улучшают их сопротивляемость болезням. Факторов положительного воздействия таких органических удобрений, каким является шлам биогазовой установки, на рост растений так много, что их трудно описать полностью, а воздействие оказывается в комплексе. Каждый отдельный фактор не дал бы должного эффекта без других.

Растворимые неорганические соли – это фактически те же минеральные удобрения, только полученные природным органическим путем, а не синтезированные искусственно. Но эти соли физически связаны остатками органических веществ, имеющих коллоидную структуру (кисель), поэтому они не вымываются из почвы первым же дождем.

Гуминовые и фульвокислоты в сочетании с остатками органических веществ превращают (дают право называть) почву, в которую они внесены, гумусом.

Витамины действуют на рост растений, как биологически активные добавки, то есть, растения существенно быстрее и полнее усваивают минеральные растворимые соли, содержащие азот, фосфор, калий и другие, нужные для роста растений элементы.

Бактерии, участвовавшие в процессе анаэробного брожения внутри реактора биогазовой установки, будучи внесенными в почву, продолжают работать, хотя и менее интенсивно, чем в реакторе. В глубине почвы для них обеспечиваются более-менее анаэробные условия. Это бактерии, во-первых, продолжают разлагать другие болезнетворные бактерии, а во-вторых, разлагают имеющуюся в почве органику, вырабатывая питательные минеральные соли для растений. Этот процесс называют азотфиксацией. Это означает, что бактерии захватывают атомы азота (и не только) из окружающей среды, где они находились в виде, непригодном для усвоения растениями, и вставляют в минеральные соединения солей азота (и другие минеральные соли). То есть, внося эти бактерии в почву, мы вносим «кормильцев», которые преобразуют несъедобные для растений элементы почвы и воздуха в съедобные, тем самым регулярно питают растения.

Из-за таких свойств оздоровления, создания и поддержания почвенного слоя шлам биогазовой установки часто называют биогумусом. Особенно часто это название применяют для отсепарированного шлама, то есть отжатого до влажности 75%. Такой отжатый шлам по внешнему виду уже сам по себе напоминает слой плодородной почвы.

Нормативы внесения шлама в почву (удельное количество на единицу посевной площади) существенно меньше, чем исходного сырья (если исходное сырье вообще могло быть применено в качестве биоудобрения). Если выразить нормативы внесения шлама в количествах азота, фосфора и калия, то они также будут ниже, чем подобные нормативы для внесения искусственно синтезированных минеральных удобрений.

Первый тезис объясняется тем, что в процессе анаэробного брожения не происходит потерь азота из исходного сырья, а азот является основным строительным материалом для клеток. Органическое сырье, переработанное аэробным способом (практически все остальные способы, кроме брожения в биогазовой установке), обязательно потеряет азот в виде испарений аммиака, поэтому его всегда понадобится больше.

Второй тезис объясняется тем, что минеральные соли в шламе связаны в коллоид остатками органики, они не вымываются сильно из почвы и поэтому более полно усваиваются растениями. Растения ведь не мгновенно поглощают питательные вещества, а лишь по мере своего роста. Кроме того, при избыточной концентрации питательных солей в почве, растения «втягивают» их внутрь себя вместе с влагой, но не успевают преобразовать их в органику (части своих растущих клеток), и эти соли находятся в растворенном виде в воде внутри растений (а растения состоят из воды в среднем на 70%). Отсюда и получают продукты земледелия с повышенным содержанием нитратов, которыми можно отравиться при употреблении в пищу. Поэтому минеральные удобрения всегда дозируют с разумным избытком (увы, не всегда). Подача питательных минеральных солей из шлама дозируется автоматически, что обусловлено коллоидными свойствами шлама, а также постепенной выработкой таких солей бактериями, внесенными в почву из шлама.

Методы внесения шлама в почву бывают различные, в зависимости от его влажности и типа выращиваемой культуры. Если шлам берется в исходном виде так, как он вышел из реактора биогазовой установки, то его обычно разбавляют водой с пропорции 1:10 – 1:50, а затем вносят методом полива. Первый полив удобно делать перед вспахиванием. Второй полив делается в период начала кущения. В этом случае поливать нужно как можно ближе к почве, прямо между стеблями растений. В случае разделения шлама сепаратором на жидкую и твердую фракции, жидкую фракцию вносят точно так же, разбавляя водой. Разбавление водой делается потому, что это удобрение - концентрированное. Чтобы обеспечить равномерное распределение его по всей посевной площади, не слишком уменьшая форсунки поливалок, и производится разбавление водой.

Твердая фракция, или биогумус, вносится методом разбрасывания, точно так же, как вносится перепревший навоз.

На фракции шлам разделяют по соображениям логистики. Если биогумус предназначен на продажу, то обычно покупатели могут находиться на весьма дальних расстояниях от биогазовой установки. Везти воду на такие расстояния – слишком дорого. Поэтому ее отжимают, иногда даже подсушивают полученный биогумус до влажности 40-60%, пакуют в мешки и везут к покупателю, магазину или удаленному месту применения.



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ
(ГНУ ВНИИСХМ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ)

196608 Санкт-Петербург, Пушкин, 8
шоссе Подбельского, 3
Телефон 8-812-470-51-00
Факс 470-43-62
E-mail: contact@arriam.spb.ru

17.12.2009 № 17/09

на № _____

Протокол № 4
результатов анализов проб от 19.11.09 г.

Показатели	Ферментатор (помет 100%) 12 дней
Влажность, %	85,5
Зольность, %	22,5
Органич. вещество, %	77,5
Общий углерод, %	38,8
N общ., % на вл. в-во. (% на а.с.в.)	1,0 (6,9)
Соотношение C:N	5,6:1
P общ., % на вл. в-во (% на а.с.в.)	0,3 (2,1)
K общ., % на вл. в-во (% на а.с.в.)	0,39 (2,7)
N-NH ₄ г/кг	5,6 (39,0)
pH	7,15

Исполнители:

Зав. лабораторией микробной
экотехнологии ГНУ ВНИИСХМ,
докт. биол. наук, профессор

 Архипченко И.А.

Вед. научный сотрудник,
канд. биол. наук

 Орлова О.В.

Инженер

 Денисова Е.В.

Инженер
7.12.09 г.

 Мятлик Н.В.

Поэлементный химический состав биогазуса почти полностью соответствует такому же составу исходного сырья, за исключением удаленных с биогазом водорода, углерода и кислорода. Поэтому питательные свойства конкретного биогазуса зависят от типа сырья, которое закладывалось в биогазовую установку. Практика показывает, что самыми замечательными свойствами обладает биогазус из птичьего помета, типа куриного. Исходный помет птиц содержит повышенное удельное количество азота. Из-за этого чистый помет с трудом поддается анаэробному брожению в биогазовой установке, так как субстрат отравляется большим количеством аммиака. Только недавно в России разработан и запатентован техпроцесс переработки чистого куриного помета (обращайтесь к нам по вопросу применения такого техпроцесса и строительства установки на таком техпроцессе). Биогазус, полученный из такого сырья, показывает самые замечательные питательные и почвоформирующие свойства.

На приведенной ниже фотографии показаны контрольные посевы с использованием биогумуса различной концентрации, жидкой фракции и без их использования. Обратите внимание на разницу в весе контрольных образцов.



6. Хранение продуктов, произведенных биогазовой установкой.

Вопросы по возможностям и методам хранения продуктов, производящихся биогазовой установкой, возникают практически у каждого потенциального заказчика такой установки. Первый вопрос – возможность накопления и длительного хранения биогаза. Вопрос этот вызван сезонностью потребления тепловой энергии в наших широтах. Ответ на этот вопрос однозначный: биогаз в исходном виде хранить в значительных объемах невозможно из-за дороговизны такого решения. Проблема состоит в том, что биогаз невозможно сжать до значительного давления без предварительной очистки до биометана. Углекислый газ, содержащийся в биогазе, не дает возможности сжать его до 200 атм. А при сжатии всего лишь до нескольких атмосфер объем, занимаемый биогазом, уменьшается незначительно. Очистка биогаза от углекислого газа – очень непростой процесс. Химические методы очистки неприемлемы из-за потребности в большом количестве реагентов и большом выходе отходов реакции. А метод растворения углекислого газа в воде, применяемый промышленно, требует достаточно сложного и дорогого оборудования. Такое оборудование выпускается серийно, но для больших суточных объемов. Поэтому очистка биогаза и сжатие биометана – процедура, доступная только владельцам крупных биогазовых установок. Но и в этом случае биометан обычно не хранят длительное время, а регулярно используют для заправки автомобильного транспорта, либо отправляют в общую газовую сеть. Общая газовая сеть в данном случае и служит накопителем, куда можно загонять газ летом и отбирать зимой. И это получается экономически более эффективно, чем строить собственные газовые хранилища.

Производные от сжигания биогаза – тепловая и электрическая энергия. Тепловую энергию вообще невозможно накопить и хранить длительное время, поэтому этот вопрос можно вообще не рассматривать.

Электрическую энергию накапливать можно в аккумуляторах. Но если мы вспомним структуру ценообразования современных устройств альтернативной энергетики, то увидим, что аккумуляторы там – одна из самых дорогих частей. А большие биогазовые установки способны производить действительно большие количества электроэнергии. Для них применение аккумуляторов невозможно. Для малых биогазовых установок аккумуляторы могут буферизовать энергию лишь на несколько

суток. Обычно электроэнергия, вырабатываемая из биогаза, произведенного биогазовой установкой, превышает потребности самой установки в электроэнергии в 3-10 раз. Если рядом нет другого объекта для применения выработанной электроэнергии, то имеет смысл продавать ее в общие электросети. В этом случае эти сети и будут аккумулятором для хранения энергии. Продажа такая возможна не всегда, не всюду, и зависит от законодательства страны и других бюрократических факторов. Очень часто электроэнергия выкупается государством по «зеленым» тарифам, которые завышены по сравнению с обычными коммерческими тарифами. В этом случае продажа электроэнергии становится основной статьей дохода для биогазовой установки.

Таким образом, мы убедились, что энергетические продукты биогазовой установки хранить длительное время самостоятельно невозможно и невыгодно, но можно использовать общественные (государственные) средства для хранения таких видов энергии.

Другой вопрос с вырабатываемым шламом. Его хранение намного проще. Условия для его хранения достаточно простые, и зависят, в первую очередь, от экологического законодательства. Фактически, шлам биогазовой установки не представляет вреда для окружающей среды, но юридически обычно контакты шлама и почвы ограничены в определенных рамках. То есть, в некоторых странах строго регламентируется количество минеральных питательных солей, которые можно вносить в землю за один сезон. По этим же критериям приходится пересчитывать максимальное количество вносимого биогумуса. И по этой же причине нельзя складировать шлам таким образом, чтобы он свободно просачивался в почву. То есть, для хранения шлама нужны непроницаемые лагуны, не допускающей проникновения шлама в почву.

Обычно на больших биогазовых установках шлам сепарируют. Жидкую фракцию направляют на вход установки для повышения влажности сырья и приготовления субстрата. А твердую фракцию складывают. В данном случае достаточно использовать проветриваемое помещение с бетонированным полом и защитой от осадков. Бетонированный пол защищает от проникновения биогумуса в почву под складом, защита от осадков (крыша) не допускает размывания биогумуса осадками. Проветриваться помещение должно потому, что биогумус этот продолжает «работать» и выделять в небольших количествах биогаз. По этой же причине биогумус нельзя паковать в герметичные мешки.

В выходном шламе примерно половина азота находится в минерализованном состоянии, а еще половина – в органическом. Органические соединения с азотом, распадаясь на воздухе, выделяют аммиак, вместе с которым азот улетучивается в атмосферу. Поэтому хранящийся на воздухе биогумус после длительного хранения может потерять до половины содержащегося в нем азота. Это понижает питательные свойства биогумуса, но даже при этом он остается намного более эффективным, чем биогумус, полученный аэробными способами. Например, перепревший на воздухе навоз теряет более 90% всего содержавшегося в нем азота, и поэтому изначально в 10 и более раз менее эффективен, чем анаэробный биогумус. С учетом других полезных факторов анаэробного биогумуса, способностей к азотфиксации, его эффективность превышает эффективность перепревшего навоза до 100 раз.

Иногда нет возможности или желания сепарировать шлам. Иногда применяющийся техпроцесс не допускает направление фильтрата на вход установки. В этом случае надо хранить жидкий шлам или фильтрат в лагуне. Объем такой лагуны получается значительным. Применение при открытой земледелии этих продуктов – сезонно, всего два раза за период вегетации. Поэтому сроки хранения превышают полгода. 120 суточных порций шлама примерно равны 120 суточным порциям субстрата. Объем реактора биогазовой установки обычно вмещает от 16 суточных порций субстрата плюс 20% газового буфера, то есть 20 суточных порций субстрата. Значит размер лагуны для хранения шлама должен в шесть (120/20) и более раз превышать объем реактора(ов) биогазовой установки в случае, если шлам не сепарируется и не отправляется ежедневно в магазины или потребителям.

Для фильтрата этот объем будет меньше и составит более 4 объемов реактора(ов) биогазовой установки.

Строить такие большие лагуны не всегда есть возможность, поэтому обычно стараются организовать регулярный сбыт жидкого шлама или фильтрата. Его можно разливать в мелкую тару и отправлять в сети магазинов, торгующих удобрениями для садоводов, теплиц и т.п. Также иногда применяют очистку фильтрата до допустимых норм и отправляют в канализацию. Но этот метод экономически расточителен, так как фильтрат тоже является ценнейшим удобрением.

7. С чего начинать.

Начинать надо с размышлений. О биогазовых установках Вы можете прочитать в СМИ, в сети Интернет, увидеть по телевизору, увидеть «живьем», получить информацию при обучении в вузе

или на каких-нибудь курсах. И после этого у Вас может возникнуть желание создать такую биогазовую установку. Желание – это уже первая составляющая успеха.

Биогазовая установка – это объект, на вход которого подаются различные материалы и энергия, а на выходе возникают другие материалы и энергия. Значит, надо подумать, откуда брать то, что надо подать на вход, и куда девать то, что получится на выходе. Если Вы в состоянии ответить на эти вопросы, значит, вторая составляющая успеха у Вас уже тоже есть.

Строительство биогазовой установки требует значительных затрат. Функционирование биогазовой установки тоже требует определенных затрат. Но работающая биогазовая установка приносит доход. Значит, нужны финансовые расчеты, подтверждающие окупаемость вложенных в строительство средств и дальнейшую экономическую выгоду от эксплуатации биогазовой установки. Расчеты эти очень сложные и базируются на многих других расчетах (стоимости строительства, стоимости эксплуатации, дохода от продаж энергии, косвенного дохода от замещения покупной энергии получаемой с биогазовой установки, дохода от продаж биогумуса, дохода от замещения минеральных удобрений биогумусом на собственных посевных площадях и т.п.). Тем не менее, надо убедиться для начала хотя бы, что у Вас хватит собственных средств, или же Вы сможете оперативно привлечь инвестиционные или кредитные средства, чтобы без задержек построить и запустить биогазовую установку. Как ни цинично это звучит, но в 99% случаев биогазовая установка – не для бедных.

Если Вы думаете о большой биогазовой установке, такие расчеты надо заказывать специалистам. Предварительные расчеты для Вас могут сделать бесплатно, но уточненные расчеты требуют больших трудозатрат и поэтому стоят денег. Малую установку можно рассчитывать и самостоятельно, но строительство ее собственными силами не всегда целесообразно, и поэтому на каком-то этапе приходится привлекать специалистов. Далее мы покажем, что же и как можно подсчитать самостоятельно до того, как задавать вопросы специалистам.

Желание считать не надо. Оно или есть, или нет. Поэтому начнем сразу с входных материалов и энергии. Для бесперебойного функционирования биогазовой установки необходима бесперебойная подача сырья. Сырьем должна быть органика, но не любая. Не подходит сырье с высоким содержанием лигнина, а это древесина, солома. Не подходит сырье, пропитанное смолами, а это сырье, содержащее опилки хвойных деревьев. Не подходит сырье с низким содержанием органического сухого вещества, то есть, с повышенной влажностью. Влажность исходного сырья не должна быть больше 94%. Для переработки очень влажного сырья применяются другие типы реакторов и техпроцессов. Не подходит сырье с высоким содержанием бактерицидных веществ. Это сточные воды с синтетическими моющими веществами, это отходы, интенсивно покрытые плесенью. Не подходит сырье, в котором начался, интенсивно идет или уже закончился процесс аэробного брожения. Это, например, гниющий навоз.

В остальных случаях сырье обычно годится для анаэробной переработки. Еще бывает ограничение, когда сырье не может быть переработано самостоятельно без добавок другого сырья. Например, это жир. Он не гомогенизируется с водой, очень быстро с ней расслаивается, поэтому из него невозможно приготовить субстрат. Но в качестве добавки (кофермента) к растительному сырью, навозам или пометам он может существенно повысить удельный выход биогаза.

Итак, необходимо определить, какие типы сырья есть у Вас, сколько каждого типа сырья образуется в среднем ежедневно, какая влажность, зольность и плотность у каждого типа сырья.

Если Вы – владелец крупных источников сырья и у Вас есть достаточные средства, Вы можете заказать соответствующие исследования свойств сырья в лаборатории. Если Вы думаете лишь о малой установке, то в большинстве случаев можно обойтись собственными силами и античной методикой измерений.

Измерить плотность можно методом Архимеда с помощью ведра и пружинных весов. Для этого пустое ведро взвешивается. Затем ведро заливается водой почти доверху и взвешивается. На месте уровня ставится метка. Поскольку плотность воды составляет 1000 кг/м^3 , то помеченный уровень соответствует объему в литрах, равному весу ведра с водой минус вес пустого ведра в килограммах. Потом воду из ведра выливают и добавляют некоторое количество сырья и опять взвешивают ведро. Разность веса сырья в ведре и ведра – это вес сырья. Потом в ведро доливают воду до метки, и ведро опять взвешивается. Разница в весе ведра с водой и сырьем и ведра с сырьем в килограммах соответствует объему долитой воды в литрах. Соответственно, объем сырья – это разность измеренного ранее объема по метке и вычисленного объема долитой воды. Теперь остается только разделить вес сырья на объем сырья, чтобы получить его плотность.

Влажность и зольность сырья просто определить невозможно, поэтому эти параметры берутся из статистических таблиц. Свежая растительность обычно имеет влажность около 70%. Навоз без мочи имеет влажность 65-70%. Помет имеет влажность 75%. Навоз с мочой имеет влажность 80-

85%. Влажность и зольность нужны для вычисления суточного выхода биогаза будущей биогазовой установки. Влажность и плотность нужны для вычисления геометрических размеров будущей установки. Зная их, можно вычислить объем суточной дозы субстрата и размеры емкостей биогазовой установки. Однако суточную дозу субстрата можно вычислить приблизительно экспериментальным путем. Для определения количества воды, которое нужно добавлять в сырье для приготовления субстрата, не обязательно нужно знать влажность сырья. В субстрате нас интересует, прежде всего, вязкость. Воду (или фильтрат) в субстрат добавляют, прежде всего, для получения нужных механических свойств. Влага, изначально имеющейся в сырье, обычно уже достаточно для обеспечения процесса анаэробного брожения. Но для эффективного протекания этого процесса в мезофильном или термофильном режимах, а также на стадии гидролиза, субстрат надо тщательно перемешивать. Поэтому субстрат должен быть настолько текучим, чтобы его можно было прокачать по трубам и перемешать механическими или гидравлическими мешалками. Обычно необходимую текучесть имеет субстрат влажностью не менее 88%. Но мы можем определить это экспериментально с помощью того же ведра и весов.

Взвесим ведро. Добавим сырье в ведро и взвесим. Получим вес сырья. Небольшими порциями будем добавлять воду в ведро и тщательно перемешивать с сырьем. Процесс добавления воды прекратим, когда полученный субстрат станет достаточно текучим для беспрепятственного перемешивания (консистенция жидкой сметаны). Взвесим ведро и вычтем из полученного веса вес ведра с сырьем. Получим вес воды. Разделим его на вес сырья и получим соотношение веса воды и веса сырья для приготовления субстрата. Теперь, зная суточную порцию сырья, мы можем посчитать и суточный вес субстрата. Плотность сырья мы измерили в предыдущем опыте. Плотность воды известна. Значит, мы можем посчитать плотность субстрата. А, зная, суточный вес субстрата, мы можем посчитать суточный объем субстрата.

Обычно, плотность субстрата близка к плотности воды, и поэтому можно для приблизительных расчетов принимать плотность субстрата равной плотности воды. Но для расчета больших установок такая погрешность может иметь заметное финансовое выражение.

Например, плотность навоза КРС влажностью около 70% обычно составляет около 950 кг/м^3 . Плотность куриного помета влажностью около 75% составляет около 1100 кг/м^3 . Соответственно, плотность субстрата влажностью 90% из навоза КРС составляет $979,38 \text{ кг/м}^3$, а плотность субстрата влажностью 90% из куриного помета составляет $1045,63 \text{ кг/м}^3$. Разброс небольшой, но иногда его стоит учитывать.

Теперь возьмем пример начального расчета для малой биогазовой установки. Допустим, у Вас ежедневно образуется 100 кг навоза КРС. Его объем составляет примерно 105 л, что соответствует плотности 952 кг/м^3 . Для приготовления субстрата надо добавить воду в соотношении 3:2 по весу (это, как и плотность, определяется экспериментально, как описано выше). То есть, в сутки получится 250 кг субстрата. Суточный объем субстрата при этом получается 255 л.

Оптимальная длительность цикла брожения субстрата из навоза КРС в мезофильном режиме составляет 16 суток. Значит, с учетом 20% газового буфера, объем реактора составит $0,255 \cdot 16 / (100 - 20) \cdot 100 = 5,1 \text{ м}^3$. Реакторы малых биогазовых установок обычно выбирают из готовых емкостей стандартной линейке объемов. Поэтому понадобится бочка объемом 5 куб.м. для основного реактора. Емкость для подготовки сырья должна иметь объем с запасом перекрывающий потребность в сырье между промежутками добавления свежей порции. Обычно свежее сырье к малой биогазовой установке доставляют один раз в сутки. Поэтому для подготовительной емкости достаточно взять бочку или корыто объемом в 1,5 раза больше суточной дозы субстрата, то есть примерно 400 литров.

Обычно зольность навоза КРС, собираемого методом соскребания, составляет около 22%. Это значит, что в сухом веществе навоза находится 78% органического сухого вещества. Суточная порция органического сухого вещества составит $100 \cdot (100 - 70) / 100 \cdot 78 / 100 = 23,4 \text{ кг}$. Выход биогаза из 1 кг ОСВ навоза КРС составляет 0,2-0,4 м^3 . Значит, наша установка в сутки будет вырабатывать 4,68-9,36 м^3 биогаза. Первая цифра чаще подтверждается на практике. Учитывая плотность биогаза $1,13 \text{ кг/м}^3$, суточные потери массы составляют 5,3 кг. То есть, на выходе получится 245 кг или около 250 л шлама ежедневно. Для хранения его в течение 120 суток понадобится лагуна объемом не менее $0,25 \cdot 120 = 30 \text{ м}^3$.

Теперь попробуем подсчитать потенциальный доход. 5 м^3 биогаза сами по себе практически ничего не стоят, тем более, что от 1 до 5 м^3 биогаза у сутки может уйти только на подогрев субстрата в реакторе. Так что, в холодное время года на биогаз от такой установки можно и не рассчитывать. А вот шлам может представлять какую-то ценность. В Европе розничная цена биогумуса влажностью 40-60% составляет примерно 500 EUR за тонну. Выходной шлам имеет влажность около 92%. Если

привести его к влажности 50% (среднее от 40% и 60%), то из 245 кг суточного выхода шлама получится 39,2 кг биогумуса, что соответствует 19,6 EUR по европейским розничным ценам. Итого, за год установка выработает биогумуса на 7154 EUR. Это максимум дохода, который можно выжать из такой биогазовой установки. Кстати, примерно столько же, или немного меньше составит ее стоимость.

Но возможность извлечь именно такой доход представляется сомнительной, для этого должен быть налажен собственный розничный канал сбыта. Скорее всего, в самом лучшем случае будет канал сбыта биогумуса по оптовой цене в розничную сеть. А оптовая цена ниже, как минимум, в 2 раза. А наиболее вероятный сценарий – это когда весь шлам будет использован на собственных полях, садах и огородах. В этом случае доход будет состоять из прироста урожайности выращенной продукции и суммы замещения минеральных удобрений и пестицидов.

Как видим, в зависимости от организации применения и сбыта продукции биогазовой установки, доход может отличаться в разы, а сроки окупаемости – на годы. Поэтому можно сделать простой и логичный вывод о том, что биогазовая установка сама по себе не представляет никакой ценности, и только в комплексе и в составе определенной инфраструктуры может приносить доход.

Еще один неявный вывод из всего вышеописанного: себестоимость и стоимость обслуживания биогазовой установки растет нелинейно с ростом ее пропускной способности, а потенциальный доход – линейно, а иногда и скачкообразно. Таким образом, потенциал окупаемости и прибыльности у больших биогазовых установок выше, чем у малых за счет более высокой удельной производительности на единицу вложенных средств и большего разнообразия выпускаемой продукции.

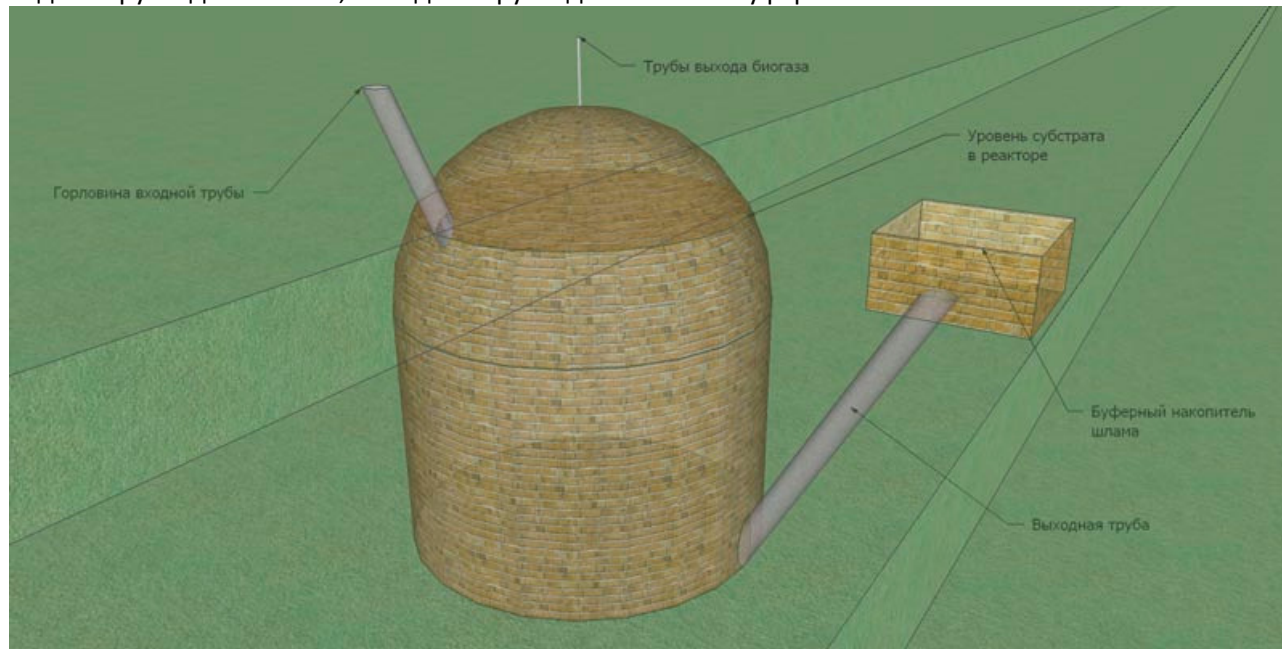
8. Делаем сами.

Если Вы являетесь владельцем или сотрудником крупного предприятия с большим количеством органических отходов или просто человеком с большими деньгами и опять-таки источником органических отходов, то вряд ли Вы лично займетесь строительством биогазовой установки. Самое большее, что Вы сделаете – это найдете подходящего производителя биогазовых установок и поручите работу по проектированию, строительству и запуску установки ему. Но если хозяйство у Вас маленькое, денег – кот наплакал, а применить передовые технологии переработки органических отходов очень хочется, то стоит для начала перейти из статуса «чайника» в статус «продвинутого пользователя». Для облегчения этой задачи написана эта книга и эта глава, в частности. Ниже будут приведены примеры самых распространенных в мире конструкций малых биогазовых установок, некоторые из которых можно сделать буквально «на коленке».

8.1. «Китайская» яма.

Такое название для описываемой конструкции я выбрал, потому что очень часто в литературе по биогазу такую конструкцию упоминают, как использовавшуюся еще тысячу лет назад в Китае. Конечно, правильнее было бы назвать ее «подземной биогазовой установкой для теплого грунта».

Эта конструкция примечательна тем, что в ней нет никаких движущихся деталей, а сырье движется по ней самотеком. Конструкция состоит из входной трубы, герметичной ямы-реактора, выходной трубы для биогаза, выходной трубы для шлама и буферного накопителя шлама.



К верхнему отверстию входной трубы стекается по канавкам сырье. Обычно применяется жидкий навоз (смесь навоза с мочой), стекающий из расположенного рядом стойла для содержания домашних животных, а также из туалета. Естественно, что высота расположения таких сборников фекалий немного больше высоты расположения горловины приемной трубы, чтобы фекалии свободно стекали в приемную трубу. Входная труба косо опускается вниз под землю, и входит в стенку реактора ниже уровня субстрата в реакторе. Получается гидравлический затвор, который пропускает внутрь реактора свежий субстрат, но не выпускает биогаз. Конечно, часть биогаза, генерирующаяся в толще субстрата точно под входным отверстием в стенке реактора, поднимаясь вверх, попадает в это отверстие, движется дальше по входной трубе и улетучивается в воздух. Но этими потерями можно пренебречь. Выходная труба выходит из противоположной стенки реактора почти от самого его дна и косо поднимается вверх. Наверху она входит снизу в емкость в форме открытого сверху параллелепипеда. Верхние края этой емкости должны быть расположены ниже горловины входной трубы. Из этой емкости должен быть проложен «аварийный» сток в более низкорасположенную лагуну или яму. Реактор в нижней части имеет цилиндрическую форму, а верх реактора выполнен в форме купола-полусферы. Из вершины купола выходит трубка для отвода биогаза.

Стенки труб, реактора и буферного накопителя должны быть укреплены так, чтобы не разрушаться под давлением грунта или субстрата и должны не пропускать сквозь себя субстрат. Верхняя часть купола реактора должна быть выполнена так, чтобы сквозь нее не просачивался биогаз. Раньше это делалось из кирпичей, раствора и специальной штукатурки. Сейчас обычно применяют бетон и полимеры.

Размер (объем) реактора подбирают в соответствии с объемом ежедневных фекальных стоков. Этот объем также зависит от температурного режима. Если температуры грунта вокруг реактора не опускается ниже 30⁰С, то внутри реактора будет происходить анаэробное брожение в мезофильном режиме. Длительность цикла такого брожения лежит в пределах двух-четырех недель. Соответственно, объем реактора должен быть больше 14 суточных доз стоков. Если температура в глубине земли составляет 20-25⁰С, то будет происходить психрофильное брожение. В этом случае объем реактора надо удвоить.

Процесс протекает следующим образом:

Фекальные стоки стекают по входной трубе в реактор. При этом аналогичное количество шлама поднимается со дна реактора и выталкивается в буферную емкость через выходную трубу. В процессе брожения выделяется биогаз и поднимается под свод купола реактора. Если через выходную биогазовую трубу к потребителю поступает меньше газа, чем его вырабатывается, то уровень субстрата в реакторе понижается, а во входной трубе и буферной емкости – повышается. Давление биогаза задается разностью уровней в буферной емкости и в реакторе. Купол реактора при этом условно можно назвать газгольдером. Рабочий объем этого газгольдера будет равен разнице объемов субстрата в реакторе в верхнем и нижнем положении, в промежутке между которыми давление биогаза будет лежать в заданных пределах. Обычно для различных газовых горелок и котлов необходимо давление газа 0,013-0,030 атм, или 13-30 см водяного столба. В принципе можно допустить и давление до 0,050 атм, если его выдержит конструкция установки, потому что скорость истекания биогаза можно подрегулировать вентилем или редуктором.

Поскольку плотность субстрата близка к плотности воды, то можно считать, что разница уровней в реакторе и в буферном накопителе должна составлять 13-50 см.

Для того, чтобы давление биогаза внутри реактора не превысило верхнюю границу 0,05 атм, необходимо предусмотреть клапан, который стравит биогаз, если его давление превысит это значение. Как Вы понимаете, тысячу лет назад не было автоматических механических клапанов, калиброванных на заданное давление. Но задача, тем не менее, имеет простое решение. Верхний срез отверстия соединения входной трубы с реактором делается на высоте на 50 см ниже вершины стенок буферной емкости. Тогда, когда давление биогаза растёт, уровень субстрата в реакторе понижается, поднимая уровень субстрата в буферной емкости. Излишек субстрата выливается из буферной емкости. Когда уровень субстрата внутри реактора опускается ниже верхнего среза отверстия входной трубы, излишек биогаза выходит наружу через входную трубу.

Для того чтобы избежать возможности попадания субстрата в биогазовую трубу, необходимо, чтобы уровень слива из буферной емкости находился ниже точки выхода биогазовой трубы из реактора, то есть, ниже вершины купола реактора. Поэтому, такие подземные реакторы удобно располагать на склоне, чтобы избежать лишних земляных работ.

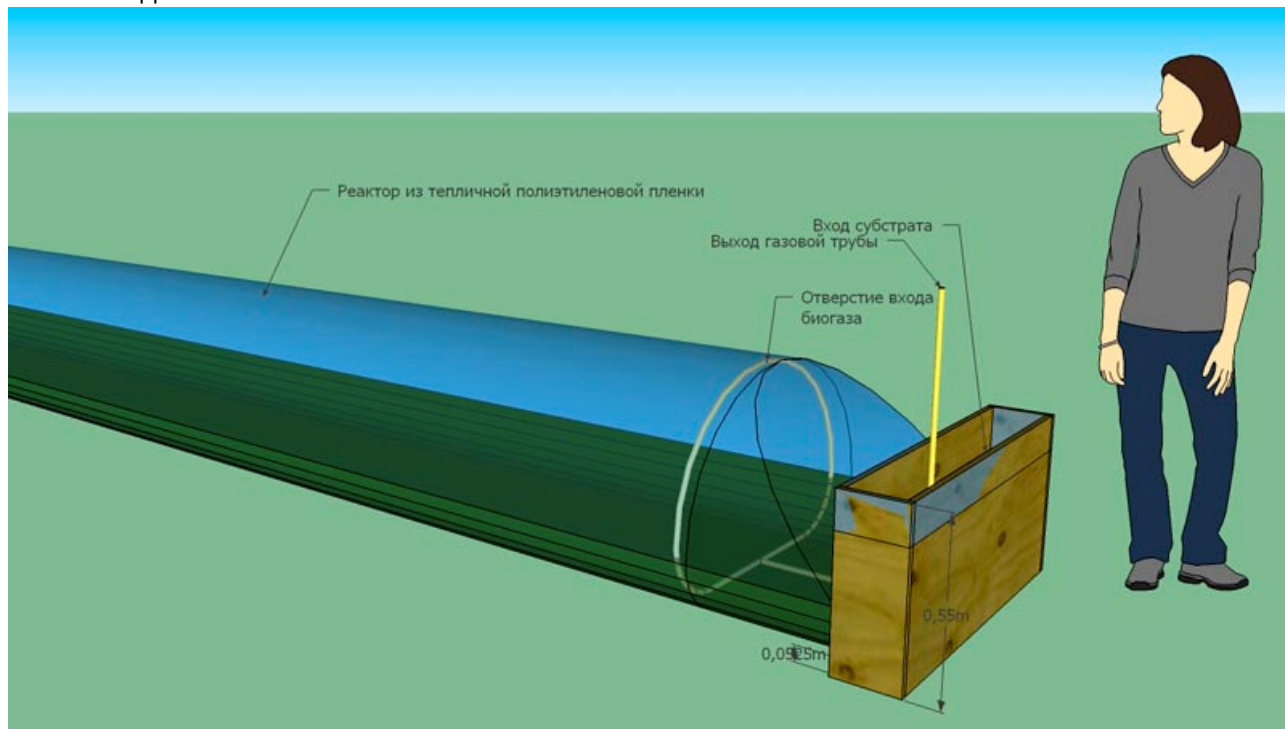
При нормальной эксплуатации шлам из буферной емкости ежедневно вычерпывают в объемах, соответствующих объему принятых фекальных стоков. Шлам используют в качестве биоудобрения.

Конструкция эта достаточно простая, не требует дефицитных материалов. Но работать она будет только в теплом климате. Даже если сделать стенки такого реактора в виде термоса, чтобы теплоизолировать их от окружающего грунта, мы не сможем полностью исключить отток тепла в холодное время года. При падении температуры внутри реактора ниже 20°C выделение биогаза практически прекратится.

Также у этой конструкции есть недостаток – на дне реактора постепенно скапливается песок, или прочие тяжелые осадки. Поэтому время от времени такой реактор надо вскрывать и чистить. Как Вы сами понимаете, во-первых, это усложняет конструкцию реактора, а во-вторых, сама процедура чистки – весьма грязная и трудоемкая.

8.2. Гибкий ферментатор.

Вторая достаточно древняя и простая конструкция – гибкая «кишка», расположенная в яме или свободно лежащая на земле. На концах такой «кишки» делаются входная и выходная трубы, через которые поступает субстрат и сливается шлам. Буферная емкость для шлама уже не нужна. Важно только, чтобы слив из выходной трубы находился ниже горловины заливной трубы. Такая труба тоже служит одновременно реактором и газгольдером. Но рабочий объем газгольдера в такой системе может быть очень большим. Если кишку выложить просто на ровную поверхность, субстрат будет пытаться растекаться в стороны внутри кишки, натягивая ее стенки, а они, в свою очередь будут создавать давление в биогазе внутри кишки. Таким образом, давление биогаза внутри кишки будет задаваться уровнем субстрата внутри нее. А этот уровень, в свою очередь будет зависеть от длины кишки, ее диаметра и объема субстрата внутри нее. Объем субстрата задается уровнем слива из выходной трубы. Рабочий объем газгольдера этого реактора будет очень большим, приемлемое давление биогаза будет поддерживаться в очень широких пределах изменения объема биогаза внутри кишки. Поэтому такая конструкция хорошо подходит для летнего периода, когда потребность в биогазе возникает эпизодически.

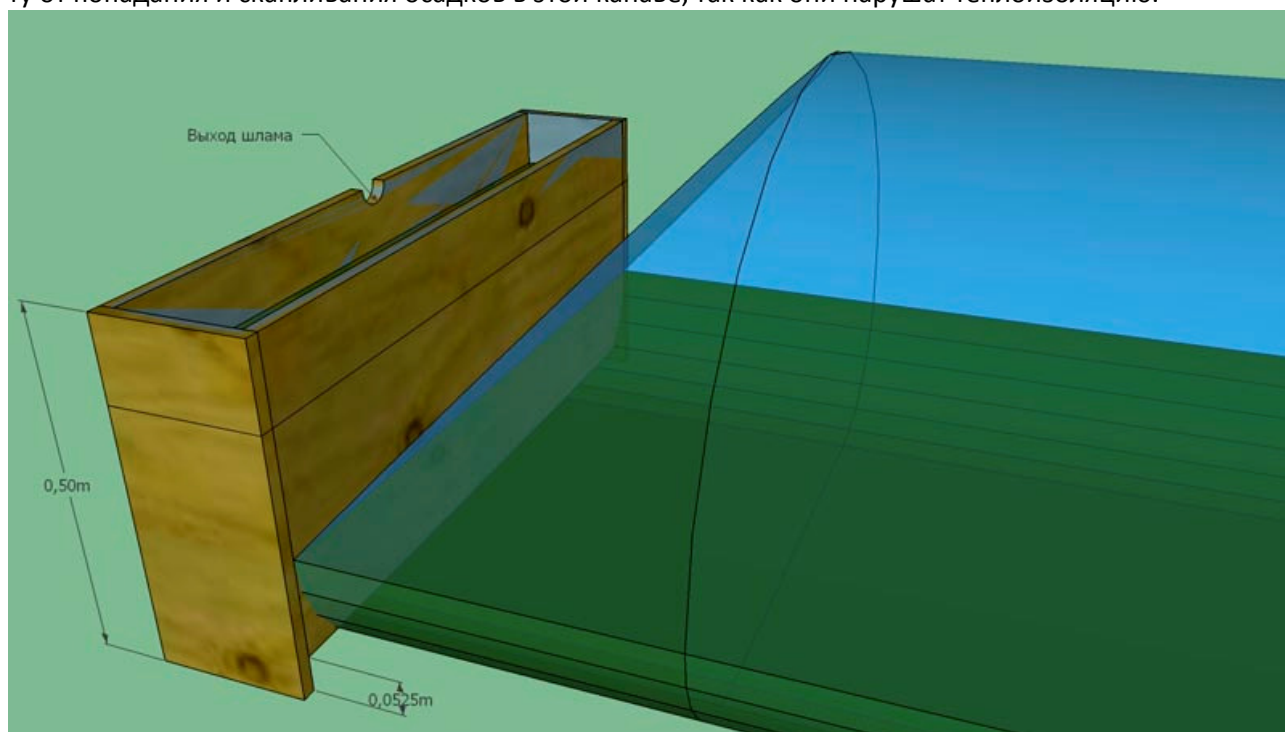


В наше время удобно делать такую конструкцию из тепличной пленки, которая продается в виде трубы. Для надежности можно вложить одну трубу в другую, чтобы уменьшить вероятность разрыва. Стоимость такой пленки из полиэтилена очень низкая. Желательно брать пленку черного цвета. Подстилающая поверхность должна быть ровной без острых фрагментов. Если грунт сильно остывает, то надо подложить слой утеплителя.

Выходную и входную трубы можно заменить гидрозатворами, которыми будут заканчиваться концы кишки. Через один из гидрозатворов можно пропустить газовую трубу, чтобы не нарушать целостность стенок кишки.

Недостатком такой конструкции является большая занимаемая площадь, ведь уровень субстрата в свободно лежащей кишке не будет подниматься выше 30 см, чтобы избыточное давление не порвало кишку. Выход есть в усовершенствовании конструкции. Необходимо сделать по всей длине кишки канаву, куда опустится часть кишки. Но часть кишки будет расплескиваться по краям канавы,

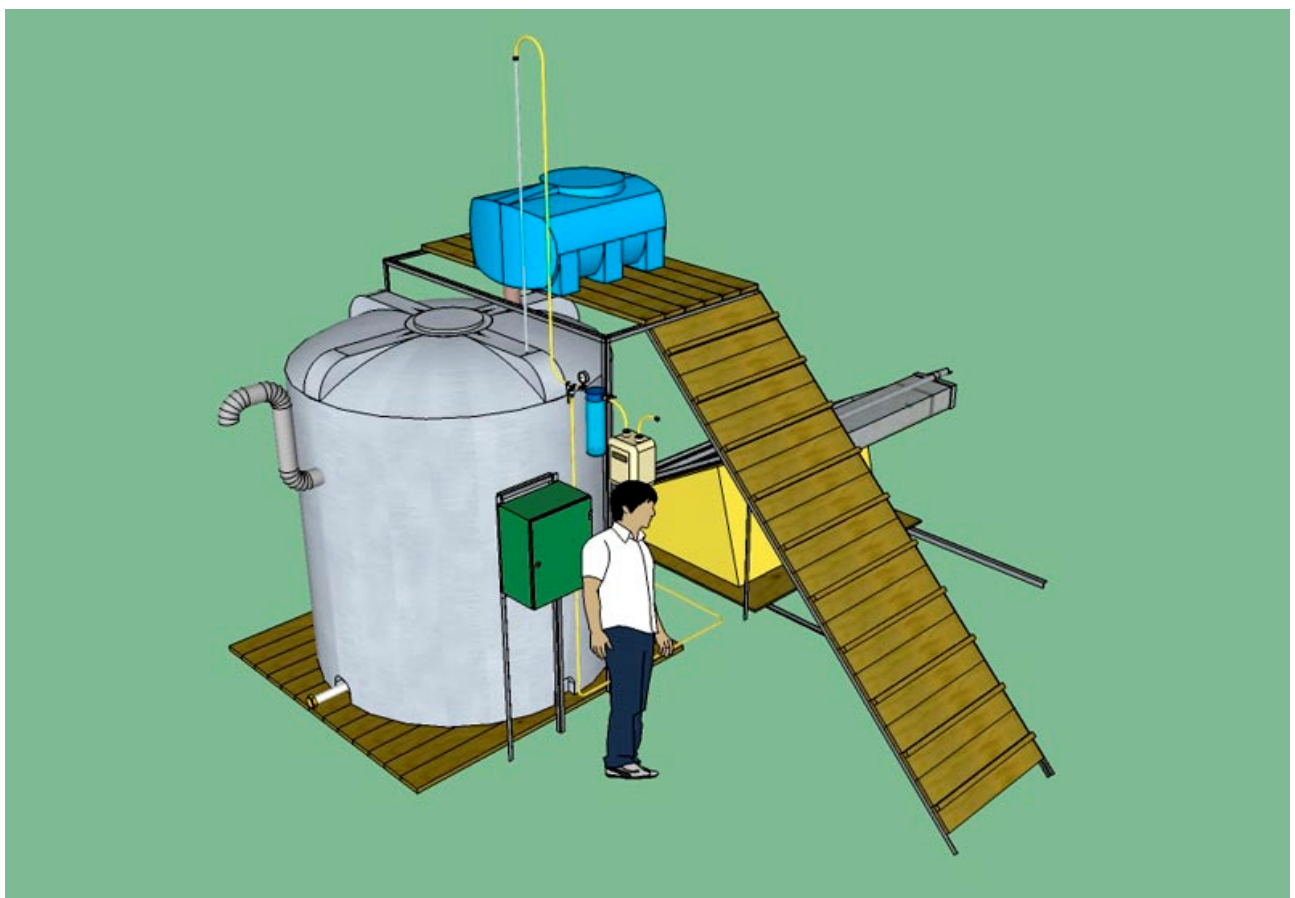
формируя газгольдер. Такое решение позволяет и сэкономить площадь, и сохранить относительно высокий рабочий объем газгольдера. Но при этом надо укрепить стенки канавы от осыпания и теплоизолировать их, так как грунт на глубине уже может быть холодным. Также надо обеспечить защиту от попадания и скапливания осадков в этой канаве, так как они нарушат теплоизоляцию.



Эту конструкцию можно еще усовершенствовать, проложив внутри кишки трубы обогрева и установив погружной миксер. Если при этом расположить такую кишку внутри теплицы, то можно попытаться эксплуатировать ее даже зимой.

8.3. «Всепогодная» установка.

В наших широтах малые биогазовые установки чаще всего делают с использованием примерно той же конструкции, что и у больших промышленных установок. Такая малая установка состоит из подготовительной емкости для субстрата, системы подачи субстрата в реактор, утепленного реактора, системы поддержания температуры в реакторе, системы перемешивания субстрата в реакторе, системы слива субстрата из реактора, приемника шлама, газгольдера, системы вывода биогаза и подачи его потребителям, блока автоматики блока теплоснабжения. В результате получается достаточно дорогая и сложная конструкция, но она способна функционировать круглый год в наших климатических условиях.



Все емкости для таких установок обычно подбирают из готовых изделий, имеющих в продаже. Гораздо реже их изготавливают самостоятельно. Дело в том, что к материалу стенок таких емкостей предъявляются высокие требования по коррозионной и абразивной стойкости. Металл требует специальных недешевых покрытий. Бетон годится только специальных недешевых марок. Поэтому почти идеально подходят нейтральные полимерные материалы – полиэтилен, полипропилен. Обычно в продаже присутствуют цилиндрические емкости из полиэтилена, изготовленные в заводских условиях методом ротационного формования. Объем таких цилиндров достигает 15 м^3 , встречаются также предложения на 20 и 30 м^3 . По всем параметрам трудно подобрать что-то более подходящее.

В качестве подготовительной емкости обычно выбирается горизонтальный цилиндр или параллелепипед. Есть три способа подачи субстрата из подготовительной емкости в реактор: вручную, самотеком и насосом.

Для подачи самотеком подготовительная емкость размещается выше реактора. После приготовления субстрата открывается заслонка или затычка в днище этой емкости, и субстрат сливается в реактор по входной трубе.

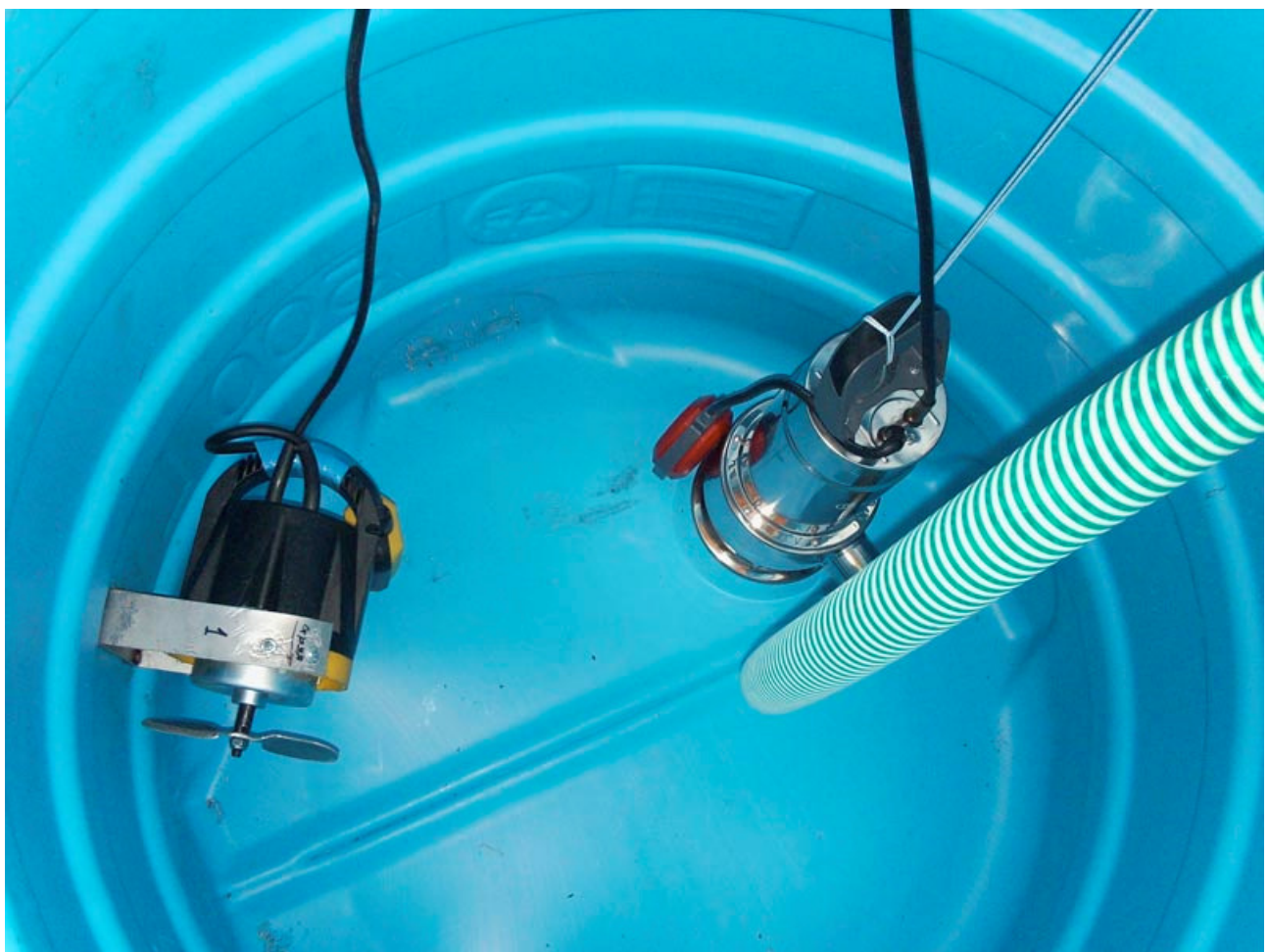


Для подачи насосом или вручную подготовительная емкость размещается в непосредственной близости к реактору. Если надо заливать субстрат вручную, то подготовительная емкость делается с открытым верхом, чтобы можно было черпать субстрат ведром. Возле входной трубы ставится стремянка, а на горловине входной трубы – раструб. Необходимо подниматься по стремянке и заливать субстрат из ведра в раструб. Понятно, что делать такую процедуру можно один-два раза в день, заливая за один цикл десяток-другой ведер субстрата. Тогда это будет занимать приемлемое время. Если суточные объемы субстрата больше, или техпроцесс требует частой порционной подачи суб-

страта, необходимо применять автоматизированную подачу субстрата насосом. Такая порционная подача нужна при применении быстроокисляющихся и высокопитательных субстратов. Субстраты из навозов допустимо загружать один раз в сутки, хотя это и не оптимизирует теплпроцесс.



Для приготовления субстрата в подготовительную емкость засыпают/заливают исходное сырье, добавляют необходимое количество воды и перемешивают. Мешать можно вручную, а можно с помощью электрического миксера. Сделать такой миксер можно самостоятельно самыми различными способами. Но технологически и экономически он оправдан только при необходимости порционной подачи сырья. Тогда еще в подготовительную емкость помещается погружной фекальный насос. При приготовлении субстрата миксер включается вручную и работает до полной гомогенизации субстрата. В процессе суточной работы по расписанию автоматика включает миксер, перемешивая субстрат, а сразу после этого включается насос и закачивает в реактор заданную порцию субстрата. Самый простой, но очень грубый способ отмерить заданную порцию – временной. Насос включается на заданное время. Время это настраивается так, чтобы насос качал немного с избытком, тогда к исходу суток подготовительная емкость будет опустошена. Возможный остаток субстрата можно закачать в реактор, включив насос вручную, перед приготовлением новой порции субстрата.



В случае ручной подачи субстрата ил подачи самотеком, подготовительную емкость не обязательно надо содержать в теплом месте. Достаточно быстро приготовить субстрат, используя теплую воду, и быстро залить его в реактор. При автоматической подаче субстрат целые сутки проводит в подготовительной емкости. Температура его не должна быть ниже 25°C . Поэтому в этом случае подготовительную емкость располагают внутри обогреваемого помещения. Обычно ее располагают в котельной, где находится еще котел отопления и блок автоматики.



Входная труба реактора делается с гидрозатвором, как для «китайской ямы». Выходная делается по тому же принципу. Слив выходной трубы должен попадать в лагуну для шлама. Теплоизоляцию реактора удобно делать из гибких теплоизолирующих материалов, поскольку реактор имеет цилиндрическую форму. Всякие варианты минеральной ваты плохо подходят из-за сложностей крепления и высокой гигроскопичности. Идеально подходят материалы на базе вспененного полиэтилена. Также есть смысл в применении фольгированных материалов для отражения внутрь реактора инфракрасного излучения. Но в идеале реактор малой биогазовой установки надо размещать внутри помещения, которое нуждается в каком-нибудь обогреве (но не в человеческом жилье). Тогда тепловые потери реактора не будут улетучиваться, а будут греть это помещение.



Перемешивание субстрата в реакторе дешевле всего организовать внутренним погружным миксером или гидравлическим погружным насосом. Применение конструкций с внешним приводом, переходными муфтами с сальниками и крупной мешалкой внутри реактора усложняется необходимостью дополнительных креплений внешнего привода, компенсации разбаланса между приводом и реактором со строенной мешалкой, сложностью закрепления внутри реактора большой мешалки.

В случае подогрева субстрата в реакторе теплом от сжигания вырабатываемого биогаза, теплообменник делается в виде спиральной восходящей трубы вдоль вертикальных стенок реактора. Для этих целей хорошо подходит металлопластиковая труба. Если есть возможность подогревать реактор дешевым электричеством, то можно это делать ТЭНами, непосредственно укрепленными в стенках реактора, можно применить нагревательную ленту, которую располагать спиралью, как трубу теплообменника, а можно просто применить электродкотел и ту же трубу теплообменника.

В стенку реактора вставляется полупроводниковый термодатчик. Сигнал от него поступает на блок автоматики, который включает и выключает нагревательные электрические элементы, включает и выключает циркуляционный насос или включает и выключает клапаны цепей теплообменника и байпас при постоянно работающем циркуляционном насосе. То есть, регулировка температуры субстрата внутри реактора – релейная.

Мощность нагревательных элементов выбирается так, чтобы темп нагрева субстрата не превышал 1° в час для мезофильного режима и $0,5^{\circ}$ в час для термофильного режима.

В верхней части реактора из него выходит газовая труба. Ее можно делать из металлопластика или полипропилена. Желательно поставить холодильник на трубе, чтобы осушить биогаз, осадив влагу на стенках холодной трубы. Простейший способ – это расположить поднимающийся вверх участок газовой трубы так, чтобы он обдувался ветром и не нагревался солнцем. Тогда влага осядет на стенках трубы и стечет назад в реактор. Далее от газовой трубы делается ответвление на газгольдер. В нашем климате удобнее всего применять «сухие» газгольдеры в виде мешка из армированной полимерной пленки. Например, подходит тентовый материал – армированная брезентом пленка ПВХ. Она легко сваривается, и из нее можно изготовить герметичный мешок заданной формы. Остается еще вопрос о регулировке выходного давления биогаза, чтобы подать его потребителям под заданным давлением (0,015-0,20 атм). Можно просто поставить компрессор, ресивер и редуктор. Но это дорого, опасно, энергозатратно и требует дополнительной автоматики управления компрессором. Для малых биогазовых установок целесообразно применять механические регуляторы давления, энергия для работы которых вырабатывается в процессе анаэробного брожения. В предыдущих

двух конструкциях это так и было. В данном случае можно применить газгольдер в виде кузнечных мехов, на рычаг которых подвешен заданный груз. Такой газгольдер довольно точно регулирует давление и использует весь объем меха в качестве рабочего. Но объем такого газгольдера ограничен необходимостью значительно увеличивать вес груза и прочность (а значит, и материалоемкость) его конструкции. Поэтому оптимальный объем такого газгольдера примерно равен 1 м^3 .

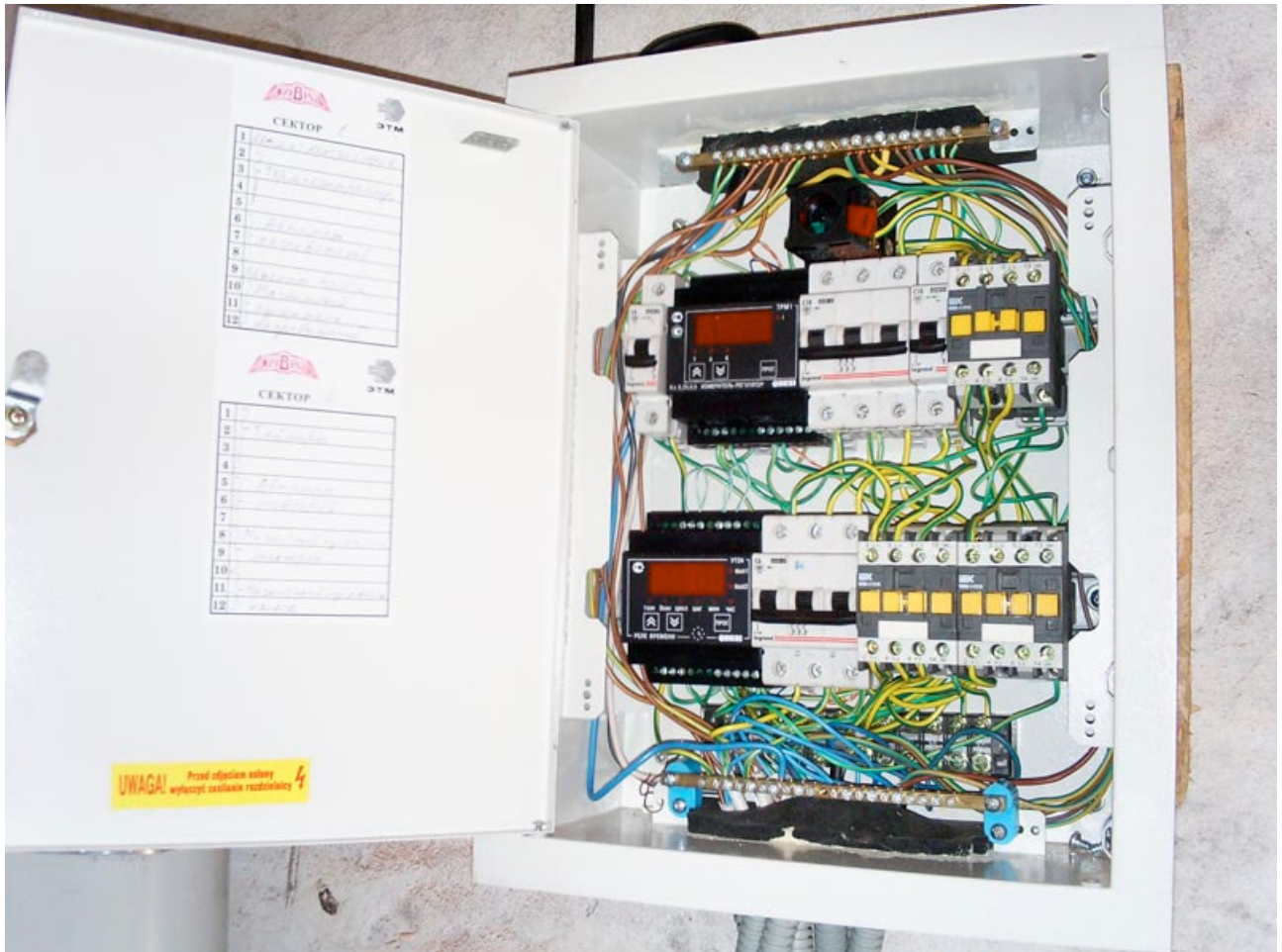


Далее газовая труба проходит через обратный клапан, который удобно выполнить в виде гидравлического клапана. Также можно поставить фильтр сероводорода и счетчик газа. Затем биогаз можно подавать потребителям.

Газовый котел можно применить самый обычный, подстроив, если можно, количество подаваемого воздуха. Если происходит управление циркуляционным насосом, то логика такого управления совсем простая – включить насос, выключить. Но циркуляционные насосы не рассчитаны на стартстопный режим работы, поэтому могут сгореть. Так что желательно, хоть и дороже, поставить постоянно работающий циркуляционный насос и добавить вторую цепь байпасс, закорачивающую входной и выходной коллекторы. При этом на основную цепь теплообмена и на байпасс надо поставить электрически управляемые клапаны. Клапаны эти должны работать в противофазе по сигналу термодатчика в реакторе. Когда субстрат нагрелся, теплоноситель пускается по цепи байпасс, температура теплоносителя в котле поднимается, и автоматика котла выключает газ, экономя его расход. Как только падает температура субстрата, включается главная цепь теплообмена, в котел поступает остывший теплоноситель из теплообменника, и автоматика котла пускает и поджигает биогаз.



Управление электрическим нагревателями производится путем простого их включения или выключения.



Инертность нагрева субстрата в реакторе минимальна, так как соотношение теплоемкости субстрата в реакторе и теплоемкости электронагревателей или теплоносителя очень большое, почти бесконечное. Поэтому спокойно можно применять релейное управление нагревом.

Также блок автоматики должен содержать программируемый таймер с необходимым количеством каналов, чтобы управлять расписанием включения гомогенизатора в подготовительной емкости, подающим насосом в подготовительной емкости и миксерами реактора.

Возможны самые различные модификации подобной конструкции, но принципы работы остаются теми же самыми. «Пути могут быть различны, но к единой устремимся цели!»

9. Промышленные конструкции.

Промышленные конструкции Вы вряд ли будете делать сами. Если Вы – конструктор профессионал, то эта книга – не для Вас, а если Вы – чайник, то Вам не стоит браться сразу за самостоятельное проектирование устройств стоимостью от нескольких сотен тысяч и до нескольких миллионов USD. Поэтому здесь мы опишем общие принципы конструкции и работы больших промышленных биогазовых установок, а также алгоритм их создания. Эдакая инструкция для продюсеров больших биогазовых установок.

Итак, у Вас возник регулярный источник большого количества органического сырья, и Вы где-то услышали, что на его утилизацию не только не надо тратиться, но можно еще и заработать в итоге. Для начала нужно проделать все, описанные выше, процедуры с сырьем, то есть подсчитать его суточный приход, заказать исследование его параметров. Параллельно надо поискать описание успешных проектов по анаэробной переработке такого сырья, по возможности проконсультироваться с людьми, вложившими деньги в такие проекты. Далее необходимо начать подыскивать исполнителей проекта. То есть тех, кто может спроектировать, построить, поставить оборудование, смонтировать и запустить биогазовую установку. Стоит рассмотреть несколько различных предложений. Вполне допустимо, когда биогазовую установку проектирует один коллектив, оборудование поставляют другие поставщики, строительные работы делает третья строительная организация, монтажные работы – четвертая и так далее. Но если выбрана не типовая европейская конструкция, которую сейчас успешно научились копировать китайцы, а более свежие разработки, то необходимо отдать все эти виды работ конструкторам и производителям биогазовых установок по новым оригинальным технологиям. Когда Вы определились с разработчиками и исполнителями, необходимо убедиться, что у Вас открыта линия финансирования, достаточная для того, чтобы спроектировать, построить и запустить биогазовую установку в кратчайшие сроки. Запомните: как только Вы потратите первые деньги, время будет работать против Вас. Окупаться установка начнет только после запуска. Но даже запуск не гарантирует начало окупаемости. Надо обеспечить к этому времени сбыт продукции, производимой биогазовой установкой. То есть, надо получить необходимые разрешения на продажу электроэнергии или биометана по «зеленому тарифу», утвердить каналы сбыта биогумуса. Только после этого начнется получение доходов. Поэтому «выбивать» все разрешения и лицензии надо параллельно с проектированием и строительством установки, чтобы к запуску все было утверждено.

Биогазовая установка – это объект промышленного строительства. Тем не менее, стандартная проектная организация не способна спроектировать биогазовую установку, потому что на самом деле в настоящей биогазовой установке главное – не строительство объектов, а правильный монтаж всех устройств. Для грамотного проектирования биогазовой установки надо быть специалистом не только в строительстве, но и в электронике, электротехнике, информатике, агрономии, химии, моторостроении и т.д. и т.п. Так что, не попадитесь на многочисленные рекламные предложения спроектировать биогазовую установку от стандартных проектных организаций. Если в спектре предлагаемых проектов такой организации полно всяких других типов объектов, кроме биогазовых установок, то с большой степенью вероятности биогазовую установку должным образом они Вам не спроектируют.

Часто возникает другая проблема. Компания, действительно умеющая конструировать и проектировать биогазовые установки, находится за рубежом и не имеет лицензии на проектирование в Вашей стране. Обычно это решается таким образом, что исходная компания делает реальный проект, а на местном рынке подыскивается проектная организация, которая за разумную плату проверяет этот проект, корректирует по мере необходимости его под национальные стандарты и утверждает по инстанциям уже под своим именем.

Точно так же можно поступить и со строительством. Реальные зарубежные конструкторы и производители биогазовой установки могут не иметь лицензии на строительство в Вашей стране, поэтому Вы нанимаете местную строительную организацию, которая выступит генподрядчиком, а также реально выполнит все земляные и общестроительные работы. Конструкторы и поставщики обо-

рудования выполняют лишь монтаж этого оборудования. Обычно из-за специфичности такого оборудования его монтаж нельзя поручать специалистам без соответствующей квалификации.

Ну, и пусконаладку однозначно должны выполнять те же люди, которые сконструировали и спроектировали биогазовую установку. Потому что именно они больше всех знают о техпроцессе, то есть алгоритме слаженной работы всех узлов и механизмов биогазовой установки. Техпроцесс – это обычно главное ноу хау конкретной биогазовой установки.

Большие биогазовые установки обычно тоже состоят из накопителей/хранилищ исходного сырья, емкостей для приготовления субстрата и устройств для подачи субстрата или сырья в реакторы, утепленных реакторов с системами перемешивания и поддержания температуры субстрата, приемника шлама, сепаратора, склада для твердого биогумуса и лагуны для фильтрата, газовой системы, газгольдеров, системы теплоснабжения, системы автоматике, электрической силовой системы, «факела» для сжигания избытков биогаза. Опционально биогазовые установки комплектуются устройствами когенерации тепловой и электрической энергии, узлом подачи электроэнергии в общую сеть, блоком разделения биогаза на биометан и углекислоту, метановой заправочной станцией, линией сушки и паковки биогумуса, линией разлива жидких биоудобрений. Можно предложить еще множество возможных опций для биогазовой установки.

Количество ежедневно перерабатываемого сырья в больших биогазовых установках часто может составлять сотню-другую тонн. Поэтому для многих типов сырья применяют метод непосредственной загрузки сырья в реактор шнековыми загрузчиками, одновременно добавляя туда необходимое количество воды или фильтрата для поддержания необходимой влажности внутри реактора. Это позволяет сильно сэкономить на буферных подготовительных емкостях. Такой метод часто применяют для растительного сырья. Сырье животного происхождения, типа навозов, часто поступает к установке уже в достаточно жидком виде, поэтому для него все-таки делаются подготовительные емкости, которые представляют собой закрытые сверху и подогреваемые лагуны.

Подача субстрата из такой лагуны в реактор производится насосом. Слив шлама из реактора чаще всего производится самотеком, как и в малых биогазовых установках. Но гораздо более гибким является метод выкачивания шлама с днища реактора насосом. В этом случае реактор оборудуется датчиком уровня субстрата, который и регулирует дозировку подачи свежего субстрата и выкачивания перебродившего шлама. Такой способ позволяет эксплуатировать реактор с любым уровнем заполнения, что позволяет оптимально настроить техпроцесс под самый широкий спектр типов сырья и суточных его количеств.

Подогрев субстрата в реакторах сейчас все чаще производят методом постоянного прокачивания содержимого реактора через внешний теплообменник. Это заметно упрощает и удешевляет систему поддержания температуры, но при этом не гарантирует высокую стабильность температуры субстрата внутри реактора. А от стабильности и плавности регулировки температуры зависит интенсивность жизнедеятельности бактерий и, соответственно, скорость выработки биогаза. Наиболее перспективной выглядит система подогрева «теплый пол» при хорошо теплоизолированных стенах. Таким образом, можно обеспечить максимальную равномерность температуры субстрата внутри реактора. Это условие очень важно для организации работы реактора в термофильном режиме. Современные большие биогазовые установки обычно работают в мезофильном режиме, потому что термофильный режим не настолько стабилен, и требует особенно тщательного выдерживания всех параметров анаэробного брожения. А в случае остановки реакции анаэробного брожения в реакторе мы получим более двух тысяч тонн непригодного к использованию шлама с одного только реактора, которых у установки может быть несколько. Этот шлам надо будет куда-то слить и безопасно утилизировать. А при таких количествах эта задача потребует много средств и времени. Поэтому обычно и используют более стабильный мезофильный режим. Хотя термофильный режим позволяет уменьшить в два раза все реакторы биогазовой установки при той же пропускной способности, что существенно уменьшает стоимость установки.

Большинство современных больших биогазовых установок оборудовано купольным газгольдером, устанавливаемым прямо на реактор вместо крыши. Это решение имеет много преимуществ, но все же более перспективным представляется применение отдельных внешних газгольдеров в виде свободнолежащих мешков с компрессором, ресивером и редуктором. Это дает большую гибкость при построении системы, а также позволяет размещать некоторые узлы на крыше реакторов, или размещать реакторы в помещении для утилизации вторичного тепла и работы в условиях чрезвычайно низких температур окружающего воздуха.

Многие современные большие биогазовые установки, особенно работающие на растительном сырье, имеют громадные сборники для шлама, но не оборудованы сепаратором для разделения шлама на фракции. Это обусловлено меньшим качеством биогумуса из растительного сырья и зако-

нодательными сложностями в Европе по внесению такого шлама в почву. Также это обусловлено несовершенством имеющихся техпроцессов, которые никак не защищены от повышения концентрации ионов аммония в субстрате. Такое повышение концентрации ионов аммония происходит при закольцовывании фильтрата на вход биогазовой установки, если исходное сырье было богато протеинами. При сепарации шлама необходимо будет девать куда-то очень большие объемы фильтрата. Системы очистки его до технической воды стоят дорого. Чтобы продавать его в качестве биоудобрения, нужно уметь организовать сбыт, транспортировку и преодолеть множественные европейские законодательные рогатки. Хотя на самом деле вреда от такого фильтрата при грамотном использовании нет никакого, наоборот, только большая польза.

Вот и получается, что биогазовые энергопарки, рассчитанные для работы на привозном силосе, простаивают из-за непродуманности сбыта выходного шлама. Исходный силос имеет влажность не более 70%, а выходной шлам – 92%. Соответственно, шлама выходит из установки по весу в 3,5 раза больше, чем привозится силоса. Значит, в 3,5 раза дороже и транспортировка шлама к потребителям. На самом деле она еще дороже, поскольку для транспортировки жидкого шлама нужны совсем другие транспортные средства, чем простые грузовики для перевозки силоса.

Поэтому будущее – за техпроцессами, в которых максимум выходного фильтрата направляется на вход биогазовой установки, соответственно, уменьшается выход фильтрата или потребность в свежей воде. Идеально, когда можно сбалансировать влажность субстрата так, чтобы весь фильтрат закольцовывался и вода совсем не была бы нужна. Для этого применяются специальные конструкции биогазовых установок и техпроцессы, которые позволяют механическими методами нейтрализовать вредное воздействие ионов аммония на жизнедеятельность анаэробных бактерий (по вопросам поставки именно таких конструкций обращайтесь к нам).

Системы автоматики у всех биогазовых установок примерно одинаковы. Они позволяют автоматизировать техпроцесс настолько, что труд человека требуется преимущественно для надзора за исправностью всех узлов. Также современные системы автоматики позволяют организовать удаленный контроль параметров техпроцесса через сеть Интернет.

Очень часто большие биогазовые установки комплектуются системами когенерации. Чаще всего применяются системы на базе поршневых двигателей внутреннего сгорания. Есть множество американских и европейских производителей когенераторов. Цены их когенераторов лежат в пределах 1000-2000 USD за киловатт электрической мощности. Набирают оборот производители когенераторов из Китая. Ценовой диапазон их изделий лежит в пределах 400-1000 USD за киловатт электрической мощности. Выбирать Вам. Замечу только, что в этой отрасли происходит то же, что происходило с бытовой электроникой и автомобилями. Сначала потребители плевались и требовали изделия «белой сборки». Потом технологии утряслись, и большая часть электроники в мире сейчас имеет китайское происхождение. Китайские автомобили тоже понемногу завоевывают американский и европейский рынки. Поэтому с когенераторами должно быть нечто подобное. Лично я бы, не раздумывая, выбрал более дешевые китайские марки, несмотря на риск. Только тщательно надо выбирать систему гарантийного обслуживания и механизм реагирования на поломки. Можно выбрать и надежную европейскую или американскую марку, тем более, что они в свете китайского вторжения на этот рынок стали заметно снижать цены при переговорах с реальными клиентами. При производстве таких точных механизмов, как двигатель внутреннего сгорания, нужны устоявшиеся традиции и культура производства, поэтому производителей двигателей в мире намного меньше, чем производителей когенераторов. Большинство производителей когенераторов являются лишь интеграторами, которые к чужим двигателям и генераторам добавляют лишь свою автоматику. К чести некоторых китайских производителей следует заметить, что среди них есть те, кто самостоятельно производит двигатели.

Правильный выбор конструкции биогазовой установки и подбор поставщиков оборудования позволяет сократить конечную стоимость биогазовой установки в два раза. Поэтому этот вопрос очень важен для будущего владельца биогазовой установки, ведь это может сократить в разы срок ее окупаемости. В настоящее время, помимо европейских и китайских производителей узлов биогазовых установок, появилось предложение отечественных разработок конструкторов из эксСССР (наши разработки). Перспективы таких конструкций многообещающие, ведь они разработаны для безубыточной работы в таком правовом поле, где не предусмотрено ни малейших реальных льгот для владельцев биогазовых установок.

Современные большие биогазовые установки в целях удешевления все чаще стараются выполнять по схеме одностадийного мезофильного техпроцесса. А для стабилизации возможных сложностей из-за особенностей сырья применяют метод добавления необходимых коферментов, то есть, других типов сырья, которые выравнивают суммарные свойства субстрата. Одним из таких свойств является соотношение углерода и азота в исходном сырье. Оптимальное соотношение углерода и

азота лежит в пределах 10-20. Исходя из этого соотношения в разных видах сырья, и готовят смесь. Также учитываются буферные свойства таких навозов, как навоз КРС. Поэтому его тоже часто применяют для стабилизации и упрощения техпроцесса.

Обычно двухстадийный техпроцесс применяется, если исходное сырье изначально имеет пониженный pH, или быстро окисляется. Также он применяется, когда pH повышен и имеет тенденцию к росту. В таком случае первые две фазы отделяются от двух последних фаз. Дело в том, что метаболизм бактерий первых двух фаз брожения в сотни раз быстрее метаболизма бактерий двух последних фаз. Кроме того, бактерии первых двух фаз менее чувствительны к разбросу параметров сырья. Поэтому быстроокисляющееся сырье сначала помещают в реактор гидролиза, где его pH может понижаться, не нанося вред бактериям ацетогенам и метаногенам (3 и 4 фазы). Из реактора гидролиза расщепленный и окисленный субстрат малыми порциями часто подается в основной ферментатор. Поскольку порции малые, они не меняют глобально общий pH в ферментаторе и успевают усвоиться бактериями до поступления следующей порции. Примерно то же происходит и с щелочным сырьем, типа помета. В реакторе гидролиза оно окисляется, понижается немного pH. А потом уже порциями подается в ферментатор. Хотя обычно и этого недостаточно для переработки чистого куриного помета. Нужны способы поддержания высокой концентрации бактерий в ферментаторе и недопущения их значительного вымывания оттуда (наше ноу хау).

Еще одна важная концепция, которая получает большое значение при строительстве больших биогазовых установок – это выбор типа сырья, для которого целесообразно строить большую биогазовую установку. Наше личное мнение – установка должна строиться для переработки такого сырья, которое представляет определенную опасность для окружающей среды и не может быть более рационально утилизировано другим способом. С этой точки зрения, использование силоса в качестве сырья – преступление. Ведь мы тратим посевные площади только для производства энергии. Весь выработанный шлам надо опять возвращать на те же площади, чтобы не истощить почву. А при намечающемся дефиците продуктов питания на Земле вопрос дефицита посевных площадей и ведения органического земледелия встает все острее и острее. Из-за игнорирования таких факторов и получаются истории, подобные случаю с биогазовым энергопарком, который должен работать на привозном силосе, но шлам от которого «завяз» в самом энергопарке.

Так что, закончить это пособие можно одним простым призывом:

Применяйте биогазовые технологии в первую очередь для оздоровления экологии, и только потом – для получения прибыли! И все у Вас получится.

Наши координаты:

<http://www.biogas.vn.ua>

<http://www.agrobiogaz.ru>

Автор:

Павел Северилов

Данная книга распространяется на условиях shareware, то есть, условно-бесплатно. Если Вам понравилась или пригодилась эта книга, поддержите автора, перечислив любую сумму в системе Webmoney на кошельки Z985871532520, E136310317529, R408040234950, U107925051097 или в системе Яндекс.Деньги на счет 410011323665370.