Библиотека СОК

Серия "Делаем сами"

Составитель Шомин А. А.
Биогаз на сельском подворье. — Балаклея: Информационно-издательская компания "Балаклійщина", 2002. — 68 с.

Если у Вас есть свое приусадебное хозяйство и Вы содержите живность, значит на Вашем дворе постоянно накапливается навоз, используя который для получения биологического газа — метана, Вы можете иметь бесплатное топливо и отказаться полностью или частично от дорогого покупного газа либо от дров или угля.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Возобновляемый источник энергии — источник энергии, использующий энергию Солнца, ветра, Земли, биомассы, морей и океанов, рек (с использованием мини- и микроГЭС), которые существуют постоянно или периодически возникают в окружающей среде.

Биомасса — неископаемые органические вещества биологического происхождения.

Первичная биомасса — растения, непосредственно (или без химической обработки) используемые для получения (добычи) энергии. К ним относятся, прежде всего, отходы сельского и лесного хозяйства.

Вторичная биомасса — остатки переработки первичной биомассы веществ — прежде всего в результате их потребления человеком и животными или переработки в домашнем хозяйстве или промышленности. К ним относятся, прежде всего, навоз, жидкий компост, жидкие стоки очистных сооружений.

Биотопливо — отходы сельскохозяйственного производства, пищевой и других видов промышленности, органическое вещество сточных вод и городских свалок — отходы, состоящие из биологического сырья — веществ биологического происхождения.

Биоэнергетическая установка — энергетическая установка, преобразующая энергию биомассы, биогаза, жидкого навоза и т. д. а другие виды энергии, например, в электрическую и тепловую.

2. БИОЭНЕРГЕТИКА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Такие потрясения, как энергетический кризис 1973 г. и Чернобыльская катастрофа 1986 г., заставили большинство стран пересмотреть свою энергетическую политику в

отношении темпов и перспектив использования возобновляемых источников энергии (ВИЗ).

Стало ясно, что недостаточно развить экологически чистую энергетику только в своей стране, когда соседние страны продолжают строительство и эксплуатацию атомных объектов, подобных по надежности четвертому блоку Чернобыльской АЭС. Необходимо объединение усилий ученых разных стран в области развития нетрадиционной энергетики.

Отрицательные тенденции развития традиционной энергетики обусловлены в основном наличием двух факторов- быстрым истощением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды. Поданным ООН, истощение залежей угля предполагается в 2082—2500 г. г.

Перспективные технологии традиционной энергетики повышают эффективность использования энергоносителей, но не улучшают экологическую ситуацию: тепловое, химическое и радиоактивное загрязнение окружающей среды может привести к катастрофическим последствиям

В связи с этим возникает необходимость выявления возможностей рационального использования ресурсов традиционной энергетики с одной стороны и развитие научно-технических работ по использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии — с другой.

Все энергетические ресурсы на Земле являются в конечном счете продуктами деятельности Солнца. Практически вся нетрадиционная энергетика — это превращение и использование энергии Солнца прямыми и непрямыми методами.

Прямые методы использования солнечной энергии основаны на превращении солнечного излучения в электрическую или тепловую энергию.

Непрямые методы основаны на использовании кинетической и потенциальной энергии, которые возникают вследствии взаимодействия солнечного излучения с геосферой. Наибольшим энергетическим потенциалом характеризуются энергия ветра, энергия рек, морских приливов и волн, энергия биомассы

В ряде зарубежных стран приняты национальные программы по освоению энергии нетрадиционных источников, работы проводятся по инициативе государственных учреждений, частных фирм, обеспечивается выдача кредитов под низкие проценты.

Производство энергии с использованием возобновляемых источников в 1992 году в странах Европейского Союза представлено в таблице 1.

Отрицательные факторы развития традиционной энергетики в Украине проявляются особенно остро и усугубляются дисбалансом в развитии энергетического комплекса, поэтому использование возобновляемых источников энергии приобретает особую значимость.

Необходимость и возможность развития данного направления энергетики обусловлены следующими причинами:

* дефицитом традиционных для Украины топливно-энергетических ресурсов;

* дисбалансом в развитии энергетического комплекса Украины, который ориентирован на значительное (до 25 — 30%) производство электроэнергии на атомных электростанциях при фактическом отсутствии производств по получению ядерного топлива, утилизации и переработке отходов, а также прризводств по модернизации оборудования действующих АЭС (ядерных реакторов, котельного оборудования и т.д.);

* благоприятными климато-метеорологическими условиями для использования основных видов возобновляемых источников энергии;

* наличием промышленной базы, пригодной для производства практически всех видов оборудования для нетрадиционной энергетики.

Таблица 1

Производство энергии с использованием ВИЭ в 1992г.
в странах ЕЭС

	Геотермо	Гидро	Ветро	Био	Гелио	Другие
Бельгия	11,6	336,8	11,6	2830	0	3758
Дания	11,6	23,2	904,8	13990	34,8	0
Франция	1798	68266	0	102451	174	2239
Германия	81,2	17272	34,8	38083	69,6	14164
Италия	25160	42096	0	34486,8	81,2	4582

Ресурсы возобновляемых источников энергии в Украине значительны, эффективное их использование может составить весьма ощутимую долю в энергетическом хозяйстве.

Так – при использовании целесообразных объёмов энергии возобновляемых источников и возможности замены ими нефтепродуктов, - процентное отношение этой энергии к общему количеству потребляемых за год в стране нефтепродуктов (300 млн. тон. у.т./год)составляет для биогаза 0,2%.

Расположение и рабочие характеристики действующих энергетических установок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Базовые установки в Украине

№	Название	Действует $м^3$	План $м^3$
1	Киевская обл	250	
2	Нижегородский р-н Крым	425	

3	Алчевск Луганская обл.	1000	
4	Галмазово Черкасская	170	1500
5	Сумы з-д им.Фрунзе	300	1500
6	Запорожсталь Запорожье	250	
7	Киевская птицефабрика	15	
8	Одесская обл.	10	

Эффективным возобновляемым источником энергии является биомасса.

Ресурсы биомассы в различных видах есть почти во всех регионах, и почти в каждом из них может быть налажена её переработка в энергию и топливо.

На современном уровне за счёт биомассы можно перекрыть 6-10% от общего количества энергетических потребностей промышленно развитых стран.

Ежегодно на Земле при помощи фотосинтеза образуется около 120 млрд. тонн сухого органического вещества, что энергетически эквивалентно более 400 млрд. тонн нефти. Использование биомассы проводится в следующих направлениях: прямое сжигание, газификация, производство этилового спирта для получения моторного топлива, производство биогаза из сельскохозяйственных и бытовых отходов. Биомасса, главным образом в форме древесного топлива, является основным источником энергии приблизительно для 2 млрд. человек. Для большинства жителей сельских районов «третьего мира» она представляет собой единственно доступный источник энергии. Биомасса, как источник энергии, играет важнейшую роль и в развитых странах. В целом биомасса дает седьмую часть мирового объема топлива, а по количеству полученной энергии занимает наряду с природным газом третье место. Из биомассы получают в 4 раза больше энергии, чем дает ядерная энергетика.

В странах Европейского Союза доля энергии биомассы в 1992 году составила около 55% от общего производства энергии возобновляемых источников. Наиболее эффективно энергия биомассы используется в Португалии, Франции, Германии, Дании, Италии и Испании.

В Т986 г. комиссия ЕС приняла решение финансировать 153 проекта по использованию биомассы и отходов. Объем финансирования составил 70,6 млн. экю.

Директорат ЕС начал новую 4-х летнюю программу исследований в области неядерних источников энергии. На исследования по использованию биомассы ассигновано на 2 года 12 млн. дол. США. Ресурсы биомассы в Европе в 2000-м году составили: древесного топлива — 75, древесных отходов — 70, сельскохозяйственных отходов — 250, городского мусора — 75 млн. т.

Кроме того, биомасса, выращиваемая на энергетических плантациях, даст 250 млн. т/год.

В связи с необходимостью резкого уменьшения вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду было обращено внимание на использование в этой сфере биомассы. Здесь наметился ряд направлений по замене экологически опасного бензина на экологически чистое топливо.

В Бразилии разработана программа использования этанола как альтернативного топлива, заменяющего до 22% (по объему)бензина.

Этанол получают в результате переработки специально выращиваемого тростника. Больше 7% предлагаемого бензина содержит 10% добавки этанола и 80% автопарков этой страны используют эту добавку. В США также реализуется большая программа замены бензинового топлива этанолом, который получают путем переработки излишков кукурузы и других зерновых культур.

Использование спирта в качестве топлива получило поддержку и в некоторых европейских странах, в частности, во Франции и Швеции. В Украине проблема замены бензина спиртом пока не рассматривалась. Изучается возможность выращивания рапса в районах, зараженных радиоактивными элементами с целью получения рапсового масла, использования его в качестве топлива в дизельных двигателях. Эта идея в данное время разрабатывается специалистами Украины и Германии.

В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка биомассы (органических сельскохозяйственных и бытовых отходов) метановым брожением с получением биогаза, содержащего около 70% метана, и обеззараженных органических удобрений. Чрезвычайно важна утилизация биомассы в сельском хозяйстве, где на различные технологические нужды расходуется большое количество топлива и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях. Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60-ти разновидностей биогазовых технологий.

Биогаз — это смесь метана и углекислого газа, образующаяся в специальных реакторах — метантенках, устроенных и управляемых таким образом, чтобы обеспечить максимальное выделение метана. Энергия, получаемая при сжигании биогаза может достигать от 60 до 90% той, которой обладает исходный материал. Однако биогаз получают из жидкой массы, содержащей 95% воды, так что на практике выход достаточно трудно определить. Другое, и очень важное, достоинство процесса переработки биомассы состоит в том, что в его отходах содержится значительно меньше болезнетворных микроорганизмов, чем в исходном материале.

Получение биогаза экономически оправдано и является предпочтительным при переработке постоянного потока отходов (стоки животноводческих ферм, скотобоен, растительных отходов и т. д.). Экономичность заключается в том, что нет нужды в

предварительном сборе отходов, в организации и управлении их подачей; при этом известно, сколько и когда будет получено отходов.

Получение биогаза, возможное в установках самых разных масштабов, особенно эффективно на агропромышленных комплексах, где существует возможность полного экологического цикла. Биогаз используют для освещения, отопления, приготовления пищи, для приведения в действие механизмов, транспорта, электрогенераторов.

При анаэробном сбраживании органические вещества разлагаются в отсутствии кислорода. Этот процесс включает в себя два этапа (рис. 1). На первом этапе сложные органические полимеры (клетчатка, белки, жиры и др.) под действием природного сообщества разнообразных видов анаэробных бактерий, разлагаются до более простых соединений: летучих жирных кислот, низших спиртов, водорода и окиси углерода, уксусной и муравьиной кислот, метилового спирта. На втором этапе метанообраэующие бактерии превращают органические кислоты в метан, углекислый газ и воду.

Рисунок 1 *Схема сбраживания органических веществ*

Первичные анаэробы представлены разнообразными физиологическими группами бактерий: клеткоразрушающими, углеродосбраживающими (типа маслянокислых бактерий), аммонифицирующими (разлагающими белки, пептиды, аминокислоты) бактериями, разлагающими жиры и т. д. Благодаря этому составу, первичные анаэробы могут использовать разнообразные органические соединения растительного и животного происхождения, что является одной из важнейших особенностей метанового сообщества.

Тесная связь между этими группами бактерий обеспечивают достаточную стабильность процесса.

Метановое брожение протекает при средних (мезофильное) и высоких (термофильное) температурах. Наибольшая производительность достигается при термофильном метановом брожении. Особенность метанового консорциума позволяет сделать процесс брожения непрерывным. Для нормального протекания процесса анаэробного сбраживания необходимы оптимальные условия в реакторе: температура, анаэробные условия, достаточная концентрация питательных веществ, допустимый диапазон значений pH, отсутствие или низкая концентрация токсичных веществ.

Температура в значительной степени влияет на анаэробное сбраживание органических материалов. Наилучшим образом сбраживание происходит при температуре 30—40 °С (развитие мезофильной бактериальной флоры), а также при температуре 50—60 °С (развитие термофильной бактериальной флоры). Выбор мезофильного или термофильного режима работы основывается на анализе климатических условий. Если для обеспечения термофильных температур необходимы значительные затраты энергии, то более эффективной будет эксплуатация реакторов при мезофильных температурах.

Наряду с температурными условиями на процесс метанового брожения и количество получаемого биогаза влияет время обработки отходов.

При эксплуатации реакторов необходимо проводить контроль за показателем pH, оптимальное значение которого находится в пределах 6,7—7,6. Регулирование этого показателя осуществляется путем добавления извести.

При нормальной работе реактора получаемый биогаз содержит 60—70% метана, 30—40% двуокиси углерода, небольшое количество сероводорода, а также примеси водорода, аммиака и окислов азота. Наиболее эффективны реакторы, работающие в термофильном режиме при 43—52 °С. При продолжительности обработки навоза 3 дня выход биогаза на таких установках составляет 4,5 л на каждый литр полезного объема реактора. В исходную массу для интенсификации процесса анаэробного сбраживания навоза и выделения биогаза добавляются органические катализаторы, которые изменяют соотношение углерода и азота в сбраживае-мой массе (оптимальное соотношение C/N=20/1 - 30/1). В качестве таких катализаторов используются глюкоза и целлюлоза. Ориентировочное содержание азота и соотношение содержания углерода и азота в различных отходах по сухой массе представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание азота и соотношение C/N в различных отходах

Вид отходов	Содержание общего N (%)	Соотношение C/N
Животноводческие фермы		
Моча	15-18	0,8
Смесь отходов боен	7-10	2,0
Птичий помёт	6,3	-
Навоз овечий	3,8	-
свиной	3,8	-
лошадиный	2,3	25
коровий	1,8	18
Растительные отходы		
Солома	1,1	48
Отходы льна	1,0	58
Сырые опилки	0,25	208

Получаемый при брожении биогаз имеет теплоту сгорания 5340—6230 ккал/м3 (6,21+7,24 кВт.ч/ м3).

В бродильных камерах необходимо производить энергичное перемешивание для предупреждения образования в верхней части слоя всплывающего вещества. Это значительно ускоряет процесс брожения и выход биогаза. Без перемешивания для получения такой же производительности объем реакторов должен быть значительно увеличен. Отсюда следствие — большие затраты и удорожание установки.

Перемешивание осуществляется:

* механическими мешалками различной формы или погружными насосами с приводом от электродвигателя,

* гидравлическими насадками за счет энергии струи, перекачиваемого насосом сбраживаемого навоза, или рециркуляцией,

* избыточным давлением биогаза, пропускаемого через барботер или трубку, расположенную в нижней части редуктора.

Остаток, образующийся в процессе получения биогаза, содержит значительное количество питательных веществ и может быть использован в качестве удобрения. Состав остатка, полученного при анаэробной переработке животноводческих отходов, зависит от химического состава исходного сырья, загружаемого в реактор. В условиях,

благоприятных для анаэробного сбраживания, обычно разлагается около 70% органических веществ, а 30% содержится в остатке.

Основное преимущество анаэробного сбраживания заключается в сохранении в органической или аммонийной форме практически всего азота, содержащегося в исходном сырье.

Метод анаэробного сбраживания наиболее приемлем для переработки животноводческих отходов с точки зрения гигиены и охраны окружающей среды, так как обеспечивает наибольшее обеззараживание остатка и устранение патогенных микроорганизмов.

Жидкая фаза навоза после анаэробной переработки обычно отвечает требованиям, предъявляемым к качеству сточных вод органами охраны природы. Отработанная жидкая органическая масса поступает через выгрузочную камеру в резервуар сброженной массы, а оттуда перекачивается в цистерны, с помощью которых вносят на поля обычную навозную массу.

Количество биогаза, которое может быть выделено из различных с/х отходов, остатков и смесей при оптимальных условиях анаэробной переработки, зависит от количества субстрата, условий протекания процесса, бактериального состава в реакторе и др. Некоторые данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Выход метана(биогаза)при метановом сбраживании сельскохозяйственных отходов

Органические отходы	Выход CH_4, $м^3$/кг сухого вещества	Содержание CH_4 (%)
Помёт индеек	0,640	62,0
Молочные отходы	0,625	82,0
Свиной навоз	0,580	77,5
Помёт кур	0,370	54,0
Навоз быков+меласа	0,300	48,0
Навоз быков	0,290	56,2
Силосные отходы	0,250	84,0
Навоз быков+солома	0,220	52,0
Навоз коров	0,208	55,0

Для увеличения производительности смешивают разные отходы (таблица 5).

Таблица 5

Увеличение продукции биогаза
при смешивании разных отходов

Отходы	Продукция биогаза	Увеличение продукции (%)
Навоз КРС+куриный	0,634	6,0
Помёт птицы	0,617	
Навоз КРС+ куриный +свиной (1:0,5:0,5)	0,585	11,0
Свиной навоз	0,569	
Навоз КРС+птиц	0,528	6,0
Навоз КРС+свиной	0,510	7,0
Навоз КРС	0,380	
Навоз КРС+сосняки	0,363	5,0
Сосняки	0,277	

Подсчитано, что годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома составляет около 45 м2 на 1 м2 жилой площади, суточное потребление при подогреве воды для 100 голов крупного рогатого скота — 5—6 м2. Потребление биогаза при сушке сена (1 т) влажностью 40 % равно 100 м2, 1 т зерна — 15 м2, для получения 1 КВт. ч электроэнергии — 0,7+0,8 м2.

В Украине только на крупных свиноводческих и птицеводческих предприятиях ежегодно образуется более 3 млн. тонн органических отходов по сухому веществу, переработка которых позволит получить около 1 млн. тонн у. т. в виде биогаза, что эквивалентно 8 млрд. кВт. ч электроэнергии. Кроме того, в Украине имеется около 2 млн. негазифицированных семейных подворий. Опыт стран, не обеспеченных природным газом (например КНР), показывает, что отдаленные сельские местности целесообразно газифицировать с помощью малых биоустановок, работающих на органических отходах семейных подворий. Так, внедрение 2 млн. установок в Украине позволило бы получить около 2 млрд. м2 биогаза в год,. что эквивалентно 13 млрд. кВт. ч энергии, и обеспечило бы семейные усадьбы органическими удобрениями в количестве 10 млн. тонн в год.

По данным 1990 г. среднегодовое поголовье свиней в колхозах, совхозах и других хозяйствах Украины составляло почти 20 млн. голов; для крупного рогатого скота эта цифра превышала 25 млн., для поголовья овец и коз соответственно около 9 млн., для птиц — около 85 млн. голов. Количество навоза и помета от такого поголовья в год: от свиней — 45 млн. тонн., от крупного рогатого скота — более 290 млн. тонн, овец и коз — 6 млн. тонн, птицы — почти 4 млн. тонн.

Опыт создания биогазовых установок свидетельствует, что их конструктивные и технологические особенности определяют различные факторы и, в первую очередь, сырье, его свойства и предыдущая обработка.

Во многих странах мира созданы, испытаны и успешно эксплуатируются как малые фермерские, так и крупные промышленные установки по переработке навоза в биогаз.

В Германии работает 60 новых биогазовых установок по производству биогаза из отходов животноводческого хозяйства. За счет ферментации отходов с содержанием сухого остатка от 5 до 15 % получается биогаз с теплотой сгорания от 5,6 до 6,7 кВт.ч/м2. Плотность биогаза — 1,22 г/м2. Взрывоопасная концентрация его в воздухе от 19 до 25 %. Потребление энергии на собственные нужды составляет от 20 до 30 % получаемого биогаза. Срок окупаемости затрат равен 4,2 года.

Фирма Caterpillar производит автономные ЭС (энергосистемы), оснащенные двигателями с искровым зажиганием, способные использовать биогаз, образующийся в результате разложения отходов на свалках. В Норвегии установлена первая из двух таких ЭС мощностью 360 кВт. ЭС полностью автоматизирована, коммутационная аппаратура способна синхронизировать работу ЭС с местной электросетью. Газ подается из 36 скважин глубиной 14м, проникающих к слою отходов двадцатилетней давности. При этом обеспечивается расход биогаза 300 м3/час. Содержание метана в биогазе составляет 48—57%. В юго-восточной части Англии две ЭС на основе биогаза обеспечивают суммарную мощность 1000 кВт для гаэоперерабатывающего завода, из которой только 360 кВт используются для нужд завода, а остальные 650 кВт поступают в национальную электросеть.

Фирма Blue Cirkle (Великобритания) планирует получать 7,5 МВт электрической мощности, используя биогаз из 3-х свалок в Южной Англии.

В странах Западной Европы налажен серийный выпуск биогазовых установок поточного типа. Одна такая установка перерабатывает птичий помет от 10 тыс. кур-несушек, обеспечивая среднесуточное производство 100 м3 биогаза (60% метана), и окупается за 1,9 года при использовании перебродившего шлака в качестве органического удобрения.

В Швейцарии биогазовая установка со средней производительностью 100 м3 в сутки перерабатывает навоз 30-ти коров, поступающий в заглубленный отстойник емкостью 80 м3. Для сбраживания навоза и хранения биогаза служит цилиндрический резервуар вместимостью 540 м3, закрытый полимерной пленкой. Биогаз используется для выработки электроэнергии в водонагревательной установке.

Там же эксплуатируется биогазовая установка, все агрегаты которой расположены непосредственно под свиноводческой фермой. Биогаз хранится в резервуаре и используется в отопительной системе. Производительность биогазовой установки при пастбищном содержании скота летом вдвое ниже, чем зимой. При этом около трети биогаза используется на собственные технологические нужды, а остальная часть идет на подогрев воды и отопление фермы. 1 м3 биогаза эквивалентен 0,7л мазута.

Биогаз обладает высокими антидетонационными свойствами и может служить отличным топливом для двигателей внутреннего сгорания с принудительным зажиганием и для дизелей, не требуя их дополнительного переоборудования (необходима только регулировка системы питания).

Сравнительные испытания показали, что удельный расход дизельного топлива составляет 220 г/кВт.ч номинальной мощности, а биогаза 0,4 м3/кВт.ч. При этом требуется около 300 г/кВт, ч (м. б. — 300 г) пускового топлива (дизельного топлива, используемого в качестве «запала» для биогаза). В результате экономия дизельного топлива составила 86%. При 40% загрузке двигателя и частоте вращения его коленчатого вала 1400 мин-' (средний уровень загрузки тракторов в Швейцарии) расход дизельного топлива равен 250 г/кВт, ч., при использовании биогаза — 80 г/кВт, ч плюс расход биогаза 9,6 м3/кВт.ч., что соответствует почти 70% экономии дизельного топлива.

В Виппахдельхаузене (ФРГ) введена в эксплуатацию биогазовая установка универсального типа, предназначенная для сбраживания навозной жижи и переработке навоза крупного рогатого скота, свиней и куриного помета. Биогазовый реактор работает при температуре 35 °С и давлении 2,0—5,0 кПа как в непрерывном, так и в периодическое режимах.

В Украине в Запорожском КТИСМ разработан комплект оборудования типа «Кобос» для анаэробного сбраживания навоза. Такая установка объемом 250 м3 работает в с. Гребинки Киевской области. Установка производительностью по навозу 10 м3/сутки испытана в совхозе «Рассвет» Запорожской области— УкрНИИАгропроект имеет опытные установки: на Киевской птицефабрике — периодического действия объемом 20 м3, в совхозе «Россия» Черкассой области — объемом 200 м3. В подсобном хозяйстве Сумского МНПО им. Фрунзе на 3000 голов свиней действует установка для переработки стоков объемом 300 м3.

Технико-экономические и эксплуатационные характеристики некоторых биогазовых установок представлены в таблице 7.

Для развития биоэнергетики в Украине с целью получения биогаза и высококачественных удобрений необходимо создание экономического механизма, стимулирующего научно-технические работы в данной области, производство и внедрение соответствующего оборудования.

Таблица 7

Технико-экономические и эксплуатационные показатели биогазовых установок

Показатель	Совхоз «Огре» Латвия	ПХ НПО им.Фрунзе	Прянусская свиноферма
Вместимость м^3	2 х 75	1 х 130	2 х 3260

Вид навоза, число голов	Бесподстилочный свиной 2500	Бесподстилочный свиной 3000	Навозные стоки 50тыс.
Температура ферментации	54	54-55	38
Суточная переработка	20 $м^3$	30$м^3$	400$м^3$
Суточный выход газа	250-350 $м^3$	350 $м^3$	6210 $м^3$
Время окупаемости	1,5	1,3	1,5

3. И У НАС БИОГАЗ

Теперь мы уже знаем, что самые обычные органические отходы сельского подворья — навоз животных, огородная ботва, сорняки и другая «органика» — в определенных условиях смогут стать источником столь необходимого в домашнем хозяйстве горючего газа, который сгодится для приготовления пищи, отопления помещения и получения горячей воды. Назовем его биогазом.

Биогаз если не полностью, то хотя бы частично может обеспечить потребности сельских жителей, владельцев дачных и садовых участков в топливе. Кроме того, при производстве биогаза отходы полностью идут в дело, в результате не только улучшается санитарное состояние территории, уничтожаются возбудители инфекционных заболеваний, исчезает неприятный залах гниющих растений, гибнут семена сорняков, но и образуются ценнейшие высококачественные органические удобрения, обладающие повышенным гу-мусным потенциалом.

Но чтобы каждый желающий мог соорудить на своем подворье простейшую биогазовую установку собственными руками, полезно иметь представление об основных особенностях технологии получения биогаза из органических отходов, а также о факторах, влияющих на производительность биогазовых установок, и конструкциях этих установок.

3.1. ЧТО ЗА ГАЗ БИОГАЗ?

Получение биогаза из органических отходов основано на их свойствах выделять горючий газ в результате так называемого «метанового сбраживания» в анаэробных (без доступа воздуха) условиях. Биогаз, образующийся при метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50—80 % метана, 20—50 % углекислого газа, примерно 1 % сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов

(азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.). Напомним, что 1 м2 метана при сгорании выделяет энергию, равную примерно 20—25 МДж.

В свою очередь, «метановое сбраживание» происходит при разложении органических веществ в результате жизнедеятельности двух основных групп микроорганизмов. Одна группа микроорганизмов, обычно называемая кислотообразующими бактериями, или бродильными микроорганизмами, расщепляет сложные органические соединения (клетчатку, белки, жиры и др.) в более простые, при этом в сбраживаемой среде появляются первичные продукты брожения — летучие жирные кислоты, низшие спирты, водород, окисид углерода, уксусная и муравьиная кислоты и др. Эти менее сложные органические вещества являются источником питания для второй группы бактерий — метанообразующих, которые превращают органические кислоты в требуемый метан, а также углекислый газ и др.

В этом сложном комплексе превращений участвует великое множество микроорганизмов, по некоторым данным — до тысячи видов, но главные из них все-таки матанообразующие бактерии. Отметим, что они значительно медленнее размножаются и более чувствительны к изменениям окружающей среды, чем кислотообразующие микроорганизмы-бродильщики, поэтому вначале в сбраживаемой среде накапливаются летучие кислоты, а первую стадию метанового сбраживания называют кислотной. Потом скорости образования и переработки кислот выравниваются, так что в дальнейшем разложение субстрата и образование газа идут одновременно. И естественно, от условий, которые создаются для жизнедеятельности метанообразующих бактерий, зависит интенсивность газовыделения.

Как кислотообразующие, так и метанообразующие бактерии встречаются в природе повсеместно, в частности в экскрементах животных. Считается, что в навозе крупного рогатого скота имеется полный набор микроорганизмов, необходимых для его сбраживания. И подтверждением этому является то, что в рубце и кишечнике жвачных животных постоянно идет процесс метанообразования. Следовательно, нет необходимости применять для получения биогаза чистые культуры метанообразующих бактерий для того, чтобы вызвать процесс брожения. Достаточно лишь обеспечить уже имеющимся в субстрате бактериям подходящие условия для их жизнедеятельности.

Для создания таких условий органические отходы сбраживаются в специальных бродильных камерах (биореакторах), где поддерживают строго анаэробную среду, а также соответствующие температурный и кислотный (pH) режимы, давление и др.

А теперь, прежде чем перейти к рассмотрению различных конструкций биогазовых установок, остановимся коротко на основных факторах, влияющих на эффективность работы подобных установок. Знание этих факторов позволит сделать биоустановку по-

настоящему рентабельной и не превратит работу по получению столь необходимого газа в бесполезное перелопачивание навоза!

3.2. КАК ДОБИТЬСЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГЕНЕРАТОРА

Для эффективной работы установки, производящей биогаз, кроме строго анаэробной среды, придется соблюдать ряд требований. Во-первых, поддерживать в реакторе оптимальные температурный и кислотный режимы. Во-вторых, постоянно следить за наличием питательных веществ в сбраживаемой среде, обеспечивая низкое содержание в данной среде веществ-ингибиторов, то есть веществ, препятствующих жизнедеятельности микроорганизмов.

Вообще-то образование метана идет в достаточно широком интервале температур (8—60 °С), при этом при определенных температурах в процессе сбраживания участвуют определенные виды бактерий.

Обычно различают три характерных уровня температур, предпочтительных для отдельных видов бактерий. Психрофильный режим идет при температуре 8—20 °С, мезофильный — при 30—40 °С, термофильный — при 45—60 °С. Более производительны термофильный и мезофильный режимы сбраживания, однако все три режима имеют как свои преимущества, так и недостатки. Режимы с более высокими температурами требуют больших затрат энергии на поддержание оптимальной температуры, зато благодаря сокращению продолжительности сбраживания удается значительно сократить объем биореактора и таким образом увеличить производительность биогазовой установки. Однако часто поддержание в биомассе высоких температур на практике связано с большими затратами энергии на обогрев и терморегуляцию биореакторов, что в свою очередь значительно удорожает процесс получения биогаза. Так, стоимость энергии, необходимой для подогрева содержимого бродильной камеры при термофильном сбраживании, настолько велика, что превышает всякие выгоды, связанные с более быстрым, чем в других случаях, сбраживанием. Отсюда следует, что в условиях домашнего хозяйства практическое значение имеет только мезофильное (30—40 °С) или психрофильное (8— 20 °С) метановое сбраживание. (О способах обеспечения соответствующих температурных режимов этих способов сбраживания будет рассказано ниже).

Для нормального протекания брожения необходима слабощелочная реакция среды (pH=6,7—7,6). При оптимальной (ровной) активности кислотообразующих и метановых бактерий (то есть при установившемся процессе брожения) значение pH поддерживается в желательных пределах «автоматически». Однако иногда кислотообразующие бактерии начинают размножаться быстрее, чем метановые, из-за чего концентрация летучих жирных кислот в бродильной камере возрастает и происходит так называемое

«закисление», в результате чего выход биогаза снижается, а кислотность биомассы увеличивается. В этом случае в содержимое биореактора следует добавить горячую воду, известковое молоко, соду. При нарушении баланса между азотом и углеродом его восстанавливают добавлением в биомассу коровьей мочи.

Основой беспрепятственного размножения анаэробных бактерий служит, естественно, наличие питательных веществ в сбраживаемой среде. И почти все питательные вещества, необходимые для роста метановых бактерий, содержат экскременты животных, являющиеся основным сырьем для производства биогаза. Разнообразие видового состава ме-танообразующих бактерий позволяет использовать практически все виды жидких и твердых органических отходов. Но лучшая органическая масса для получения биогаза — навоз крупного рогатого скота в смеси с растительными остатками (влажность биомассы не менее 85—90%).

Сбраживаемая органическая масса не должна содержать веществ (антибиотики, растворители и т. п.), отрицательно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов. Не способствуют «работе» микроорганизмов и некоторые не" органические вещества, поэтому нельзя, например, использовать для разбавления навоза воду, оставшуюся после стирки синтетическими моющими средствами.

Выработка биогаза зависит и от многих других причин. Например, на поверхности органической массы периодически образуются плавающая корка, мешающая выходу биогаза. Поэтому ее необходимо устранить, перемешивая содержимое биореактора 1—2 раза в сутки. Перемешивание способствует также равномерному распределению температуры и кислотности в биомассе, находящейся в камере сбраживания.

Для полного разложения органического вещества, как правило, необходимо длительное время. А при этом продолжительность сбраживания, учитывая присущую данному виду отходов скорость разложения, зависит от требуемой степени разложения органического вещества. Обычно максимальный выход биогаза и лучшие по качеству удобрения наблюдаются при разложении органического вещества (навоза) до 30—33 %. Заметим, что при пребывании биомассы в биореакторе в течении 14—15 дней полнота ее разложения составляет 25%.

При непрерывном способе сбраживания, когда выгрузка определенного объема «отработавшего» в реакторе органического вещества происходит одновременно с загрузкой такого же объема свежего материала, выделяется наибольшее количество биогаза, и при такой организации процесса для малогабаритных биогазовых установок в приусадебных хозяйствах доза ежесуточной загрузки обычно не превышает 4—5 % полезного объема камеры сбраживания.

3.3. РАЗНОВИДНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Установки для производства биогаза из органических отходов обычно подразделяют на четыре основных типа:

* без подвода тепла и без перемешивания сбраживаемой биомассы:
* без подвода тепла, но с перемешиванием сбраживаемой массы;
* с подводом тепла и с перемешиванием биомассы;
* с подводом тепла, с перемешиванием биомассы и со средствами контроля и управления процессом сбраживания.

Понятно, что обязательные компоненты биогазовой установки — сам биореактор и газгольдер для сбора биогаза, ну а устройства для подогрева биомассы, ее перемешивания, а также средства контроля — вещи весьма полезные, но можно обойтись и без них.

3.4. БИОРЕАКТОР

Биореактор — основа любой биогазовой установки, и к его конструкции предъявляются достаточно жесткие требования. Так, корпус биореактора должен быть достаточно прочен при абсолютной герметичности его стенок. Обязательны хорошая теплоизоляция стенок и их способность надежно противостоять коррозии. При этом необходимо предусмотреть возможность загрузки и опорожнения реактора, а также доступ к его внутреннему пространству для обслуживания.

Формы реакторов весьма разнообразны. Так, с точки зрения создания наиболее благоприятных условий для перемешивания жидкого субстрата, накапливания газа, отвода осадков и разрушения образующейся корки целесообразно использование резервуара, формой напоминающего яйцо. Крупные реакторы такой формы обычно сооружают из бетона, поэтому для них характерна высокая стоимость изготовления, что существенно ограничивает их применение. Зато подсобные реакторы меньших объемов достаточно несложно выполнить из стеклопластика, то есть из полиэфирной смолы, армированной стекловолокном, и обходятся они не так уж и дорого.

Для цилиндрического резервуара с конусными верхней и нижней частями, как и для яйцеобразного, характерны небольшое пространство для накопления газа, ограниченный объем плавающей корки, а также хороший отвод шлама. Однако в подобных реакторах создаются менее благоприятные условия для перемещения жидкого субстрата. Резервуары большого объема такой формы, используемые в коммунальных установках для очистки и разложения стоков, как и реакторы в форме яйца, изготовляют из бетона. Однако «цилиндрические» реакторы несколько дешевле. В индивидуальных хозяйствах реакторы вышеуказанной формы, но, естественно, меньшей вместимости, делают из стали или из стеклопластика. Кстати, в реакторах из стеклопластика легче достичь лучших условий перемещения субстрата.

Рисунок 2

Наиболее распространённые типы резервуаров биореакторов
а- в виде яйца, б- цилиндрический с конусными верхней и нижней частями, в- цилиндрический, г- цилиндрический с перегородкой, д-в виде паралелепипида (с перегородкой), е- цилиндрический (наклонно расположенный), ж- траншея в грунте (с крышкой).

Цилиндрические резервуары относительно просты в изготовлении, что объясняется обширным опытом строительства емкостей для сельскохозяйственных целей (стальные, бетонные, стеклопластиковые цистерны-бункера для силоса и других кормов). Однако по сравнению с резервуарами предыдущих форм в цилиндрическом резервуаре невозможно организовать достаточно хорошие условия для перемещения субстрата, при этом приходится считаться с более высокими затратами на удаление осадка и разрушение плавающей корки, что связано с увеличением расхода энергии на перемешивание массы.

Рисунок 3

Двухкамерная биогазовая установка проточного типа 1-насос; 2-приёмная камера; 3-бродильная камера; 4-перемешивающее устройство; 5-нагреватель; 6-камера дображивания; 7-сборник сброженной массы; 8-шнек.

Если резервуар цилиндрической формы разделить поперечной вертикальной перегородкой на две камеры, то можно организовать систему получения биогаза с поочередным использованием камер резервуара. Причем строительство резервуара с перегородкой обойдется дешевле, чем сооружение двух отдельных резервуаров. Заметим также, что при такой компоновке уменьшается значение теплоизоляции наружных стенок резервуара, а в перегородку, выполняемую из достаточно теплопроводного материала, не очень сложно встроить какое-либо нагревательное устройство, что придает установке дополнительные конструктивные выгоды.

Рисунок 4

Траншейная биогазовая установка 1-помещение для животных; 2-биореактор; 3-мешалка; 4-грейфер; 5-хранилище для сброженного навоза; 6-газгольдер.

В простых, большей частью небольших, биогазовых установках, сооружаемых собственными силами, обычно бродильная камера имеет форму параллелепипеда (бассейн или яма с крышкой). Для повышения эффективности такой реактор перегораживают вертикальной стенкой, создавая главную бродильную камеру и камеру для окончательного сбраживания и осаждения шлама. Правда, установки подобного типа не позволяют достичь высокой степени разложения субстрата, так как в них практически невозможно

обеспечить ни равномерное перемешивание массы, ни управление загрузкой рабочего объема камеры, ни соблюдение времени пребывания массы в реакторе, что необходимо для получения максимального количества газа. Да и разрушение плавающей корки и осадка связано здесь с большими затратами.

В горизонтально расположенном резервуаре субстрат перемешивается в продольном направлении. Здесь для небольших установок пригодны цилиндрические реакторы из стали или стеклопластика. Горизонтальные резервуары значительной вместимости имеют форму параллелепипеда, и выполняют их из бетона.

Наклонное расположение таких резервуаров облегчает отекание шлама к выгрузочному отверстию. Такая конструкция удобна для размещения простейшего перемешивающего механизма.

Резервуар в виде вырытой в грунте траншеи позволяет обрабатывать большие количества субстрата. В качестве строительного материала для стенок реактора используют, как правило,бетон.

Теперь более подробно рассмотрим устройство некоторых видов биогазовых установок, уже применяющихся в практике. Сейчас на основе резервуара в форме параллелепипеда с перегородкой разработана и надежно действует двухкамерная биогазовая установка проточного типа, где

Рисунок 5

Траншейная биогазовая установка 1-эластический сборник; 2-плиты из пенопласта; 3-бродильная камера; 4-нагреватель (бойлер).

Рис. 6.

Эластичный биореактор

субстрат направляется сначала в одну часть резервуара (бродильную камеру), а затем самотеком поступает в другую часть (камеру дображивания). Для повышения эффективности работы такая установка снабжена перемешивающим устройством в бродильной камере, нагревателем, шнеком для удаления крупных включений в осадке.

Все большее распространение получают траншейные биогазовые установки. Возьмем, например, траншейную установку из ФРГ. Здесь прямо из помещения, где содержат животных, навоз, разведенный водой, идет в биореактор, в котором сбраживается. В установке предусмотрены механическое перемешивание субстрата и грейфер для погрузки сброженного навоза.

В другой траншейной установке (США) свежий жидкий навоз поступает в бродильную камеру сверху, а подогретая вода —• снизу. Газосборник установки эластичный, а на поверхности сбраживаемого субстрата для теплоизоляции расположены пенопластовые плиты.

Обратим еще внимание читателей на эластичные реакторы, обычно используемые в странах Юго-Восточной Азии. Подобные реакторы (емкости) делают из плотной прорезиненной ткани или из синтетической пленки. Для организации работы таких биореакторов их приходится либо заглублять в грунт, либо помещать внутри достаточно прочного «кругового» ограждения.