

9. Бронфман, Л. И. Системный подход к механизации технологических процессов в животноводстве / Л. И. Бронфман // Совершенствование рабочих процессов и параметров с.-х. машин и оборудования. – 2014. – С. 58–62.

Аннотация. Рассмотрены вопросы экономического обоснования способов механизации молочно-товарных комплексов.

Ключевые слова: молочно-товарный комплекс, механизация, экономическая эффективность.

УДК 628.385

К ОБОСНОВАНИЮ НЕОБХОДИМОСТИ ПРАВИЛЬНОГО ПОДБОРА И ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В мире наблюдается повышенный интерес к возобновляемым источникам энергии, связанный с непрерывно уменьшающимися запасами энергоносителей, их удорожанием, ухудшением экологии, а также желанием многих стран достичь определенного уровня энергетической безопасности. К ним относится и биомасса, служащая для получения биогаза и ценных биоудобрений.

Важнейшими факторами, влияющими на производительность биогазовых установок, являются правильный подбор компонентов сырья, из которого производится биогаз и грамотная их подготовка к ферментации.

Поэтому целью данной работы является выявление и анализ факторов, влияющих на процесс получения биогаза для различных типов сырья, определение их оптимального соотношения с учетом повышения его выхода и улучшения качества, определение критериев, по которым следует подбирать сырье для биогазовых установок, обоснование необходимости смешивания различных видов сырья и предварительной его подготовки перед подачей в ферментатор с анализом существующих технологий и оборудования.

Основная часть. Одним из направлений биоэнергетики является переработка биомассы методом метанового брожения с получением

биогаза (метан – 40–70 %, углекислый газ – 30–60 %, сероводород – до 3 %, водород до 1 % и др. газы – 1–5 % [1, 2]) и обеззараженных органических удобрений.

В мире известно около 60 разновидностей различных биогазовых технологий, в которых основное место отведено биогазовым установкам, представляющим собой герметически закрытую емкость, где при определенной температуре в анаэробных условиях происходит сбраживание собранного и подготовленного сырья с получением биогаза.

Существующие биогазовые установки классифицируют по методам загрузки сырья, методам сбора биогаза, по используемым для их сооружения материалам, горизонтальному или вертикальному расположению реактора, подземной или наземной конструкции, а также по использованию дополнительных устройств.

В зависимости от исходного сырья различают сельскохозяйственные, коферментационные, промышленные биогазовые установки и установки, работающие на газе, получаемом в результате переработки мусора [2].

Сырьем для биогазовой установки служит навоз (как плотный, так и жидкий), отходы пищевой промышленности, пищевые и кормовые остатки, барда, биомусор (коммунальные отходы и др.), а также энергетические растения, такие как кукуруза, зерновые, подсолнечник, различные травы, а также свёкла, силос и т. д. [3]

Качество сырья, загружаемого в ферментатор биогазовой установки, характеризуется влажностью, скоростью его расщепления и степенью разложения, наличием в нем питательной среды для жизнедеятельности бактерий, выходом биогаза на единицу сухого вещества, содержанием метана в биогазе и соотношением углерода и азота в сырье (табл. 1) [4]. Именно от этих показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав. Расщепление органики на отдельные составляющие и превращение в метан происходит лишь во влажной среде, поскольку различные виды бактерий, участвующие в этом процессе, могут перерабатывать только вещества в растворенном виде. Установлено, что влажность сырья, загружаемого в реактор биогазовой установки, составляет не менее 85 % в зимнее время и 92 % в летнее время года [4], а выход биогаза зависит от вида используемого сырья, а также температуры процесса сбраживания.

**Таблица 1. Выход биогаза и содержание в нем метана,
а также соотношение содержания углерода и азота
при использовании разных типов сырья**

Тип сырья	Выход газа на килограмм сухого вещества, м ³	Содержание метана, %	Соотношение углерода и азота C/N
Навоз КРС	0,25–0,34	65	16,6–25
Свиной навоз	0,34–0,58	65–70	6,2–12,5
Птичий помет	0,31–0,62	60	7,3–9,65
Конский навоз	0,20–0,30	56–60	25
Овечий навоз	0,30–0,62	70	33
Сточные воды, фекалии	0,31–0,74	70	6–10
Пшеничная солома	0,20–0,30	50–60	100–150
Овсяная солома	0,29–0,31	59	50
Кукурузная солома	0,38–0,46	59	50
Трава	0,28–0,63	70	12
Листва деревьев	0,21 - 0,29	58	50

Скорость расщепления сырья определяет время пребывания его в ферментаторе, чем меньше это время, тем более экономична установка. Сырье всегда состоит из различных групп веществ, скорость разложения которых значительно отличается между собой (рис. 1) [5]. В качестве единицы измерения для минимального времени разложения в ферментаторе служит время генерации соответствующего вида бактерий, поэтому если время брожения будет коротким, то бактерии не успеют удвоить своей бактериальной массы, что приведет к падению газообразования и соответствует нижней границе необходимого времени для брожения. Верхняя граница времени для брожения определяется технически и экономически моментом, когда количество вырабатываемого газа настолько мало, что увеличение объема ферментатора будет дороже, чем добытый газ.

Быстроразлагаемое сырье, такое как сахарная свекла, отходы продуктов питания и др., приводит к переокислению ферментатора, поэтому мало подходит для брожения в чистом виде и должно использоваться в смеси с другими видами сырья.

Большинство установок для своей работы используют силос из трав, кукурузы, люпина, остатки зерна и т. д. (табл. 2) [5] в смеси с жидким или твердым навозом, который в чистом виде, как правило, используется редко.

Выход газа в них доказывает эффективность смешивания различных видов сырья перед его ферментацией.



Рис. 1. Скорость разложения групп веществ

Установлено, что совместное использование навоза КРС и помета птиц повышает выход биогаза до $0,528 \text{ м}^3/\text{кг}$, тогда как при использовании только навоза КРС он составлял $0,380 \text{ м}^3/\text{кг}$, а гомогенизация навоза КРС позволяет повысить производство биогаза с $0,174$ до $0,380 \text{ м}^3/\text{кг}$ [6].

Таблица 2. Удельные показатели современных биогазовых установок

Исходное сырье	Выход биогаза, м^3	Электроэнергия, кВт · ч	Тепловая энергия, кВт · ч	Удобрение, кг сухого вещества
1 т свиной жижи + 100 кг зерноотходов	78	170	187	76
1 т свиной жижи + 100 кг кукурузного силоса	43	93	102	60
1 т навозной жижи КРС	22	48	54	56
1 т твердого куриного помета + 100 кг падших птиц	268	582	643	433

Рис. 2 наглядно показывает разницу в выходе газа из выделений различных видов животных и птицы в зависимости от продолжительности периода брожения [5]. Похожая зависимость имеет место при брожении энергетических растений и других органических остатков, для которых время брожения в ферментаторе должно составлять минимум 42 дня, а для сырья в виде отходов переработки агропромышленности от 20 до 35 дней [4].

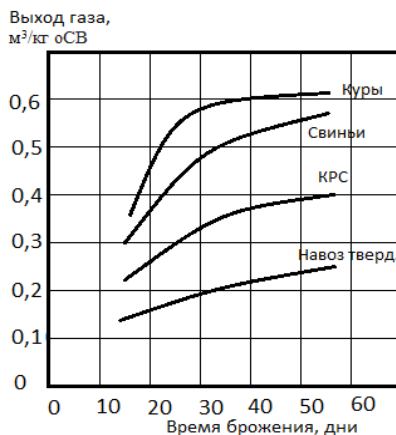


Рис. 2. Выход газа при термофильном режиме в зависимости от вида сырья и продолжительности брожения

Степень разложения сырья напрямую зависит от его состава и отражается на количестве получаемого газа. Обычно величина ее варьирует в пределах от 30–70 %, а для усредненного периода брожения будет составлять до 60 %. Установки, работающие исключительно на возобновляемом сырье, достигают степени разложения от 80 % органической сухой массы [4]. Кроме того, применение энзимов, бустеров для искусственной деградации сырья (например, ультразвуковых или жидкостных кавитаторов) и других приспособлений позволяет увеличить выход биогаза на самой обычной установке с 60 % до 95 % от теоретически возможного выхода [7].

Для роста и жизнедеятельности метанообразующих бактерий необходимо обязательное присутствие в сырье органических и минеральных питательных веществ, таких как углерод, азот, водород, сера, фосфор, калий, кальций, магний и некоторого количества микроэлементов – железа, марганца, молибдена, цинка, кобальта, селена, вольфрама, никеля и других. Эти микроэлементы особенно необходимы бактериям для образования энзимов, ускоряющих процесс брожения. Все эти вещества в необходимом количестве содержатся в жидком и твердом навозе. Достаточное их количество содержится также в сене, кукурузе (свежей или консервированной), пищевых отходах, внутренностях животных, барде, молочных продуктах, которые могут бродить в чистом виде без добавления других видов сырья [8].

Важным фактором, влияющим на выход биогаза, является соотношение углерода и азота в перерабатываемом сырье. Если оно чрезмерно велико, то недостаток азота будет сдерживать процесс метанового брожения. Если же это соотношение слишком мало, то образуется такое большое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий. Поэтому для поддержания его в оптимальных пределах с целью получения максимально возможного выхода биогаза современные биогазовые установки работают на смешанном сырье, используя следующие соотношения питательных веществ [5]:

•C : N : P = 75:5:1 или 125:5:1

•C : N = 10:1 или 30:1

•N : P = 5:1

При подборе сырья необходимо учитывать, что только из органической части сухой массы можно произвести метан [8, 9]. Поэтому содержание органической сухой массы в соотношении с общей массой, является главным критерием для выбора составляющих смеси. Так, сырье с высоким содержанием воды (например барда) приносит по сравнению с количеством вносимого материала небольшое количество газа, так как из воды он не выделяется.

Содержание метана в биогазе определяется в первую очередь составом сырья. Максимальное его количество получается из протеинов – 71 %; жиры дают – 68 %, а углеводороды – лишь 50 % [5, 8]. Поэтому предпочтение отдается смесям сырья с высоким содержанием жиров и протеинов, таких как отходы зерна, свекла и картофель. В среднем выход газа из энергетических растений составляет 0,3 м³ метана на килограмм органического сухого субстрата с отклонениями до ±30 % [5]. Существенная разница проявляется при расчете выхода газа с гектара посевной площади. Например, у свеклы и силосных сортов кукурузы по сравнению с другими культурами он составляет свыше 6000 м³/га [8], поэтому силос из кукурузы является самым используемым сырьем для биогазовых установок.

Зерно и клубнеплоды хоть и имеют высокий выход газа, но с 1 га возделываемой площади он будет составлять около 3000 м³/га, что в два раза ниже, чем у кукурузного силоса из-за меньшего количества биомассы.

Повышение эффективности биогазовой установки определяется подбором компонентов по однородности и степенью предварительного их измельчения, последнее влияет на количество произведенного газа через длительность периода брожения. Твердые материалы, в особенности растительного происхождения в составе смеси не должны пре-

вышать 12 % и быть предварительно измельчены до размеров частиц не более 30 мм с помощью режущих, разрывающих или плющильных устройств перед подачей в ферментатор [8, 9].

Заключение. Для обеспечения оптимального выхода биогаза из ферментатора биогазовой установки необходимо тщательно подбирать исходное сырье, которое характеризуется влажностью, скоростью его расщепления и степенью разложения, наличием в нем питательной среды для жизнедеятельности бактерий, выходом биогаза на единицу сухого вещества, содержанием метана в биогазе и соотношением углерода и азота в сырье. Именно от этих показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав. Обоснована необходимость смешивания сырья и предварительной его подготовки перед подачей в ферментатор биогазовой установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные источники энергии. Технология производства биогаза [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://ecoenergy.org.ua/biotoplivo/tehnologiya-proizvodstva-biogaza.html> – Дата доступа: 16.02.2019.
2. Веденев, А. Г. ОФ «Флюид» Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А. Г. Веденев, Т. А. Веденева. – Бишкек: Типография «Евро», 2006. – 90 с.
3. BIOGAS. Ежегодная конференция. Биогаз [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.biogasinfo.ru/about>. – Дата доступа: 20.02.2019.
4. Росбиогаз. Руководство по биогазовым технологиям [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.rosbiogas.ru/literatura/rukovodstvo-po-biogazovim-tehnologiyam/>. – Дата доступа: 06.02.2019.
5. Эдер, Б. Биогазовые установки: практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц. – 2006. – 238 с.
6. Студенческий клуб «Альтернатива». Сборник научных трудов студентов России. Биогазификация органических отходов сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://cs-alternativa.ru/text/1806/4>. – Дата доступа: 18.02.2019.
7. Агроперспектива. А у нас биогаз [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://www.agroperspektiva.com/ru/free_article/190. – Дата доступа: 06.02.2019.
8. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндефнер. – Москва: Колос, 1982. – 148 с.
9. Биомасса как источник энергии / под ред. С. Соуфера; О. Заборски; пер. с англ. – Москва: Мир, 1985. – 368 с.

Аннотация. Выявлены и проанализированы факторы, влияющие на процесс получения биогаза для различных типов сырья, определено оптимальное их соотношение с учетом повышения выхода биогаза, улучшения его качества, определены критерии, по которым следует подбирать сырье для биогазовых установок. Обоснована необходимость смешивания сырья и предварительной его подготовки перед по-

дачей в ферментатор с анализом существующих технологий и оборудования.

Ключевые слова: биогаз, органическое сырье, ферментатор, биомасса, метан, измельчение, биогазовые установки.

УДК 637.133.1

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Процесс срочного охлаждения свежесвыдоенного молока позволяет сохранить все качества продукта, подавляя развитие в нем микрофлоры. Чтобы за короткое время снизить температуру молока с +36 до +4–6 °С и грамотно организовать его хранение до переработки, используют танки-охладители.

Несмотря на то, что свежесвыдоенное молоко имеет естественную устойчивость к бактериям, только немедленное охлаждение молока до температуры 4–6 °С может остановить рост бактерий [3]. Технологически правильное охлаждение молока – единственный путь к сохранению наилучшего качества молока и получению наибольшей прибыли.

Основная часть. Молоко является отличной средой для развития молочнокислых и маслянокислых бактерий. Бактерии в молоко попадают из вымени животного, из воздуха, с рук человека, из посуды и т. д. Оптимальная температура для роста и развития бактерий 25–40 °С и pH среда 6,8–7,4.

Молочнокислые бактерии, которые вызывают сквашивание молока, приостанавливают свой рост при температуре примерно 10 °С, а при температуре 2–4 °С их развитие полностью прекращается. Заморозка также помогает приостановить развитие бактерий в молоке, но в дальнейшем, при размораживании, многие бактерии возобновляют свою активность.

Охладитель молока – аппарат для понижения температуры молока в целях подавления развития в нём микрофлоры. При этом между молоком и охлаждающей жидкостью происходит теплообмен через стенки труб или листы. Чем меньше загрязнено молоко, быстрее охлаждено и ниже температура его охлаждения, тем дольше сохраняются его