

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

. В настоящее время в мире наблюдается повышенный интерес к возобновляемым источникам энергии, что обусловлено непрерывным уменьшением запасов энергоносителей, их удорожанием, ухудшением экологии, а также желанием многих стран достичь определенного уровня энергетической безопасности. Одним из них является биомасса, из которой получают биогаз и ценные биоудобрения. Лидерами в этом производстве являются Дания, Германия, США, Китай, Индия и другие страны [1–10].

Перечень органических отходов, из которых можно производить биогаз достаточно широк: навоз (как плотный, так и жидкий), птичий помет, зерновая и меласная послеспиртовая барда, пивная дробина, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха, бытовые отходы, отходы молокозаводов, отходы производства биодизеля и т. д. Для производства биогаза используются также специально выращенные энергетические культуры. Установлено, что 86 % биогазового потенциала содержится в сельскохозяйственном сырье и лишь 8 % – в промышленных и коммунальных отходах [2, 4, 10].

В процессе получения биогаза необходимо выделить основные факторы, влияющие на его выход и на производительность биогазовых установок, такие как правильный подбор компонентов сырья, из которого производится биогаз и грамотная их подготовка к ферментации.

. Биогаз, получаемый при переработке отходов сельскохозяйственного производства, состоит на 55–75 % из метана, 27–44 %  $\text{CO}_2$ , 0–3 %  $\text{N}_2$ , 0,01–0,02 %  $\text{H}_2$ , 0,01–0,02 %  $\text{CO}$  и включает до 1 %  $\text{H}_2\text{S}$ . Он образуется в результате разложения органического сырья в анаэробных условиях.

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 сы-

рье (таблица). Именно от этих показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав.

Тип сырья	Выход газа на кг сухого вещества, м <sup>3</sup>	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	7,3–9,7
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

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, должна быть не менее 85 % в зимнее время и 92 % в летнее время года, а выход биогаза напрямую зависит от вида используемого сырья, а также температуры процесса сбраживания. 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). 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.

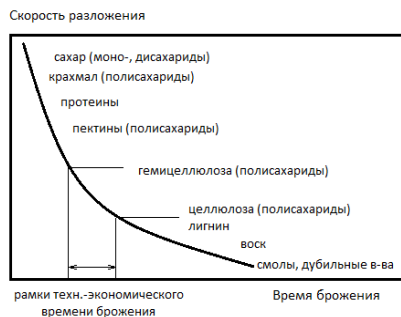


Рис. 1. Скорость разложения групп веществ

Рис. 2 наглядно показывает разницу в выходе газа из выделений различных видов животных и птицы в зависимости от продолжительности периода брожения. 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.

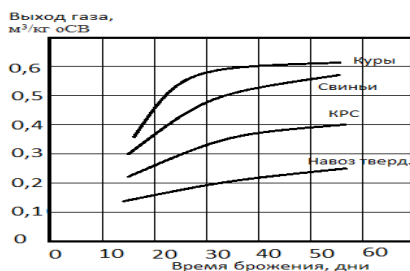


Рис. 2. Выход газа при термофильном режиме в зависимости от вида сырья и продолжительности брожения

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.

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 и других. Эти микроэлементы особенно необходимы бактериям для образования ферментов, ускоряющих процесс брожения. Все эти вещества в необходимом количестве содержатся в жидком и твердом навозе [9].

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: 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. Поэтому содержание органической сухой массы в соотношении с общей массой, является главным критерием для выбора составляющих смеси.

Содержание метана в биогазе определяется в первую очередь составом сырья. Максимальное его количество получается из протеинов – 71 %; жиры дают – 68 %, а углеводороды – лишь 50 %. 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 м<sup>3</sup> метана на килограмм органического сухого субстрата с отклонениями до ±30 %.

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

Проанализированы факторы, влияющие на повышение выхода биогаза для различных типов сырья. Выявлено, что для

повышения выхода биогаза из биогазовой установки необходимо тщательно подбирать исходное сырье, которое характеризуется определенными качественными показателями, от которых зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав. Определено оптимальное их соотношение, обоснована необходимость применения сырьевых смесей и предварительной их подготовки перед загрузкой в ферментатор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтэрнатыўная энергетыка ў Рэспубліцы Беларусь: накірункі і перспектывы развіцця / Т. У. Сачыўка [і інш.] // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2024.
2. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – Москва: Колос, 1982. – 148 с.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
4. Веденев, А. Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А. Г. Веденев, Т. А. Веденева – Бишкек: Евро, 2006. – 90 с.
5. Острейко, А. А. Методы интенсификации процесса метанового брожения / А. А. Острейко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 214–217.
6. Острейко, А. А. Оценка качественных характеристик сырья, используемого для получения биогаза / А. А. Острейко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 98–101.
7. Острейко, А. А. Получение биогаза из смесей сырья животного и растительного происхождения / А. А. Острейко, К. Л. Пузевич // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 31–34.
8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
9. Шаршунов, В. А. Особенности анаэробной обработки бесподстилочного навоза и навозных стоков с получением биогаза / В. А. Шаршунов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 105–109.
10. Эдер, Б. Биогазовые установки: практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц. – Москва, 2006. – 238 с.

*Аннотация.* Проанализированы факторы, влияющие на повышение выхода биогаза для различных типов сырья. Определено их соотношение, обоснована необходимость применения сырьевых смесей и предварительной их подготовки перед загрузкой в ферментатор.

*Ключевые слова:* биогаз, ферментатор, биогазовая установка, органические отходы, метан.