

УДК 621.433:662.767

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗНОЙ МАССЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Иван Павлович Криволапов

кандидат технических наук, доцент

ivan0068@bk.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены технико-технологические принципы переработки органических отходов из навозных стоков свиноводческих комплексов и рассмотрены этапы производства биогаза с описанием работы биогазовой установки.

Ключевые слова: переработка органических отходов, утилизация навоза, животноводческий комплекс, биогазовая установка, фракции органической массы, анаэробный процесс, органические удобрения.

Утилизация отходов – на сегодняшний день одна из наиболее актуальных проблем. Для животноводов и птицеводов проблема утилизации отходов давно превратилась в «хроническую»: проблема переработки и утилизации навоза или помета является одной из самых острых во многих странах [1, 2]. Агрокомплексы за размещение на своих угодьях навоза или помета платят значительные суммы, не считая штрафов за загрязнение окружающей среды. Как свидетельствует практика эксплуатации индустриальных животноводческих комплексов, птицефабрик, игнорирование экологического подхода к утилизации полужидкого, жидкого навоза, помета, навозных, пометных стоков привело к резкому снижению качества продукции растениеводства, опасному загрязнению грунтовых, поверхностных вод, атмосферного воздуха, росту заболеваемости животных и человека [3-5].

Известен способ производства синтетического аналога нефти, название которого экологическое топливо – биогаз. Получение биогаза возможно при переработке органических отходов от птицефабрик, свиноферм, ферм, специализирующихся на крупнорогатом скоте, а так же предприятий, в ходе работы которых выбрасывается большое количество органических отходов.

При переработке животноводческих отходов в биогазовых установках возможно получение большого количества продуктов (рисунок 1).



Рисунок 1- Виды продуктов переработки отходов животноводства

Биогаз получают вследствие метанового или водородного брожения биологических масс. Метановое разложение происходит при участии трех видов бактерий: гидролизных, кислотообразующих и метанообразующих. Каждые

последующие бактерии питаются предыдущими - это типичная цепочка питания. Биогаз является высококачественным и полноценным носителем энергии и может многосторонне использоваться как топливо в домашнем хозяйстве и в предпринимательстве для приготовления пищи, производства электроэнергии, отопления помещений, кипячения, сушки и охлаждения. Теплота сгорания в среднем равна 6,0 кВт/ч/куб.м.

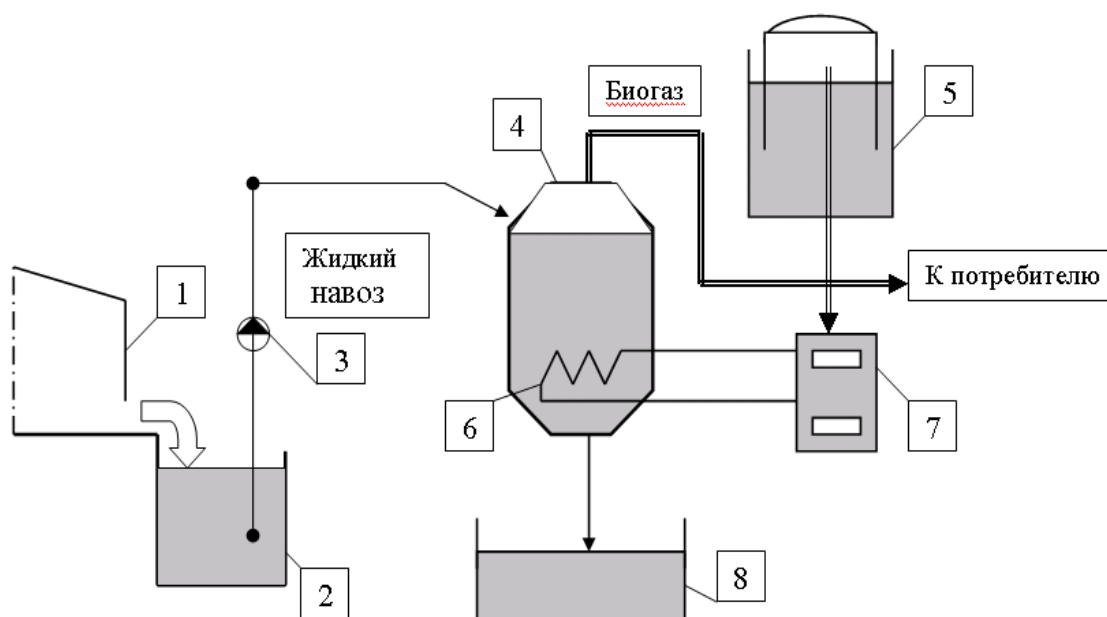
В какой степени биогаз может заменить традиционное топливо, зависит от объёма и эффективности установки. Опыт использования БГУ показывает, что установка объёмом 8 куб.м. и работающая на свином навозе может полностью заменить газ пропан, используемый для приготовления пищи в семье из пяти человек. БГУ объёмом 60 куб.м может использоваться для отопления жилого помещения площадью 200 кв.м и производственного помещения размером 400 кв.м [1, 6].

При эксплуатации биогазовой установки отработанное сырьё является также полезным продуктом [2], способным улучшить экономические и экологические условия крестьянского или фермерского хозяйства (рисунок 2).

Биошлам - это высококачественное удобрение, сырьё для производства биогумуса, субстрата для выращивания грибов. А при соответствующих параметрах установки и контроле над соблюдением температурного режима работы БГУ - кормовая добавка животным, которым необходим для нормального развития животный белок (свиньи, куры и пр.) и прикорм для рыбы в рыбных хозяйствах.

Основное оборудование биогазовой установки - герметически закрытая ёмкость с теплообменником (теплоноситель - вода, нагретая до 50-60 °С), устройства для ввода и вывода навоза и для отвода газа. Технологический процесс осуществляется следующим образом. Навоз из животноводческого помещения поступает в накопительную ёмкость, далее фекальным насосом его загружают в метантенк, где и осуществляется анаэробное сбраживание. Биогаз, образующийся в процессе брожения, поступает в газгольдер и далее к потребителю. Для нагрева навоза до температуры брожения и поддержания теплового режима в метантенке применяют теплообменник, через который протекает горячая вода, нагреваемая в

котле. Сброженный навоз выгружают в навозохранилище и далее используют в качестве удобрения на полях.



1- животноводческое помещение; 2- навозопреемник; 3- насос; 4- метантенк; 5- газгольдер; 6- теплообменник; 7- котел; 8- навозохранилище

Рисунок 2 - Технологическая схема биогазовой установки для переработки жидкого навоза:

Биореактор из железобетона требует меньше металла, но более трудоемок в изготовлении. Чтобы определить объем биореактора, нужно исходить из количества навоза, которое зависит как от численности и массы животных, так и от способа его удаления: при смыве бесподстилочного навоза общее количество стоков увеличивается во много раз, что нежелательно, так как требует увеличения затрат энергии на подогрев [7]. Если суточное количество стоков известно, нужный объем реактора можно определить, умножив это количество на 12 (поскольку 12 суток - минимальный срок выдержки навоза) и увеличив полученную величину на 10 % (так как реактор следует заполнять субстратом на 90 %). Ориентировочная суточная производительность биореактора при загрузке навоза с содержанием сухого вещества 4-8 % - два объема газа на объем реактора: биореактор объемом 50 м^3 будет давать в сутки 100 м^3 биогаза. Как правило, переработка бесподстилочного навоза от 10 голов крупного рогатого скота позволяет получить в сутки около 20 м^3 биогаза, от 10 свиней - $1-3 \text{ м}^3$, от 10 овец - $1 - 1,2 \text{ м}^3$, от 10 кроликов - $0,4-0,6 \text{ м}^3$. Тонна соломы дает 300 м^3 биогаза, тонна коммунально-бытовых отходов - 130 м^3 . Получаемый биогаз плотностью $1,2 \text{ кг/м}^3$ (0,93 плотности воздуха) имеет

следующий состав (%): метан - 65, углекислый газ - 34, сопутствующие газы - до 1 (в том числе сероводород - до 0,1). Содержание метана может меняться в зависимости от состава субстрата и технологии в пределах 55-75 %. Содержание воды в биогазе при 40 °С - 50 г/м³; при охлаждении биогаза она конденсируется, и необходимо принимать меры к удалению конденсата (осушка газа, прокладка труб с нужным уклоном и пр.). Энергоемкость получаемого газа - 23 мДж/м³, или 5500 ккал/м³.

Важно, что биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и сложной инфраструктуры. Биогазовая станция – это строительный объект, как котельная. Для постройки требуется разработка проектной документации и прохождение разрешительной процедуры. Все точно так же, как и при любом строительстве.

Существуют промышленные и малопроизводительные установки. Промышленные установки отличаются от небольших наличием механизации, систем подогрева, гомогенизации, автоматики [8, 9]. Хорошая биогазовая установка должна иметь необходимые части: емкость гомогенизации, загрузчик твердого (жидкого) сырья, реактор, мешалки, газгольдер, система смешивания воды и отопления, газовая система, насосная станция, сепаратор, приборы контроля, КИПиА с визуализацией, система безопасности. Это требует определенных проектных процедур.



Рисунок 3 – Размещение биогазовых установок на территории фермы

При ферментации в навозе полностью сохраняются азот и фосфор [3, 4, 10, 11]. Масса навоза практически не изменяется, если не считать испаряемой воды, которая переходит в биогаз. Органическое вещество навоза разлагается на 30-40 %; деструкции подвергаются в основном легко разлагаемые соединения - жир, протеин, углеводы, а основные гумусообразующие компоненты - целлюлоза и лигнин - сохраняются полностью. Благодаря выделению метана и углекислого газа оптимизируется соотношение C/N. Доля аммиачного азота увеличивается. Реакция получаемого органического удобрения - щелочная (рН 7,2-7,8), что делает такое удобрение особенно ценным для кислых почв. Одним из преимуществ применения биогазовой технологии на свиноферме является также возможность ускоренно получать с помощью анаэробного сбраживания натуральное удобрение, содержащее биологически активные вещества и микроэлементы. В отличие от традиционного удобрения, биоудобрение более доступно по цене и характеризуется сбалансированностью содержащихся в нем питательных элементов, а также высоким уровнем гумификации органического вещества. По сравнению с удобрением, получаемым из навоза обычным способом, урожайность увеличивается на 10-15 %.

Список литературы:

1. Колдин М.С., Криволапов И.П., Лештаев М.В. Технологии и устройства интенсификации процессов при производстве биогаза // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы научно-практической конференции. Мичуринск, 2015. С. 131-135.
2. Завражнов А.И., Миронов В.В., Колдин М.С. Обоснование поточной технологии ускоренного компостирования отходов на фермах КРС // Вестник Мичуринского ГАУ. 2006. №1. С. 162-170.
3. Определение характеристик фильтрующего материала биологических фильтров при переработке отходов животноводства / И.П. Криволапов, К.А. Манаенков, М.С. Колдин, С.Ю. Щербаков // Агропродовольственная политика России. 2018. № 5 (77). С. 52-56.
4. Оценка гранулометрического, химического состава и рН фильтрующего материала для его использования в биологических фильтрах при переработке

отходов АПК / И.П. Криволапов, К.А. Манаенков, М.С. Колдин, С.Ю. Щербаков // Теория и практика мировой науки. 2017. № 4. С. 57-61.

5. Колдин М.С. Исследование теплофизических свойств соломопозных смесей при компостировании // Вестник ГНУ ВНИИМЖ. 2012. №4. С 48-51.

6. Efficiency of using biological filtering material for environmental support of accelerated waste processing / I. Krivolapov, S. Shcherbakov, K. Manaenkov, A. Korotkov, A. Aksyonovsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. – 403(1), 012136.

7. Криволапов И.П., Колдин М.С., Щербаков С.Ю. Исследование эффективности очистки воздуха в животноводческих комплексах от аммиака и сероводорода // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 9-18.

8. Биогазовые установки, комплексы по переработке органических отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promvest.info/ru/inzhenernyie-seti-zhkh/biogazovyye-ustanovki-komplekseyi-po-pererabotke-organicheskikh-othodov>, свободный. – (дата обращения: 21.09.2021)

9. Determination of the air purification efficiency when using a biofilter / Krivolapov, I., Astapov, A., Akishin, D., Korotkov, A., Shcherbakov, S. // Journal of Ecological Engineering. – 2019. - 20(11). - с. 232-239.

10. Методика и результаты оценки концентрации диоксида углерода при разложении соломопозной смеси / И.П. Криволапов, В.И. Горшенин, А.О. Хромов, М.С. Колдин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 55-58.

11. Колдин М.С. Пути совершенствования технологий компостирования органических отходов ферм КРС // Вестник ГНУ ВНИИМЖ. 2011. Т.22. №3. С 239-245.

UDC 621.433:662.767

**TECHNOLOGICAL BASIS FOR PROCESSING MANURE MASS WITH
OBTAINING BIOGAS**

Mikhail S. Koldin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

koldinms@yandex.ru

Ivan P. Krivolapov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ivan0068@bk.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. This article discusses the technical and technological principles of processing organic waste from the manure runoff of pig breeding complexes and discusses the stages of biogas production with a description of the operation of a biogas plant.

Key words: processing of organic waste, disposal of manure, livestock complex, biogas plant, fractions of organic matter, anaerobic process, organic fertilizers.