

DOI 10.31483/r-102660

Врагова Елена Владимировна

Мурзакулов Нуркул Абдилазизович

Ысламов Мухаммадсадык Махаматражапович

**РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
МАЛЫМИ БИОГАЗОВЫМИ УСТАНОВКАМИ
В ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ КЫРГЫЗСТАН**

Аннотация: на сегодняшний день в сфере энергетики перспективным направлением использования возобновляемых источников энергии. Разнообразные предприятия часто располагают отходами производства, которые могут быть использованы в качестве возобновляемых вторичных энергетических ресурсов. Концепция бережливого производства идет рука об руку с повышением экологической безопасности. Сведение отходов производства к минимуму путем их переработки повышает энергосберегающий потенциал производства с одной стороны и показатель экологической безопасности с другой. В настоящее время актуальна проблема утилизации и дальнейшего использования навоза животных. Одним из вариантов эффективной переработки навоза и получения из него ценных продуктов является производство биогаза. Биогазовые технологии позволяют наиболее рационально конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газообразного топлива. Поэтому поиск новых технологий получения биогаза актуален в наше время. Внимание уделено процессам совместного сбраживания животноводческих отходов с растительным сырьем, указаны эффекты увеличения выхода биогаза.

Ключевые слова: биогазовая технология, энергетический потенциал, эколого-социальный эффект, экономический эффект.

Abstract: today, in the energy sector, a promising direction for the use of renewable energy sources. A variety of enterprises often have production waste that can be used as renewable secondary energy resources. The concept of lean manufacturing goes hand in hand with increased environmental sustainability. Reducing production

waste to a minimum by recycling it increases the energy-saving potential of production, on the one hand, and the indicator of environmental safety, on the other. Currently, the problem of utilization and further use of animal manure is relevant. One of the options for efficient processing of manure and obtaining valuable products from it is the production of biogas. Biogas technologies make it possible to most rationally convert the energy of chemical bonds of organic waste into the energy of gaseous fuel. Therefore, the search for new technologies for producing biogas is relevant in our time. Attention is paid to the processes of co-fermentation of animal waste with vegetable raw materials, the effects of increasing the yield of biogas are indicated.

Keywords: *biogas technology, energy potential, environmental and social effect, economic effect.*

Переработка органической части промышленных и бытовых отходов является значительным резервом для улучшения энергетического обеспечения страны за счет их переработки в биогаз. При этом еще и положительно решается вопрос улучшения плодородных свойств сельскохозяйственных почв за счет их удобрения качественными органическими биоудобрениями, образующимися после переработки указанных отходов в биогаз. В совокупности эти мероприятия формируют значительный положительный эколого-экономический эффект как за счет получения дополнительных энергоносителей, так и за счет предотвращения загрязнения окружающей среды. Как в городах, так и в небольших поселениях и селах имеется значительный потенциал для изготовления биогаза из органических отходов промышленного и бытового характера. С ростом цен на газ и электроэнергию процесс распространения изготовления биогаза все стремительнее будет набирать обороты.

Использование возобновляемых источников энергии является важным направлением энергетической политики и безопасности Республики Кыргызстан (РК), направленной на сбережение топливно-энергетических ресурсов и улучшение состояния окружающей среды. Нам следует диверсифицировать источники энергоносителей, и наиболее предпочтительным вариантом является увеличение

объемов использования возобновляемых источников энергии разного типа в энергетическом балансе РК, что будет способствовать укреплению энергетической независимости государства. Важно оптимально развивать все виды альтернативной энергетики, то есть при малейших затратах получать наибольшее количество энергии.

Изготовление биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу и заместить природный газ. Метан является одним из основных газов, который создает парниковый эффект. При этом он является основой природного газа, который мы используем, то есть ценным топливом. Было установлено, что: теплотворная способность биогаза 5,0–5,5 тыс. ккал/м³ или 22 МДж/м³ при разложении 1 м³ твердых бытовых отходов образуется до 1,5 м³/час биогаза. При этом местное производство биогаза поможет улучшить обеспечение энергией отдаленные районы, в которых поставляемая энергия стоит дороже стоимости транспортировки.

Изготовление и использование биогаза и биоудобрений – это сложный и многоуровневый процесс, который имеет массу факторов, которые могут влиять на эколого-экономическую эффективность. Начиная со стадии проектирования, строительства, внесения сырья, запуска, поддержки необходимых условий деятельности биогазовой установки (БУ), контроля качественных показателей на входе сырья и на выходе полученного биогаза и биоудобрений, поддержание всех узлов БУ в исправном состоянии [1].

Биологическую массу перерабатывают в целях получения тепла или топлива высокого качества. Учитывая вид производимого конечного продукта (твердое, жидкое или газообразное топливо), существуют разные способы переработки биомассы: термический, химический, термохимический, биологический, биохимический.

Выбор способа переработки зависит от вида биомассы, конечной цели (получение твердого, жидкого или газообразного топлива), экономической и экологической целесообразности.

Термохимические процессы:

- сжигание: с целью получения теплоты (сухое гомогенное топливо);
- пиролиз. биомассу нагревают до температуры 450...550°C без доступа воздуха. Получают твердый остаток – кокс (древесный уголь), газы (СО, СО₂, Н₂, Н₂О и др.) и жидкостную массу (спирты, масла и т. п.);
- газификация. процесс нагрева (частичное сжигание) топлива с ограниченным количеством воздуха (кислорода) в диапазоне температур 800...1600°C и давлении от 1,0 до 10,0 МПа. При газификации образуется синтез-газ (СО, Н₂, СН₄ в соответствующей пропорции);
- гидрогенизация: с разными вариантами предварительной подготовки сырья и проведения самого процесса.

Биохимические процессы:

- спиртовая ферментация. Этиловый спирт (альтернатива бензину), как правило, производится микроорганизмами в процессе ферментации;
- анаэробная переработка. Без кислорода микроорганизмы способны поглощать энергию, непосредственно перерабатывая углеродсодержащие компоненты и вырабатывая вследствие этого СО₂ и СН₄. Это также ферментация, но ее называют брожением по аналогии с процессами в пищеварительном тракте у жвачных животных. Получившуюся смесь СО₂ и СН₄, а также сопутствующих газов, называют биогазом;
- биофотолиз. Биофотолиз – разложение воды на водород и кислород под действием света. Если водород сгорает или взрывается как топливо в смеси с воздухом, происходит рекомбинация О₂ и Н₂. Некоторые микроорганизмы продуцируют или могут продуцировать водород таким биофотолизом.

Агрехимические процессы:

- экстракция топлива. Жидкое или твердое топливо можно получить прямо от живых или свежесрезанных растений, из которых собирают или выжимают сок прессом (например, производство каучука).

Есть также более сложные факторы, такие как протекание анаэробного процесса брожения, а также внутренние и внешние факторы, которые на него влияют. Конструкционные особенности оказывают также значительное влияние на

эффективную деятельность биогазовой установки. Поэтому в соответствии с видами сырья должны быть подобраны характерные особенности как биогазового реактора, так и вспомогательных звеньев [2].

Продуктом анаэробной ферментации органических веществ является биогаз – смесь CO_2 и CH_4 . Органические вещества разлагаются метановыми бактериями при следующих основных благоприятных условиях для их жизнеспособности:

- 1) отсутствие свободного кислорода;
- 2) достаточное количество азота;
- 3) наличие щелочной среды ($\text{pH} = 6,6 \dots 7,2$);
- 4) отсутствие света;
- 5) соответствующее значение температуры;
- 6) высокая влажность (выше 50%).

Разложение органических веществ протекает в процессе жизнедеятельности микробов, который можно условно поделить на два этапа. На первом кислотообразующем этапе бактерии превращают высокомолекулярные органические соединения в низкомолекулярные. Второй этап называется алкалической газификацией, в котором метановые бактерии синтезируют необходимый для их жизнедеятельности кислород из молекул кислот с выделением CO_2 , CH_4 и H_2O .

Образующийся при метановом брожении биогаз представляет собой смесь, состоящую из 50...80% метана, 15...20% углекислого газа, около 1% сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода), аммиака, окиси углерода и т. п.).

В качестве исходного материала для получения биогаза могут быть использованы отходы животноводческих ферм и различных растений, бытовые органические отходы населенных пунктов. Выход и состав биогаза (содержание основного топлива – метана) определяется значительным количеством факторов, но в основном зависит от состава исходного сырья. Выход биогаза из разных отходов сельскохозяйственного производства и органических бытовых и промышленных отходов представлен в табл. 1.

Биогазовый реактор – основа любой биогазовой установки, поэтому к его конструкции предъявляются достаточно жесткие требования. Корпус биогазового реактора должен быть достаточно крепок при абсолютной герметичности его стен. Обязательны надежная теплоизоляция стенок и их свойство противостоять коррозии. При этом необходимо предусмотреть возможность загрузки и выгрузки реактора. Принцип работы всех биогазовых установок одинаков: после сбора и подготовки сырья, заключающегося в доведении его до необходимой влажности в специальной емкости, она подается в реактор, в котором создаются условия для оптимизации процесса анаэробного брожения [3].

По конструктивным признакам биогазовые реакторы бывают одно- и многореакторные. Большую производительность имеют многореакторные установки, в которых обеспечивается непрерывный цикл анаэробного брожения.

В небольших биогазовых установках важно достижение высокой степени разложения субстрата, поскольку в них необходимо обеспечить равномерное перемешивание биомассы, управление погрузкой рабочего объема камеры и соблюдение времени нахождения массы в реакторе. Разрушение плавающей корки и осадка связано с большими затратами.

Таблица 1

Выход биогаза и содержание в нем метана
при использовании разных видов отходов

Исходное сырье	Выход биогаза на 1 кг сухого вещества, л/кг	Содержание метана (CH ₄), %
Навоз крупного рогатого скота	200–300	50
Навоз свиной	340–480	60–75
Конский навоз с соломой	250	56–60
Ботва картофельная	420	60
Стебли кукурузы	420	53
Солома пшеничная	342	58
Силос	250	84
Трава свежая	360	52
Опилки древесины	220	51
Жесткий осадок сточных вод	570	70
Домашние отходы и мусор	600	50

Принципиальная энергосберегающая технологическая схема утилизации органики в биогазовой установке приведена на рис. 1. Субстрат из накопительного резервуара после измельчения и стерилизации в блоке подготовки субстрата поступает в биогазовую установку. Процесс анаэробного брожения происходит более эффективно при его интенсификации и термостабилизации. Интенсифицировать процесс высвобождения биогаза можно за счет перемешивания органической массы виброактивацией, барботированием или механическим способом. Важным аспектом стабильности теплового режима в биогазовой установке является подогрев субстрата и одновременная теплоизоляция стен реактора от колебаний температур окружающей среды [5].

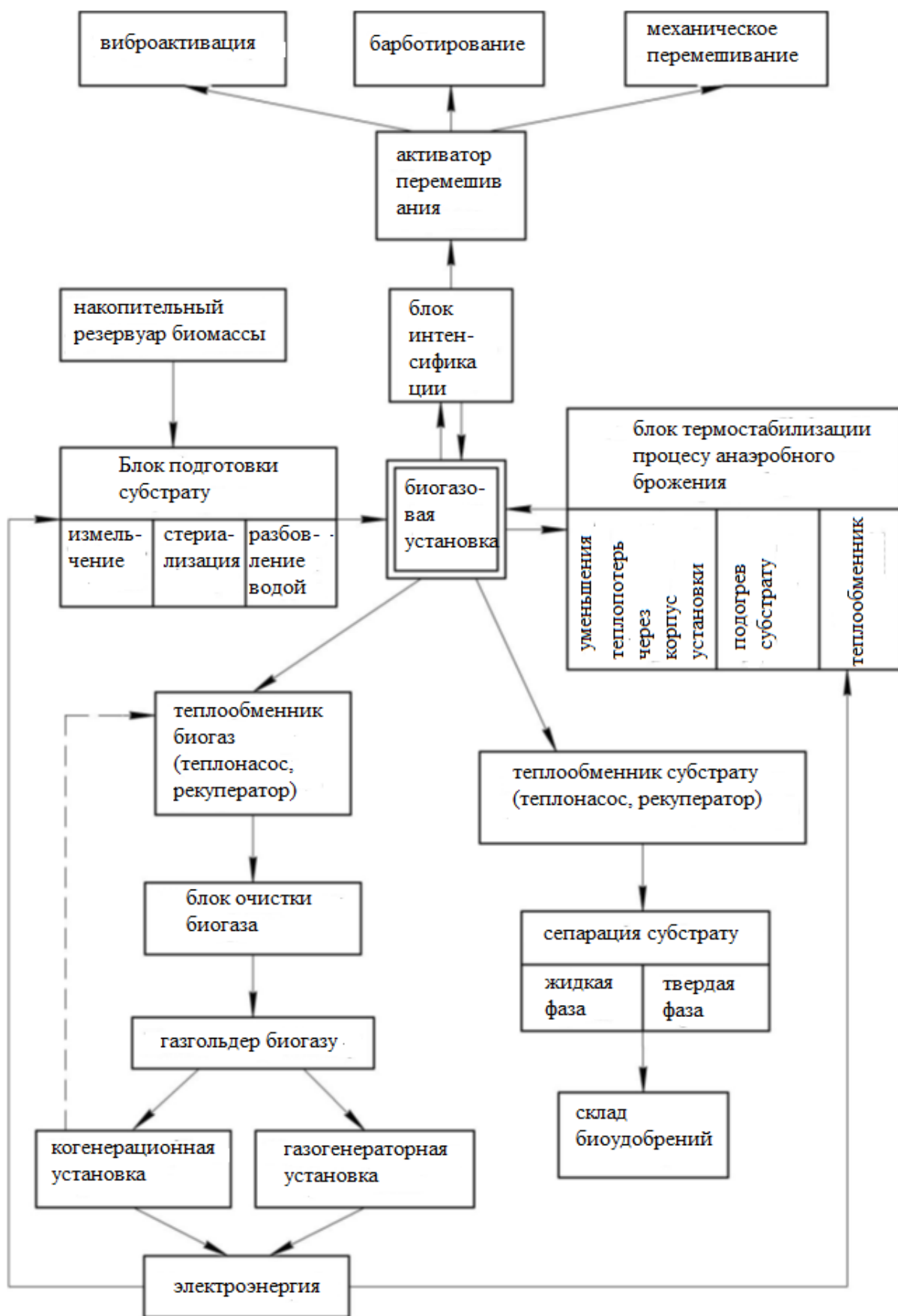


Рис. 1. Принципиальная энергосберегающая технологическая схема утилизации органики в биогазовой установке

Классификация биогазовых реакторов по конструктивным признакам приведена в таблице 2.

Таблица 2

Классификация биогазовых реакторов по конструктивным признакам

<i>Конструкции биогазовой установки</i>	
Форма реактора	яйцеподобный
	цилиндрический
	траншейный
	кубический
	эластичный
Размещение резервуара	горизонтальные
	вертикальные
Количество камер	однокамерные
	двухкамерные
Материал конструкции	бетон
	стеклопластик
	метал
	прорезинивая ткань
Вид перемешивания	механическое
	гидравлическое
	барботажное
Теплообмен	нагрев горячей водой
	нагрев паром под давлением
	электронагрев

С точки зрения создания наиболее благоприятных условий для перемешивания жидкого субстрата, накопления газа, удаления отработанных удобрений и разрушения образующейся на поверхности корки целесообразно использовать резервуар, по форме напоминающий яйцо (рис. 2). Большие реакторы такой формы обычно сооружают из бетона, поэтому для них характерна высокая стоимость изготовления, что существенно ограничивает их применение. Однако реакторы меньших объемов совсем несложно выполнить из стеклопластика, то есть из армированной полиэфирной смолы, к тому же у них меньшая стоимость.

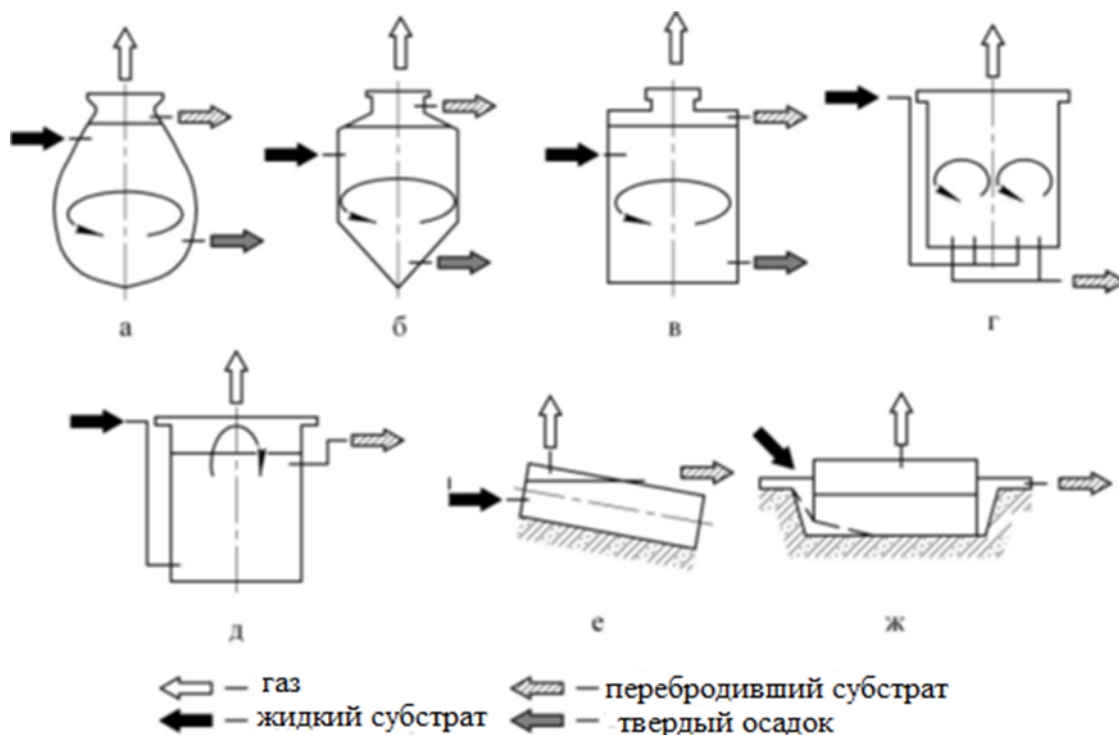


Рис. 2. Наиболее распространенные типы резервуаров биогазовых реакторов:
 а – в виде яйца, б – цилиндрический с конусными верхней и нижней частями,
 в – цилиндрический, г – цилиндрический с перегородкой, д – в виде параллеле-
 пипеда (с перегородкой), е – цилиндрический (расположен с наклоном),
 ж – траншея в почве (с крышкой)

Необходимыми условиями для переработки органических отходов внутри реактора биогазовой установки являются:

- создание бескислородного режима;
- соблюдение температурного режима;
- доступность питательных веществ для бактерий;
- выбор оптимального времени брожения и своевременную погрузку и вы-
 грузку сырья;
- соблюдение кислотно-щелочного баланса;
- соблюдение соотношения содержания углерода и азота;
- правильная пропорция твердых частей в сырье и перемешивании;
- отсутствие ингибиторов процесса.

Классификация факторов оптимизации направлений процесса анаэробного брожения приведена в таблице. 3.

Таблица 3

Классификация факторов оптимизации
направлений процесса анаэробного брожения

<i>Факторы оптимизации направлений анаэробного брожения</i>			
биологические	физические	химические	организационно-технологические
состав сбраживающей массы	температура сбраживания	кислотность среды	доза суточной загрузки порций сбраживающей массы
состав микрофлоры	давление в реакторе	содержание летучих жирных кислот в сбраживающей массе	нагрузка по беззольному веществу
условия жизнедеятельности микроорганизмов	гидравлический режим	объем и состав биогазу	содержание в биомассе вещества, не поддающегося переработке

Для увеличения выхода биогаза в результате анаэробного брожения субстрата в биогазовой установке широко используется процесс перемешивания смеси. Перемешивание интенсифицирует процессы внутри биореактора и предотвращает образование осадка и плавающей корки на поверхности биомассы, что приводит к увеличению образования биогаза из органических отходов, а следовательно, к росту эффективности биогазовой установки. Известно механическое, гидравлическое и аэродинамическое перемешивание смесей. Наиболее перспективным оборудованием для интенсификации процесса анаэробного брожения субстрата являются биореакторы с механическим перемешиванием [6].

Механическое перемешивание смесей осуществляется лопастными, пропеллерными, турбинными и специальными мешалками. Турбинные мешалки оснащены лопастями и имеют четко очерченный ротор. В зависимости от способа крепления лопастей и их конфигурации в анаэробной биоконверсии встречаются

разные типы турбинных мешалок. Наиболее простой и одновременно высокоэффективной является мешалка с прямыми радиально расположенными лопастями. Плоские лопасти могут быть наклонены под определенным углом относительно плоскости вращения мешалки для лучшего перемешивания субстрата.

Пропеллерные мешалки считаются наиболее эффективными в тех случаях, когда необходимо создать значительную циркуляцию субстрата в биогазовой установке при минимальном расходе механической энергии. Они выполняют эту задачу лучше, чем мешалки другого типа, например турбинные. Пропеллерные мешалки создают осевую циркуляцию органических отходов внутри реактора за счет насосного эффекта, поэтому легко поднимают твердые частицы с его дна.

Лопастные мешалки стали первыми использоваться в системах биоконверсии и в химической промышленности. На сегодняшний день они используются в тех случаях, когда нет необходимости в интенсивной радиально-осевой циркуляции органической смеси в биогазовой установке. Основным преимуществом лопастных мешалок является простота и низкая стоимость.

Якорные и рамные мешалки отличаются исключительно низким числом оборотов. Диаметр таких мешалок приближается к диаметру биогазового реактора, а зазор между лопастью и стенкой реактора незначителен. Таким образом, в случае применения этих мешалок можно избежать местного перегрева субстрата или возникновения осадка на дне реактора.

Шнековые мешалки работают по тому принципу, что и пропеллерные, но при меньших числах оборотов. Они применяются для перемешивания смесей значительной вязкости, в частности, для органического субстрата внутри биогазовой установки. В этом случае они затрачивают меньше энергии, чем пропеллерные мешалки для создания одинаковой циркуляции субстрата в биореакторе.

Использование дисковых и скребковых мешалок в процессах биоконверсии неэффективно, поэтому почти не применяется.

Хорошо функционирующая биогазовая установка приносит ряд преимуществ своему владельцу, обществу и окружающей среде в целом.

Экономия средств:

– возможность экономить средства, которые раньше расходовались на топливо и электроэнергию;

– экономия средств, расходуемых на покупку удобрений и гербицидов.

Возможность получения дополнительных средств:

– продажа биогаза и биотоплива;

– дополнительные средства при повышении урожайности сельскохозяйственных культур за счет применения биоудобрений;

– дополнительные средства при разведении скота и птицы за счет кормовых добавок из переработанного сырья.

Быстрая окупаемость установок:

– биогазовая установка с подогревом сырья любой мощности окупается примерно за год эксплуатации;

– уменьшается риск респираторных и глазных заболеваний за счет очищения воздуха в результате уменьшения количества органических отходов в местах их складирования;

– улучшается состояние здоровья за счет получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции при использовании экологически чистых удобрений.

Экологическая выгода:

– уменьшение выбросов метана в атмосферу (парниковый газ), который образуется при хранении навоза под открытым небом;

– уменьшение выбросов углекислого газа и продуктов сгорания угля, дров и других видов топлива;

– уменьшение загрязнения воздуха азотистыми соединениями, имеющими неприятный запах;

– уменьшение загрязнения водных ресурсов вредными токсичными стоками;

– сохранение лесов от вырубки;

– уменьшение использования химических удобрений.

РК – это страна со значительным аграрным потенциалом, с последующей реализацией которого количество сырья для биогазовых установок будет стремительно расти.

Сейчас в мире сложно назвать лидера в производстве биогаза, пока первенство занимает Евросоюз, а именно Германия. Общее количество биогазовых установок в Европе превышает 11 тыс., 7,2 тыс. из которых расположены в Германии. Использование биоэнергии – это приоритетный вопрос энергетической безопасности при растущих мировых ценах на энергоресурсы. Энергия возобновляемых ресурсов является одной из наиболее актуальных тем во всем мире, что объясняет рост количества заводов по производству биогаза в ЕС за последние пять лет.

В то же время энергоемкость государственной экономики значительно превышает равноценные показатели экономически развитых стран, что делает РК значительно чувствительнее к условиям импортирования, как природного газа, так и других видов топлива.

В Республике Кыргызстан есть значительный сырьевой потенциал для производства биогаза и большие возможности для наращивания мощности биогазовых установок. При этом отходы в аграрном секторе превращаются в ценное сырье, а затем в энергоресурсы и биоудобрения, при этом почти не тратя средства на утилизацию, поэтому, инвестируя в утилизацию отходов, мы получаем новое направление бизнеса, а также получаем возможность заниматься утилизацией органических отходов эколого-экономически эффективным методом. Что открывает возможности для повышения эффективности деятельности производств аграрной сферы, уменьшения количества отходов, попадающих на свалки от предприятий пищевой и легкой промышленности, а также гостинично-ресторанного бизнеса. Замещение энергоносителей и значительное уменьшение их импорта является стратегическим вопросом. Наличие сырья и спроса на рынке относительно замещения энергоносителей и удобрений, которые есть для этого, нужно использовать, потому что они будут иметь важное влияние на ВВП страны и курс валют, а также энергетическую безопасность.

Нужно, чтобы каждый производитель, а особенно крупный имел замкнутый технологический цикл. Население, как значительный потребитель продуктов питания и генератор при этом большого количества отходов, пока не имеет замкнутого цикла этого потребления и с каждым днем увеличивает количество отходов от потребления органических продуктов, что будет продолжаться и в дальнейшем. Для решения этой проблемы производитель должен создать условия для утилизации отходов от потребления продукции. Это требует дополнительных действий и затрат со стороны производителя, который может подготовить эколого-экономически эффективный проект по утилизации и разделению расходов с потребителем для заинтересованности последнего в утилизации органических отходов. То есть потребитель должен в свою очередь передать продукт или его остатки в соответствующую компанию для утилизации и получить возмещение за это (или не платить за их вывоз). Именно переработка органических отходов в биогазовой установке является универсальным и эколого-экономически эффективным мероприятием.

Малые биогазовые установки – это отличное решение для небольших домохозяйств, образовательных центров как в плане переработки отходов на ценные ресурсы, так и в плане формирования экологического сознания у населения. Для населения, проживающего в деревнях и частных домах, существует возможность применения небольшой биогазовой установки для утилизации органических отходов. Разработанная малая биогазовая установка приспособлена к нуждам населения, она отлично подходит для небольших домашних хозяйств, загородных домов, где любые органические отходы от приготовления пищи или навоз животных могут быть использованы, как сырье для получения биогаза и биоудобрений. При этом цена такой установки колеблется в пределах 35 000 сом. Кыргызстана. Установка работает почти полностью автономно и автоматически, то есть при ее заполнении ежедневно органическими отходами 6–10 л или отходами животных до 20 л при наличии оптимальных температурных условий в сутки – около 20 градусов Цельсия. Такая установка изменяет процесс потребления человеком товаров и энергии:

А. Линейное потребление (обычное):

- 1) потребление газа для приготовления пищи (образование CO_2);
- 2) потребление пищи;
- 3) органические отходы, которые нужно утилизировать (от приготовления, хранения и остатков после потребления).

Б. Замкнутый цикл (потребление и изготовление вторичного сырья, эколого-экономически эффективное):

- 1) потребление газа для приготовления пищи (образование CO_2 нивелируется его потреблением при росте растения);
- 2) потребление пищи;
- 3) органические отходы, которые необходимо утилизировать (проведение анаэробной ферментации);
- 4) получение биогаза и использование его для приготовления пищи;
- 5) получение биоудобрений, которые могут быть использованы для выращивания сельскохозяйственных культур и других растений.

На рис. 3 изображена блок-схема брожения в анаэробном реакторе с восходящим слоем.

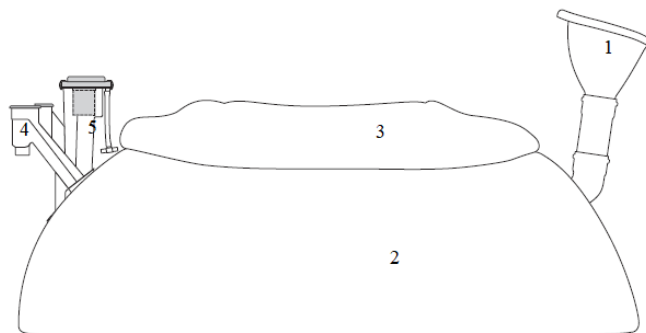


Рис. 3. Блок-схема производства биогаза: 1 – входной узел; 2 – реактор; 3 – камера сбора; 4 – узел выхода биоудобрений; 5 – фильтр

Объем системы $2,1 \text{ м}^3$; Объем камеры сбора газа 700 л.; Объем бака реактора 1200 л.; Размеры 210 x 115 x 130 (см, Д x Ш x В); Номинальное давление газа 10 мбар.

В зависимости от температурного интервала, поддерживаемого в биогазовой установке в процессе работы, различают режимы сбраживания:

- криофильный ($T < 23^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{опт}} = 20^{\circ}\text{C}$);
- мезофильный ($T = 25\text{--}45^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{опт}} = 32\text{--}42^{\circ}\text{C}$);
- термофильный ($T = 45\text{--}55^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{опт}} = 48\text{--}51^{\circ}\text{C}$).

Криофильный режим сбраживания не требует специального подогрева субстрата, протекает при температуре окружающей среды и используется на небольших индивидуальных установках в странах с теплым климатом. Мезофильный режим сбраживания, как это подтверждено многочисленными исследованиями практической эксплуатации установок, протекает наиболее интенсивно в температурном интервале $32\text{--}42^{\circ}\text{C}$. При этом наиболее активно работают метаногенные бактерии с максимальным образованием биогаза.

Производство бытового биогаза сделало возможным в домохозяйстве эффективно преобразовывать отходы в ценное сырье. После четкого анализа и тестирования существующих конструкций биогазовой установки стало очевидно, что традиционные системы имеют существенные ограничения. Поэтому мы решили модернизировать технологию и создать эффективный генератор биогаза, который легко устанавливался и был доступен для всех. Количество сырья для него меняется в зависимости от размера системы и очень важно для качественного и продуктивного бактериального сообщества. Наполнение биогазовой установки большим количеством сырья, чем бактерии могут переварить, приведет к падению рН и прекращению производства газа. Также бытовую биогазовую установку не следует заправлять никакими неорганическими материалами, такими как металл, пластик, стекло, бумага. Не следует заправлять скошенной травой, листьями деревьев, ветками, песком и землей, поскольку они низкокалорийные, требуют больше времени для переваривания бактериями и в конечном итоге только прерывают суточную добычу газа.

Первоначальный прототип тестировался в г. Ош. Последующие исследования, доработка и оптимизация процессов привели к созданию модели, которая была более дешевой, более легкой в установке и большей мощности для переработки отходов и изготовления биогаза.

В среднем 1 кг пищевых отходов дает около 200 л, то есть это 0,2 м³, что генерирует примерно 1–2 часа приготовления пищи на высоком пламени. Итак, на 6 л пищевых отходов можно осуществлять процесс 2–3-часового приготовления пищи на газе ежедневно – оптимальное количество для трех приемов пищи. Чтобы запустить установку, можно использовать один из двух способов: 1) естественным путем, используя 100 л навоза животных из местной фермы, или 2) можно применить бактериальный комплект.

Ежегодно, благодаря использованию биогазовой установки, можно извлекать из оборота тонны органических отходов, а также уменьшать вредные выбросы, эквивалентные шести тоннам углекислоты (CO₂). Использование установки может компенсировать выбросы углерода при использовании автомобиля. Биогазовая установка идеально подходит для семей разного размера. Она не предназначена для промышленного использования или таких заведений, как гостиницы или крупные рестораны, которые производят достаточно значительное количество органических отходов, с которыми эта установка не в состоянии справиться.

В свою очередь для экосел, общественных центров и образовательных организаций данная установка может являться крупным экологически-образовательным инструментом. Это, так сказать, часть экокультуры в действии, идеально подходящая для мини-ферм, а также центров с мелким животноводством. Установка может наглядно показывать сложный процесс и формировать принципы экологического образования, а также заинтересовать направлением сбалансированного развития.

Система может работать в местах со средней температурой дневная/ночная более 17°C. При такой температуре она будет немного снижать свою производительность, для оптимальной производительности температура должна быть выше 20°C. При более низких температурах она не может работать.

Относительно подключения любых бытовых приборов, включая газовую плиту или газовую печь, ее нужно модифицировать для поддержания биогаза. Мы рекомендуем устанавливать ее на открытом воздухе, так как после того, как

газовый резервуар полностью заполнится (700 л), любой избыточный газ будет выброшен в атмосферу. Но это легко исправить, добавив в систему еще один резервуар, хотя мы больше заинтересованы в использовании дневного запаса газа.

В отличие от описанной установки компостеры обычно пригодны для переработки отходов из газонов, листьев, древесных стружек и выходов от вегетарианских блюд. По многим причинам компостеры не подходят для кухонных отходов, таких как мясо, рыба, масло и жиры. Наша установка может дополнить компостер или даже заменить его, поскольку она превращает все органические отходы, даже те, которые компостер не может переработать, а также обеспечивает генерирование газа и жидкого удобрения для немедленного использования. При этом не происходит загрязнения парниковыми газами атмосферного воздуха и уменьшается влияние на развитие парникового эффекта.

В климатических условиях Кыргызстана нужно дополнительно обеспечить оптимальные температурные условия и для этого лучше всего подойдет незадействованная часть парника (теплицы) или хозяйственные помещения для того, чтобы была возможность отопления и хорошая термоизоляция. Нашу систему следует разместить так, чтобы зимой оборудование получало максимум тепла от солнца для снижения затрат на отопление. Для этого следует добавить еще один резервуар для биогаза и вывести сбросную трубку на улицу. Можно также использовать водонагреватель, применяемый в аквариумах для подогрева резервуара. В случае отсутствия возможности повысить температуру до 20°C следует прекратить функционирование системы до тех пор, пока средние температуры не увеличатся до 20°C (68 F), и спящие бактерии снова пробудятся в теплой среде. Когда температура повысится, можно снова подавать в систему 3 л сырья в день и постепенно увеличивать порции до 6 литров (процесс должен занять около 2 недель). Что касается ситуации, если температура опустится ниже температуры замерзания, то следует слить не менее 200 л жидкости из системы. Когда температура снова повысится до 20°C, нужно заполнить агрегат, а затем постепенно увеличивать количество сырья на переработку (до 6 л в день в течение двух недель).

Биогазовая установка – это удобное устройство, использующее природные бактерии для превращения всех пищевых отходов в чистый, возобновляемый биогаз для приготовления пищи и жидких удобрений прямо на заднем дворе усадьбы. Она отлично сможет обеспечивать ежедневные потребности небольшой семьи. А в масштабах страны – это значительные объемы газа, которые идут для нужд домохозяйств. Если учесть, что за день работы такого биогазового оборудования производится около 0,2 м³ биогаза, в месяц – 6 м³, а за год соответственно 72 м³, то при стоимости газа 22,39 сом/м³ годовая экономия будет составлять 1612,1 сом. Что касается количества биоудобрения, то производится 2–3 л в день, цена 20 л канистры – около 1600–1700 сом. То есть 80 сом/л, а через месяц мы получаем 75 л, за год – 900 л, что эквивалентно 72000 сом/год. Исходя из цен на 05.05.22, в сумме мы получаем 73612,1 сом/год, срок окупаемости составит 1 год, а в случае повышения стоимости газа и биоудобрения срок окупаемости уменьшится.

Биоудобрение можно использовать разными способами.

Базовая подкормка означает, что вы можете использовать биоудобрение примерно за 1 месяц до посадки, чтобы подготовить почву к посадке.

Подкормка означает, что вы можете использовать биоудобрение во время посадки до 2–3 раз в неделю.

Источник воды для компоста ускорит процесс компостирования и добавит питательные вещества в конечный продукт.

Важно то, что биоудобрение следует разбавлять перед использованием, просто смешав 3 литра воды с каждым 1 литром биоудобрения.

Относительно наличия на Кыргызском рынке небольших биогазовых установок можно отметить, что они встречаются, но производятся почти под заказ, у нас нет открытых распространенных проектов-аналогов. У нас есть проекты с объемом реактора 200–220 л и системой электронного подогрева бака. К плюсам нашего варианта относится и то, что можно корректировать параметры, идентифицировать и исправить недостатки, из минусов – нужно ждать определенное время, чтобы протестировать и настроить работу биогазовой установки и

вникать в процесс ее оптимальной деятельности. Поэтому необходимо и в дальнейшем развивать организационно-экономический механизм применения биогазовых установок для производства биогаза в аграрной сфере экономики с использованием таких установок малой мощности в домашних хозяйствах, включая рекомендации по их эффективному и широкому применению, как средства решения комплекса эколого-экономических проблем на указанном уровне хозяйствования [4].

Такой проект может иметь значительный толчок к организации массовой утилизации органических отходов, которые производит население выбрасывая его просто в мусор. Вся необходимая инфраструктура уже будет, придется только поставить (где еще нет) отдельные контейнеры для сортировки, но основное – это поощрить и научить людей это делать. Это позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду и оптимально использовать отходы.

Подводя итог, можно сказать, что Кыргызстан имеет значительные возможности для производства и использования биогаза в аграрной сфере экономики. Начиная от переработки остатков, отходов от животноводческих ферм, птицефабрик и заканчивая отходами от легкой и пищевой промышленности, от деятельности гостиничного и ресторанного бизнеса и органическими отходами в домашнем хозяйстве.

Следует отметить, что финансовый и экономический анализ фактического проекта деятельности биогазовой установки даже прибыльнее, чем предполагалось по проектным расчетам. Если рассматривать деятельность как значительное влияние на стоимость биоудобрений и значение процента дисконтирования подтвердило как чувствительный анализ проекта, так и смоделированный анализ финансового и экономического проекта с реальными данными.

При этом инвестор дополнительно получает биогаз и биоудобрение и соответственно увеличивает свой доход. В данном анализе была рассчитана реализация образовавшегося биометана без учета реализации образованных биоудобрений, которые при фактической деятельности только увеличат прибыльность

этого проекта. Проект является оптимальным с эколого-экономической точки зрения как решение комплексной утилизации бытовых органических отходов.

Список литературы

1. Авизов А.Х. Экономическая эффективность технологии конверсии биомассы в топливо и удобрения. Биотехнология кормопроизводства и переработки отходов / А.Х. Авизов, Ю.В. Синяк. – Рига, 1987. – С. 197–202.
2. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки / пер. с англ. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
3. Врагова Е.В. Расчетные методы оценки работы биогазовых установок / Е.В. Врагова, Ню Синьминь // Инновации в жизнь. – 2013. – №1. – С. 39–51.
4. Диксон Д. Экономический анализ воздействий на окружающую среду / Д. Диксон, Л. Скура, Р. Карпентер [и др.]. – М.: Витапресс, 2000. – 270 с.
5. Abbasi T. Biogas energy / T. Abbasi, S.M. Tauseef, S.A. Abbasi // Springer science and business media. – 2011. – №2.
6. Weiland P. Biogas production: Current state and perspectives. Applied microbiology and biotechnology. – 2010. – P. 849–860.

Врагова Елена Владимировна, канд. техн. наук, профессор, АНО ДПО «Межрегиональный технологический институт повышения квалификации», Россия, Москва

Мурзакулов Нуркул Абдилазизович, канд. техн. наук, профессор, Ошский технологический университет, Республика Кыргызстан, Ош

Ысламов Мухаммадсадык Махаматражапович, старший преподаватель, Ошский технологический университет, Республика Кыргызстан, Ош
