

Проект ПРООН/Правительства Узбекистана

Поддержка Узбекистана в переходе на путь низко-углеродного развития национальной экономики

Использование **БИОГАЗА** для автономного энергообеспечения фермы



**ИСТОРИЯ
УСПЕХА**



©UNDP [2012]
Все права защищены

Выпущено в Узбекистане

Мнения, высказанные в данной публикации, принадлежат авторам и не обязательно представляют мнение Организации Объединенных Наций, включая ПРООН, или стран, в нее входящих.

Проект ПРООН/Правительства Узбекистана

Поддержка Узбекистана в переходе на путь низко-углеродного развития национальной экономики

Использование БИОГАЗА для автономного энергообеспечения фермы

**ИСТОРИЯ
УСПЕХА**

Ташкент 2012

Подготовлено в рамках реализации проекта «Поддержка Узбекистана в переходе на путь низко-углеродного развития национальной экономики», финансируемого Программой Развития ООН. Проект выполняется под руководством Национального органа по Механизму чистого развития Министерства экономики Республики Узбекистан.

Публикацию подготовили:

Л.В. Завьялова, руководитель проекта «Поддержка Узбекистана в переходе на путь низко-углеродного развития национальной экономики»

И.В. Дергачева, консультант проекта

Рецензент:

Ш.Я. Исмаилов, начальник Главного управления макроэкономического анализа и прогнозирования, Министерства экономики РУз
национальный координатор проекта

Узбекистан,
Ташкент, 100003
пр. Узбекистанский 45а

Тел: 99871 232 6382

<http://leds.uz>

Компьютерный дизайн: Л.Ю.Шардакова

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Фаза планирования при строительстве БГУ	5
1.1 Исходные данные.....	5
1.2 Оценка потребностей в биогазе.....	7
1.3 Выбор технологии для строительства БГУ.....	8
1.4 Получение необходимых разрешений для строительства БГУ.....	12
1.5 Экономическое обоснование для строительства БГУ.....	12
2. Строительство биогазовой установки	18
2.1 Поиск поставщиков оборудования	18
2.2 Перечень материалов и комплектующих, необходимых для монтажа БГУ.....	19
Приложение 1	
Спецификация на оборудование и материалы для индивидуальной БГУ с газгольдером, системой перемешивания и подогрева сырья в реакторе.....	21
Приложение 2	
А. Монтаж БГУ.....	26
Б. Эксплуатация БГУ.....	41
В. Основные требования к обслуживанию БГУ.....	45

ВВЕДЕНИЕ

В любом фермерском хозяйстве в течение года собирается значительное количество навоза, растительных остатков, сточных вод и т.д. Гниющие отходы создают благоприятную среду для заражения вредными микроорганизмами почв и выращиваемых на них растений. При гниении также выделяются токсичные соединения, поступающие в атмосферу. Образующиеся стоки, особенно во время дождей, могут стать потенциальными источниками загрязнения грунтовых и питьевых вод.

К решению проблемы утилизации навоза и других сельскохозяйственных отходов каждый фермер подходит по-разному. Кто-то складывает их в яме и после определенного срока использует в качестве удобрения. Кто-то сжигает растительные остатки, а навоз разбрасывает на полях. Кто-то делает из навоза кизяки и использует их для отопления. Более продвинутые фермеры строят биогазовые установки (БГУ), в которых из навоза и сельскохозяйственных отходов получают биогаз и биоудобрение.



На ферме “Надежда” газовая плита работает на биогазе

По своему составу и свойствам биогаз, выделяемый при переработке растительных остатков, отходов животноводства и птицеводства, твердых бытовых отходов, сточных вод и т.д., напоминает природный газ. При его сжигании также можно получить тепловую и электрическую энергию, нагреть холодную воду, приготовить пищу.

Основными составляющими биогаза являются

- метан (50 - 80%),
- углекислый газ (20 - 50%),
- сероводород (около 1%).

В нем также присутствует незначительное количество других газов (азот, кислород, водород, аммиак, окись углерода и др.).

Биоудобрение, образующееся при производстве биогаза, содержит все необходимые микроэлементы и не имеет запаха. В отличие от перегнившего навоза в нем нет семян сорняков, яиц гельминтов. Ко всему прочему, применение биоудобрений ведет к рассолению земель и способствуют значительному повышению урожая.

В Узбекистане рынок биогазовых технологий начал формироваться не так давно. Построено 5 промышленных БГУ и более 10 индивидуальных.

Пока фермеры отдают предпочтение небольшим

БГУ. Установки собирают из отдельных узлов и деталей (например, реактор, газгольдер, компрессор и т.д.), которые покупают по случаю в разных местах: базары, магазины, предприятия и т.д. В принципе то же самое делает фирма «Флюид» (Киргизия), предлагающая строительство БГУ «под ключ». В республике также есть несколько консультантов, готовых устанавливать БГУ «под ключ». Однако, пока они выполняют только единичные заказы.

1 ФАЗА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БГУ

1.1 Исходные данные

Ферма «Надежда» расположена в Хавастском районе Сырдарьинской области на территории бывшей совхозной фермы хлопководческого совхоза Фархад-2.

В хозяйстве имеется 50 голов крупного рогатого скота (КРС) и 50 голов свиней. Для обеспечения КРС кормами возделывается 13 гектаров арендуемых земель.

Хозяйство образовано 12.03.2000 года, приказ №117, Сырдарьинской области, Хавастского района. Свидетельство на землю № 073758. Приказ на аренду зданий от 27.04.2003г. по ширкатному хозяй-ству Фархад.

Семья фермера арендует два животноводческих блока. В помещениях расположены стойла для скота, хранилища для кормов и инвентаря. В специальном отсеке располагаются жилые помещения, баня. Помещения подключены к электрической сети. Однако в холодный период времени достаточно часты отключения от электросети. В этой ситуации животноводческие блоки практически не отапливаются. Приготовление пищи, и отопление жилых помещений осуществляется с помощью дров и угля.

Вода, используемая для хозяйственных нужд и животных, качается электрическим насосом из скважины, расположенной на территории фермы. Поскольку электроэнергия достаточно часто отключается, то воду закачают заранее во все имеющиеся емкости, лотки и т.д. Питьевую воду берут из скважины, которая расположена недалеко от фермы. Проблема та же, нужно успеть набрать воды пока работает насос.



Ферма «Надежда»

Арендуемые земли, как и все земли «Толодной» степи, требуют специального ухода. Для получения хорошего урожая кормовых культур необходимо промывать почву, соблюдать севооборот, вносить азотные и фосфорные удобрения. Все это требует достаточно больших затрат. В противном случае полученного

урожая не хватит для прокорма поголовья скота и тогда недостающие корма приходится покупать.

Хозяйство развивалось и на каком-то этапе стало очевидным, что дальнейший рост невозможен без стабильного энергоснабжения. В зимний период из-за холода в стойловых помещениях наблюдался падеж молодняка. Попытка механизировать часть работ, например, дойку коров, опять же была безуспешной.

Перед фермером встала вполне конкретная задача, как перейти к автономному снабжению электроэнергией, какой альтернативный источник наиболее приемлем для условий фермы.

В качестве первого варианта была рассмотрена солнечная энергия. Однако расчеты показали, что для обеспечения всей фермы электроэнергией и теплом необходимо целое поле ФЭС и солнечных панелей, что в условиях фермы было неприемлемо. Кроме того, необходимые для этого ФЭС и панели стоили достаточно дорого. Стало ясно, что солнечные панели лучше использовать, как вспомогательный источник энергии.

Ферма расположена в районе, где - особенно в зимний период - дуют сильные ветры. Поэтому в качестве второго варианта были рассмотрены ветровые генераторы. Оценив объемы вырабатываемой электроэнергии и инвестиционные затраты, было принято решение о строительстве гибридной установки ветрогенератора и солнечных панелей. Однако, найденная в интернете статья об украинском «Кулибине», получающем на своей ферме биогаз из навоза, заставила отказаться от идеи строительства гибридной установки.

В результате успешного строительства БГУ ферма получила бы двойную выгоду - не только электроэнергию и тепло, но и удобрения для своих истощенных земель.

Это стало решающим аргументом при выборе альтернативного источника энергии.

са переработки навоза в БГУ - это высококачественное, экологически чистое удобрение. В отличие от навоза, удобрение, можно сразу же вносить в почву. В нем содержатся все необходимые микроэлементы и соединения, способствующие повышению урожая и рассолению земель.



Засоление почвы в окрестностях фермы

На ферме «Надежда» навоза было предостаточно. Его пытались использовать для своих полей в качестве удобрения, но это был не самый лучший вариант. Навоза требовалось много, а после его внесения на полях разрастались сорняки. Складирование навоза на территории фермы было также сопряжено с рядом неудобств. Поэтому фермеру очень понравилась идея использовать навоз для получения биогаза. Дополнительным плюсом данного источника было то, что отходы от процес-

1.2 Оценка потребностей в биогазе

Прежде чем планировать строительство БГУ, следует

- определить имеющуюся сырьевую базу, т.е. какими объемами навоза располагает и будет располагать ферма в будущем.
- далее необходимо оценить потребности вашего хозяйства в энергии, т.е. сколько энергии требуется для отопления вашего дома и других помещений, приготовления пищи, освещения и работы бытовых приборов и т.д.
- включить в расчеты потребление энергии на подогрев сырья в реакторе, которое в условиях Узбекистана составляет от 10% до 25% от вырабатываемого биогаза.

Для того чтобы определить размер БГУ, было необходимо просчитать потребности фермы в биогазе и оценить количество сырья. Изначально планировалось, что большая часть биогаза будет использоваться для обогрева животноводческих блоков и жилых помещений, приготовления пищи и корма для скота. Часть биогаза будет перерабатываться в электроэнергию, необходимую для освещения и работы электроприборов.

Ферма состоит из двух животноводческих блоков общей площадью 2 250 кв.м.

Жилые помещения расположены в первом (около 100 кв.м) и во втором блоках (20 кв.м). В первом блоке также имеются 2 отсека (около 500 кв.м) для стойлового содержания крупного рогатого скота (дойных коров и молодняка). Во втором блоке (700 кв.м) в одном отсеке содержатся свиньи, и двух отсеках коровы и телята. Там же осуществляется подготовка кормов для скота.

Общая площадь, которую следует отапливать в холодное время года, составляет 1 320 кв.м. Помещения разделены на отсеки. Большинство окон заложено кирпичом. Само помещение старое, из кирпича, толщина стен около 50 см.

Полезные цифры

Количество биогаза, необходимое хозяйству, можно определить по количеству энергии, потребляемой ранее. Например,

Сжигание 1 кг дров аналогично сжиганию 0,65 м³ (650л) биогаза,
1 кг кизяка - 0,7 м³ биогаза,
1 кг угля - 1,1 м³ биогаза.

Расходы биогаза на бытовые нужды

для приготовления одной порции пищи для одного человека необходимо 0,15-0,3 м ³	для кипячения 1 литра воды расходуется 0,03 - 0,05 м ³	для отопления 1 м ² жилой площади требуется около 0,2 м ³ /сутки	бытовые горелки потребляют 0,20 - 0,45 м ³ /час
--	---	--	--

Исходя из количества имеющегося сырья, был определен объем БГУ (30 м^3) производительностью 25 м^3 газа в день. Изначально было очевидно, что таким количеством газа невозможно отопить все животноводческие блоки. В перспективе объем вырабатываемого биогаза будет увеличиваться путем оптимизации процесса. Для того чтобы свести к минимуму потери тепла важно утеплить все помещения.

1.3 Выбор технологии для строительства БГУ

Технология производства биогаза основана на переработке органических отходов в условиях отсутствия кислорода (анаэробных условиях). Анаэробное сбраживания или ферментация осуществляется в герметичной емкости обычно цилиндрической формы (реакторе, метантанке). Для эффективного сбраживания необходимо поддерживать постоянную повышенную температуру субстрата (оптимальной температурой для индивидуальных хозяйств является $35\text{--}37^\circ\text{C}$) и осуществлять регулярное перемешивание субстрата. Принцип работы всех биогазовых установок одинаков: после сбора и подготовки сырья, заключающейся в доведении его до нужной влажности в специальной емкости, оно подается в реактор, где создаются условия для оптимизации процесса переработки сырья.

В настоящее время разработано множество технологических схем производства биогаза, выбор схемы для каждого хозяйства индивидуален и зависит, в основном, от кли-

Пример расчета

Потребление газа несложно просчитать также по количеству газовых точек, потребности в тепле, горячей воде и пище.

Например, семья из четырех человек живет в доме площадью 100 м^2 , содержит 20 коров на площади 100 м^2 и перерабатывает навоз в биогазовой установке с объемом реактора 15 м^3 .

- Трехразовое приготовление пищи для семьи из четырех человек потребует от **1,8 до $3,6 \text{ м}^3$** биогаза в сутки.
- Отопление помещения площадью 100 м^2 - около **20 м^3** биогаза в сутки.
- Для подогрева реактора установки объемом 15 м^3 нужно будет тратить **около 6 м^3** биогаза ежедневно (на обогрев реактора, например в сентябре, необходимо 15% вырабатываемого биогаза).
- На содержание одной коровы требуется около 3 литров кипяченой воды в день, для 20 коров - 60 литров воды, на подогрев которой уйдет **$1,8 - 3 \text{ м}^3$** биогаза в день.
- На отопление помещений для животных общей площадью 100 м^2 необходимо **20 м^3** в сутки.

Таким образом, на содержание животных потребуются **$21,8 - 23 \text{ м}^3$** биогаза в сутки. На все хозяйство тратится **$49,6 - 52,6 \text{ м}^3$** биогаза в сутки.

матических условий и финансовых возможностей, но в целом для Узбекистана рекомендуется применять следующие типы биогазовых установок:

- с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе;
- с ручной загрузкой и перемешиванием сырья;
- с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе;
- с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе.

В нашем случае была выбрана биогазовая установка с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе.

Данная технологическая схема достаточно проста и эффективна, установка может работать в любое время года без длительных перерывов, при надлежащем обслуживании, давать стабильно газ и удобрения. Кроме того, технология предусматривает возможность масштабирования, то есть параллельного и/или последовательного объединения установок. Это дает возможность вкладывать средства частями по мере поступления и постепенно наращивать мощность установки до требуемой.

Выбор конструкции биогазовой установки - важнейший этап процесса планирования. Конструкция и комплектация биогазовой установки зависит от выбранной технологической схемы. В местностях со сравнительно холодным

Биогазовая установка с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

Простейшая биогазовая установка предназначена для небольших фермерских хозяйств.

Объем реактора от 1 до 10 м³ рассчитан на переработку 50 - 500 кг навоза в сутки.



Установка содержит минимум составных частей для обеспечения процесса переработки навоза и получения биоудобрений и биогаза:

- реактор,
- бункер загрузки свежего сырья,
- устройство отбора и использования биогаза,
- устройство выгрузки сброженного сырья.

Биогазовая установка может быть использована в южных районах без подогрева и перемешивания и предназначена для работы в психрофильном температурном режиме от 5°C до 20°C. Вырабатываемый биогаз сразу направляется на использование в бытовых приборах.

климатом, для круглогодичной работы установки важны изоляция и подогрев реактора. Выбор конструкции установки также зависит от наличия строительных материалов и средств.

Существующие сооружения могут быть использованы для хранения биоудобрений, например, пустующие ямы или металлические емкости. Для уменьшения затрат при планировании необходимо учитывать наличие уже готовых частей установки.

Месторасположение установки зависит от нескольких факторов -

- наличия свободных площадей,
- отдаленности от жилых помещений,
- места складирования отходов,
- расположения мест содержания животных и т.д.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод, удобства загрузки и выгрузки сырья реактор может иметь наземное, частично или полностью заглубленное положение.

По возможности *рекомендуется подземное размещение*, так как оно позволяет уменьшить капиталовложения и исключает использование дополнительного оборудования для загрузки сырья, *значительно* улучшает качество терморегулирования, а также дает возможность использовать дешевые теплоизоляционные материалы - глину и солому.

Биогазовая установка с ручной загрузкой и перемешиванием сырья

Предназначена для небольших фермерских хозяйств.

Объем реактора - от 1 до 10 м³
рассчитан на переработку 50 - 200 кг навоза в сутки.

Для повышения эффективности работы биогазовой установки смонтировано устройство ручного перемешивания сырья.

Биогазовая установка может быть использована в южных районах без подогрева для работы в психрофильном режиме.



При понижении температуры воздуха работа прекращается.

Вырабатываемый биогаз не накапливается.

Работа бытовых приборов возможна только при работе установки.

Биогазовая установка с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе

Для более интенсивного и стабильного процесса сбраживания установлена система подогрева реактора.

Установка может работать в мезофильном и термофильном режимах.

Реактор биогазовой установки подогревается при помощи водогрейного котла, работающего на производимом биогазе.



Сырье в реакторе перемешивается так же, вырабатываемым биогазом.

Переработанное сырье хранится в специальной емкости до времени внесения в почву.

Биогазовая установка с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе



Отличительной особенностью этой биогазовой установки, предназначенной для средних и крупных фермерских хозяйств, является наличие специальной емкости для подготовки сырья, откуда оно подается при помощи компрессора в бункер загрузки, а затем с помощью сжатого биогаза - в реактор установки.

Для работы системы подогрева используется часть вырабатываемого биогаза. Установка снабжена автоматическим отбором биогаза и газгольдером для его хранения. Наличие системы подогрева позволяет эксплуатировать биогазовую установку во всех режимах сбраживания.

1.4 Получение необходимых разрешений для строительства БГУ

В настоящее время, правовая база для строительства БГУ не проработана. Нет определенных технических требований, норм и правил именно для биогазовых комплексов. При строительстве БГУ на ферме «Надежда» был использован национальный стандарт Российской Федерации, описывающий общие технические требования к биогазовым установкам.

Все отдельные узлы и сопутствующее оборудование (ГРП, компрессор, насос) должны иметь сертификаты качества и соответствовать спецификациям.

Все ёмкости, работающие под давлением, должны быть тщательно проверены и протестированы.

Запрещается, без особого разрешения, работать с высоким давлением более 5 Атм.

Никаких документальных разрешений мы не получали, в ходе монтажа оборудования для консультаций привлекались специалисты райгаза и котлонадзора, которые проверили комплектацию газового оборудования и соответствие спецификациям.

Но так как, документации, норм и правил для биогазовых установок в настоящее время в Республике не существует, то оформления разрешения на эксплуатацию не выдавалось, что является существенным минусом, и требует рассмотрения и решения в ближайшем будущем.

1.5 Экономическое обоснование для строительства БГУ

На момент подготовки проектно-технической документации для БГУ на ферме содержалось

- 40 голов КРС (1 животное производит 15 кг навоза/сутки) и
- более 40 голов свиней (1 животное производит 4,5 кг навоза/сутки).

В ближайшие годы хозяева планировали увеличить поголовье крупного рогатого скота и свиней до 50 голов соответственно. Эти оценки легли в основу расчетов объема реактора для БГУ (30 м³). Далее была проведена оценка затрат для покупки необходимых комплектующих и проведения строительных работ.

По предварительным расчетам инвестиционные затраты должны были составить около 42 868 долларов США. Для фермы это была очень большая сумма, и хозяйка обратилась за финансовой поддержкой в Программу малых грантов Глобального экологического фонда (ПМГ ГЭФ). Была составлена соответствующая проектная заявка, одобренная Координационным комитетом ПМГ ГЭФ.

По условиям ПМГ ГЭФ программа покрывает лишь половину инвестиционных затрат, указанных в заявке, т.е. для фермы «Надежда» был выделен грант в размере эквивалента 21 296 долларов США. Остальная часть финансировалась фермером. Следует отметить, что при строительстве данной БГУ, в основном, использовались бывшие в употреблении комплектующие (например, биогенератор, газгольдеры, компрессор), что покупалось по более низким ценам.

Все инвестиционные затраты при строительстве БГУ можно разделить на две основные части. Как в процентном соотношении, распределены данные расходы показано на рис. 2,3.

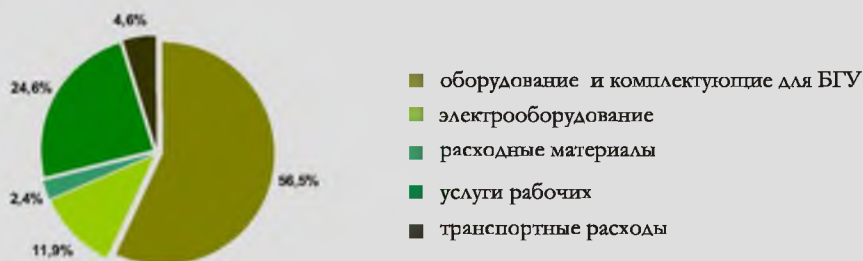
Первая часть включает расходы, необходимые для закупки, транспортировки и монтажа оборудования, включая:

- стоимость необходимых комплектующих для БГУ;
- электрооборудование;
- расходные материалы;
- монтаж БГУ (оплата за услуги рабочих);
- транспортные расходы.

Вторая часть расходов охватывает строительные (подготовительные) работы, включая:

- подготовку места для установки реактора;
- монтаж лотков;
- подготовку фундамента для обслуживающего помещения;
- возведение стен;
- настил полов;
- покрытие кровли;

Распределение расходов на монтаж биогазовой установки



Распределение расходов по видам строительных работ



- проведение отделочных работ;
- установка дверей и лестницы.

Общие расходы по строительству БГУ составили 29 997 долларов США.

В эту сумму входил весь грант ПМГ ГЭФ и собственные средства фермерского хозяйства.

Процентное соотношение расходов по двум группам работ по отношению к общему объему расходов - составило: на покупку оборудования и монтажные работы - 53.6% ,на строительные (подготовительные) работы - 46.4%.



Рассматривая данный проект, необходимо отметить, что при его планировании были допущены ошибки, связанные с определением уровня грунтовых вод, что привело к дополнительным расходам.

В итоге на строительство БГУ фермерское хозяйство потратило 38 797 долларов США, что на 8 800 долларов США больше, чем планировалось (29 997 долларов США).

При правильном планировании расположения БГУ, с учетом состояния грунтовых вод и других факторов, эти дополнительные расходы можно было избежать.

Более того, расходы можно сократить, если строить БГУ на поверхности (наземным способом), а для ее изоляции использовать более современные термоизоляционные материалы.

В таблицах ниже представлен расчет прямых выгод, получаемых хозяйством «Надежда».

Учитывая объем сырьевой базы хозяйства, т.е. 50 голов КРС и 50 голов свиней с суточным выходом навоза 15 кг и 4,5 кг соответственно, и текущей производственной мощности 30 м³ биогазовой установки по выработке 25 м³ биогаза в сутки, можно поэтапно рассчитать прямые выгоды:

1) Расчет исходного объема сырья:

Тип сырья	кг/день	кг/год
Объем суточного навоза КРС	750	270 000
Объем суточного свиного навоза	225	81 000
Всего	975	351 000

2) Выход биогаза в м³ на 1 кг сухого вещества (при 85% влажности экскрементов)

Тип сырья	Средний показатель выхода биогаза
навоз КРС	0,295
свиной навоз	0,460

3) Расчет потенциального выхода биогаза

Расчет выхода биогаза	м ³ /день	м ³ /год
Для 50 голов КРС	33	11 948
Для 50 голов свиней	16	5 589
Общий потенциал выработки биогаза для БГУ с объемом реактора 30 м ³ с учетом показателей имеющейся сырьевой базы	49	17 537

4) Расчет затрат на покупку энергии

Источник энергии	Достижимая экономия за счет использования биогаза	
	долл. США/день	долл.США/год
Электричество	3,22	1 157
Уголь	3,51	1 263
Пропан	2,68	965
Дизель	14,32	5 156
Дрова	14,61	5 261

Примечание: При расчете показателя за год было использовано 360 дней.

5) Расчет потенциального производства биоудобрения

	в сутки	в год
Выход биоудобрения с вычетом объемного веса биогаза, кг *	916,50	329 940
Стоимость ** вырабатываемого биоудобрения, долл. США	11,00	3 959

Примечания:

При расчете показателя за год было использовано 360 дней.

*) Нормативный объемный вес биогаза составляет 1,2 кг на 1 м³. Поэтому при расчете количества получаемых удобрений, необходимо вычитать его из общего объема перерабатываемого сырья. В данном случае вычитаемый объем составляет 2,4%.

**) С учетом текущей стоимости 1 тонны биоудобрения 12 долларов США.

Учитывая, что стоимость минеральных удобрений по текущим ценам составляет 120 долларов США на 1 га, а биоудобрения - 36 долларов США на 1 га, **экономия за счет использования биоудобрения составит 84 доллара на каждый обработанный гектар.**

Таблица

Расчет прибыли от использования БГУ на фермерском хозяйстве «Надежда»

ДОХОДЫ	Сумма (в долларах США/год)			
	1 год	2 год	3 год	4 год
Реализация излишков кормовых за счет прироста урожая *	1 600	1 760	1 936	2 130
Экономия от замещения минеральных удобрений **	840	840	840	840
Реализация излишков удобрения ***	3 119	3 119	3 119	3 119
Экономия от замещения традиционных видов энергии****	2 780	3 036	3 340	3 674
Всего	8 319	8 755	9 236	9 762
РАСХОДЫ				
Инвестиционные расходы, в т.ч.				
Монтаж БГУ	16 071			
Строительные работы	13 926			
Годовые операционные расходы*****	1 200	1 200	1 200	1 200
Всего	31 197	1 200	1 200	1 200
ПРИБЫЛЬ	22 878	7 555	8 035	8 562

Примечания:

- *) Увеличение дохода связано с ежегодным приростом урожайности сельскохозяйственных культур на 10%.
- **) Масштаб экономии ограничен общей площадью под кормовые культуры, всего 13 гектаров.
- ***) Для того чтобы избежать завышения оценок по данной статье, уровень получаемого дохода остается неизменным.
- ****) Расчет был произведен по средней величине на базе пяти основных источников энергии, приведенных в пункте (4) данного подраздела.
- *****) Эксплуатационные расходы определены из расчета 4% от стоимости капитальных затрат на строительство БГУ.

В таблицу не были включены дополнительные расходы в размере 8 800 долларов США, понесенные в связи с неточным расчетом положения грунтовых вод. Обычно, такие затраты можно избежать при правильном планировании работ по возведению БГУ.

Из вышеприведенных расчетов следует, что основным источником дохода от эксплуатации БГУ для фермерского хозяйства «Надежда» будут биоудобрения, которые будут использоваться для собственных нужд и продаваться. По отношению к другим потенциальным источникам дохода их доля составляет в среднем 59%.

К тому же, в результате использования удобрений можно увеличить производство кормов на собственных угодьях. Это позволит обеспечить кормами собственное поголовье, а излишки силоса, люцерны, кукурузы и кормовой пшеницы продавать. Предполагаемый доход может быть равен в среднем 1 600 долларам США в год.

Исходя из расчетных данных, приведенных в таблице, **срок окупаемости проекта составит 3,15 лет**. С учетом того, что половина суммы расходов оплачивается за счет гранта ПМГ ГЭФ, срок окупаемости для самого фермерского хозяйства должен составить чуть больше 1,5 года.

2 СТРОИТЕЛЬСТВО БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

2.1 Поиск поставщиков оборудования

Проработка вопроса, где купить БГУ или необходимое комплектующее оборудование для ее сборки, проходила по двум направлениям. Много интересной информации о биогазе, включая данные о заводах производителях БГУ¹⁾, было найдено в интернете. Очень часто встречались предложения выполнить работу «под ключ», начиная с подготовки проектной документации до поставки оборудования, монтажа и сдачи БГУ в эксплуатацию. На сайте ОФ «Флюид»²⁾ была найдена брошюра «Институциональное усиление и построение возможностей для устойчивого развития», подготовленная Программой малых грантов в Кыргызстане. Помимо всего прочего, в публикации приводились рекомендации и подробная спецификация на материалы и оборудование для желающих самим построить БГУ.

Параллельно посещались компании, имеющие какое-либо отношение к биогазовым технологиям, а также хозяйства, установившие у себя БГУ.

- На заводе Узнефтегазмаш в г. Чирчике в начале 2000-х годов было организовано производство БГУ объемом 5 куб.м. стоимостью 5 000 000 сум. По желанию заказчика, за отдельную плату, завод брал на себя обязательства по поставке сопутствующего оборудования. Однако на момент переговоров завод производил БГУ только по специальному заказу, что удорожало стоимость БГУ.
- В Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации (ТИИМ) была разработана новая система БГУ, проходившая апробацию в Южной Корее. Но и здесь производство не было налажено. К тому же, система требовала загрузки новой партии навоза в течение каждого часа, что было не выгодно с точки зрения трудозатрат.
- Комплекс БГУ со всем сопутствующим оборудованием и солнечными панелями предлагался на ООО «MirSolar» при заводе «Ташэлектромонтажкомплект». Конструкция биогенераторов представляла собой наиболее выгодную сферическую форму из 4-х емкостей по 6 куб.м, стоимость каждой емкости - 4 400 000 сум. Емкости сборно-разборные, что создает удобства при транспортировке. Компания использовала комплексный подход для решения проблемы автономного энергоснабжения. В комплект кроме БГУ входила солнечная водо-

1) <http://aenergy.ru/biogaz>, www.hydromatic.ru, www.madek.ua, www.bioges.ru, www.rosbiogas.ru, <http://ecotoc.ru/biogas> <http://zorgbiogas.ru>, www.bio-energetics.ru, <http://zorgbiogas.ru/biblioteka/kniga-o-biogaze>

2) www.fluid-biogas.com

нагревательная установка и фотоэлектрическая станция. Однако, демонстрируемая на заводе БГУ, больше походила на макет, чем на действующую установку. Главные сомнения возникали по поводу емкостей, выполненных из материала на основе стеклобетона. Например, в ней не было фильтра между реактором компрессором, не был предусмотрен подогрев, а газ из емкостей выходил по полимерным трубкам маленького диаметра и с очень низким давлением. Завод готов выполнить биореактор из другого материала и включить все необходимые узлы и оборудование, но в таком случае цена на установку возрастала в разы.

- В хозяйстве «Милкагро» в рамках реализации проекта ПРООН была построена промышленная БГУ. Для этой цели была нанята компания ОФ «Флюид», которая выполнила заказ «под ключ».

Подход к строительству БГУ, использованный в данном проекте, был взят за основу для фермы «Надежда». Было принято решение адаптировать модель БГУ, использованную в проекте ПРООН в хозяйстве «Милкагро» с учетом особенностей хозяйства. Была разработана проектно-техническая документация и начались поиски необходимого оборудования.

2.2 Перечень материалов и комплектующих, необходимых для монтажа БГУ

Главным узлом в любой БГУ является **реактор**. В «Милкагро» для этой цели использовались большие цистерны. Для фермы «Надежда» также была приобретена цистерна за 9 000 000 сум. Кроме того, были найдены бывшие в употреблении ёмкости из под хладона, по своим техническим характеристикам подходящие под газольдеры. Объём одной ёмкости составлял 2 м³, Ёмкости оснащены клапанами, способными удерживать рабочее давление 18 Атм. внутри емкостей. Для фермы купили три ёмкости от хладона по 600 000 сум каждая.

Водонагревательный бачок, для системы подогрева, водяной фильтр, он же обратный клапан, сероводородный фильтр были смонтированы самостоятельно, поскольку готовые в продаже отсутствовали.

Все три ёмкости монтировались

- из толстостенных труб разного диаметра,
- металлических листов толщиной от 8 до 10 мм,
- труб диаметром 20 мм - для подвода и отвода воды и газа.

Вспомогательное оборудование - **компрессор ИФ-56**, а так же, трубы разного диаметра от 15 до 100 мм, краны водяные и газовые, манометры, термометр, задвижки, аварийные клапана приобретались на рынках Ташкента. В приложении 1 даны спецификации на все оборудование и материалы.

Если внимательно проанализировать спецификации, то можно видеть, что практически все детали и материалы можно приобрести на строительных рынках любого города, а для удешевления можно использовать некоторые детали вторичного рынка.

Потерпев неудачу с поиском компании, которая могла бы установить БГУ «под

ключ», было принято решение строить установку своими силами. К счастью, в семье фермера был свой инженер, прораб, а также опытный сварщик и монтажник. Из-за отсутствия профессионала в области биогаза, особое внимание уделяли четкому выполнению инструкций по строительству БГУ. Соблюдались все строительные нормы и правила, проводились консультации со специалистами райгаза и других смежных специальностей.

Консультации специалистов газовщиков, электриков, монтажников, строителей во время строительства, монтажа и на первых этапах эксплуатации необходимы, но для стабильной долговечной и надежной работы установки хозяева БГУ также должны быть в курсе всех тонкостей ее эксплуатации.

Детальное описание строительства и монтажа БГУ приведено в Приложении 1.

Выводы

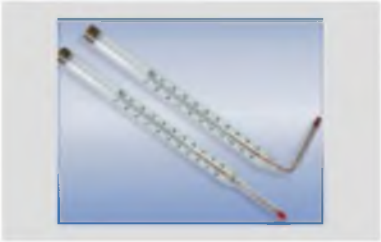
- Итог сооружения БГУ оправдал все ожидания фермера.
- Установка успешно функционирует больше года. По ходу эксплуатации вносятся усовершенствования и доработки.
- На сегодняшний день, газ подаётся к четырем точкам потребления - для подогрева воды на хозяйственные нужды, приготовления пищи и корма скоту.
- Монтируется система обогрева жилых помещений и скотоводческих блоков по типу АГВ.
- Для переработки газа в электроэнергию приобретен газозлектрогенератор, который в ближайшее время будет подключен к газовой системе, что позволит бесперебойно обеспечить ферму электроэнергией.
- Начиная с осеннего посевного сезона на поля фермерского хозяйства вносятся удобрения, получаемые в результате переработки навоза в БГУ. О результатах пока говорить рано, но фермер надеется на значительное улучшение состояния земель и повышение урожайности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

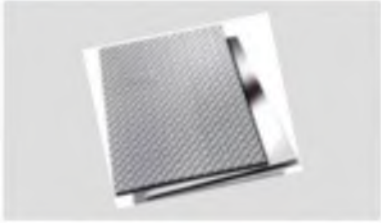
**Спецификация на оборудование и материалы
для индивидуальной БГУ с газгольдером,
системой перемешивания и подогрева сырья в реакторе**

№	Наименование	Фото	Примечание
1	Реактор, металлическая цистерна		Лучший вариант с закругленными краями, толстостенная (10 мм), покрытая антикоррозий- ным покрытием внутри. Можно использовать и неметаллические емкости.
2	Котел водогрейный		Можно смонтировать самостоятельно из металлических труб.
3	Горелка газовая		
4	Водяной фильтр		Самодельный. Необходимый материал: 1. металлическая труба , толстостенная 5-8 мм, Ø 500 -150 см. 2. лист стальной , толщина 10 мм, размеры 110x110 см (100 т.см). 3. краны Ø 20 - 2 шт.

5	Емкость для подготовки сырья		Емкости можно сделать из бетона или использовать готовые емкости из любого материала.
6	Емкость для отработанного субстрата		В данном случае использовался лоток ЛР-20, можно использовать и металлические емкости или забетонированный котлован.
7	Компрессор ИФ-56 с приводом для БГУ 5, 25м ³ ; ФУ-12 для БГУ-50, 100		Обычно продаются головки без привода и ресивера 
8	Газгольдер от 1м ³ и более, давления от 2кг/см ²		Для небольших установок можно использовать большие автомобильные шины.
9	Уровнемер		Есть много приборов, но проще сделать прозрачное небольшое окно из плафона.

10	Термометр ртутный стеклянный 0-100°C		
11	Манометры: электроконтактн. 0 - 1кг/см² d = 100 мм от -1 до +5кг/см² d = 100мм от 0 до 1кг/см² d = 60мм от 0 до 10кг/см² d = 100мм от 0 до 40кг/см²		
12	Краны газовые: D = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 40,50мм		
13	Краны водяные: D = 15мм d = 25 мм d = 32 мм d = 40,50 мм		
14	Трубы стальные (м): d = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 50мм d = 100мм d = 150мм		
15	Задвижка: d = 100мм d = 150мм		

16	Фланцы: $d = 100\text{мм}$ $d = 150\text{мм}$		
17	Крепежные детали (кг): болты м10, м12, м16; шайбы 10, 12, 16		
18	Уплотнительные материалы (м^2): резина, паронит		
20	Отводы Ф-15 Ф-25 Ф-32		Кроме таких резьбовых отводов нужны сварные
21	Сгоны в сборе Ф-15 Ф-25 Ф-32 Ф-50 Ф-100		

22	Фильтр для сероводорода		Самодельный, необходимый материал: 1. металлическая труба , толстенная - 5-8 мм, Ø 500 -100 см 2. металлическая труба , толстенная - 5-8 мм, Ø 300 -100 см 3. металлическая труба , толстенная - 5-8 мм, Ø 200 -100 см 4. металлическая труба , Ø 20 -200 см 5. лист стальной , толщина 10 мм, размеры 250x250см
23	Лист стальной 10-12мм (м ²) Лист стальной 4 мм (м ²)		
24	Предохранительные устройства		
25	Электрошкаф Комплект: Автомат 3 ф 39А, 50 А Пускатели Реле тепловое Реле пусковое Кнопки "стоп" красные Кнопки "пуск" черные Трансформатор понижающий 380 / 24÷36 В Клеммник на 24÷30 контактов		
26	Провод электрический (м)		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пошаговые действия по строительству БГУ и ее эксплуатации на ферме «Надежда»

А. МОНТАЖ БГУ

1. Подготовка цистерны к использованию в качестве реактора

Основным узлом БГУ является реактор или метантанк, в котором происходит процесс переработки навоза с выделением биогаза.

Важнейшими требованиями к метантанку являются

- герметичность;
- коррозионная стойкость.

Конструкция метантанка может быть различной. Главным критерием при выборе конструкции является возможность реализовать ее на практике и удобство с точки зрения обслуживания и эксплуатации. Кроме того, форма реактора и метод перемешивания должны исключать образование застойных зон, в которых может скапливаться перемешиваемый навоз или песок.

Метантанк может быть изготовлен как из строительных материалов, таких как кирпич, камень, цемент, так и из металла. Весьма привлекательной возможностью является использование готовых емкостей, например, металлических бочек или цистерн. На ферме «Надежда» в качестве реактора взяли готовую, бывшую в употреблении металлическую цистерну.

При наличии металлической цистерны необходимого объема (допускается объем несколько больше расчётного) необходимо изучить внутреннюю и внешнюю поверхности металлических стен на предмет наличия раковин, отверстий и прочих повреждений. При обнаружении повреждений нужно провести ремонтные работы по их устранению. После того, как все повреждения устранены, внутренняя поверхность цистерны готовится к покраске: удаляются все возможные налёты, накипи, ржавчина и пр., поверхность зачищается до состояния чистого металла.



Металлическая цистерна под реактор, толщина стенок 10 мм, объем 30 м³



Покрытие внешней части цистерны смолой для гидроизоляции



Внутренняя часть цистерны эмалирована.

Сколы, царапины и места сварки покрыты суриком, во избежание коррозии

Следующий шаг - обеспечение герметичности имеющегося люка в закрытом состоянии. Люк будет необходим для проведения периодических профилактических и ремонтных работ внутри реактора. Отверстие люка предусмотрено во всех цистернах промышленного производства. При отсутствии крышки люка, необходимо подобрать подходящую по размеру или изготовить новую крышку. Крепление крышки люка должно быть герметичным. Самый простой вариант - фланцевое крепление с прокладкой из резины или специальных герметизирующих материалов.



Монтаж герметичного люка

2. Разметка и рытьё котлована

При размещении реактора БГУ под землёй необходимо подготовить котлован. Для этой цели предварительно определяется место расположения реактора с учётом близости источника сырья и воды, а также места временного складирования переработанного субстрата. Рядом с местом подземного расположения реактора не должно быть деревьев. Котлован нельзя выкапывать в непосредственной близости от фундамента капитальных строений. Разметка проводится по размеру реактора с учетом пространства для размещения агрегатов и обслуживания. После разметки проводится рытьё котлована на необходимую глубину, которая зависит от размеров реактора, глубины залегания грунтовых вод и глубины промерзания грунта в зимний период. Одним из вариантов строительства может быть полузаглубленный реактор.

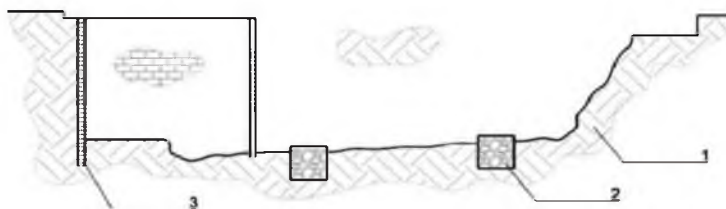


Рытьё котлована

3. Формирование дна котлована, подготовка фундамента

Дно котлована формируется с учётом конфигурации нижней части реактора. Все необходимые выемки необходимо сделать больше чем размер самого реактора, чтобы избежать неустойчивого положения реактора при установке и возможной поломки выступающих частей.

Для того, чтобы реактор занимал устойчивое и надёжное положение, в том числе и в загруженном состоянии, его необходимо устанавливать на фундамент. Фундамент выкапывается и заливается на дне котлована, размер и глубина фундамента определяется с учётом размера реактора и его веса в загруженном состоянии.



Котлован с фундаментом для размещения биогазовой установки.

1- грунт; 2- фундамент реактора; 3- стена помещения для обслуживания



На дно котлована установлены бетонные блоки и засыпаны гравием



Для установки реактора подготовлен фундамент



Дно котлована покрыто пленкой для гидроизоляции



В отсек для установки газгольдеров помещена плита

4. Установка реактора в котловане, теплоизоляция



Установка реактора в котловане



После того, как котлован и фундамент будут готовы, реактор можно размещать в котловане.



Установка газгольдеров



Подготовка опалубки для бетонирования стенок котлована



Работы по бетонированию стенок и дна котлована и возведению стены между рабочим отсеком и газгольдерами

После установки реактора на фундамент можно приступать к проведению работ по теплоизоляции реактора. Теплоизоляция реактора проводится только после установки реактора на постоянное место, так как во время установки предварительно утепленного реактора теплоизоляционный слой может быть повреждён.

Теплоизоляция может быть выполнена из минеральной ваты, пенопласта, камышовых матов и др. теплоизолирующих материалов. Реактор полностью обворачивается теплоизолирующим материалом, а теплоизоляция в свою очередь обворачивается защитным материалом (гофрированной сталью или рубероидом).

Над теплоизолированным реактором монтируется крыша. При этом необходимо предотвратить повреждение теплоизоляции реактора.



Цистерна покрыта смолой и рубероидом для гидро- и термоизоляции



Для лучшей теплоизоляции весь реактор покрыт стекловатой и засыпан гравием



Последние изоляционные слои пленка и глина



5. Монтаж газовой системы и сборника конденсата

Газораспределительная система монтируется только после завершения работ по установке реактора. Система включает в себя:

- распределительные газовые магистрали;
- устройства, потребляющие газ;
- сборник конденсата;
- обратный и предохранительные клапаны.

Газовая система выполняется из стальных труб с внутренним диаметром не менее 15мм со сварными соединениями. Для запора газовой системы в момент запуска БГУ обязательна установка полуоборотного крана.

Биогаз, образующийся в реакторе, содержит водяные пары, которые могут конденсироваться на стенках трубопровода и приводить к его закупорке. Для отвода водяных паров необходимо установить на трубопроводе конденсатосборник. Он должен находиться в нижней точке трубопровода. Наличие конденсатосборника обеспечивает сбор конденсата с последующим сбросом его в дренажную систему. Дренажная система должна быть доступна для периодической чистки.

Газовая система должна обеспечивать аварийный сброс газа в случае повышения давления. Излишки газа должны удаляться вне помещения.

6. Изготовление и монтаж ёмкости предварительной подготовки сырья

Перед загрузкой сырьё перемешивается с водой до состояния однородной массы в ёмкости для предварительной подготовки. *Предварительное перемешивание повышает эффективность работы биогазовой установки.* Ёмкость представляет собой бетонный «лоток». Ёмкость устанавливается в непосредственной близости от входного отверстия загрузочной трубы, в которую и выливается подготовленная масса.



Ёмкость предварительной подготовки сырья



Подготовка субстрата в ёмкости предварительной подготовки сырья

7. Монтаж ёмкости для выпружаемого субстрата

Переработанный субстрат удаляется из реактора автоматически переливом через выпрузную трубу в момент загрузки очередной порции сырья. После удаления субстрат попадает в специальную ёмкость для выпружаемого субстрата. Ёмкость для выпружаемого субстрата устанавливается под выпрузной трубой реактора и служит для временного хранения переработанного субстрата. Ёмкость может быть изготовлена из бетона или стали. Наиболее дешёвый вариант заключается в использовании бывшей в употреблении ёмкости, бетонного лотка и т.д.

Наличие данной ёмкости не является обязательным для всех БГУ. Её расположение и объём определяется удобством эксплуатации установки в целом.



Ёмкость для выпружаемого субстрата



Подготовка к монтажу отводящей трубы

8. Монтаж загрузочной и выпрузной труб

Работа БГУ предполагает ежедневную загрузку сырья и выпрузку переработанного субстрата. Для обеспечения герметичности реактора в процессе загрузки и выпрузки, трубы, предназначенные для этих целей, располагаются под наклоном таким образом, чтобы конец трубы находящийся внутри реактора был расположен ниже уровня жидкости. При этом обеспечивается наличие гидравлического затвора.

Для равномерного распределения свежего сырья по всему объёму реактора и эффективного удаления переработанного субстрата трубы для загрузки и выпрузки располагаются на противоположных концах реактора.

Загружаемая масса может содержать твёрдые частицы достаточно крупного размера, например, подстилочный материал (солому, опилки), стебли растений, а также посторонние предметы. Для того, чтобы избежать блокирования используют трубы диаметром не менее 100 мм.

9. Изготовление и монтаж отопительного контура внутри реактора

БГУ работает эффективно в двух температурных режимах:

- мезофильном, при котором температура находится в диапазоне от 32°C до 40°C;
- термофильном (от 54°C до 58°C).

В условиях индивидуальных хозяйств использование термофильного режима нецелесообразно.

Для обеспечения таких температур внутри реактора сбраживаемую массу необходимо подогревать. Для этого можно оборудовать биогазовую установку системой отопления, состоящей из:

- отопительного контура (теплообменников)
- отопительного котла, работающего на твёрдом топливе, электричестве или газе/биогазе.

Отопительный контур, играющий роль теплообменника, изготавливается из стальных или металлопластиковых труб и монтируется внутри реактора. Для повышения эффективности теплообмена в отопительном контуре можно применить теплообменники, состоящие из двух-трех параллельно сваренных труб. При изготовлении и монтаже отопительного контура необходимо учитывать возможность осаждения твёрдых частиц сбраживаемой массы на поверхности теплообменника, которое снижает эффективность теплообмена. По этой причине теплообменники рекомендуется располагать в зоне действия перемешивающего устройства, что помогает избежать осаждения твёрдых частиц на внешней поверхности труб.

Для того, чтобы система отопления была работоспособной без подключения электросети, при монтаже отопительного контура важно обеспечить условия, необходимые для естественной циркуляции жидкости в системе. Для этой цели нужно обеспечить подачу горячей воды в верхнюю точку контура и возврат охлаждённой воды из нижней точки контура. На трубопроводах должны быть вентили для выпуска воздуха из верхних точек трубопроводов.

Система отопления должна быть оборудована расширительным бачком. Поскольку для стабильной работы БГУ необходимо поддерживать постоянную температуру внутри реактора, поступление тепла в реактор необходимо контролировать с помощью термостата.

Если планируется обеспечить принудительную циркуляцию в системе отопления с помощью циркуляционного насоса, то можно не учитывать факторы, обеспечивающие естественную циркуляцию.

10. Подключение внешних источников тепла к отопительному контуру

Для обеспечения подогрева реактора БГУ необходимо подключить отопительный контур к источнику тепла, которым может служить котёл на твёрдом, жидком или газообразном топливе.

Систему отопления БГУ можно подключить к отоплению дома или использовать отдельный газовый котел, который будет работать на биогазе. Для подогрева в процессе запуска установки можно использовать электрический котел.

Желательно использование котлов промышленного производства.

11. Изготовление и монтаж перемешивающего устройства

Перемешивание сбрасываемой массы в реакторе

- повышает эффективность работы БГУ,
- предотвращает осаждение твёрдых частиц на теплообменниках и дне реактора.

Перемешивание может быть постоянным или периодическим в зависимости от режима работы реактора.

Перемешивающее устройство в рассматриваемой установке представляет собой три трубы с отверстиями, помещенными внутри цистерны. Трубы подсоединены к газгольдерам и оснащены ресивером и кранами. При необходимости перемешивания в трубы под давлением подается газ из газгольдеров. Одновременно происходит перемещение массы, обогащенной метаногенными бактериями, в сторону загрузочной трубы, где находится свежий субстрат. Это позволяет увеличить скорость образования метана и сократить необходимое время пребывания субстрата в реакторе.



Монтаж системы отопления и перемешивания



Отопительный контур и система перемешивания внутри цистерны, трубы и стыки покрыты суриком во избежание коррозии



Внешний вид подводящих труб перемешивающего устройства и отопительных труб



Водяной нагревательный котел и расширительный бачок

12. Прокладка газопровода

Газовая система сооружается только после того, как установлен реактор. Она включает: (1) все трубопроводы, (2) устройство, потребляющее газ, (3) емкость для сбора конденсата, (4) клапана.

Предпочтительным является использование стальных труб с внутренним диаметром 15 мм, по крайней мере, до установки предохранительного клапана.

Для подключения небольших потребителей, например, кухонной плиты, допустимо использовать трубы диаметром 12 мм. В момент запуска установки газовая система должна перекрываться с помощью поворотного клапана. Не должно быть клапанов между реактором и предохранительным клапаном.

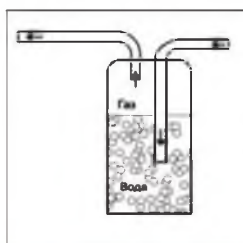
Труба для подачи газа от установки к потребителям должна быть защищена от повреждения людьми, домашними животными и грызунами. Поэтому нужно использовать качественные оцинкованные трубы и, по возможности, прокладывать их под землей на глубине не менее 1 м. Для уменьшения риска утечки газа необходимо свести к минимуму использование разъемных соединительных элементов трубопровода. Соединения должны быть сварены или герметизированы цинковой замазкой, тефлоновой лентой или жгутом и сверху покрашены.

Для подсоединения горелки к трубопроводу газа нельзя применять обычный полиэтиленовый шланг. Для этой цели лучше использовать неопреновый шланг хорошего качества. При появлении биогаза необходимо проверить все соединения и краны на наличие утечек. С этой целью их покрывают мыльным раствором. Появление мыльных пузырей указывает на места утечек.

Газопровод оснащают предохранительно-сбросным клапаном, выпускающим биогаз в атмосферу при повышении давления выше 300 - 350 мм. вод. ст. Сбросной трубопровод выводят на высоту на 1 м выше крыши и на расстояние не менее 10 м от окон или дверей помещений.

13. Монтаж газоотводной трубы, предохранительного и обратного клапанов

Отверстие для отвода газа располагается в верхней части реактора. Для газоотвода применяются стальные трубы с внутренним диаметром не менее 15мм. Обратный предохранительный клапан устанавливается на газоотводе для предотвращения проникновения атмосферного воздуха через газовую систему в реактор, а также для предотвращения обратного удара пламени через систему газораспределения. Обычно клапан устанавливается перед разветвлениями газовой системы по направлению движения газа для того, чтобы весь образующийся биогаз проходил через клапан. В конструкции клапана используется ёмкость с водой, которая обеспечивает пропускание газа в одном направлении



Общий вид
предохранительного клапан



Предохранительный клапан и компрессор для перекачки биогаза ИФ-56



Предохранительный клапан



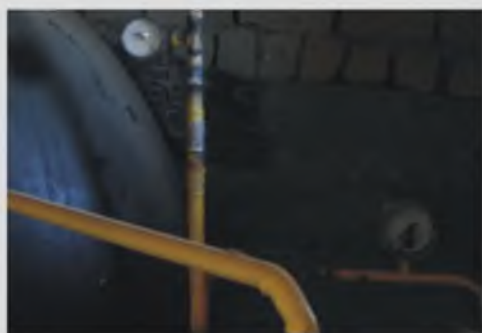
Прокладка газовых труб от газгольдеров до ГРП



Газораспределитель



Аварийный сбросной клапан



Газовые манометры



**Электрический щит для
подачи электроэнергии к БГУ**



Общий вид БГУ

13. Газгольдеры

Выравнивание потребления и производства биогаза в какой-то степени удается осуществлять, используя хранилища (газгольдеры) биогаза. В качестве газгольдеров могут использоваться большие автомобильные или тракторные камеры. Однако, если говорить о сбалансированности потребления и производства в течение сезона, это требует больших затрат на создание больших газгольдеров. Поэтому обычно удается осуществить выравнивание суточное, а по возможности недельное.

В описываемом варианте используются газгольдеры высокого давления, что позволяет накапливать большой объем биогаза для бесперебойного газоснабжения.



Газгольдеры



Внешний вид помещения биогазовой установки



Латок для отработанного субстрата



Лестница для спуска в рабочее помещение



Водяной фильтр и компрессор



Передняя стенка биореактора

Б. ЭКСПЛУАТАЦИЯ БГУ

1. Ежедневное обслуживание БГУ

Стабильная ежедневная работа БГУ требует высокого уровня дисциплины обслуживающего персонала для получения высоких объемов биогаза и биоудобрений и долгой службы установки. Многие проблемы случаются из-за ошибок в эксплуатации. Часто такие проблемы могут быть сведены к минимуму путем:

- выбора простой конструкции установки, адаптированной к местным климатическим условиям и имеющемуся сырью;
- использования высококачественных материалов и приборов;
- хорошего обучения персонала и получения консультаций профессионалов по эксплуатации установки.

2. Подготовка к запуску

Этап подготовки включает в себя проверку герметичности реактора и газовой системы. Для этого к газовой системе подключается водяной манометр, перекрываются все краны с тем, чтобы избыточное давление воздуха в реакторе можно было измерить манометром.

Для этого реактор заполняется водой до рабочего уровня. Избыточный воздух будет вытесняться через предохранительный клапан. После этого фиксируют показания манометра и оставляют заполненный водой реактор на сутки. Если по истечении суток показание манометра не изменилось или изменилось незначительно, то можно считать, что газовая система и реактор обладают достаточной герметичностью. При потере давления в реакторе и газовой системе необходимо отыскать и устранить течь.

Работы по запуску БГУ могут быть начаты только тогда, когда установка в целом и ее элементы будут признаны пригодными к эксплуатации и соответствовать требованиям безопасной эксплуатации.

3. Ввод в эксплуатацию

Первоначальная загрузка новой БГУ должна, если возможно, состоять из отработанного сырья из другой установки (около 10%) или свежего навоза крупного рогатого скота, так как для успешной работы требуются штаммы метанообразующих микроорганизмов, большое количество которых содержится в свежем навозе крупного рогатого скота.

Возраст и количество начальной порции сырья имеют сильное влияние на весь курс ферментации. Рекомендуется позаботиться о достаточном количестве сырья еще до окончания строительства установки. При первой загрузке можно разбавить недостаточное количество сырья большим количеством воды, чем обычно, для заполнения реактора на 2/3 объема.

4. Типы сырья

В зависимости от типа используемого сырья может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель для выхода биогазовой установки на стабильный уровень работы. После разбавления сырья до получения однородной массы нужной влажности его загружают в реактор, который заполняется не более чем на $\frac{2}{3}$ внутреннего объема. Оставшийся объем реактора используется для накопления биогаза.

Загружаемое в реактор сырье не должно быть холодным - его температура должна приближаться к выбранной оптимальной температуре сбраживания.

5. Оптимизация ввода в эксплуатацию

Для оптимизации процесса сбраживания могут быть использованы некоторые известные методы пуска:

- введение в реактор активной закваски от нормально действующего реактора;
- добавление реагентов, таких как известь, углекислый газ, щелочь и другие;
- заполнение реактора теплой водой и постепенное добавление в нее навозных стоков;
- заполнение реактора свежими навозными стоками;
- заполнение реактора горячими газами и постепенная загрузка навозных стоков.

Для обеспечения устойчивого роста микроорганизмов в пусковой период нагрев загруженного сырья должен постепенно увеличиваться не более чем на 2°C в сутки с доведением до $35-37^{\circ}\text{C}$. В процессе нагрева должно быть обеспечено интенсивное перемешивание сырья. Через 7-8 суток начинается активная жизнедеятельность микроорганизмов в реакторе и выделение биогаза.

Период ввода БГУ в рабочий режим эксплуатации называется пуско-наладочным периодом и характеризуется:

- низким качеством биогаза, содержащим около 60% углекислого газа;
- сильным запахом биогаза;
- падающим уровнем pH;
- непостоянным выходом газа.

6. Стабилизация процесса

Переход к рабочему режиму эксплуатации происходит быстрее, если сырье часто и интенсивно перемешивается.

Если в процессе пуско-наладки стабилизация процесса сбраживания задерживается, нужно добавить в реактор небольшое количество навоза КРС для восстановления баланса pH. Сразу после стабилизации процесса сбраживания большой объем несброженного сырья будет производить большое количество биогаза. После того как уровень производимого биогаза упадет до ожидаемого, можно начинать регулярную загрузку сырья.

7. Подготовка газгольдера

Подготовку газгольдера для заполнения газом в составе модуля можно производить только после приемки испытания в соответствии с техническими условиями и после освидетельствования органами Госгортехнадзора.

Во избежание образования взрывоопасной смеси до заполнения газгольдера газом необходимо, чтобы из всей системы, в том числе и из газопроводов, был вытеснен воздух. Вытеснение воздуха производится водой с последующим вытеснением воды газом под давлением или негорючими газами.

Наружным осмотром должно быть проверено состояние контрольно-измерительных приборов, входящих в состав газгольдера (обратный и предохранительный клапаны, манометр, редуктор давления). Надежность заземления и молниезащиты газгольдера проверяется с помощью измерителя заземления. Сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом.

8. Качество газа

В период выхода БГУ на рабочий режим эксплуатации качество биогаза будет невысоким. По этой причине, а также для предотвращения взрывоопасной ситуации, связанной с остаточным кислородом, содержащимся в газгольдерах, первые два суточных объема биогаза должны быть выпущены в воздух. Как только биогаз станет воспламеняемым, он может быть использован для планировавшихся целей.

9. Ежедневные операции

Для оптимальной эксплуатации БГУ большое значение имеют суточная норма загрузки свежего навоза и периодичность ее внесения. Норма загрузки - величина непостоянная и зависит от вида сырья, температуры сбраживания и концентрации сухого вещества в сырье.

При малых дозах суточной загрузки сырья, не превышающих 1-5 % объема реактора в сутки, биогаза выделяется меньше, чем при больших дозах в 10-20%. Однако при больших дозах ежесуточной загрузки содержание метана в биогазе сокращается, а содержание углекислого газа - увеличивается.

Эксплуатация БГУ невозможна без надзора и проведения профилактических работ.

Кто не готов, в зависимости от типа и размера установки ежедневно, минимум 1 час, тратить на установку, тому лучше не браться за это дело.

Оптимальной нормой суточной загрузки для установок с мезофильной температурой брожения с точки зрения качества биогаза можно считать 6-10% от полного объема загружаемого сырья при продолжительности сбраживания 10-20 суток. Оптимальной дозой загрузки для термофильного режима можно считать 15-25% при продолжительности брожения от 4 до 8 суток. При использовании психрофильного режима сбраживания рекомендуется загружать не более 2% при ежесуточном добавлении нового сырья. Если используется метод порционной загрузки, то реактор загружается

сразу на 2/3 и сырье перерабатывается без добавления свежего навоза в течении 40 и более дней.

Суточная доза должна вноситься в реактор не целиком, а постепенно равными порциями через одинаковые промежутки времени 4-6 раз в сутки. После загрузки очередной порции рекомендуется осуществлять перемешивание сырья. Состояние и работа перемешивающих устройств должна проверяться ежедневно.

О том, как протекает процесс сбраживания сырья в реакторе, можно судить по интенсивности выделения биогаза, а также по цвету сброженной массы на выходе из реактора. Отсутствие биогаза или его слабое образование свидетельствует о низкой активности микроорганизмов и может быть обнаружено по серому цвету сброженной массы. Причиной может быть недостаток микроорганизмов, приводящий к затуханию процесса сбраживания, для возобновления которого требуется введение питательных растворов с хорошей концентрацией микроорганизмов и, следовательно, с потенциалом хорошего газообразования.

При избытке питательных веществ возможно образование кислот и снижение активности микроорганизмов. Цвет сброженного сырья в этом случае изменяется на черный, а на его поверхности может образоваться белая пленка. Нейтрализовать кислоты можно введением растительной золы или известковой воды.

Если сброженная масса имеет темно-коричневый цвет и при этом на ее поверхности образуется пена, то можно считать, что идет нормальный процесс брожения.

Особой проблемой маленьких установок является закупорка отверстий реактора. Это может привести к слишком большому давлению внутри реактора и закупорке газовой трубы. Для предотвращения этого необходимо проверять уровень сырья и состояние отверстий установки ежедневно.

10. Еженедельные операции

- контроль водяных затворов;
- обновление газовых фильтров;
- чистка купола в установках с плавающим куполом; проверка гибких шлангов и труб на появление пор.

11. Ежегодные операции

- удаление корки на поверхности сырья и осадка со дна реактора установки;
- вся установка и газовая система должны быть проверены на герметичность давления.

В. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБСЛУЖИВАНИЮ БГУ

А) Меры предосторожности при запуске и обслуживании

При выполнении операций обслуживания установки, особенно в период пуска и вывода на режим, необходимо соблюдать определенные меры предосторожности, к которым необходимо отнести следующее:

1. Подбор и подготовка исходного сырья должна выполняться более тщательно. Запрещается загружать отходы, содержащие ядовитые вещества, так как это не только подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, но может оказать и воздействие на организм обслуживающего персонала. Кроме того, необходимо учитывать, что сброженное сырье скорее всего будет использоваться в качестве удобрения.
2. Необходимо следить за изменением давления биогаза и работой перепускного устройства на случай повышенного давления биогаза, особенно в период загрузки и перемешивания.
3. Запрещается открывать люк метантанка, задвижки на подводящих и отводящих трубах при наличии давления в реакторе. Под давлением может произойти резкий обильный самоизлив субстрата.
4. Необходимо уменьшить давление биогаза внутри метантанка, откачать биогаз компрессором, перед проведением выгрузки сырья, чтобы не произошло слишком интенсивного излития субстрата. Перед загрузкой субстрата необходимо спустить весь биогаз, что позволит исключить вытекания отработанного субстрата из загрузочной трубы, а напротив, позволит самотеком загрузить реактор.
5. Во время полной выгрузки метантанка, ремонта или осмотра внутренней поверхности метантанка должны быть приняты соответствующие меры предосторожности. Во время выгрузки открыть люк и вручную или с помощью насоса осуществлять выгрузку содержимого метантанка. Оставить метантанк на 1-2 суток открытым для естественной вентиляции, а если есть возможность с помощью воздуходувки интенсифицировать процесс вентиляции. После этого в метантанк впускают мелкую живность (стрекозы, лягушку, куры, утки, кроль и т.д.) и наблюдают в течение 15-20 мин. Если живность ведет себя нормально, значит внутри метантанка могут работать люди, соблюдая меры предосторожности.
6. При разгерметизации метантанка нельзя зажигать спички, курить вблизи установки. Запрещается освещение внутри метантанка осуществлять открытым пламенем.
7. Запрещается при работе установки, делать пробные зажигания биогаза над газопроводной трубой. Это должно осуществляться только на запальном устройстве потребителя биогаза.
8. Обслуживание приборов потребляющих биогаз должно осуществляться в соответствии с действующими инструкциями.
9. Во избежание взрывоопасной ситуации в связи с возникновением электрических разрядов и поражения электрическим током обслуживающего персонала все узлы биогазовой установки должны быть надежно заземлены.

10. На место заглубления метантанка не допускается заезд автотранспорта и прогон скота.

Б) Правила безопасной эксплуатации БГУ

- Биогазовая установка должна быть оснащена противопожарным щитом.
- Основными источниками опасности при обслуживании установок метанового сбраживания является взрывоопасность, пожароопасность и токсичность биогаза, недостаток кислорода в замкнутых пространствах, наличие движущихся деталей оборудования с использованием электрооборудования, компрессоров и т.д.
- Биогаз, состоящий из метана и диоксида углерода, при определенных концентрациях взрывоопасен. Самовоспламенение происходит при 630 °С. Метан (CH₄) бесцветный газ, не растворяющийся в воде, действует угнетающе на центральную нервную систему и влияет на двигательные функции, удушающе действует при концентрациях свыше 15 %.
- Диоксид углерода бесцветен, стойкий, не горючий, тяжелее воздуха, со слабокислым запахом газ. В зависимости от концентрации вдыхаемый газ оказывает возбуждающее, опьяняющее или удушающее действие.
- Метантанки, газгольдеры и помещения в которых они расположены относятся к категории пожаро- и взрывоопасных зданий. Метан взрывается при концентрации его в воздухе от 5 до 15 %.
- Каждый метантанк должен быть оснащен задвижками, гидрозатворами, которые в случае надобности, могли бы отключить его от магистрального газопровода биогаза.
- Выделяющийся в процессе брожения биогаз должен иметь свободный выход из метантанка в газопровод. При повышении давления биогаза в системе, выше нормы, должен быть обеспечен автоматический сброс давления.
- Утечка газа в коммуникациях обнаруживается мыльным раствором (1л жидкости 25- 30 г мыла), который наносится на места соединения, где возможна утечка газа. Появление пузырьков мыльной пены указывает на утечку газа.
- Работа в метантанках, связанная со спуском в них людей, может производиться только при соблюдении техники безопасности. Работу можно проводить только после проветривания, с обязательным использованием индивидуальных средств защиты и предохранительных поясов.

В) Требования санитарной безопасности

В жидком навозе и навозных стоках всегда присутствует в большей или меньшей мере от 60 до 100 яиц гельминтов в 1 л, бактерии группы кишечной палочки. Присутствие патогенной микрофлоры зависит от санитарного благополучия в хозяйстве, возникновения там единичных заболеваний животных или эпизоотии всего поголовья.

Поэтому необходимо соблюдать следующие правила и рекомендации:

- работать в спецодежде, специальной обуви, в перчатках или резиновых перчатках;
- не принимать пищу в помещениях фермы и установки метанового сбраживания;
- после окончания работы необходимо мыть руки мылом и теплой водой;
- ежедневно убирать помещение влажным способом с использованием дезинфицирующих средств.

UNDP is the UN's global development network, advocating for change and connecting countries to knowledge, experience and resources to help people build a better life.

ПРООН является глобальной сетью ООН в области развития, выступающей за изменения и предоставляющая странам знания, опыт и ресурсы для того, чтобы помочь людям в построении лучшей жизни.

Узбекистан,
Ташкент, 100003
пр. Узбекистанский, 45а
Офис проекта ПРООН

Тел: 998 71 232 6382

e-mail: liliya.zavyalova@undp.org

ТАШКЕНТ 2012