



**ПРОЕКТ ПРООН «ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ УСИЛЕНИЕ
И ПОСТРОЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ»
ПРОГРАММА МАЛЫХ ГРАНТОВ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНДА**

Биогазовые технологии в Кыргызской Республике

справочное руководство



**ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ООН:
Цель 7: “Обеспечение экологической устойчивости”**

**ПРОЕКТ ПРООН «ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ УСИЛЕНИЕ
И ПОСТРОЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ»
ПРОГРАММА МАЛЫХ ГРАНТОВ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНДА**

Биогазовые технологии в Кыргызской Республике

**ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ООН:
Цель 7: “Обеспечение экологической устойчивости”**

УДК 658
ББК 30.6
В 26

В26 Веденев А.Г., Веденева Т.А., ОФ «Флюид»
Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. — Б. Типография «Евро», 2006. — 90с.

ISBN 9967-23-526-8

Эксперты:

Абасов В.С., канд.с/х.наук, зав. отделом агрохимии Кыргызского НИИ Земледелия
Некрасов В.Г., канд.тех.наук Национальной инженерной академии Республики Казахстан
Маслов А.Н., инженер-технолог ОФ «Флюид»

Общая редакция:

Родина Е. М., канд.тех.наук, зав. кафедрой устойчивого развития окружающей среды и безопасности жизнедеятельности КРСУ

Данное руководство подготовлено по заказу и при финансовой поддержке проекта ПРООН «Институциональное усиление и построение возможностей для устойчивого развития», Программы малых грантов Глобального Экологического Фонда в рамках проекта «Повышение потенциала применения биогазовых установок в Кыргызстане».

В руководстве приводятся различные конструкции биогазовых установок, критерии их выбора и схемы, нормы эксплуатации и обслуживания, имеющиеся в других странах, а также работающие в условиях Кыргызстана.

Описываются особенности различного сырья и условия его переработки для получения биогаза и биоудобрений, использование биогаза в различных газовых приборах, для заправки автомобилей, производства электроэнергии, методы применения биоудобрений при выращивании сельскохозяйственных культур и в качестве кормовых добавок для животных.

Приводится оценка выгоды внедрения биогазовых технологий с экономической и экологической точки зрения на уровне фермерских хозяйств и на государственном уровне.

Для желающих построить биогазовую установку своими силами даны рекомендации и подробная спецификация на материалы и оборудование.

Руководство адресовано широкому кругу читателей: руководителям хозяйств, сотрудникам НИИ и государственных учреждений, студентам учебных заведений, предпринимателям в области сельского хозяйства и фермерам.

В 2103000000-06

ISBN 9967-23-526-8

УДК 658

ББК 30.6

© ПРООН, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Часть 1 Основы биогазовых технологий	6
Подробнее о биогазе.....	7
О биоудобрениях.....	8
История развития биогазовых технологий	9
Часть 2. Состав сырья и параметры его переработки	14
Микробиология	14
Параметры и оптимизация процесса сбраживания.....	14
Поддержка анаэробных условий в реакторе	15
Соблюдение температурного режима	15
Питательные вещества	16
Время сбраживания	16
Кислотно-щелочной баланс.....	17
Соотношение содержания углерода и азота.....	17
Выбор влажности сырья	18
Регулярное перемешивание.....	18
Ингибиторы процесса	19
Типы сырья	19
Выход газа и содержание метана	20
Проблема корки.....	21
Состав сырья.....	22
Часть 3. Биогазовые установки.....	23
Распространенные типы биогазовых установок	23
Биогазовые установки Кыргызстана	27
Строительство биогазовой установки.....	31
Выбор размера реактора	31
Реактор.....	33
Системы загрузки и выгрузки сырья	36
Системы сбора биогаза	37
Газгольдеры	39
Системы перемешивания	40
Системы подогрева сырья.....	41
Типы установок, рекомендуемых для внедрения в Кыргызстане.....	43
Эксплуатация биогазовых установок	48
Ежедневные операции	50
Еженедельные и ежемесячные операции:.....	51
Ежегодные операции	51
Техника безопасности	51
Техническое обслуживание, мониторинг и ремонт	52
Ремонт.....	53
Часть 4. Использование продуктов биогазовых технологий.....	54
Использование биогаза.....	54
Газовые горелки.....	54
Двигатели, работающие на биогазе	56
Эффективность использования биогаза	58
Использование биоудобрений.....	58
Эффективность воздействия биоудобрений на растения	59
Пшеница.....	59
Кукуруза	60
Помидоры, картофель и другие клубневые овощи	61

Ячмень	61
Сахарная свекла	61
Хлопок	62
Деревья, кустарниковые растения и травостой.....	62
Внесение биоудобрений	62
Кормовая добавка	63
Хранение биоудобрений.....	64
Оборудование для внесения биоудобрений.....	65
Часть 5. Экономическая оценка биогазовых технологий.....	66
Выгоды для индивидуальных хозяйств	66
Энергия	67
Биоудобрения	67
Стоимость биогазовой установки.....	68
Экономическая выгода биогазовой установки.....	70
Метод минимальных ежегодных доходов.....	71
Макроэкономическая оценка	73
Энергетика и сельское хозяйство	74
Окружающая среда	76
Здравоохранение	76
Занятость	76
Социальная политика	77
Внедрение биогазовых технологий в Кыргызстане	77
Глобальные экологические выгоды биогазовых технологий	79
Литература	81
Приложение А	83
Приложение Б	85
Приложение В	89

ВВЕДЕНИЕ

Данное руководство подготовлено по заказу проекта ПРООН «Институциональное усиление и построение возможностей для устойчивого развития» и Программы Малых Грантов Глобального Экологического Фонда (ПМГ/ГЭФ) ПРООН в Кыргызской Республике в рамках проекта «Повышение потенциала применения биогазовых установок в Кыргызстане».

Главными задачами этого проекта является повышение информированности населения, занимающегося животноводством о возможностях биогазовых технологий, ознакомление их с опытом эксплуатации действующих установок, передачи им навыков строительства простейших установок, информирование сельского населения Кыргызстана об отечественных и зарубежных организациях и конструкторах, производящих биогазовые установки.

Сельское хозяйство Кыргызстана сейчас испытывает большие трудности, связанные с низким плодородием земель, растущими ценами на топливо и удобрения, ухудшающимся состоянием окружающей среды и общей бедностью сельского населения. Выходом из замкнутого круга этих проблем может стать внедрение в хозяйства биогазовых технологий.

Переработка сельскохозяйственных отходов: навоза животных, огородной ботвы, сорной растительности и пищевых отходов на биогазовых установках может обеспечить хозяйство биогазом, который можно использовать в любых бытовых газовых приборах и высокоэффективными органическими биоудобрениями, применение которых увеличит продуктивность земель на 10-30%.

В настоящее время в мире накоплен значительный теоретический и практический материал по внедрению технологий анаэробной переработки сельскохозяйственных отходов и использование биогаза и удобрений, получаемых из сельскохозяйственных отходов. Аналогичный опыт есть и в Кыргызстане, где первые экспериментальные установки были созданы в 1980-е годы в Национальной Академии Наук.

В последние годы, в результате инициативы фермеров, ряда частных предприятий, НПО (ОФ «Флюид», Кыргызской Ассоциации возобновляемых источников энергии), а также поддержки международных организаций и программ (Немецкое общество технического сотрудничества, Японского агентства по международному сотрудничеству, Программы Малых Грантов Глобального Экологического Фонда, Центрально-Азиатской Горной Программы) интерес к биогазовым установкам значительно возрос. Уже имеется опыт сооружения промышленных биогазовых установок с объёмом реактора 250 кубометров.

Данная публикация, является составной частью комплекса мероприятий этого проекта по информированию заинтересованных сторон и оценки опыта, накопленного по этому вопросу в Кыргызстане.

Для желающих построить биогазовую установку у себя в хозяйстве приводятся различные конструкции и составные части биогазовых установок, критерии их выбора для нужд хозяйства, а также нормы эксплуатации и обслуживания, необходимого для успешного функционирования установок. Описываются и оцениваются распространенные конструкции установок, включая установки, уже построенные в Кыргызстане, а так же приводятся рекомендации по выбору наиболее подходящих для условий Республики установок.

Описываются способы использования продуктов анаэробной переработки сырья – биогаза и биоудобрений, экономические и экологические выгоды их использования, стоимость и сроки окупаемости биогазовых установок.

Приводится перечень организаций и консультантов по производству биогазовых установок в Кыргызстане, России, Казахстане, Украине и Белоруссии, а также список обследованных биогазовых установок в Кыргызской Республике. Для финансирования строительства биогазовых установок и грантовой помощи приводится перечень грантовых и финансовых организаций в Кыргызстане.

При составлении руководства были использованы данные и разработки специалистов из Кыргызстана, информационные материалы, размещенные в Интернете и другие источники.

ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Что такое биогазовая установка?

Биогазовая установка, как правило, представляет собой герметически закрытую емкость, в которой при определенной температуре происходит сбраживание органической массы отходов, сточных вод и т.п. с образованием биогаза.

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.

Сам процесс получения биогаза и биоудобрения из сырья называют ферментацией, или сбраживанием. Сбраживание сырья производится за счет жизнедеятельности особых бактерий. Во время сбраживания на поверхности сырья появляется корка, которую нужно разрушать, перемешивая сырье. Перемешивание осуществляется вручную или при помощи специальных устройств внутри реактора и способствует высвобождению образовавшегося биогаза из сырья.

Полученный биогаз после очистки собирается и хранится до времени использования в газгольдере. От газгольдера к месту использования в бытовых или других приборах биогаз проводят по газовым трубам. Переработанное в реакторе биогазовой установки сырье, превратившееся в биоудобрения, выгружается через выгрузное отверстие и вносится в почву или используется как кормовая добавка для животных.



Рис.1. Схема переработки органических отходов на биогазовых установках

Оптимизация процесса переработки сырья

Условия, необходимые для переработки органических отходов внутри реактора биогазовой установки, кроме соблюдения бескислородного режима, включают:

- соблюдение температурного режима;
- доступность питательных веществ для бактерий;
- выбор правильного времени сбраживания и своевременную загрузку и выгрузку сырья;
- соблюдение кислотно-щелочного баланса;
- соблюдение соотношения содержания углерода и азота;
- правильную пропорцию твердых частиц в сырье и перемешивание;
- отсутствие ингибиторов процесса.

Типы биогазовых установок

Существует много различных конструкций биогазовых установок. Их различают по методу загрузки сырья, внешнему виду, по составным частям конструкции и материалам, из которых они сооружаются.

По методу загрузки сырья выделяют установки порционной и непрерывной загрузки, которые отличаются временем сбраживания и регулярностью загрузки сырья. Наиболее эффективными с точки зрения выработки биогаза и получения биоудобрений являются установки непрерывной загрузки.

По внешнему виду установки различаются в зависимости от способа накопления и хранения биогаза. Газ может собираться в верхней твердой части реактора, под гибким куполом или в специальном газгольдере, плавающем или стоящим отдельно от реактора.

Выгоды применения биогазовых технологий [22]

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

Экономия денег:

- экономятся деньги, ранее затрачиваемые на топливо и электроэнергию;
- экономятся деньги, затрачиваемые на покупку удобрений и гербицидов.

Возможность получения дополнительных денег:

- вы можете продать биогаз и биоудобрения;
- вы получаете дополнительные деньги при повышении урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур за счет применения биоудобрений;
- вы получаете дополнительные деньги при выращивании животных 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 очистки воздуха в результате сокращения объемов органических отходов в местах их складирования;
- улучшается эпидемиологическая обстановка в результате гибели части микроорганизмов, содержащихся в отходах;
- улучшается здоровье за счет получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции при использовании экологически чистых удобрений.

Экономия времени, места и женского труда:

- экономится время, затрачиваемое на обслуживание печи по сравнению с обслуживанием печей использующих уголь, дрова и т.п.;
- экономятся время, затрачиваемое ранее на сбор, транспортировку, сушку топлива, и место, занимаемое топливом – кизяком, углем, дровами и т.д.;
- экономится время при использовании биоудобрений, затрачиваемое на прополку сорняков, вносимых с обычным навозом, так как их семена погибают в процессе сбраживания в реакторе биогазовой установки [13].

Экологические выгоды:

- уменьшение выброса в атмосферу метана (парниковый газ), образуемого при хранении навоза под открытым небом;
- уменьшение выброса углекислого газа и продуктов сгорания угля, дров и других видов топлива;
- уменьшение загрязнения воздуха азотистыми соединениями, имеющими неприятный запах;
- уменьшение загрязнения водных ресурсов навозными стоками;
- сохранение леса от вырубки;
- уменьшение использования химических удобрений.

ПОДРОБНЕЕ О БИОГАЗЕ

Биогаз образуется с помощью бактерий в процессе разложения органического материала при анаэробных (без доступа воздуха) условиях и представляет собой смесь метана и других газов в следующих пропорциях:

Таблица 1. Состав биогаза[13]

Газ	Химическая формула	Объемная доля
Метан	CH_4	40 -70%
Углекислый газ	CO_2	30 -60%
Другие газы:		1 -5%
Водород	H_2	0 -1%
Сероводород	H_2S	0 -3%

Теплотворная способность одного кубометра биогаза составляет в зависимости от содержания метана 20-25 МДЖ/ м³, что эквивалентно сгоранию 0,6 – 0,8 литра бензина; 1,3 - 1,7 кг дров или использованию 5 - 7 кВт электроэнергии [13].

Биологический процесс брожения

В процессе сбраживания сырья в биогазовых установках бактерии, производящие метан, разлагают органическое вещество и возвращают продукты разложения в виде биогаза и других компонентов в окружающую среду. Знание процесса сбраживания необходимо для выбора конструкции, строительства и эксплуатации биогазовых установок.

Состав сырья и производство биогаза

В принципе, все органические вещества подвержены процессам брожения и разложения. Однако в простых биогазовых установках предпочтительно перерабатывать только однородные и жидкие органические отходы: экскременты и урину скота, свиней и птиц, человеческие фекалии.

В более сложных биогазовых установках можно перерабатывать и другие виды органических отходов – растительные остатки и твердые мусорные отходы. Объем вырабатываемого биогаза зависит от типа используемого сырья и температуры процесса сбраживания.

Использование биогаза

Биогаз может быть использован в любых газовых приборах так же, как используется природный газ. Наиболее эффективным является использование биогаза для приготовления пищи, обогрева помещений, выработки электроэнергии и заправки автомобилей.

О БИОУДОБРЕНИЯХ

В Кыргызстане, как и во многих других развивающихся странах, существует прямая связь между проблемой удобрений и деградацией земель, а также проблемой вырубki лесов из-за высокого спроса на дрова. В сельской местности часто сжигают высушенный навоз (кизьяк) и органические отходы для приготовления пищи и обогрева жилых помещений.

Такое использование органических отходов является причиной значительных потерь растительных питательных веществ, в которых так нуждается сельское хозяйство для поддержки плодородия почв. Применение биогазовых технологий обеспечит максимальное использование доступных сельскому населению ресурсов: остающийся после выработки биогаза биошлам представляет собой удобрение, повышающее общее качество земель и увеличивающее урожайность.



Рис.2. Эффект применения биоудобрений на рост пшеницы
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Особенности биоудобрений

Биоудобрение содержит ряд органических веществ, которые вносят вклад в увеличение проницаемости и гигроскопичности почвы, в то же время предотвращая эрозию и улучшая общие почвенные условия. Органические вещества также являются базой для развития микроорганизмов, которые переводят питательные вещества в форму, которая легко может быть усвоена растениями. Практика показывает, что урожайность растений при применении биоудобрений значительно повышается.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Отдельные случаи использования примитивных биогазовых технологий были зафиксированы в Китае, Индии, Ассирии и Персии начиная с XVII века до нашей эры. Однако систематические научные исследования биогаза начались только в XVIII веке нашей эры, спустя почти 3,5 тысячи лет.

В 1764 году Бенджамин Франклин в своем письме Джозефу Пристли описал эксперимент, в ходе которого он смог поджечь поверхность мелкого заболоченного озера в Нью Джерси, США.

Первое научное обоснование образования воспламеняющихся газов в болотах и озерных отложениях дал Александр Вольта в 1776 г., установив наличие метана в болотном газе. После открытия химической формулы метана Дальтоном в 1804 году, европейскими учеными были сделаны первые шаги в исследованиях практического применения биогаза [23].

Свой вклад в изучение образования биогаза внесли и российские ученые. Влияние температуры на количество выделяемого газа изучил Попов в 1875 году. Он выяснил, что речные отложения начинают выделять биогаз при температуре около 6°C. С увеличением температуры до 50°C, количество выделяемого газа значительно увеличивалось, не меняясь по составу - 65% метана, 30% углекислого газа, 1% сероводорода и незначительное количество азота, кислорода, водорода и закиси углерода. В.Л. Омелянский детально исследовал природу анаэробного брожения и участвующие в нем бактерии [19].



Рис.3. Простейшая китайская установка.
Источник: Ю. Калмыкова, А. Герман, В. Жирков
«Проект Биогаз», Карагандинский
экологический музей, 2005г.

Вскоре после этого, в 1881 году, начались опыты европейских ученых по использованию биогаза для обогрева помещений и освещения улиц. Начиная с 1895 года, уличные фонари в одном из районов города Эксетер снабжались газом, который получался в результате брожения сточных вод и собирался в закрытые емкости [23]. Два годами позже появилось сообщение о получении биогаза в Бомбее, где газ собирался в коллектор и использовался в качестве моторного топлива в различных двигателях.

В начале XX века были продолжены исследования в области повышения количества биогаза путем увеличения температуры брожения. Немецкие ученые Имхофф и Бланк в 1914-1921 гг. запатентовали ряд нововведений, которые заключались во введении постоянного подогрева емкостей. В период Первой мировой войны началось распространение биогазовых установок по Европе, связанное с дефицитом топлива. Хозяйства, где имелись такие установки, находились в более благоприятных условиях, хотя установки были еще несовершенные и в них использовались далеко не оптимальные режимы.

Одним из важнейших научных шагов в истории развития биогазовых технологий являются успешные эксперименты Бусвелла по комбинированию различных видов органических отходов с навозом в качестве сырья в 30-х годах XX столетия [23].

Первый крупномасштабный завод по производству биогаза был построен в 1911 году в английском городе Бирмингеме и использовался для обеззараживания осадка сточных вод этого города. Вырабатываемый биогаз использовался для производства электроэнергии. Таким образом, английские ученые являются пионерами практического применения новой технологии. Уже к 1920 году они разработали несколько типов установок для переработки сточных вод. Первая биогазовая установка для переработки твердых отходов объемом 10 м³ была разработана Исманом и Дюселье и построена в Алжире в 1938 году [19].

В годы Второй мировой войны, когда энергоносителей катастрофически не хватало, в Германии и Франции был сделан акцент на получение биогаза из отходов сельскохозяйственного производства, главным образом из навоза животных. Во Франции к середине 40-х годов эксплуатировалось около 2 тыс. биогазовых установок для переработки навоза. Вполне естественно, этот опыт распространялся на соседние страны. В Венгрии существовали установки для производства биогаза. Это отмечают солдаты Советской Армии в основном, выходцы из

сельских районов СССР, освобождавшие Венгрию от немецких войск и удивлявшиеся, что в крестьянских хозяйствах навоз скота не лежал в кучах, а загружался в закрытые емкости, откуда получали горючий газ [19].

Европейские установки довоенного периода не выдержали конкуренции в послевоенное время со стороны дешевых энергоносителей (жидкое топливо, природный газ, электроэнергия) и были демонтированы. Новым импульсом для их развития на новой основе стал энергетический кризис 70-х годов, когда началось стихийное внедрение биогазовых установок в странах юго-восточной Азии. Высокая плотность населения и интенсивное использование всех пригодных для возделывания сельскохозяйственных культур площадей земли, а также достаточно теплый климат, необходимый для использования биогазовых установок в самом простом варианте – без искусственного подогрева сырья, легли в основу различных национальных и международных программ по внедрению биогазовых технологий.

Сегодня биогазовые технологии стали стандартом очистки сточных вод и переработки сельскохозяйственных и твердых отходов и используются в большинстве стран мира.

Развитые страны

В большинстве развитых стран переработка органических отходов в биогазовых установках чаще используется для производства теплоэнергии и электричества. Производимая таким образом энергия составляет около 3-4% всей потребляемой энергии в европейских странах. В Финляндии, Швеции и Австрии, которые поощряют использование энергии биомассы на государственном уровне, доля энергии биомассы достигает 15-20% от всей потребляемой энергии [24].

Использование электроэнергии и тепла, производимого с помощью анаэробной переработки биомассы, в Европе сосредоточено, в основном в Австрии, Финляндии, Германии, Дании и Великобритании. В Германии на настоящий момент насчитывается около 2000 больших установок анаэробного сбраживания. Количество биогазовых установок с объемами реакторов более 2000 м³ каждая в Австрии составляет в настоящее время более 120, около 25 установок находятся в стадии планирования и постройки [7].

Высокая степень развития рынка биогазовых технологий может быть найдена в сферах муниципальной утилизации сточных вод, очистки промышленных сточных вод и утилизации сельскохозяйственных отходов. В Швеции энергия биомассы предоставляет 50% необходимой тепловой энергии. В Англии, на родине первого промышленного биогазового реактора, с помощью биогаза еще в 1990 г. удалось покрыть все энергозатраты в сельском хозяйстве. В Лондоне действует один из крупнейших в мире комплексов по переработке бытовых сточных вод.

В 30-е годы опыт Европы был перенесен в США. Биогазовая установка по переработке животноводческих отходов была построена в 1939 году и успешно работала в течение более чем 30 лет. В 1954 г. был построен первый завод по переработке коммунальных отходов с получением биогаза в Форт-Додже, штат Айова, США. Биогаз подавался на двигатель внутреннего сгорания для выработки электроэнергии при мощности электрогенератора 175 кВт. Сейчас в США насчитывается несколько сотен крупных биогазовых установок, перерабатывающих отходы животноводства и тысячи установок, утилизирующих городские сточные воды [19]. Биогаз используется в основном для получения электричества, отопления домов и теплиц.

Увеличивающиеся выбросы парниковых газов, увеличение потребления воды и ее загрязнение, снижающееся плодородие земель, неэффективная утилизация отходов и растущие проблемы с обезлесиванием являются частями неустойчивой системы использования природных ресурсов по всему миру. Биогазовые технологии являются одним из важных компонентов в цепи мер по борьбе с вышеуказанными проблемами. Прогноз роста вклада биомассы как источника возобновляемой энергии в мире предполагает достижение 23,8% от общего потребления энергии к 2040 году, а к 2010-му страны ЕС планируют увеличить этот вклад до 12%.



Рис.4. Индустриальная биогазовая установка в Дании

Источник: «Biomass Energy Systems»,
ACRE, the Australian CRS for Renewable Energy Ltd,
<http://www.phys.murdoch.edu.au/acre/>.

Развивающиеся страны

Доля энергии, получаемой из биомассы в развивающихся странах, составляет около 30-40% от всей потребляемой энергии, а в некоторых странах (в основном в Африке) достигает 90% [24].

Среди развивающихся стран распространено производство энергии и тепла с помощью переработки отходов на небольших биогазовых установках. Около 16 миллионов хозяйств по всему миру используют энергию для освещения, обогрева и приготовления пищи, производимую в биогазовых установках. Это включает 12 миллионов хозяйств в Китае, 3,7 миллиона хозяйств в Индии и 140 тысяч хозяйств в Непале [25].

История современного широкомасштабного использования биогазовых установок в Китае насчитывает более 50 лет. Первые биогазовые установки были построены в 40-х годах XX века зажиточными семьями. С начала 70-х годов исследовательская работа и биогазовые технологии были серьезно поддержаны правительством Китая.

В сельских районах Китая в настоящее время более 50 миллионов человек пользуются биогазом в качестве топлива. Типичная биогазовая установка имеет объем реактора около 6-8 м³, производит 300 м³ биогаза в год, работая ежегодно от 3 до 8 месяцев, и стоит около \$200–250, в зависимости от провинции. Большинство установок очень просты и после определенного обучения фермеры строят и эксплуатируют установки самостоятельно. С 2002 года правительство Китая выделяет ежегодно около 200 миллионов долларов на поддержку строительства биогазовых установок. Дотация на каждую установку равняется примерно 50% средней стоимости. Таким образом, правительство добилось годового роста количества биогазовых установок до 1 миллиона в год [24]. На индустриальной основе в Китае работают несколько тысяч средних и крупных установок и планируется увеличение их количества.

В Индии развитие простых биогазовых установок для сельских усадеб началось в 50-х годах XX века, хотя еще в 1859 году в Бомбее была построена первая биогазовая установка на базе колонии больных проказой для переработки твердых и жидких отходов [19].

Большое увеличение числа биогазовых установок, обеспеченное правительственной поддержкой, наблюдалось в 70-х годах. На сегодняшний день в Индии работает около 3,7 миллиона биогазовых установок. Министерство нетрадиционных источников энергии Индии занималось внедрением биогазовых установок с 1980 года и предоставляло субсидии и финансирование для строительства и эксплуатации биогазовых установок, обучения фермеров, открытия и работы сервисных центров.

В Непале Программа поддержки биогазовых технологий предоставляет техническую экспертизу, финансирование и строительство биогазовых установок для хозяйств с объемом реакторов 4-20 м³, особо популярны установки объемом 6 м³. Кроме предоставления энергии и удобрений, в Непале было замечено уменьшение тяжести женского труда за счет сокращения времени на сбор дров, а также увеличение годовых сбережений от замены 25 литров керосина на хозяйство биогазом и годовых сбережений от замены 3 тонн дров и угля.

Во время реализации программы возникли и развились 60 частных фирм-производителей установок, около 100 организаций микро-финансирования предоставляли средства на строительство установок, были приняты стандарты качества установок и создана постоянная организация по развитию рынка биогазовых технологий [24].

Газификация и производство тепловой энергии на биогазовых установках является растущей отраслью во многих развивающихся странах. На Филиппинах биогазовые установки производят газ для работы моторов, которые мельют рис и работают на ирригацию с 80-х годов. Использование биогаза маленькими коммерческими компаниями в Индии, Индонезии, Шри-Ланке (например, в текстильной индустрии или для просушки специй, кирпичей, резины) окупалось менее чем за сезон.



Рис.5. Баллонная установка в Кот-д'Ивуаре.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996г.

Использование биогазовых технологий для утилизации сточных вод широко используется в Азии (особенно в Индии) и Латинской Америке. Сельскохозяйственные биогазовые установки широко внедряются в развивающихся странах и распространяются для производства энергии, удобрений и решения экологических проблем, связанных с загрязнением вод навозными стоками.

СССР, СНГ и Кыргызстан

В СССР научные основы метанового брожения исследовались начиная с 40-х годов XX века. На протяжении существования СССР в теоретических исследованиях участвовали институты системы Академии наук, а прикладные исследования проводились в Академии коммунального хозяйства им. Памфилова и исследовательских и проектных институтах сельскохозяйственного направления, таких как: Всесоюзный институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), Украинский научно-исследовательский и проектный институт агропромышленного комплекса (УкрНИИгипросельхоз) и других [19].

Применение технологии метанового сбраживания к сельскохозяйственным отходам в СССР было начато Г.Д. Ананиашвили в 1948 г. в Тбилисском филиале ВИЭСХ, впоследствии ГрузНИИМЭСХ (ГИМЭ). Там в 1948-1954 гг. была разработана и построена первая в СССР лабораторная и производственная биоэнергетическая установка. Производственный вариант установки был рассчитан на утилизацию навоза от десяти коров. Переработка проводилась при мезофильном режиме (32-34°C). Установка обеспечивала удельный выход 1 м³ газа с 1 м³ реактора. На основе этого опыта в популярной литературе («Юный техник», 1959 г. № 6) появилось одно из первых сообщений, популяризирующее биогазовую технологию, с рекомендациями по ее реализации в условиях частного хозяйства. Однако технология не получила широкого распространения вследствие дешевизны энергоресурсов и отсутствия крупных животноводческих хозяйств.

В середине 70-х годов, с наступлением мирового энергетического кризиса, руководство СССР решило проводить в стране политику энергосбережения. Кроме того, в сельском хозяйстве стали применяться интенсивные технологии, было создано много крупных животноводческих комплексов, которые столкнулись с проблемой утилизации навозных стоков. В этой связи интерес к биогазовым технологиям возрос, и в 1981 г. при Госкомитете по науке и технике СССР была создана специализированная секция по программе развития биогазовой отрасли промышленности. Предложения по развитию микробиологической анаэробной технологии вошли в директивные документы СССР, но не были обеспечены надлежащими денежными и материальными ресурсами, многие из намечавшихся мероприятий по освоению технологии анаэробной переработки биомассы остались невыполненными.

Несмотря на это, нельзя назвать период 70-х — начало 90-х годов безрезультатным. За это время была создана научная основа технологий микробиологической анаэробной переработки биомассы. Было построено несколько опытных установок, одна из которых - в совхозе «Огре» Латвийской ССР (1982 г., 75 м³). Это были установки опытного характера, на которых отрабатывался процесс переработки биомассы [19].

Крупнейшим центром по разработке конструкций отечественных биогазовых установок (а также прочих машин для переработки отходов аграрного производства) был Запорожский конструкторско-технологический институт сельскохозяйственного машиностроения (КТИСМ). Собранные учеными данные легли в основу создания нескольких лабораторных и опытных установок, однако до государственных приемочных испытаний была допущена только одна конструкция КТИСМ – КОБОС-1.

Установка КОБОС-1 была успешно испытана на базе опытной молочной фермы-лаборатории и одобрена для серийного выпуска на заводе в г. Шумихе Курганской области (Северный Урал). Она строилась по программе освоения технологии анаэробной переработки отходов как вариант серийных установок для животноводческих хозяйств средней величины – молочно-товарных ферм на 400 голов молочных коров или некрупных свиноводческих хозяйств на 4 000 свиней.

Завод выпустил 10 комплектов оборудования, однако после распада СССР финансирование прекратилось. Из десяти выпущенных установок



Рис.6. Установка в ОсОО «БЕКПР».
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

три были распределены на Украине и в Белоруссии, пять – отправлены в Среднюю Азию (две из которых – в Кыргызстан), две – в Россию. Но внедрена была только одна из них – на ферме крупного рогатого скота в Каменецком районе Брестской области Белоруссии. Установка перерабатывает 50 м³ навоза и производит 400-500 м³ биогаза в сутки.

Одна из попавших в Кыргызстан установок была переоборудована ОФ «Флюид» ассоциации «Фермер» и установлена на базе свинокомплекса ОсОО «БЕКПР» на 4 000 голов в селе Лебединовка Чуйской области в 2003 году, другая используется в качестве водосборника в частном хозяйстве Ошской области.

В настоящее время в странах СНГ возрос интерес к получению энергии и биоудобрений путем переработки сельскохозяйственных отходов. Этому способствуют высокая стоимость энергоресурсов и удобрений, а также ухудшающееся состояние окружающей среды. Однако из-за низкой информированности фермеров о практических путях внедрения биогазовых технологий, а также высокой начальной стоимости биогазовых установок, общее число биогазовых установок, в странах СНГ не превышает нескольких сотен.

В ходе работы над справочным руководством специалисты ОФ «Флюид» провели обследование более 50 биогазовых установок, построенных во всех областях Кыргызской Республики. Анализ результатов обследования показал, что для успешной работы установок в большинстве случаев требуются серьезные конструктивные доработки, обеспечение доступа к сервисному обслуживанию, а также обучение фермеров правилам эксплуатации и соблюдению правил техники безопасности.

ЧАСТЬ 2. СОСТАВ СЫРЬЯ И ПАРАМЕТРЫ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

МИКРОБИОЛОГИЯ [8]

Получение биогаза и биоудобрений из органических отходов основано на свойстве отходов выделять биогаз при разложении в анаэробных, т.е. бескислородных условиях. Этот процесс называется метановым сбраживанием и происходит в три этапа в результате разложения органических веществ двумя основными группами микроорганизмов – кислотными и метановыми.

Три этапа производства биогаза

Процесс производства биогаза может быть разделен на три стадии: гидролиз, окисление и образование метана. В этом сложном комплексе превращений участвует множество микроорганизмов, главными из которых являются метанообразующие бактерии, три вида которых показаны на рис. 7.

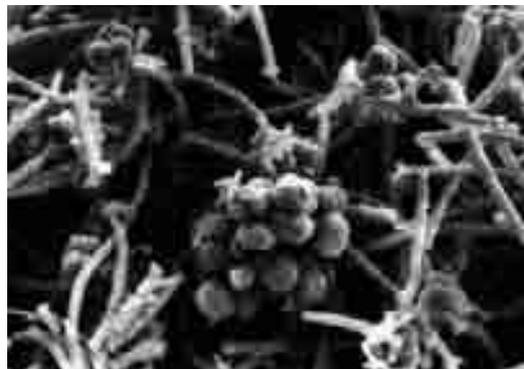


Рис.7. Три вида метановых бактерий. Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996.

Гидролиз

На первом этапе (гидролиз) органическое вещество ферментируется внеклеточными ферментами (клетчатка, амилаза, протеаза и липаза) микроорганизмов. Бактерии разлагают длинные цепочки сложных углеводов — протеины и липиды – в более короткие цепочки.

Сбраживание

Кислотопродуцирующие бактерии, которые принимают участие во втором этапе образования биогаза, расщепляют сложные органические соединения (белки, жиры и углеводы) в более простые соединения. При этом в сбраживаемой среде появляются первичные продукты брожения — летучие жирные кислоты, низшие спирты, водород, окись углерода, уксусная и муравьиная кислоты и др. Эти органические вещества являются источником питания для метанообразующих бактерий, которые превращают органические кислоты в биогаз.

Образование метана

Метанопродуцирующие бактерии, вовлеченные на третьем этапе, разлагают соединения с низким молекулярным весом. Они утилизируют водород, углекислоту и уксусную кислоту. В естественных условиях метанообразующие бактерии существуют при наличии анаэробных условий, например, под водой, в болотах. Они очень чувствительны к изменениям окружающей среды, поэтому от условий, которые создаются для жизнедеятельности метанообразующих бактерий, зависит интенсивность газовой выделения.

Симбиоз бактерий

Метано- и кислотообразующие бактерии взаимодействуют в симбиозе. С одной стороны, кислотообразующие бактерии создают атмосферу с идеальными параметрами для метанообразующих бактерий (анаэробные условия, химические структуры с низким молекулярным весом). С другой стороны, метанообразующие микроорганизмы используют промежуточные соединения кислотопродуцирующих бактерий. Если бы не происходило этого взаимодействия, в реакторе развились бы неподходящие условия для деятельности обоих типов микроорганизмов.

ПАРАМЕТРЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБРАЖИВАНИЯ

Кислотообразующие и метанообразующие бактерии встречаются в природе повсеместно, в частности в экскрементах животных. Например, в пищеварительной системе крупного рогатого скота содержится полный набор микроорганизмов, необходимых для сбраживания навоза, а сам

процесс метанового брожения начинается еще в кишечнике. Поэтому навоз КРС часто применяют в качестве сырья, загружаемого в новый реактор, где для начала процесса сбраживания достаточно обеспечить следующие условия:

- поддержку анаэробных условий в реакторе;
- соблюдение температурного режима;
- доступность питательных веществ для бактерий;
- выбор правильного времени сбраживания и своевременную загрузку и выгрузку сырья;
- соблюдение кислотно-щелочного баланса;
- соблюдение соотношения содержания углерода и азота;
- выбор правильной влажности сырья;
- регулярное перемешивание;
- отсутствие ингибиторов процесса.

На каждый из различных типов бактерий, участвующих в трех стадиях метанообразования, эти параметры влияют по-разному. Существует также тесная взаимосвязь между параметрами (например, выбор времени сбраживания зависит от температурного режима), поэтому сложно определить точное влияние каждого фактора на количество образующегося биогаза.

ПОДДЕРЖКА АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЙ В РЕАКТОРЕ

Жизнедеятельность метанообразующих бактерий возможна только при отсутствии кислорода в реакторе биогазовой установки, поэтому нужно следить за герметичностью реактора и отсутствием доступа в реактор кислорода.

СОБЛЮДЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

Температурные рамки процесса сбраживания

Поддержка оптимальной температуры является одним из важнейших факторов процесса сбраживания. В природных условиях образование биогаза происходит при температурах от 0°C до 97°C [19], но с учетом оптимизации процесса переработки органических отходов для получения биогаза и биоудобрений выделяют три температурных режима:

- психофильный температурный режим определяется температурами до 20 - 25°C,
- мезофильный температурный режим определяется температурами от 25°C до 40°C и
- термофильный температурный режим определяется температурами свыше 40°C.

Минимальная средняя температура

Степень бактериологического производства метана увеличивается с увеличением температуры. Но, так как количество свободного аммиака тоже увеличивается с ростом температуры, процесс сбраживания может замедлиться. В среднем биогазовые установки без подогрева реактора демонстрируют удовлетворительную производительность только при среднегодовой температуре около 20°C или выше или когда средняя дневная температура достигает по меньшей мере 18°C. При средних температурах в 20-28°C производство газа непропорционально увеличивается. Если же температура биомассы менее 15°C, выход газа будет так низок, что биогазовая установка без теплоизоляции и подогрева перестает быть экономически выгодной [8].

Оптимальная температура

Сведения относительно оптимального температурного режима различны для разных видов сырья, но на основании эмпирических данных установок ОФ «Флюид», работающих в Кыргызстане на смешанном навозе КРС, свиней и птиц, оптимальной температурой для мезофильного температурного режима является 34 - 37°C, а для термофильного 52 - 54°C. Психофильный температурный режим соблюдается в установках без подогрева, в которых отсутствует контроль за температурой. Наиболее интенсивное выделение биогаза в психофильном режиме происходит при 23°C.

Изменения температуры

Процесс биометанации очень чувствителен к изменениям температуры. Степень этой чувствительности в свою очередь зависит от температурных рамок, в которых происходит переработка сырья. При процессе ферментации могут быть допустимы изменения температуры в пределах:

- психофильный температурный режим: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в час;
- мезофильный температурный режим: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ в час;
- термофильный температурный режим: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в час.

Термофильный или мезофильный режим?

К преимуществам термофильного процесса сбраживания относятся: повышенная скорость разложения сырья и, следовательно, более высокий выход биогаза, а также практически полное уничтожение болезнетворных бактерий, содержащихся в сырье.

Недостатками термофильного разложения являются: большое количество энергии, требуемое на подогрев сырья в реакторе, чувствительность процесса сбраживания к минимальным изменениям температуры и несколько более низкое качество получаемых биоудобрений.

При мезофильном режиме сбраживания сохраняется высокий аминокислотный состав биоудобрений, но обеззараживание сырья не такое полное, как при термофильном режиме.

ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для роста и жизнедеятельности метановых бактерий необходимо наличие в сырье органических и минеральных питательных веществ. В дополнение к углероду и водороду создание биоудобрений требует достаточного количества азота, серы, фосфора, калия, кальция и магния и некоторого количества микроэлементов - железа, марганца, молибдена, цинка, кобальта, селена, вольфрама, никеля и других. Обычное органическое сырье - навоз животных — содержит достаточное количество вышеупомянутых элементов.

ВРЕМЯ СБРАЖИВАНИЯ

Оптимальное время сбраживания зависит от дозы загрузки реактора и температуры процесса сбраживания. Если время сбраживания выбрано слишком коротким, то при выгрузке сброженной биомассы бактерии из реактора вымываются быстрее, чем могут размножиться, и процесс ферментации практически останавливается. Слишком продолжительное выдерживание сырья в реакторе не отвечает задачам получения наибольшего количества биогаза и биоудобрений за определенный промежуток времени.

Время оборота реактора

При определении оптимальной продолжительности сбраживания пользуются термином «время оборота реактора». Время оборота реактора – это то время, в течение которого свежее сырье, загруженное в реактор, перерабатывается, и его выгружают из реактора.

Для систем с непрерывной загрузкой среднее время сбраживания определяется отношением объема реактора к ежедневному объему загружаемого сырья. На практике время оборота реактора выбирают в зависимости от температуры сбраживания и состава сырья в следующих интервалах:

- психофильный температурный режим: от 30 до 40 и более суток;
- мезофильный температурный режим: от 10 до 20 суток;
- термофильный температурный режим: от 5 до 10 суток.

Суточная доза загрузки сырья

Суточная доза загрузки сырья определяется временем оборота реактора и увеличивается с увеличением температуры в реакторе. Если время оборота реактора составляет 10 суток, то суточная доля загрузки будет составлять 1/10 от общего объема загружаемого сырья. Если время оборота реактора составляет 20 суток, то суточная доля загрузки будет составлять 1/20 от общего объема загружаемого сырья. Для установок, работающих в термофильном режиме, доля загрузки может составить до 1/5 от общего объема загрузки реактора.

Время переработки сырья

Выбор времени сбраживания зависит также и от типа перерабатываемого сырья. Для следующих видов сырья, перерабатываемого в условиях мезофильного температурного режима, время, за которое выделяется наибольшая часть биогаза, равно примерно:

- жидкий навоз КРС: 10 -15 дней;
- жидкий свиной навоз: 9 -12 дней;
- жидкий куриный помет: 10- 15 дней;
- навоз, смешанный с растительными отходами: 40-80 дней.

КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОЙ БАЛАНС

Метанопродуцирующие бактерии лучше всего приспособлены для существования в нейтральных или слегка щелочных условиях. В процессе метанового брожения второй этап производства биогаза является фазой активного действия кислотных бактерий. В это время уровень pH снижается, то есть среда становится более кислой.

Однако при нормальном ходе процесса жизнедеятельность разных групп бактерий в реакторе проходит одинаково эффективно и кислоты перерабатываются метановыми бактериями. Оптимальное значение pH колеблется в зависимости от сырья от 6,5 до 8,5 [18,19].

Измерить уровень кислотного-щелочного баланса можно с помощью лакмусовой бумаги. Значения кислотного-щелочного баланса будут соответствовать цвету, приобретаемому бумагой при ее погружении в сброживаемое сырье.

СООТНОШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на метановое брожение, является соотношение углерода и азота в перерабатываемом сырье. Если соотношение C/N чрезмерно велико, то недостаток азота будет служить фактором, ограничивающим процесс метанового брожения. Если же это соотношение слишком мало, то образуется такое большое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий.

Микроорганизмы нуждаются как в азоте, так и в углероде для ассимиляции в их клеточную структуру. Различные эксперименты показали: выход биогаза наибольший при уровне соотношения углерода и азота от 10 до 20, где оптимум колеблется в зависимости от типа сырья. Для достижения высокой продукции биогаза практикуется смешивание сырья для достижения оптимального соотношения C/N.

Таблица 3. Содержание азота и соотношение содержания углерода и азота для органических веществ [8,18]

Биоферментируемый материал	Азот N [%]	Соотношение углерода и азота C/N
А. Навоз животных		
КРС	1,7 - 1,8	16,6 - 25
Куриный	3,7 – 6,3	7,3 - 9,65
Конский	2,3	25
Свиной	3,8	6,2 – 12,5
Овечий	3,8	33
Б. Отходы хозяйства		
Фекалии	6 - 7,1	6 - 10
Кухонные отходы	1,9	28,60
Шкурки картофеля	1,5	25
Капуста	3,6	12,5
Помидоры	3,3	12,5
С. Растительные сухие отходы		
Кукурузные початки	1,2	56,6
Солома зерновых	1,0	49,9
Пшеничная солома	0,5	100 - 150
Кукурузная солома	0,8	50
Овсяная солома	1,1	50
Соя	1,3	33
Люцерна	2,8	16,6 - 17
Свекольный жом	0,3 – 0,4	140 - 150
D. Другое		
Трава	4	12
Опилки	0,1	200-500
Опавшая листва	1,0	50

ВЫБОР ВЛАЖНОСТИ СЫРЬЯ

Беспрепятственный обмен веществ в сырье является предпосылкой для высокой активности бактерий. Это возможно только в том случае, когда вязкость сырья допускает свободное движение бактерий и газовых пузырьков между жидкостью и содержащимися в ней твердыми веществами. В отходах сельскохозяйственного производства имеются разные твердые частицы.

Твердые и сухие вещества в сырье

Твердые частицы, например, песок, глина и др. обуславливают образование осадка. Более легкие материалы поднимаются на поверхность сырья и образуют корку. Это приводит к уменьшению газообразования. Поэтому рекомендуется тщательно измельчать перед загрузкой в реактор растительные остатки — солому, объедки и др. и стремиться к отсутствию твердых веществ в сырье.

Содержание сухих веществ определяется влажностью навоза. При влажности 70% в сырье содержится 30% сухих веществ. Примерные значения влажности навоза и экскрементов (навоз и моча) для различных видов животных приводятся в таблице 4.

Таблица 4. Количество и влажность навоза и экскрементов на одно животное [18]

Виды животных	Среднесуточное количество навоза, кг/сутки	Влажность навоза (%)	Среднесуточное количество экскрементов (кг/сутки)	Влажность экскрементов (%)
КРС	36	65	55	86
Свиньи	4	65	5,1	86
Птица	0,16	75	0,16	75

Влажность сырья, загружаемого в реактор установки, должна быть не менее 85% в зимнее время и 92% в летнее время года. Для достижения правильной влажности сырья навоз обычно разбавляют горячей водой в количестве, определяемом по формуле: $ОВ = Н \times (V_2 - V_1) : (100 - V_2)$, где Н – количество загружаемого навоза, V_1 – первоначальная влажность навоза, V_2 – необходимая влажность сырья, ОВ – количество воды в литрах. В таблице приводится необходимое количество воды для разбавления 100 кг навоза до 85% и 92% влажности.

Таблица 5. Количество воды для достижения необходимой влажности на 100 кг навоза [21]

Необходимая влажность	Первоначальная влажность сырья						
	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
85%	166 литров	133 литра	100 литров	67 литров	33,5 литра	-	-
92%	400 литров	337 литров	275 литров	213 литров	150 литров	87,5 литра	25 литров

РЕГУЛЯРНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ

Для эффективной работы биогазовой установки и поддержания стабильности процесса сбраживания сырья внутри реактора необходимо периодическое перемешивание. Главными целями перемешивания являются:

- высвобождение произведенного биогаза;
- перемешивание свежего субстрата и популяции бактерий (прививка);
- предотвращение формирования корки и осадка;
- предотвращение участков разной температуры внутри реактора;
- обеспечение равномерного распределения популяции бактерий;
- предотвращение формирования пустот и скоплений, уменьшающих эффективную площадь реактора.

При выборе подходящего способа и метода перемешивания нужно учитывать, что процесс сбраживания представляет собой симбиоз между различными штаммами бактерий, то есть бактерии одного вида могут питать другой вид. Когда сообщество разбивается, процесс ферментации будет непродуктивным до того, как образуется новое сообщество бактерий. Поэтому

слишком частое или продолжительное и интенсивное перемешивание вредно. Рекомендуется медленно перемешивать сырье через каждые 4 – 6 часов.

ИНГИБИТОРЫ ПРОЦЕССА

Сбраживаемая органическая масса не должна содержать веществ (антибиотики, растворители и т. п.), отрицательно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов. Не способствуют «работе» микроорганизмов и некоторые неорганические вещества, поэтому нельзя, например, использовать для разбавления навоза воду, оставшуюся после стирки белья синтетическими моющими средствами.

ТИПЫ СЫРЬЯ

Навоз КРС

Навоз КРС — наиболее подходящее сырье для переработки в биогазовых установках, так как метанопродуцирующие бактерии уже содержатся в желудке КРС. Однородность навоза КРС позволяет рекомендовать его для использования в установках непрерывного сбраживания.

Обычно свежий навоз смешивают с водой и выбирают из него непереваренную солому для предотвращения осадка и корки. Моча КРС значительно увеличивает количество вырабатываемого биогаза, поэтому рекомендуется строить фермы с бетонным полом и прямым гидросливом экскрементов в емкость для смешивания сырья.

Свиной навоз

При содержании свиней в загонах и стойлах без вымощенного покрытия можно использовать лишь навоз. Он должен быть разбавлен водой для достижения правильной консистенции для переработки. Это может привести к большим количествам песка и мелких камешков в реакторе, если не оставить разбавленное сырье в емкости для смешивания для того чтобы песок осел. Попадающие в реактор песок и земля скапливаются на дне реактора и должны периодически вычищаться. Так же, как и в случае с навозом КРС, рекомендуется строить фермы с бетонным полом и прямым сливом экскрементов в емкость для смешивания сырья.



Рис.8. Содержание свиней на ферме с бетонным полом.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Овечий и козий навоз

Для овец и коз, содержащихся без вымощенного покрытия, ситуация является схожей с описанной для свиного навоза. Так как козья ферма является практически единственным местом для сбора достаточного количества навоза, да и только при условии соломенной подстилки, сырье для биогазовой установки в основном представляет собой смесь навоза и соломы. Большинство систем, перерабатывающих такое сырье, работает в режиме порционной загрузки, при котором смесь навоза, соломы и воды загружается без предварительной подготовки и остаётся в реакторе на более продолжительный срок, чем чистый навоз.

Куриный помет

Для переработки куриного помета рекомендуется клеточное содержание птиц или установка насеста над подходящей для сбора помета площадью ограниченного размера. В случае напольного содержания птиц доля песка, опилок, соломы в помете будет слишком высока. Нужно учитывать возможные проблемы и проводить чистку реактора чаще, чем при работе с другими видами сырья.

Куриный помет хорошо сочетается с навозом КРС и может перерабатываться вместе с ним. При использовании чистого птичьего помета в качестве сырья существует опасность высокой концентрации аммиака.

Фекалии

Если фекалии перерабатываются в биогазовых установках, туалеты должны быть устроены так, чтобы фекалии смывались малым количеством воды. Нужно убедиться, что в туалет не попадает вода из других источников, а количество смывающей воды должно быть ограничено 0,5 - 1 литром воды для предотвращения чрезмерного разбавления сырья [8].



Рис.9. Совмещенная переработка фекалий в биогазовой установке с. Беловодское.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

ВЫХОД ГАЗА И СОДЕРЖАНИЕ МЕТАНА

Выход газа обычно подсчитывается в литрах или кубических метрах на килограмм сухого вещества, содержащегося в навозе. В таблице показаны значения выхода биогаза на килограмм сухого вещества для разных видов сырья после 10-20 дней ферментации при мезофильной температуре.

Для определения выхода биогаза из свежего сырья с помощью таблицы сначала нужно определить влажность свежего сырья. Для этого можно взять килограмм свежего навоза, высушить его и взвесить сухой остаток. Влажность навоза в процентах можно подсчитать по формуле: $(1 - \text{вес высушенного навоза}) \times 100\%$.

Таблица 6. Выход биогаза и содержание в нем метана при использовании разных типов сырья [8,18]

Тип сырья	Выход газа (м ³ на килограмм сухого вещества)	Содержание метана (%)
А. Навоз животных		
Навоз КРС	0,250 - 0,340	65
Свиной навоз	0,340 - 0,580	65-70
Птичий помет	0,310 - 0,620	60
Конский навоз	0,200 - 0,300	56-60
Овечий навоз	0,300 - 0,620	70
Б. Отходы хозяйства		
Сточные воды, фекалии	0,310 - 0,740	70
Овощные отходы	0,330 - 0,500	50-70
Картофельная ботва	0,280 - 0,490	60-75
Свекельная ботва	0,400-0,500	85
С. Растительные сухие отходы		
Пшеничная солома	0,200-0,300	50-60
Солома ржи	0,200-0,300	59
Ячменная солома	0,250-0,300	59
Овсяная солома	0,290-0,310	59
Кукурузная солома	0,380-0,460	59
Лен	0,360	59
Конопля	0,360	59
Свекельный жом	0,165	
Листья подсолнечника	0,300	59
Клевер	0,430-0,490	
Д. Другое		
Трава	0,280-0,630	70
Листва деревьев	0,210-0,290	58

Подсчитать, какое количество свежего навоза с определенной влажностью будет соответствовать 1 кг сухого вещества, можно следующим образом: от 100 отнимаем значение влажности навоза в процентах, а затем делим 100 на это значение:

100: (100% - влажность в %).

Пример 1. Если вы определили, что влажность используемого в качестве сырья навоза КРС равна 85%, то 1 килограмм сухого вещества будет соответствовать $100:(100 - 85) =$ около 6,6 килограмма свежего навоза. Значит, с 6,6 килограмма свежего навоза мы получаем 0,250 – 0,320 м³ биогаза, а с 1 килограмма свежего навоза КРС можно получить в 6,6 раза меньше: 0,037 – 0,048 м³ биогаза.

Пример 2. Вы определили влажность свиного навоза - 80%, значит, 1 килограмм сухого вещества будет равен 5 килограммам свежего свиного навоза. Из таблицы мы знаем, что 1 килограмм сухого вещества (или 5 кг свежего свиного навоза) выделяет 0,340 - 0,580 м³ биогаза. Значит, 1 килограмм свежего свиного навоза выделяет 0,068 – 0,116 м³ биогаза.

Примерные значения

Если известен вес суточного свежего навоза, то суточный выход биогаза будет примерно следующим:

- 1 тонна навоза КРС — 40-50 м³ биогаза;
- 1 тонна свиного навоза — 70 - 80 м³ биогаза;
- 1 тонна птичьего помета — 60 -70 м³ биогаза.

Нужно помнить, что примерные значения приводятся для готового сырья влажностью 85% - 92%.

Вес биогаза

Объемный вес биогаза составляет 1,2 кг на 1 м³, поэтому при подсчете количества получаемых удобрений необходимо вычитать его из количества перерабатываемого сырья [8].

Для среднесуточной загрузки 55 кг сырья и дневном выходе биогаза 2,2 - 2,7 м³ на голову КРС масса сырья уменьшится на 4 - 5% в процессе переработки его в биогазовой установке.

ПРОБЛЕМА КОРКИ

Если наблюдается высокий объем газа, но он недостаточно горючий, это часто означает, что на поверхности сырья в реакторе образовалась пена или корка. Если давление газа совсем низкое, это тоже может означать, что образовалась корка, блокирующая газовую трубу. Необходимо удалять корку с поверхности сырья в реакторе.

Удаление корки

Особенностью корки, которая образуется на поверхности сырья в реакторе биогазовой установки, является то, что она не ломкая, но тягучая и может стать очень твердой в течение короткого периода времени. Для ее разрушения нужно поддерживать ее в увлажненном состоянии. То есть корку можно полить сверху водой или опустить в сырье.

Сортировка сырья

Солома, трава, стебли травы и даже просто подсохший навоз всплывают на поверхность сырья, а сухие и минеральные вещества оседают на дне реактора и со временем могут закрыть выгрузочное отверстие или уменьшить рабочую площадь реактора. При правильно подготовленном сырье с не слишком высоким содержанием воды такой проблемы не возникает.

Готовое сырье

При использовании свежего навоза КРС не возникает проблемы корки. Проблемы возникают в случае, когда в сырье присутствуют твердые и неразложившиеся органические вещества. Перед строительством установки необходимо проверить корм животных и навоз на возможность переработки в реакторе. Может оказаться необходимым тщательное измельчение корма, и в таком случае лучше заранее рассчитать дополнительные затраты. Проблема содержания твердых частиц в сырье намного серьезнее для свиного навоза и птичьего помета. Песок, склеиваемый курами, и попадание перьев в помет делают его трудным сырьем.

СОСТАВ СЫРЬЯ

Исследования химического состава сырья до переработки в биогазовых установках проводились учеными зарубежных стран и Кыргызстана.

Таблица 7. Состав сырья до переработки в биогазовой установке [17]

Сырье	Влажность (%)	Сухое вещество (%)	Гуминовые кислоты на сухое вещество (%)	Фульвокислоты (%)	Уровень pH
Навоз	96-98	4 - 2	14,8	1,6	6,5
Навоз и растительные отходы	96-98	4 - 2	28,3	3,7	7,5
Растительные отходы	96-98	4 - 2	33,5	4,0	7,3

Вязкость

Вязкость сырья в процессе переработки заметно уменьшается, так как количество твердого вещества (соломы и др.) уменьшается путем сбраживания на 50% в стабильных условиях.

Запах

Биоудобрению присущ намного менее интенсивный запах, чем запах используемого сырья (навоз, моча). При наличии достаточного времени сбраживания почти все пахучие субстанции полностью перерабатываются.

Питательные вещества

Питательные свойства биоудобрения определяются количеством органических веществ и химических элементов, которые оно содержит. Все питательные для растений вещества, такие как азот, фосфор, калий и магний, а также микроэлементы и витамины, необходимые для роста растений, сохраняются в биоудобрении. Соотношение углерода и азота (около 1:15) имеет благоприятный эффект на качество почв. В таблице 8 приводится примерное содержание питательных веществ в биоудобрении.

Таблица 8. Содержание элементов в биоудобрении (в граммах на кг сухого вещества) [17]

Сырье	Фосфат P_2O_5	Калий K_2O	Кальций CaO	Магний MgO	Азот Na_2O
Навоз	3,05	5,64	3,25	0,98	1,75
Навоз и растительные отходы	6,37	7,98	5,15	1,95	3,37
Растительные отходы	6,66	8,88	5,18	2,22	3,70

Фосфат и калий

Содержание фосфата (форма фосфора, напрямую усваиваемая растениями) не изменяется в процессе ферментации сырья. В этой форме растениями может быть усвоено около 50% общего содержания фосфора. Ферментация не влияет на содержание калия, от 75 до 100% которого может быть усвоено растениями.

Азот

В отличие от фосфата и калия, некоторое количество азота изменяется в процессе ферментации. Около 75% азота, содержащегося в свежем навозе, становится частью органических макромолекул, остальные 25% представлены в минеральной форме. После переработки в биогазовой установке около 50 % азота в биоудобрении находятся в органической форме, и 50% - в минеральной. Минеральный азот может быть напрямую усвоен растениями, а органический азот должен сначала минерализоваться с помощью почвенных микроорганизмов.

ЧАСТЬ 3. БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ТИПЫ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Распространенные в мире типы биогазовых установок классифицируются по методам загрузки сырья, методам сбора биогаза, по используемым для их сооружения материалам, горизонтальному или вертикальному расположению реактора, подземной или наземной конструкции, а также по использованию дополнительных устройств.

Методы загрузки

По методу загрузки сырья можно различить два разных типа биогазовых установок:

Установки порционной загрузки полностью загружаются сырьем, а затем полностью освобождаются после определенного времени переработки. Для такого типа загрузки подходят установки любой конструкции и любой тип сырья, но такие установки отличаются нестабильным производством биогаза.

Установки непрерывной загрузки ежедневно загружаются маленькими порциями сырья. При загрузке нового сырья, равная порция переработанного шлама выгружается. Сырье, перерабатываемое в таких установках, должно быть жидким и однородным. Производство газа стабильно и количественно превышает объем вырабатываемого на порционных установках биогаза. Практически все строящиеся сейчас в развитых странах установки работают как установки непрерывной загрузки.

Методы сбора биогаза

Внешний вид биогазовых установок зависит от выбранного метода сбора биогаза.

Баллонные установки представляют собой термостойкий пластиковый или резиновый мешок (баллон), в котором совмещены реактор и газгольдер. Трубы для загрузки и выгрузки сырья крепятся прямо к пластику реактора. Давление газа достигается за счет растяжимости мешка и за счет дополнительного груза, который ложится на мешок. Преимущества такой установки – низкая стоимость, легкость перемещения, простота конструкции, высокая для психофильного режима температура брожения, простота очистки реактора, загрузки и выгрузки сырья. Недостатки такой установки – короткий период эксплуатации (2-5 лет), высокая восприимчивость к внешним воздействиям, малая возможность создания дополнительных рабочих мест [8].

Вариантом баллонных установок являются установки канального типа, которые обычно закрываются пластиком и предохраняются от прямого попадания солнечных лучей. Такие установки часто используются в развитых странах, особенно при переработке сточных вод. Установки с мягким верхом могут быть рекомендованы к использованию тогда, когда существует малая вероятность повреждения резиновой оболочки реактора и когда температура окружающей среды достаточно высокая.



Рис.10. Баллонная установка в Шри-Ланке.

Источник: SNV Reference Guide on Climate Change and Rural Energy, 2004г.,
http://www.snvworld.org/cds/rgccre/ClimateChange_RuralEnergy.htm.



Рис.11. Установка канального типа.

Источник: «Biomass Energy Systems»,
ACRE, the Australian CRS for Renewable Energy Ltd,
<http://www.phys.murdoch.edu.au/acre/>.

Установки с фиксированным куполом состоят из закрытого, куполообразного реактора и выгрузочной емкости, также известной как компенсирующая емкость. Газ собирается в верхней части реактора - куполе. Когда загружается очередная порция сырья, переработанное сырье выталкивается в компенсирующую емкость. С увеличением давления газа повышается уровень переработанного сырья в компенсирующей емкости.

Китайские установки с фиксированным куполом (см. рис. 12) являются архетипом всех подобных установок. Более 12 миллионов таких установок было построено и работает в Китае [24].

Использование газа в бытовых приборах осложняется переменами в давлении газа. Горелки и другие бытовые приборы практически невозможно настроить для оптимальной работы. Если необходимо постоянное давление газа, рекомендуется поставить регулятор давления в реакторе или выбрать другую конструкцию установки [8].

Реакторы установок с фиксированным куполом обычно представляют собой кирпичные или бетонные емкости. Такие установки покрываются землей до вершины, наполненной газом, для сдерживания внутреннего давления (до 0,15 кг/см²). По экономическим причинам минимальный рекомендуемый размер реактора — 5 м³. Известны такие установки с объемами реакторов до 200 м³.

Газгольдером является верхняя часть установки с фиксированным куполом (место, где собирается газ), которая должна быть герметична. Кирпичная кладка и бетон негерметичны, поэтому эта часть установки должна покрываться слоем вещества, не пропускающего газ (латекс, синтетические краски). Возможностью уменьшить риск трещин в газгольдере является строительство слабого кольца в кладке реактора. Такое кольцо является эластичным соединением между нижней (водонепроницаемой) и верхней (газонепроницаемой) частью полусферической структуры установки. Оно предотвращает продвижение трещин, появляющихся из-за гидростатического давления в нижних частях реактора, в верхнюю часть газгольдера.

Установки с плавающим куполом состоят обычно из подземного реактора и подвижного газгольдера. Газгольдер плавает или прямо в сырье, или в специальном водяном кармане. Газ накапливается в газгольдере, который поднимается или опускается в зависимости от давления газа. Газгольдер поддерживается специальной рамкой от опрокидывания. Если газгольдер плавает в специальном водном кармане, он предохранен от опрокидывания.

Преимуществами этой конструкции являются легкость ежедневных операций, легкость определения объема газа по высоте, на которую поднялся газгольдер. Давление газа является постоянным и определяется весом газгольдера. Строительство установки с плавающим куполом нетрудное, и ошибки в конструкции обычно не ведут к большим проблемам в получении газа. Недостатками такой конструкции являются высокая стоимость стального реактора и высокая чувствительность железа к коррозии. Поэтому, установки с плавающим куполом имеют меньший срок службы, чем установки с фиксированным верхом [8].



Рис.12. Установка с фиксированным куполом.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996г.



Рис.13. Установка с плавающим куполом в с.Садовом Литинского района, Винницкой области, Украина.

Источник: СФГ «ТЕРРА» <http://www.is.svitonline.com/teppa/>

В прошлом установки с плавающим куполом строились в основном в Индии. Такие установки состоят из цилиндрического или куполообразного кирпичного или бетонного реактора и плавающего газгольдера.

Газгольдер плавает в специальном водяном кармане или прямо в сырье и имеет внутреннюю или внешнюю раму, которая обеспечивает стабильность и сохраняет газгольдер в вертикальном положении. При выработке биогаза газгольдер всплывает выше, при использовании газа он опускается. Такие установки используются в основном для переработки навоза, органических отходов и фекалий в режиме постоянной, т.е. ежесуточной загрузки. Чаще всего они строятся на фермах среднего размера (реактор: 5-15 м³) или в больших агроиндустриальных комплексах (реактор: 20-100 м³).

Горизонтальные и вертикальные установки

Выбор расположения реактора установки зависит от метода загрузки и наличия свободной территории в хозяйстве. Горизонтальные установки выбирают для непрерывного метода загрузки сырья и при наличии достаточного места. Вертикальные установки больше подходят для порционной загрузки сырья и используются при необходимости для уменьшения места, занимаемого реактором.

Подземные и наземные установки

При выборе расположения установки нужно учитывать топографию и пользоваться ею для оптимизации работы установки. Например, очень удобно располагать установку на склоне, чтобы загрузочное отверстие находилось достаточно низко, сырье в реакторе перемещалось за счет легкого наклона к выгрузочному отверстию, которое находилось бы на небольшой высоте для удобства загрузки в транспортные средства.

Еще один фактор, который нужно учитывать при выборе установки, это улучшенная теплоизоляция подземных установок, включающая слабое влияние суточных изменений температуры на процесс сбраживания сырья, так как температура почвы на глубине более одного метра практически не изменяется [8].

Металлические, бетонные и кирпичные реакторы [8,19]

Установки можно различать по материалам, из которых изготавливается реактор. Бетонные реакторы обычно сооружаются под землей. Бетонный реактор имеет цилиндрическую форму, и небольшие установки (до 6 м³) могут изготавливаться на конвейерной основе. Необходимы специальные меры для герметизации реактора. Преимущества: низкие затраты на сооружение и материалы, возможность массового производства. Недостатки: большой объем потребления хорошего качественного бетона, необходимость квалифицированных строителей и большого количества проволочной сетки, относительная новизна конструкции, необходимость специальных мер для обеспечения герметичности газгольдера.

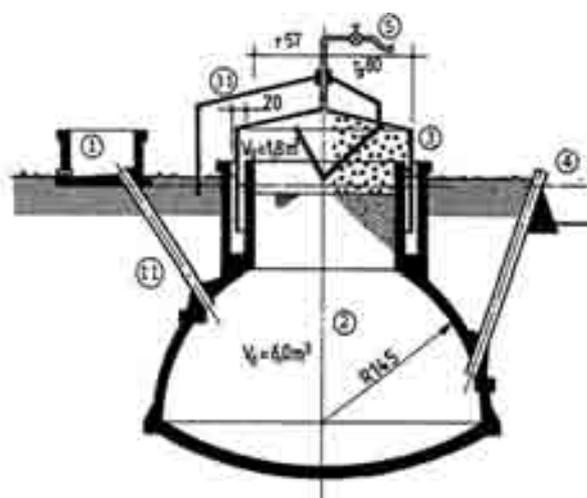


Рис.14. Индийский стандарт на сооружение установки с плавающим куполом.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996r.

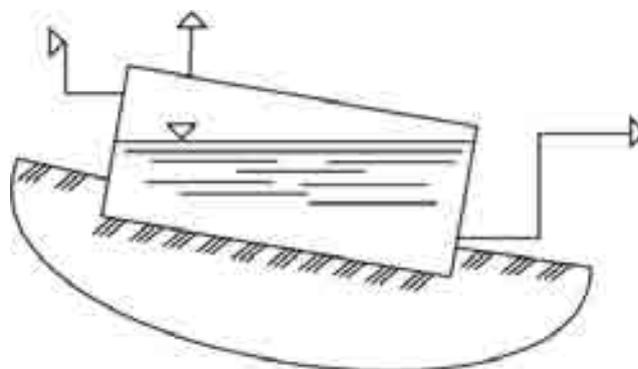


Рис.15. Биогазовая установка, расположенная на склоне.

Кирпичные реакторы сооружаются для подземных установок с фиксированным или плавающим газгольдером и имеют округлую форму. Преимущества: низкие начальные капиталовложения и долгий срок эксплуатации, нет движущихся или ржавеющих частей, конструкция компактна, экономит место и хорошо изолирована, строительство создает местную занятость. Подземное расположение позволяет снизить площадь, занимаемую установкой, и предохраняет реактор от резких изменений температуры. Недостатки: кирпичный газгольдер требует специальных покрытий для обеспечения герметичности и высокого мастерства, часто случаются утечки газа, работа установки плохо контролируется из-за подземного расположения, установка требует тщательного расчета уровней постройки, подогрев сырья в реакторе очень сложен и дорог в осуществлении. Таким образом, кирпичные установки могут быть рекомендованы к применению только в теплых странах при наличии квалифицированного персонала.



Рис.16. Сооружение кирпичного реактора на Кубе.

Источник: В. Некрасов «Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы», неопубл., 2002г.

Металлические реакторы подходят для любых типов установок, герметичны, выдерживают большое давление и просты в изготовлении. Часто можно использовать уже имеющиеся емкости. Но металл относительно дорогой и требует ухода для предотвращения ржавчины.

Дополнительные устройства

В качестве примера использования дополнительных устройств можно рассмотреть типичную для развитых стран конструкцию биогазовой установки.

Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм, в зависимости от сырья. Емкость содержит устройство для смешивания и измельчения сырья и насос для загрузки сырья в реактор. Иногда устанавливаются устройства для предварительного подогрева сырья для предотвращения замедления процесса сбраживания сырья в реакторе.

Реактор обычно теплоизолирован и сделан из бетона или стали. Для оптимизации прохождения сырья большие реакторы имеют удлиненную форму. Сырье перемешивается медленно движущимися роторами или биогазом. Есть установки, состоящие из двух и более реакторов.

Газгольдер делается или из гибкого материала и находится над емкостью реактора, или изготавливается из стали и располагается рядом с реактором.



Рис.17. Типичная для развитых стран биогазовая установка с мягким газгольдером.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996.

Хранилище используется для хранения биоудобрения в зимнее время и может быть открытым или закрытым и соединенным с газгольдером для сбора остаточного биогаза. Биоудобрения перемешиваются перед подачей на поля.

Биогаз используется не только для работы бытовых приборов, но и для выработки электричества при помощи электрогенератора, а также для производства тепловой энергии.

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ КЫРГЫЗСТАНА

В Кыргызстане на 2006 год имеется более 50 установок, из которых работает, к сожалению, только половина. Все установки, построенные в Кыргызстане, можно разделить по методу перемешивания и загрузки сырья, наличию системы обогрева и изоляции на 4 типа:

	Метод перемешивания и загрузки			
	ручной	пневматический		гидравлический
		ручная загрузка	пневматическая загрузка	
Реактор с обогревом и изоляцией	-	6 установок	18 установок	3 установки
Реактор без обогрева и изоляции	27 установок	-	-	-

Общей особенностью всех установок является стальной реактор, обычно представляющий собой использованную емкость для хранения нефтепродуктов или воды, железнодорожные цистерны.

Установки без подогрева и изоляции с ручным перемешиванием сырья распространены в Нарынской, Таласской и Иссык-Кульской областях. Емкостью для смешивания сырья обычно служит бочка, в которой сырье разводится водой. Реактор не утеплен и сделан из стальных емкостей. Из-за отсутствия изоляции и подогрева реактора установки работают в психрофильном режиме в течение теплого времени года.

Сырье загружается в реактор порционным методом, с периодичностью от 2 и более раз в год вручную. Загрузка и выгрузка сырья сопряжена с трудностями из-за непродуманной конструкции установки. Сырье перемешивается вручную один раз в день с помощью установленной в реакторе мешалки. Газ обычно используется напрямую для приготовления пищи.

Пример 3: Примером такой установки может служить биогазовая установка Дуйшенова Фархата в с. Кызыл-Чарба Таласской области Кыргызстана (Рис 18).

Установка была построена на грантовые средства ГЭФ ПРООН в 2003 году с целью получения биогаза для отопления и приготовления пищи и получения жидких органических удобрений из навоза 2 КРС хозяйства, овечьего и птичьего навоза соседних хозяйств. Установка состоит из одного надземного реактора без подогрева объемом 5 м³ с ручной загрузкой, выгрузкой и перемешиванием сырья.

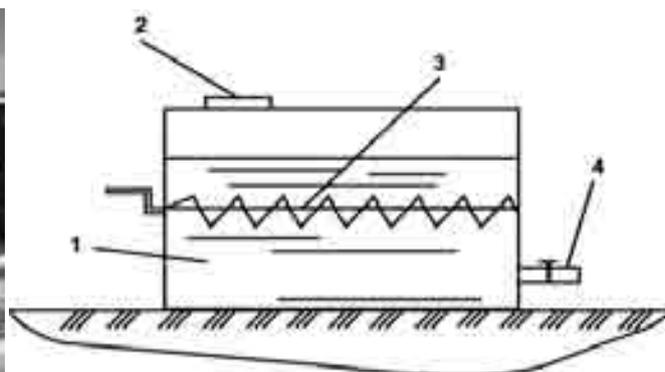


Рис.18. Внешний вид и схема биогазовой установки в с. Кызыл-Чарба.

Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

1 – реактор; 2 – загрузочное отверстие; 3 – устройство перемешивания сырья; 4 – выгрузочная труба.

После монтажа весной 2003 года установка была загружена 3 тоннами сырья и работала в психрофильном режиме в течение летних месяцев. Выделяющегося в летнее время биогаза хватало только на приготовление пищи. Выгрузка и загрузка сырья с 2003 года не производилась.

Конструктивные недостатки включают недоработку системы ручного перемешивания, крайнее неудобство загрузки и выгрузки сырья. Отсутствие изоляции и обогрева реактора делают установку непригодной для круглогодичной эффективной работы и невыгодной экономически.

Отсутствие предохранительного устройства на реакторе может привести к разрыву реактора из-за избыточного давления. Отсутствует руководство по эксплуатации установки, обучение обслуживающего персонала не проводилось.

Установки с подогревом, изоляцией, ручной загрузкой и пневматическим перемешиванием сырья встречаются в Иссык-Кульской области Кыргызстана. Емкостью для смешивания сырья обычно служит бочка, в которой сырье вручную разводится водой. Реактор изолирован, сырье подогревается до мезофильных или термофильных температур с помощью электрической системы отопления, которая подогревает воду, циркулирующую по трубам в реакторе. Сырье загружается в реактор раз в неделю и перемешивается один раз в день. Газ обычно используется напрямую для приготовления пищи или собирается в отдельно стоящем газгольдере. Хранилище используется для хранения удобрений до внесения на поля.

Пример 4: Примером такой установки может служить установка Мамунова Камыла в г. Каракол Иссык-Кульской области Кыргызстана. Установка состоит из одного подземного реактора с подогревом объемом 5 м³ с ручной загрузкой, выгрузкой и пневматическим перемешиванием сырья. Установка построена в 2004 году на собственные средства с целью получения биогаза для отопления и бытовых приборов и жидких органических удобрений и перерабатывает навоз 12 голов КРС соседнего хозяйства.

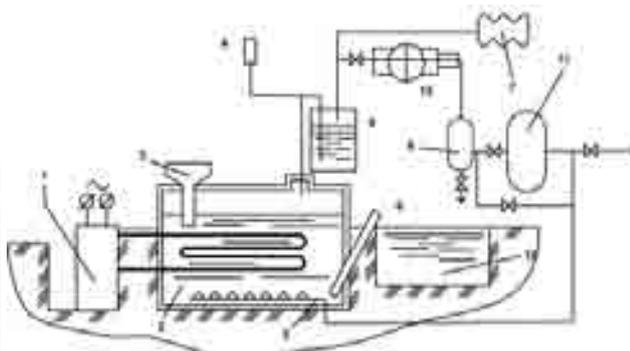


Рис.19. Внешний вид и схема биогазовой установки в г. Каракол.

Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

- 1 – водогрейный котел; 2 – реактор; 3 – загрузочное отверстие; 4 – предохранительный клапан;
5 – газовая мешалка; 6 – труба выгрузки сырья; 7 – промежуточный газгольдер; 8 – ресивер;
9 – водяной затвор; 10 – бункер-накопитель; 11 – газгольдер; 12 – компрессор.

После монтажа весной 2004 года установка работает на подворье в термофильном режиме. Установка загружалась еженедельно, производимый биогаз использовался для приготовления пищи. Выгруженное удобрение использовалось для удобрения истощенного участка земли под картофель, получены хорошие результаты по урожайности. Рекомендуется доработка конструкции загрузки и выгрузки сырья, и изменение конструкции системы подогрева для использования вырабатываемого установкой биогаза. Такие установки приспособлены для круглогодичной работы в условиях Кыргызстана.

Установки с подогревом и изоляцией реактора, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья распространены в Чуйской области Кыргызстана. Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм, в зависимости от сырья. Сырье разводится теплой водой для предотвращения замедления процесса переработки сырья в реакторе. Реактор утеплен и сделан из стальных емкостей. Сырье перемешивается пневматическим способом и подогревается до мезофильной или термофильной температуры. Есть установки, состоящие из двух и более реакторов. Газ собирается в отдельно стоящем

газгольдере, который также представляет собой стальную емкость. Газ используется для обогрева помещений, приготовления пищи, выработки электричества и заправки автомашин. Хранилище используется для хранения биоудобрения.

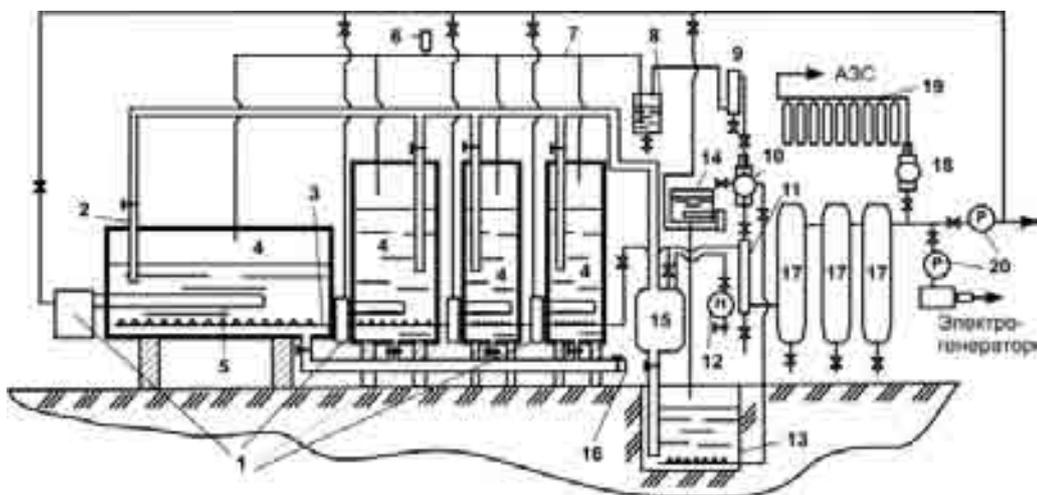


Рис.20. Внешний вид и схема биогазовой установки в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

- 1 – водогрейный котел; 2 – труба подачи сырья; 3 – пневмоперемешивание; 4 – реакторы;
5 – подогрев сырья; 6 – предохранительный клапан; 7 – газоотвод; 8 – водяной затвор;
9 – фильтр; 10 – компрессор; 11 – ресивер; 12 – насос вакуумный; 13 – приемник навоза;
14 - емкость для подогрева воды; 16 – бункер подачи; 17 – газгольдеры;
18 - компрессор высокого давления; 19 - газгольдеры автозаправки; 20 – редуктор газовый.

Пример 5. Примером такой установки может служить установка ассоциации «Фермер» в с. Петровка Чуйской области Кыргызстана. Установка состоит из одного горизонтального (60 м³) и 3 вертикальных (25 м³, 25 м³, 40 м³) реакторов с пневматической загрузкой и перемешиванием, автоматическим отбором вырабатываемого биогаза. Установка работает с 2002 года и перерабатывает навоз 35 голов КРС, 160 свиней, 350 кур, а также привозной навоз и фекалии – всего 10 тонн.

Кроме реакторов, биогазовый модуль состоит из абсорбера для отделения углекислоты, газгольдеров общим объемом 30 м³, газозлектрического генератора мощностью 30 кВт, а также установки для заправки автомашин и баллонов биогазом.

Горизонтальный реактор объемом 60 м³ работает в термофильном режиме, остальные реакторы – в мезофильном режиме. Для поддержки оптимальной температуры модуль смонтирован в помещении. Для подогрева загружаемого сырья используется горячая вода, подогреваемая вырабатываемым газом. В газовых котлах для системы подогрева применены горелки инфракрасного излучения. Модуль обеспечен механизмами для транспортировки навоза и полученного удобрения. На загрузке и выгрузке сырья работает трактор МТЗ-80 и разбрасыватель жидких удобрений (РЖТ-5).

Установки с подогревом, изоляцией реактора и гидравлическим перемешиванием сырья. Две такие установки находятся в Чуйской области Кыргызстана, одна – в Ошской области. Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм. Реактор утеплен и сделан из стальных емкостей. Сырье перемешивается гидравлическим способом и подогревается до мезофильной температуры. Хранилище используется для хранения биоудобрения.

Пример 6. Примером такой установки может служить установка на птицефабрике «2Т» в г. Канте Чуйской области КР. Установка состоит из трех надземных реакторов с подогревом, объем каждого – 25 м³ с гидравлической загрузкой, выгрузкой и перемешиванием сырья с помощью центробежных насосов.

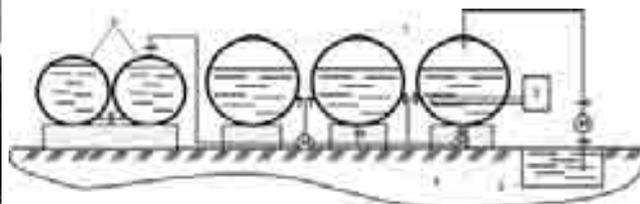


Рис.21. Внешний вид и схема биогазовой установки в г. Канте.

Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

- 1 – реакторы; 2 – теплогенератор; 3 – емкость для подготовки сырья;
- 4 – насосы для закачки и перемешивания сырья;
- 5 – емкости для хранения удобрений.

Ёмкости биореактора покрыты теплоизоляционным слоем. Подогрев перерабатываемой биомассы в первой ёмкости реактора осуществляется автоматически водяным теплогенератором, а во второй и в третьей камерах — за счёт открытия створок для их обогрева энергией солнечных лучей. В холодное время створки закрываются и тепло внутри ёмкостей удерживается теплозащитным слоем.

Установка построена в 2002 году на собственные средства владельцев птицефабрики и может перерабатывать до 5 тонн сырья в сутки. После монтажа установка работала в течение трех месяцев в мезофильном режиме, после чего была приостановлена. Установка загружалась еженедельно, выгруженное удобрение сливалось в хранилище и реализовывалось населению. Биогаз не использовался.

Работа установки приостановлена в связи с неотработанной технологией внесения жидких удобрений. Конструкция установки не предусматривает использование вырабатываемого биогаза, несовершенство указателя уровня сырья в реакторах приводит к неточностям при загрузке сырья. В целом установка работоспособна, но требует конструктивной доработки.

СТРОИТЕЛЬСТВО БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

До начала строительства биогазовой установки нужно учитывать условия, необходимые для ее эффективной работы. Поломка или плохая работа биогазовой установки, как правило, является результатом ошибок при планировании. Последствия таких ошибок могут быть заметны сразу или после нескольких лет работы установки. Тщательное и всестороннее планирование очень важно для исключения ошибок до того, как они станут причиной непоправимых поломок.

Планирование сооружения сельскохозяйственных биогазовых установок должно начинаться с определения потенциала производства биогаза и биоудобрения на основании имеющегося количества сырья, а также необходимого хозяйству количества энергии.

Если биогазовая установка предназначена в первую очередь как источник энергии, строительство рекомендовано только в том случае, когда расчеты потенциального производства биогаза достаточны для удовлетворения потребности хозяйства в энергии.

ВЫБОР РАЗМЕРА РЕАКТОРА

Размер реактора измеряется в кубических метрах и зависит от количества, качества и типа сырья, а также от выбранной температуры и времени сбраживания. Есть несколько способов определения необходимого объема реактора.

Соотношение суточной дозы загрузки сырья и размера реактора

Суточная доза загрузки сырья определяется, исходя из времени сбраживания (время оборота реактора) и выбранного температурного режима. Для мезофильного режима сбраживания время оборота реактора составляет от 10 до 20 суток, а суточная доза загрузки – от 1/20 до 1/10 от общего объема сырья в реакторе.

Размер реактора для переработки определенного количества сырья

Сначала, исходя из количества животных, опытным путем определяется суточное количество навоза (ДН) для переработки в биогазовой установке. Затем сырье разбавляется водой для достижения 86% - 92% влажности.

В большинстве сельских установок соотношение навоза и воды, смешиваемых для получения сырья, колеблется от 1:3 до 2:1. Таким образом, количество загружаемого сырья (Д) – это сумма отходов хозяйства (ДН) и воды (ДВ), которой они разбавляются.

Для переработки сырья при мезофильном режиме рекомендуется использовать дозу суточной загрузки Д, равную 10% от объема общего загруженного в установку сырья (ОС). Общий объем сырья в установке не должен превышать 2/3 объема реактора.

Таким образом, объем реактора (ОР) рассчитывается по следующей формуле:

$$ОС = 2/3 ОР, \text{ а } ОР = 1,5 ОС$$

Где

$$ОС = 10 \times Д$$

$$Д = ДН + ДВ.$$

Пример 7. Приусадебное хозяйство содержит 10 голов КРС, 20 свиней и 35 кур. Объем суточных экскрементов от 1 КРС = 55 кг, от одной свиньи = 4,5 кг, от 1 курицы = 0,17 кг. Объем суточных отходов хозяйства ДН будет равен $10 \times 55 + 20 \times 4,5 + 35 \times 0,17 = 550 + 90 + 5,95 = 645,95$ килограмма, примерно 646 кг. Влажность экскрементов КРС и свиней составляет 86%, а куриного помета – 75%. Для достижения 85% влажности необходимо добавить к птичьему помету 3,9 литра воды (около 4 кг).

Значит, суточная доза загрузки сырья составит около 650 кг. Полная загрузка реактора $ОС = 10 \times 0,65 = 6,5$ тонны, и объем реактора $ОР = 1,5 \times 6,5 = 9,75$, или примерно 10 м³.

Расчет выхода биогаза

Расчет суточного выхода биогаза подсчитывается в зависимости от типа сырья и суточной порции загрузки.

Таблица 10. Расчет выхода биогаза для разных типов сырья [8,18]

Тип сырья	Выход газа (м ³ на 1 кг сухого вещества)	Выход газа (м ³ на 1 тонну при влажности 85 %)
Навоз КРС	0,250 - 0,340	38 – 51,5
Свиной навоз	0,340 - 0,580	51,5 – 88
Птичий помет	0,310 - 0,620	47 – 94
Конский навоз	0,200 - 0,300	30,3 – 45,5
Овечий навоз	0,300 - 0,620	45,5 – 94

Пример 8. Приусадебное хозяйство содержит 10 голов КРС, 20 свиней и 35 кур. Объем суточного количества экскрементов от КРС = 55 кг, от свиньи = 4,5 кг, от курицы = 0,17 кг. Объем суточных отходов хозяйства будет равен 550 килограмм экскрементов КРС (влажность 85%), 90 килограммам свиных экскрементов (влажность 85%) и 5,95 килограммам куриного помета (влажность 75%). После разбавления помета водой для достижения 85% влажности количество сырья от кур будет составлять около 10 кг.

Согласно таблице, выход биогаза с одного килограмма:

- навоза КРС при влажности 85% примерно равен 0,04 – 0,05 м³ биогаза;
- свиного навоза при влажности 85% примерно равен 0,05 – 0,09 м³ биогаза;
- куриного помета при влажности 85% примерно равен 0,05 – 0,09 м³ биогаза.

Следовательно,

- выход биогаза с 550 килограммов навоза КРС будет равен 22 – 27,5 м³ биогаза;
- выход биогаза с 90 килограммов свиного навоза будет равен 4,5 – 8,1 м³ биогаза;
- выход биогаза с 10 килограммов куриного навоза будет равен 0,5 – 0,9 м³ биогаза;
- и общий выход биогаза будет 27 – 36,5 м³ биогаза в сутки.

Баланс между потребностью в энергии и выходом биогаза

Необходимость в энергии для каждого индивидуального хозяйства определяется исходя из суммы всех настоящих и будущих потребительских ситуаций, таких как приготовление пищи, освещение, производство энергии. Необходимо также учитывать потребление биогаза на подогрев сырья в реакторе, которое в условиях Кыргызстана составляет от 10% до 25% в зависимости от времени года. Количество биогаза, необходимое хозяйству, можно определить по количеству энергии, потребляемой ранее. Например, сжигание 1 кг дров аналогично сжиганию 650 литров или 0,65 м³ биогаза, сжигание 1 килограмма кизяка – 0,7 м³ биогаза, а 1 кг угля – 1,1 м³ биогаза.

Необходимый объем биогаза для приготовления пищи может быть определен на основании времени, ежедневно затрачиваемого на приготовление пищи. Необходимое количество биогаза для приготовления одной порции пищи для одного человека составляет 0,15 – 0,3 м³ биогаза. Для кипячения 1 литра воды необходимо 0,03 – 0,05 м³ биогаза. Для отопления 1 м² жилой площади необходимо около 0,2 м³ биогаза в сутки. Бытовые горелки потребляют 0,20 – 0,45 м³ в час.

Пример 9. Семья из четырех человек живет в доме площадью 100 м², содержит 20 коров на площади 100 м² и перерабатывает навоз в биогазовой установке с объемом реактора 15 м³.

Трехразовое приготовление пищи для семьи из четырех человек потребует от 1,8 до 3,6 м³ биогаза, а отопление помещения площадью 100 м² потребует около 20 м³ биогаза в сутки. На обогрев реактора (например в сентябре) необходимо 15% вырабатываемого биогаза. Для подогрева реактора установки объемом 15 м³ нужно будет тратить около 6 м³ биогаза ежедневно.

На содержание одной коровы необходимо около 3 литров кипяченой воды в день, следовательно, для содержания 20 коров – необходимо вскипятить 60 литров воды, на что уйдет 1,8 – 3 м³ биогаза в день. На отопление необходимых для животных помещений общей площадью 100 м² необходимо 20 м³ в сутки. Таким образом, на содержание животных необходимо 21,8 – 23 м³ биогаза в сутки. На все хозяйство необходимо 49,6 – 52,6 м³ биогаза в сутки.

Выбор месторасположения установки

Золотое правило расположения биогазовой установки гласит, что установка принадлежит ферме, а не кухне. Лучше, если емкость для смешивания сырья напрямую соединяется с полом фермы. Даже если придется проложить несколько метров газовых труб, это дешевле, чем транспортировка сырья.

Уровень пола фермы должен располагаться выше уровня емкости для подготовки сырья, тогда навоз и урина животных будут попадать в эту емкость под действием сил гравитации самостоятельно. Если узел выгрузки биогазовой установки будет расположен выше уровня близлежащих полей, это будет способствовать более легкому распределению биоудобрений по этим полям.

Выбор конструкции биогазовой установки

В настоящее время разработано множество конструкций биогазовых установок, подходящих для работы в различных климатических условиях. Выбор конструкции биогазовой установки – важнейший этап процесса планирования. До выбора конструкции нужно иметь представление о базовых проблемах, возможных для биогазовой установки.

В местностях со сравнительно холодным климатом, таких как Кыргызстан, изоляция и подогрев реактора важны для круглогодичной работы установки. Количество и тип перерабатываемого сырья влияют на размер и тип установки и конструкции систем загрузки и выгрузки сырья. Выбор конструкции установки также зависит от наличия строительных материалов.

Критерии для выбора конструкции:

Место определяет в основном подземный или надземный реактор будет строиться и в случае надземной конструкции, вертикальный или горизонтальный.

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.

Наличие сырья определяет не только размер и форму емкости для смешивания сырья, но и объем реактора, подогревающие и перемешивающие устройства. Перемешивание с помощью биогаза возможно при содержании твердых частиц ниже 5%. Механическое перемешивание сталкивается с трудностями при содержании в сырье более 10% твердых частиц.

РЕАКТОР

Главный критерий при выборе конструкции реактора - это возможность реализовать ее на практике и удобство с точки зрения обслуживания и эксплуатации. Вне зависимости от выбора конструкции реактор должен отвечать следующим требованиям:

Водо- и газонепроницаемость – водонепроницаемость нужна для предотвращения утечек и ухудшения качества грунтовых вод, газонепроницаемость - для сохранения полного объема вырабатываемого биогаза и для предотвращения смешивания воздуха с газом в реакторе.

Теплоизоляция – необходимое условие для эффективной работы биогазовой установки в климатических условиях Кыргызской Республики.

Минимальная площадь поверхности снижает стоимость строительства и снижает потери тепла через стенки реактора.

Стабильность конструкции реактора необходима для выдерживания всех нагрузок (давление газа, вес и давление сырья, вес покрытий) и обеспечивает долговременную работу установки.

Формы реактора

С точки зрения динамики жидкостей, оптимальна яйцеобразная форма реактора, но ее сооружение требует больших затрат. Второй наилучшей формой является цилиндр с коническим или полукруглым дном и верхом. Квадратные реакторы из бетона или кирпича не рекомендуются к использованию, так как в углах образуются трещины из-за давления сырья, а также собираются твердые частицы, что нарушает процесс сбраживания.

Реактор может разделяться с помощью внутренних перегородок на несколько секций для предотвращения появления корки на поверхности сырья и для обеспечения более полного сбраживания сырья.

Материалы для сооружения реакторов

Реакторы могут сооружаться из следующих материалов:

Стальные емкости обладают преимуществом герметичности, могут выдерживать большое давление и сравнительно легки в изготовлении. Большой проблемой, однако, является чувствительность к ржавчине, которую необходимо предотвращать подходящими покрытиями. Экономически такие емкости выгодны только в случае использования уже готовых емкостей. При наличии металлической цистерны достаточного объема необходимо проверить внутреннюю и внешнюю поверхности стенок на предмет наличия раковин, качества сварки, наличия отверстий и других повреждений, которые должны быть устранены. Затем эти поверхности должны быть очищены и окрашены.

Пластиковые емкости, используемые в качестве реакторов, бывают мягкие и твердые. Мягкие емкости легко повредить и сложно утеплить для круглогодичной работы. Твердые пластиковые емкости отличаются стабильностью конструкции и не подвержены коррозии, поэтому рекомендуются к использованию для психофильной переработки органических отходов.

Бетонные емкости приобрели большую популярность в развивающихся странах в последние годы. Необходимая газонепроницаемость требует осторожного строительства и специальных покрытий, часты трещины в углах реактора, но большими плюсами являются недорогое строительство и практически неограниченный срок эксплуатации.

Кладка - наиболее часто используемый метод конструкции для маленьких реакторов в Индии и Китае. Можно использовать только хорошо обожженные кирпичи, бетонные блоки или каменные кирпичи хорошего качества.

Обеспечение герметичности реактора [8]

При строительстве биогазовой установки с бетонным, кирпичным или каменным реактором, необходимо обеспечить газо- и водонепроницаемость реактора. Необходимо покрыть реактор изнутри слоем вещества, способного выдержать температуры до 60°C и устойчивого к воздействию органических кислот и сероводорода.

Цементное покрытие с добавками. Хорошие результаты по водо- и газонепроницаемости показало добавление водонепроницаемых материалов к цементу. Для газонепроницаемости необходимо добавление в два раза большего количества водонепроницаемого вещества. Время между нанесением слоев покрытия не должно превышать суток, так как после суток к водонепроницаемой поверхности невозможно прикрепить еще один слой. Следующий рецепт использовался в Танзании и показал хорошие результаты:

- 1-й слой: цементно-водная замазка;
- 2-й слой: 1 см цемент — песок (1 : 2,5);
- 3-й слой: цементно-водная замазка;
- 4-й слой: цемент — известь — песок (1 : 0,25 : 2,5);
- 5-й слой: цементно-водная замазка с водонепроницаемым материалом;
- 6-й слой: цемент — известь — песок с водонепроницаемой смесью и мелкий песок (1 : 0,25 : 2,5);
- 7-й слой: цементно-водная замазка с водонепроницаемым материалом.

Все семь слоев должны быть нанесены в течение одних суток.

Асфальт с алюминиевой фольгой. Асфальтовые покрытия легко наносятся и сохраняют эластичность в течение долгого времени. На сухую поверхность реактора наносится слой асфальта. На все еще липкий слой асфальта наклеиваются куски фольги, перекрывающие друг друга. Затем наносится второй слой асфальта.

Недостаток асфальтового покрытия состоит в воспламеняемости составных частей такого покрытия и в том, что оно не может быть нанесено на влажные поверхности. Сушка бетонного, кирпичного или каменного реактора требует нескольких недель, если не использовать специальные приспособления, такие как переносная печь. Кроме того, асфальтовое покрытие может отслоиться при движении сырья в реакторе.

Парафин. Парафин, разбавленный 2-5% керосина или нового моторного масла, подогревается до температуры 100 - 150°C и наносится на нагретую горелкой поверхность реактора. Парафин проникает в покрытие и формирует глубоко проникающий защитный слой. Если нет парафина, можно использовать свечной воск.

Расположение реактора

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.

Реактор может быть размещен над поверхностью земли на фундаменте, заглублен в землю или установлен внутри помещения, в котором находятся животные. Реактор должен иметь люк, необходимый для проведения периодических профилактических и ремонтных работ внутри реактора. Между корпусом и крышкой должна быть прокладка из резины или специального герметизирующего состава. 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.

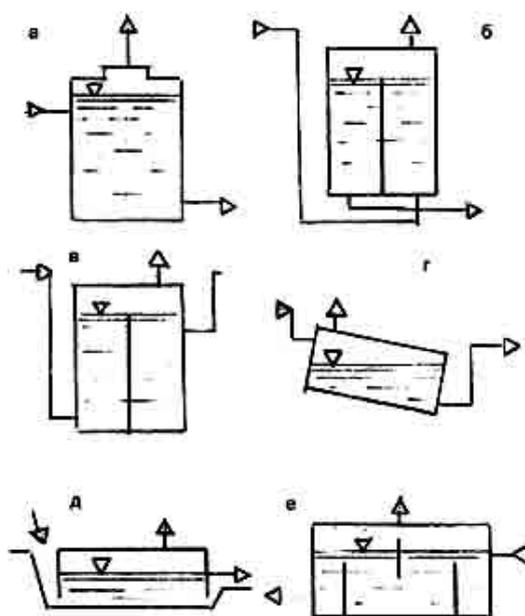


Рис.22. Различные конструкции реактора и систем загрузки и выгрузки

- а – цилиндрический реактор с верхней загрузкой;
- б – цилиндрический реактор с нижней загрузкой;
- в – цилиндрический двухсекционный реактор;
- г – наклонный реактор;
- д – траншейный реактор с плавающим покрытием;
- е – горизонтальный секционный реактор.

Термоизоляционные материалы

Большинство биогазовых установок Кыргызстана были построены без обеспечения теплоизоляции реактора. Отсутствие теплоизоляции позволяет установке работать только на протяжении теплого времени года.

Термоизоляционные материалы должны иметь хорошие изолирующие свойства, быть дешевыми и доступными. Подходящими материалами для установок с подземным или полуподземным расположением реактора являются солома, глина, шлак, сухой навоз. Утепление реактора производится послойно. Например, для подземного реактора после подготовки котлована сначала укладывают слой полиэтиленовой пленки для предотвращения контакта теплоизоляции с почвой, затем засыпают слой соломы, затем глины на дно котлована, после чего устанавливают реактор. Затем в оставшееся пространство между реактором и почвой снова засыпают слои изоляционных материалов до верхней части реактора, после чего делают досыпку глины со шлаком толщиной не менее 300 мм.

Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на реакторы, включают: контроль уровня сырья в реакторе, контроль температуры и давления внутри реактора.

СИСТЕМЫ ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ СЫРЬЯ

Работа БГУ в режиме непрерывной загрузки оптимальная с точки зрения получения наибольшего количества биогаза и биоудобрений, а также стабильности работы установки, предполагает ежедневную загрузку сырья и выгрузку сброженной массы.

Емкость для подачи сырья

Свежий навоз обычно собирается в емкость для подачи сырья перед тем как загружается в реактор. В зависимости от типа установки размер емкости должен равняться суточному или

двойному суточному объему сырья. Емкость используется для достижения нужной однородности и влажности сырья, иногда с применением механических перемешивающих устройств.

Месторасположение емкости

Расположение емкости на солнечной стороне может способствовать предварительному подогреву сырья для того, чтобы процесс сбраживания мог начаться сразу после загрузки новой порции сырья в реактор. В случаях установок, напрямую связанных с фермой, нужно строить емкость так, чтобы сырье стекало туда под действием гравитации.

Загрузочное и выгрузочное отверстия

Загрузочное и выгрузочное отверстия ведут прямо в реактор и располагаются, как правило, на противоположных концах реактора для равномерного распределения свежего сырья по всему объему реактора и эффективности удаления переработанного шлама. Монтаж загрузочного и выгрузочного отверстий производится до установки реактора на фундамент и теплоизоляционных работ.

Для установок с заглубленными реакторами и ручной загрузкой сырья загрузочное и выгрузочное отверстия ведут в реактор под острым углом.

Для обеспечения герметичности реактора в процессе загрузки и выгрузки входное и выходное отверстия располагаются под наклоном к вертикальной оси таким образом, чтобы нижний конец трубы был расположен ниже уровня жидкости. Благодаря этому создается гидравлический затвор, препятствующий проникновению воздуха в реактор.

Ручная загрузка и выгрузка сырья

Наиболее простым способом загрузки и выгрузки является способ перелива, заключающийся в том, что при загрузке свежего навоза уровень шлама в реакторе поднимается, и через сообщающуюся с ним переливную трубу такое же количество выгружается в емкость для сбора биоудобрений.

Загружаемая масса может содержать твердые частицы достаточно крупного размера, например, подстилочный материал (солому, опилки), стебли растений, а также посторонние предметы. Для того чтобы трубы не забивались, их диаметр должен быть не менее 20 - 30 см. Загрузочная труба соединяется с бункером или емкостью предварительной подготовки сырья.

На трубопроводах подачи и слива сырья из реактора устанавливаются задвижки винтовые или полуборотные.

Загрузка и выгрузка с помощью насосов

Насосы становятся необходимой частью биогазовой системы, когда количество сырья требует быстрой загрузки и рельеф местности не позволяет производить загрузку самотеком. Насосы нужны для перекрытия разницы в высоте между уровнем закачки сырья и биогазовой установкой. Если нельзя избежать использования насосов, они устанавливаются двумя способами:

- Сухая установка: насос устанавливается вместе с трубой. Сырье свободно течет до насоса и ускоряется им.
- Влажная установка: насос устанавливается вместе с мотором внутри сырья. Мотор заключен в непроницаемый контейнер. Или насос работает с помощью вала от мотора снаружи сырья.

Пневматическая загрузка и выгрузка сырья

Оптимальным способом подачи и перемешивания сырья является пневматический. Этот способ используется на всех установках ОФ «Флюид» ассоциации «Фермер». Пневматическое загрузочное устройство использует бункер подачи сырья (бак-смеситель), для которого используются стальные емкости от 0,5 до 1 м³, выдерживающие давление до 5 кгс/см², и трубопроводы диаметром не менее 100 мм с задвижкой. Сырье загружается в бункер и из бункера — в реактор с помощью компрессора.

Применяются поршневые компрессоры марки ИФ-56 для малых и средних биогазовых установок с объемом реакторов до 40 м³. Для больших установок с объемом реакторов от 50 м³ используются компрессоры ФУ-12. Компрессоры одновременно служат для откачки вырабатываемого биогаза.

СИСТЕМЫ СБОРА БИОГАЗА

Система сбора биогаза состоит из распределительного газового трубопровода с запорной арматурой, сборника конденсата, предохранительного клапана, компрессора, ресивера, газгольдера и потребителей биогаза (кухонные плиты, нагреватели воды, двигатели внутреннего сгорания и др.) Система монтируется только после установки биогазового реактора в рабочее положение.

Отверстие для отбора биогаза из реактора должно располагаться в его верхней части. Вслед за сборником конденсата устанавливается предохранительный клапан, а также водяной затвор, выполненный в виде емкости с водой, который обеспечивает пропускание газа только в одном направлении.

Водяные затворы

Биогаз, образующийся в реакторе биогазовой установки, содержит большое количество водяных паров, которые могут конденсировать на стенках трубопроводов и приводить к их закупорке. В идеале газовая система должна располагаться так, чтобы конденсирующаяся влага могла стекать прямо в реактор. Если это невозможно, на низких участках системы должны быть установлены водяные затворы. Ручные водяные затворы легки в эксплуатации, но, если их регулярно не опустошать, система будет блокироваться из-за слишком высокого уровня воды в них.

Газопровод

Газовая система соединяет биогазовую установку с газовыми приборами с помощью труб. Эта система должна быть безопасной, экономичной и предоставлять необходимое количество газа для каждого прибора. Наиболее часто используются трубы из гальванизированной стали или пластиковые трубы. Очень важно, чтобы газовая система была газонепроницаемой и служила на протяжении всего эксплуатационного периода биогазовой установки.

Трубопроводы для подачи биогаза от установки к потребителям должны быть защищены от повреждения. Утечки газа могут быть проверены с помощью мыльного раствора, наносимого на места соединения труб. Газопровод также должен быть оснащен предохранительно-сбросным клапаном, выпускающим биогаз в атмосферу при повышении давления свыше 0,5 кг/см². Избыток биогаза необходимо сжигать в факельных горелках.

Газовые трубы

Минимум 60% неработающих биогазовых установок относятся к установкам, не работающим из-за дефектов в газопроводной системе. Поэтому важно правильно установить газопроводную систему. Рекомендуется пользоваться одним размером труб, клапанов и деталей для всей системы. Требования к газопроводной системе для биогаза не отличаются от общих стандартов. Можно использовать пластиковые трубы, устойчивые к действию ультрафиолетовых солнечных лучей.

Стальные трубы

Трубы диаметром 1,2 – 1,8 см и длиной менее 30 метров подходят для маленьких и средних биогазовых установок. Для больших установок, большей длины труб и меньшего давления необходим особый расчет размера труб. При установке газовых труб особое внимание должно уделяться:

- газонепроницаемым соединениям;
- водяному затвору на самом низком участке труб для сбора влаги;
- защите от механических повреждений;

Гальванизированные стальные трубы являются надежной и долговечной альтернативой пластиковым трубам. Они могут быть демонтированы и использованы снова, если необходимо. Они удароустойчивы. Но они дорогие и установка их возможна при наличии квалифицированных специалистов, поэтому они рекомендуются только в тех местах, где нельзя установить пластиковые трубы.

Пластиковые трубы

Пластиковые (PVC) трубы дешевы и легки в установке, но они реагируют на солнечную радиацию и могут быть легко сломаны, поэтому рекомендуется устанавливать их под землей.

Диаметр труб

Необходимый диаметр труб зависит от расхода биогаза газовыми приборами и расстоянием между газгольдером и приборами, в которых используется биогаз. Большие расстояния понижают давление биогаза в трубе. Чем длиннее расстояние и больше расход газа, тем больше потери за счет трения. Углы и арматура увеличивают потери давления. Потери давления в трубах из пластика меньше, чем в трубах из гальванизированной стали. Таблица 11 содержит сведения о диаметрах труб и расходе биогаза, а также о длине труб для потерь давления менее чем 5 мбар (0,005 кг/см²).

Таблица 11. Подходящий диаметр труб для разных длин труб и разного расхода газа [8]

Длина (м):	Гальванизированные стальные трубы			PVC трубы		
	20	60	100	20	60	100
Расход (м ³ /ч)						
0,1	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,2	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,3	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,4	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,5	1,2 см	1,2 см	1,8 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
1,0	1,8 см	1,8 см	1,8 см	1,2 см	1,8 см	1,8 см
1,5	1,8 см	1,8 см	2,4 см	1,2 см	1,8 см	1,8 см
2,0	1,8 см	2,4 см	2,4 см	1,8 см	1,8 см	2,4 см

Из таблицы следует, что для пропуска расхода газа 1,5 м³/ч и длине труб до 100 метров наиболее подходящими являются пластиковые трубы диаметром 1,8 см. Другая возможность заключается в выборе для главной трубы диаметра 2,4 см и диаметра 1,2 см для всех остальных труб системы.

Расположение трубопроводной системы

Пластиковые трубы могут быть использованы для подземных систем или систем, защищенных от солнца и механических ударов. Во всех других случаях используются гальванизированные стальные трубы. Для отвода газа непосредственно от биогазовой установки рекомендуется использовать гальванизированные стальные трубы диаметром 2,4 см.

Пластиковые трубы должны располагаться на глубине не менее 25 см под землей и быть окружены песком или мягкой землей. Затем после проверки трубопроводной системы на герметичность канава аккуратно засыпается обычной землей. Проверка на герметичность производится с помощью закачивания воздуха в пустую трубопроводную систему под давлением в 2,5 раза больше максимального ожидаемого газового давления. Если после нескольких часов очевидны потери воздуха – понижается давление, тогда все соединения проверяются путем полива их мыльной водой (при утечках газа на поверхности труб будут образовываться пузыри).

Краны и арматура

Наиболее надежные краны – хромированные шаровые клапаны. Клапаны, обычно используемые для водных систем, не подходят для использования в газовой системе. Главный газовый клапан должен быть установлен близко к реактору. Шаровые краны как предохранительные приборы должны быть установлены на всех газовых приборах. Правильно подобранные и установленные краны и арматура позволяют проводить работы по ремонту и чистке газовых приборов без отключения главного газового крана.

ГАЗГОЛЬДЕРЫ

Оптимальный способ накопления биогаза зависит от того, для каких целей будет использован биогаз. Если предусмотрено прямое сжигание в горелках котлов и двигателей внутреннего сгорания, то большие газгольдеры не нужны. В таких случаях газгольдеры используются для выравнивания неравномерности газовыделения и улучшения условий последующего горения.

В условиях небольших БГУ в качестве газгольдеров могут быть использованы большие автомобильные или тракторные камеры, но чаще всего используются пластиковые или стальные газгольдеры.

Выбор размера газгольдера

Размер газгольдера, то есть его объем, зависит от уровня производства и уровня потребления биогаза. В идеале газгольдер должен быть рассчитан для того, чтобы вмещать суточный объем вырабатываемого биогаза. В зависимости от типа газгольдера и выдерживаемого им давления объем газгольдера составляет от 1/5 до 1/3 от объема реактора.

Пластиковые газгольдеры

Газгольдеры, сделанные из пластика или резины, используются в развитых странах для сбора биогаза в совмещенных установках, где пластиком покрывается открытая емкость, служащая в качестве реактора. Еще одним вариантом является отдельный пластиковый газгольдер.

Стальные газгольдеры

Стальные газгольдеры можно разделить на два вида:

- газгольдеры низкого давления, сухие и мокрые (0,01- 0,05 кг/см²). Вместо установки таких газгольдеров, следует рассмотреть возможность использования пластикового газгольдера, так как отдельно стоящие газгольдеры низкого давления стоят больше и оправданы только в случае большого расстояния (минимум 50-100 м) от установки до использующих биогаз приборов. Такие газгольдеры также используются для смягчения разницы между ежедневным производством и использованием газа;
- газгольдеры среднего (8-10 кг/см²) и высокого (200 кг/см²) давления. Газ в такие газгольдеры закачивается с помощью компрессора. Газгольдеры среднего давления используются в Кыргызстане на средних и крупных биогазовых установках. Газгольдеры высокого давления используются для заправки автомашин и баллонов.



Рис.23а. Стальные газгольдеры среднего давления в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»



Рис.23б. Стальные газгольдеры высокого давления в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на газгольдеры, включают: водяной затвор, предохранительный клапан, манометр и редуктор давления. Стальные газгольдеры должны быть заземлены.

СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

Цели перемешивания

Перемешивание сброженной массы в реакторе повышает эффективность работы биогазовых установок и обеспечивает:

- высвобождение образующегося биогаза;
- перемешивание свежего субстрата и популяции бактерий;
- предотвращение формирования корки и осадка;
- предотвращение появления участков разной температуры внутри реактора;
- равномерное распределение популяции бактерий;
- предотвращение формирования пустот и скоплений, уменьшающих рабочую площадь реактора.

Методы перемешивания.

Перемешивание сырья может осуществляться следующими основными способами: механическими мешалками, биогазом, пропускаемым через толщу сырья, и перекачиванием сырья из верхней зоны реактора в нижнюю. Рабочими органами механических мешалок являются шнеки, лопасти, планки. Приводятся в действие они могут вручную или от двигателя.

Механическое перемешивание

Механическое перемешивание с помощью лопаточных роторов используется чаще всего в горизонтальных стальных реакторах. Горизонтальная ось проходит по всей длине реактора. К ней крепятся лопасти или трубки, загнутые в петли. При повороте оси сырье перемешивается, корка ломается, а осадок устремляется к выходному отверстию.

Механические мешалки с ручным приводом наиболее просты в изготовлении и эксплуатации. Они используются в реакторах небольших установок с незначительным выходом биогаза. Конструктивно они представляют собой горизонтально или вертикально установленный вал внутри реактора параллельно центральной оси. На валу закреплены лопасти или другие элементы с винтовой поверхностью, обеспечивающие перемещение массы, обогащенной метановыми бактериями, по направлению от места выгрузки к месту загрузки. Это позволяет увеличить скорость образования метана и сократить время пребывания сырья в реакторе.

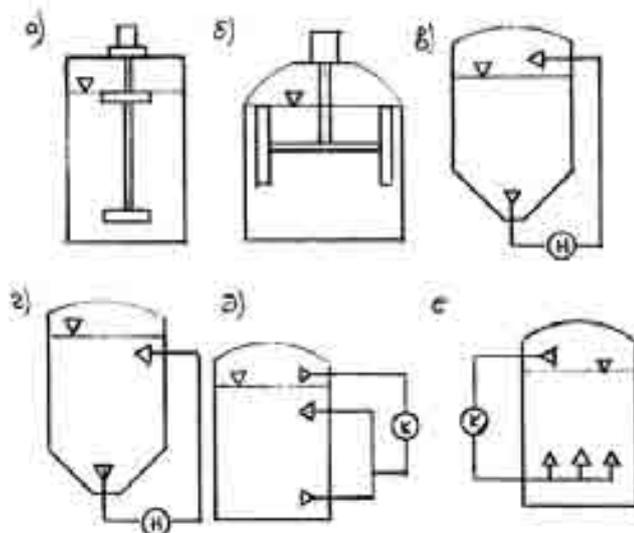


Рис.24. Системы перемешивания сырья для вертикальных реакторов

а,б – механическая мешалка; в,г – с помощью насоса; д – биогазом и жидкостью; е – биогазом.

Гидравлическое перемешивание

С помощью насоса можно полностью перемешивать сырье при одновременной загрузке и выгрузке сырья. Такие насосы часто располагаются в центре реактора для выполнения дополнительных функций.

Пневматическое перемешивание

Пневматическое перемешивание путем закачивания выделяющегося биогаза обратно в реактор осуществляется с помощью монтажа на дне реактора системы трубопроводов и обеспечивает мягкое перемешивание сырья. Главная проблема таких систем заключается в проникновении сырья в газовую систему. Это можно предотвратить, установив систему клапанов.

Перемешивание путем пропускания биогаза через толщу сырья дает хорошие результаты только в том случае, если сбразиваемая масса сильно разжижена и не образует корки на свободной поверхности.

Частота перемешивания сырья

Перемешивание может быть постоянным или периодическим в зависимости от режима работы реактора. Оптимальный режим перемешивания значительно уменьшает время сбразивания сырья и предотвращает образование корки.

Хотя частичное перемешивание случается за счет высвобождения из сырья биогаза, за счет температурного движения и движения за счет поступления свежего сырья, такого перемешивания недостаточно.

Перемешивание должно производиться регулярно. Слишком редкое перемешивание сырья приведет к расслоению сырьевой массы и образованию корки, снижая тем самым эффективность газообразования. Хорошо перемешиваемое сырье может дать на 50% больше биогаза.

Слишком частое перемешивание может повредить ферментационным процессам внутри реактора - у бактерий нет времени «поесть». К тому же это может привести к выгрузке не полностью переработанного сырья. Идеальным является осторожное, но интенсивное перемешивание каждые 4 – 6 часов.

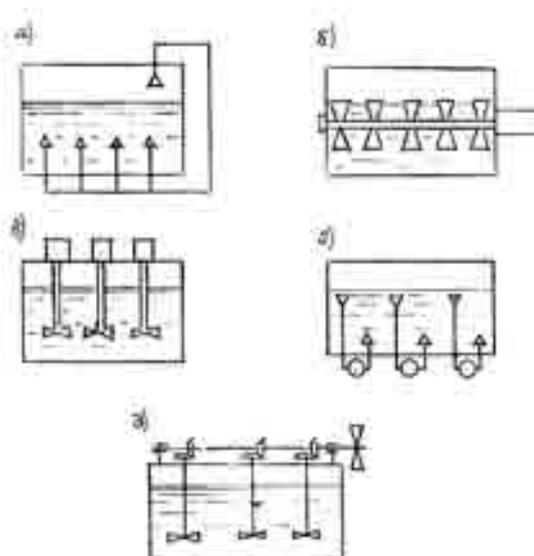


Рис.25. Устройства перемешивания сырья для горизонтальных реакторов

а – биогазом; б – механическими лопастями;
в – механическими мешалками с электродвигателями;
г – с помощью насоса;
д – механическими мешалками от ветряного двигателя.

СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ

Многие биогазовые установки маленького масштаба в Кыргызстане были построены без систем подогрева и без теплоизоляции. Отсутствие системы подогрева позволит установке работать только в психофильном режиме и получать меньшее количество биогаза и биоудобрения, чем в мезофильном и термофильном режимах. Для обеспечения более высокого производства биогаза и биоудобрений, а также лучшего обеззараживания сырья используются два метода подогрева: прямой подогрев в форме пара или смешивающейся с сырьем горячей воды и непрямой подогрев через теплообменник, где подогревающий материал, обычно горячая вода, подогревает сырье, не смешиваясь с ним.

Прямой подогрев

Прямой подогрев паром имеет серьезный недостаток - установка нуждается в парогенерирующей системе, включающей очистку воды от солей, и при применении подогрева паром может случиться перегрев сырья. Высокая стоимость такой системы обогрева делают ее экономически выгодной только при использовании в больших установках, перерабатывающих сточные воды. Добавление горячей воды повышает влажность субстрата и должно использоваться только там, где это необходимо.

Непрямой подогрев

Непрямой подогрев осуществляется теплообменниками, расположенными внутри или снаружи реактора, в зависимости от формы реактора, типа сырья и способа эксплуатации установки.



Рис.26. Устройство для непрямого подогрева сырья

Подогрев пола не показал хороших результатов, так как скапливающийся на дне реактора осадок затрудняет подогрев сырья. Внутренний подогрев является хорошим решением, если теплообменник достаточно прочен, чтобы не сломаться при движении сырья в реакторе. Чем больше площадь теплообменника, тем более однородно подогревается сырье и лучше протекает процесс ферментации (см. рис. 26). Внешний подогрев с помощью теплообменника с теплопроводящими элементами на поверхности стен реактора биогазовой установки менее эффективен из-за потерь тепла с поверхности стен. С другой стороны, вся стена реактора может быть использована для подогрева и внутри реактора ничто не препятствует движению сырья. Промежуточный подогрев сырья осуществляется обычно в бункере загрузки и обеспечивает преимущества более легкого доступа для очистки и ремонта реактора.

Внутренние и внешние системы подогрева

Для достижения максимальной эффективности образования биогаза анаэробная переработка нуждается в определенных температурных условиях, предпочтительно близких для достижения оптимума процесса. В Кыргызстане система подогрева и изоляция реактора необходимы для достижения нужной температуры процесса и предотвращения потерь энергии. Для подогрева реактора до мезофильной температуры с помощью электричества в среднем необходимо 330 Вт на 1 м³ объема реактора.



Рис.27. Водонагревательный котел системы обогрева реактора в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Наиболее распространенной системой подогрева сырья является внешняя система подогрева с водонагревательным котлом, работающим на биогазе, электричестве или твердом топливе. В качестве нагревательных элементов применяют теплообменники в виде змеевиков, секций радиаторов, параллельно сваренных труб, где теплоносителем служит горячая вода с температурой около 60°C. Более высокая температура повышает риск налипания взвешенных частиц на поверхности теплообменника. Теплообменники рекомендуется располагать в зоне действия перемешивающего устройства, что помогает избежать осаждения твердых частиц на их поверхности.

Монтаж системы обогрева

При монтаже системы обогрева важно обеспечить условия, необходимые для естественного движения жидкости в этой системе. Для этой цели нужно обеспечить подачу горячей воды в верхнюю точку системы и возврат охлажденной воды в нижнюю точку.

На трубопроводах отопления должны быть установлены вентили для выпуска воздуха из верхних точек, а система обогрева должна быть оборудована расширительным баком для компенсации изменения объема воды. Для контроля температуры внутри реактора биогазовой установки должен быть установлен термометр.

ТИПЫ УСТАНОВОК, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ

С учетом климатических и других условий в Кыргызстане рекомендуется внедрять следующие типы биогазовых установок.

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

Простейшая биогазовая установка (Рис. 28) предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора установки от 1 до 10 м³ рассчитан на переработку 50 – 200 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 регионах Кыргызстана без подогрева и перемешивания и предназначена для работы в психрофильном температурном режиме от 5°С до 20°С. Вырабатываемый биогаз сразу направляется на использование в бытовых приборах.

Переработанная масса удаляется из реактора через выгрузочную трубу в момент загрузки очередной порции сырья или за счет давления биогаза в реакторе установки. Выгружаемая сброженная масса попадает в емкость для временного хранения, которая по объему должна быть не менее объема реактора.

Простейшую биогазовую установку может построить своими силами любой фермер. В таблице приводится спецификация и смета на материалы, которые понадобятся для ее строительства.

Таблица 12. Спецификация и смета на изготовление простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

№	Объем реактора	Количество материалов и стоимость в тыс. сомов									
		1м ³		3м ³		5м ³		7м ³		10м ³	
		Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.
1	Реактор (стальная емкость)	1	1	1	4	1	7,5	1	9,5	1	12,5
2	Бункер загрузочный (стальной)	1	0,5	1	0,7	1	0,9	1	1	1	1,1
3	Труба загрузочная стальная Ф-300 (м.)	1	0,3	1,5	0,4	2	0,6	2,5	0,8	2,5	0,8
4	Труба разгрузочная стальная Ф-300 (м.)	1	0,3	1,5	0,45	2	0,6	2,5	0,8	25	0,8
5	Емкость для хранения полученных удобрений (сталь, бетон и пр.)	1	0,5	1	1	1	1,5	1	2,5	1	3,5
6	Труба Ф-25 (м.)	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
7	Труба Ф-15 (м.)	5	0,3	5	0,3	5	0,3	5	0,3	5	0,3
8	Клапан предохранительный, шт.	1	0,1	1	0,1	1	0,15	1	0,2	1	0,2
9	Водяной затвор, шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
10	Кран Ф-25, шт.	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12

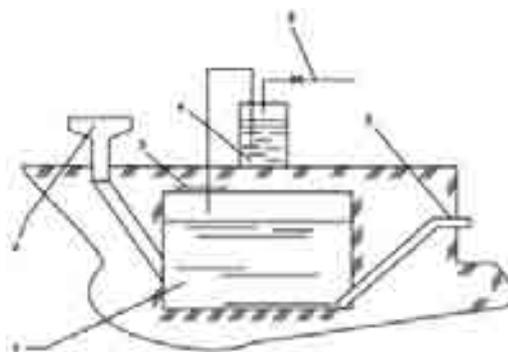


Рис.28. Схема простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

- 1 – реактор; 2 – бункер загрузки;
- 3 – люк для доступа в реактор;
- 4 – водяной затвор; 5 – выгрузочная труба;
- 6 – отвод биогаза.

11	Кран Ф-15, шт.	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
12	Манометр (0-1 кгс/см ²) , шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
13	Вспомогательные материалы		1		1		1,2		1,2		1,5
	Итого		5,07		9,02		13,82		17,37		21,77

Последовательность работ по строительству простейшей биогазовой установки

При самостоятельном изготовлении простейшей биогазовой установки рекомендуется придерживаться следующего порядка: после определения ежесуточного объема навоза, накапливаемого в хозяйстве для переработки в биогазовой установке, и выбора нужного объема реактора нужно выбрать месторасположение реактора и заготовить материалы для реактора биогазовой установки. Затем осуществляются монтаж загрузочной и выгрузочной труб и подготовка котлована для биогазовой установки. После установки реактора в котлован производится монтаж загрузочного бункера и газоотвода, после чего устанавливается крышка люка, который будет использоваться для технического обслуживания и ремонта реактора. Затем производится проверка реактора на герметичность, окраска и теплоизоляция установки. Установка готова к запуску в эксплуатацию!

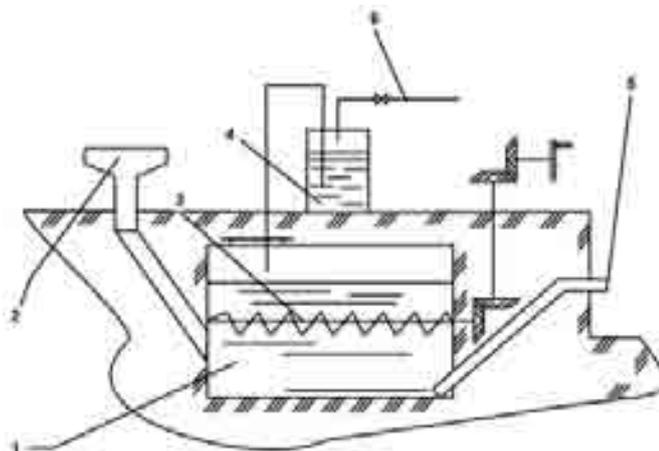


Рис.29. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой и перемешиванием сырья

- 1 – реактор; 2 – бункер загрузки;
- 3 - перемешивающее устройство;
- 4 – водяной затвор;
- 5 – выгрузочная труба;
- 6 – отвод биогаза.

Биогазовая установка с ручной загрузкой и перемешиванием сырья

Строительство биогазовой установки с ручной загрузкой и перемешиванием сырья (Рис. 29) также не требует больших финансовых затрат.

Она предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора установки 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 с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе

Для более интенсивного и стабильного процесса сбраживания установлена система подогрева реактора (Рис. 30).

Установка может работать в мезофильном и термофильном режимах. Реактор биогазовой установки подогревается при помощи водогрейного котла, работающего на производимом биогазе. Остальной биогаз используется напрямую в бытовых приборах.

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

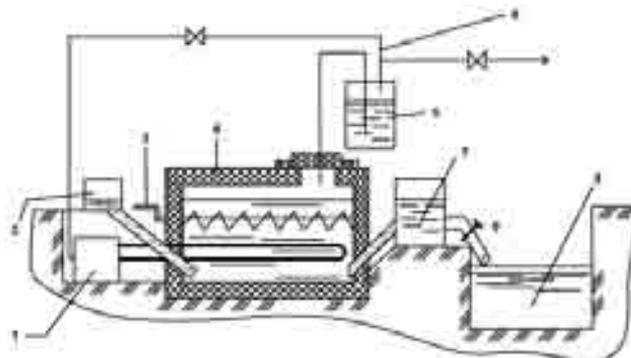


Рис.30. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе

- 1 – котел водогрейный; 2 – бункер загрузки;
- 3 - перемешивающее устройство; 4 – реактор;
- 5 – водяной затвор; 6 – газоотвод; 7 – выгрузочный бункер; 8 – хранилище для биоудобрений; 9 – выгрузочная труба.

Биогазовая установка с ручной загрузкой, газгольдером, пневматическим перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

Простая установка с ручной загрузкой сырья в реактор снабжена автоматическим откачивающим устройством вырабатываемого биогаза и газгольдером для его хранения (Рис. 31).

Перемешивание сырья в реакторе производится пневматическим способом с использованием биогаза.

Такая биогазовая установка может работать во всех температурных режимах сбраживания.

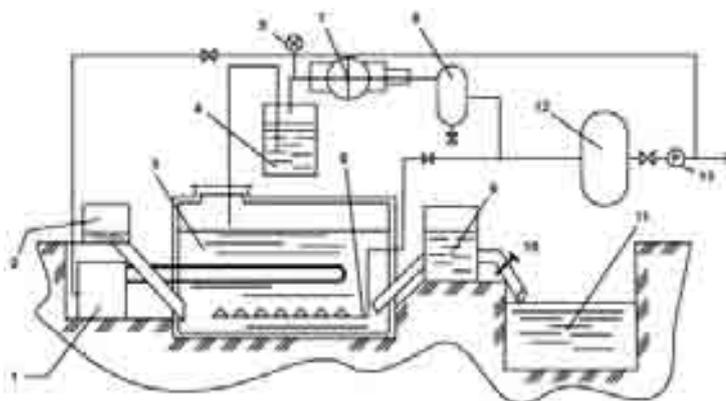


Рис.31. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой, газгольдером, пневматическим перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 – водогрейный котел; 2 – бункер загрузки; 3 – реактор;
- 4 – водяной затвор; 5 – манометр электроконтактный;
- 6 – перемешивающее устройство; 7 – компрессор;
- 8 – ресивер; 9 – бункер выгрузки сырья;
- 10 – выгрузка сырья; 11 – хранилище для биоудобрений;
- 12 – газгольдер; 13 – редуктор газовый.

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

Установка (Рис.32) предназначена для малых и средних фермерских хозяйств с возможностью переработки от 0,3 до 1,5 тонн сырья в сутки. Объемы реакторов – от 5 до 25 м³.

Загрузка и перемешивание сырья механизированы и производятся с помощью пневматической системы. Подогрев сырья в реакторе биогазовой установки производится с помощью теплообменника с водонагревательным котлом, работающим на биогазе. Трубопровод выгрузки сырья имеет разветвление для сбора биоудобрений в хранилище и для загрузки в транспортные средства для вывоза на поле.

Устройство этой биогазовой установки (Рис. 32) предусматривает ручную подготовку и пневматическую загрузку сырья в реактор, часть вырабатываемого биогаза используется для подогрева сырья в реакторе. Перемешивание производится биогазом. Отбор биогаза производится автоматически. Биогаз хранится в газгольдере. Установка может работать в любом температурном режиме сбраживания сырья.

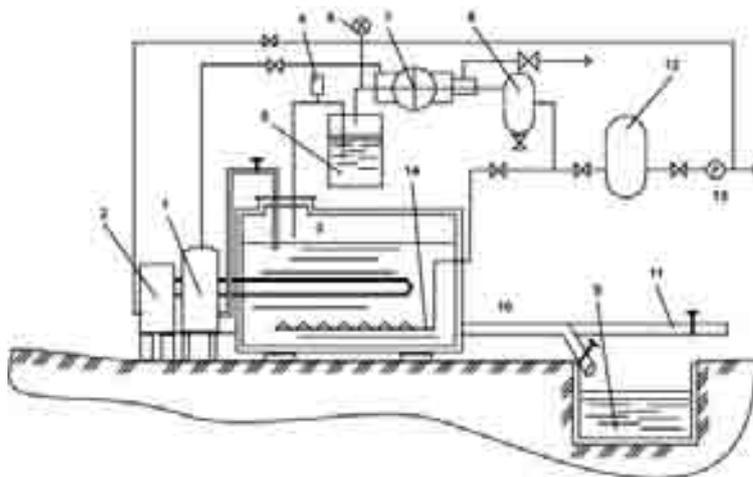


Рис.32. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, ручной подготовкой и пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 – бункер загрузки сырья; 2 – водонагревательный котел; 3 – реактор;
- 4 – предохранительный клапан; 5 – водяной затвор;
- 6 – манометр электроконтактный; 7 – компрессор; 8 – ресивер;
- 9 – хранилище для биоудобрений; 10 – выгрузка сырья;
- 11 – отвод трубы для загрузки в транспорт; 12 – газгольдер;
- 13 – редуктор газовый; 14 – перемешивающее устройство.

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

Отличительной особенностью этой биогазовой установки (Рис. 33), предназначенной для средних и крупных крестьянских 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 обогрева используется часть вырабатываемого биогаза. Установка снабжена автоматическим отбором биогаза и газгольдером для его хранения. Наличие системы обогрева позволяет эксплуатировать биогазовую установку во всех режимах сбраживания.

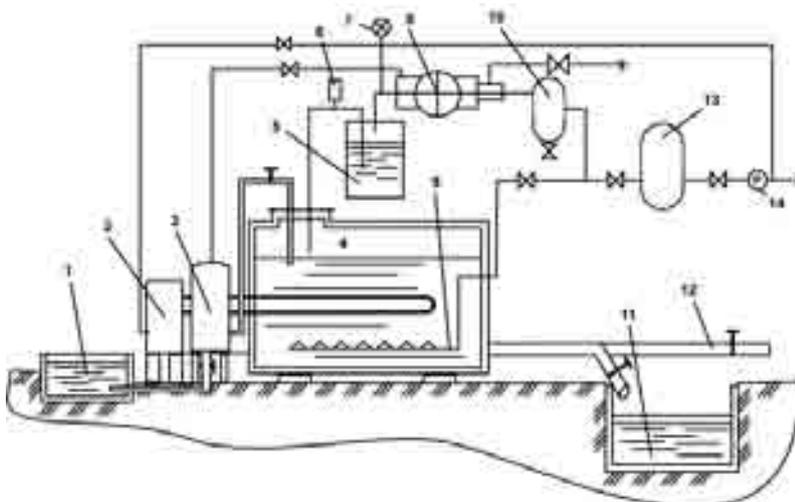


Рис.33. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 - приемник навоза; 2 - водонагревательный котел; 3 - бункер загрузки
- 4 – реактор; 5 - водяной затвор; 6 – предохранительный клапан;
- 7 – манометр электроконтактный; 8 – компрессор; 9 - мешалка газовая;
- 10 – ресивер; 11 – хранилище для биоудобрений;
- 12 - отвод трубы для загрузки в транспорт;
- 13 – газгольдер; 14 – редуктор газовый.

Таблица 13. Спецификация на оборудование и материалы для фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе (см. рис. 32 и 33)

№	Наименование оборудования и материалов	Количество на установку					
		5м ³	10м ³	15м ³	25м ³	50м ³	100м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Реактор	1	1	1	1	1	2
2	Котел водогрейный	1	1	1	1	1	2
3	Горелка газовая (инфракрасного излучения)	1	1	1	1	2	4
4	Влагоотделитель	1	1	1	1	1	2
5	Бункер-накопитель: емкость 3-5м ³ , бетон, металл Ст 3	-	-	-	1	1	1
6	Бак-смеситель: емкость 0,5-1м ³ , металл Ст 3, давл. 8 кг/см ²	1	1	1	1	1	1
7	Компрессор ИФ-56 с приводом для БГУ 5, 25м ³ ; ФУ-12 для БГУ-50, 100	1	1	1	1	1	1
8	Ресивер: от 0,05 до 0,5м ³ , давл. до 25кг/см ²	1	1	1	1	1	1
9	Газгольдер от 3м ³ и более, давл. 8-25кг/см ²	1	1	1	1	1	1
10	Насос вакуумный	-	-	-	1	1	1
11	Система подогрева	1	1	1	1	1	1
12	Система перемешивания	1	1	1	1	1	1
13	Уровнемер	1	1	1	1	1	2
14	Термометр ртутный стеклянный 0-100° С,	1	2	2	2	2	4

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Манометры: электроконтактн. 0 - 1кг/см ² d = 100мм от -1 до +5кг/см ² d = 100мм от 0 до 25кг/см ² d = 100мм от 0 до 1кг/см ² d = 60мм от 0 до 10кг/см ² d = 100мм от 0 до 40кг/см ²	1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		-	-	-	1	1	2
1	1	1	1	1	2		
16	Вентиль для воды d = 25мм	1	1	1	1	1	2
17	Вентиль газовый: d = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 40,50мм	4	4	4	4	8	16
		5	6	7	8	10	12
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1
18	Трубы стальные (м): d = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 50мм d = 100мм d = 150мм	10	25	30	30	50	100
		40	45	50	60	80	100
		4	5	6	7	7	16
		5	8	10	10	20	40
		30	30	30	40	50	80
		-	-	-	5	5	5
19	Задвижка: d = 100мм d = 150мм	2	3	3	3	3	5
		-	-	-	1	1	1
20	Фланцы: d = 100мм d = 150мм	4	6	6	8	12	16
		-	-	-	2	2	2
21	Крепежные детали (кг): болты м10, м12, м16 шайбы 10, 12, 16	5	7	8	10	15	20
		1	1	1,5	2	3	4
22	Уплотнительные материалы (м ²): резина, паронит	2	2	2,5	3	4	5
23	Отводы Ф-15 Ф-25 Ф-32 Ф-50 Ф-100	12	12	14	16	18	25
		10	10	12	14	16	20
		2	2	2	4	8	12
		10	10	12	12	12	24
		4	6	6	6	8	12
24	Редуктор газовый с манометрами 20/0,2 кг/см ²	1	1	1	1	1	1
25	Фильтр для сероводорода: труба ф250, L=2м	-	-	-	1	1	2
26	Уровнемер электрический	1	1	1	1	1	2
27	Лист стальной 10-12мм (м ²) Лист стальной 4мм (м ²)	2	2	2	2	2	4
		10	10	15	15	20	40
28	Электроды 3мм (КНР), кг	30	30	35	35	60	90
29	Предохранительные устройства	2	2	2	1	1	2
30	Электрошкаф к-т: 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	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
		2	5	5	5	6	6
		2	5	5	5	6	6
		2	5	5	5	6	6
		2	2	2	2	2	2
		2	2	2	2	2	2
		1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
31	Провод электрический (м)	30	40	45	50	70	90
32	Кислород, пропан	2	2	3	3	5	8

Таблица 14. Смета на изготовление фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе (см. рис. 32 и 33)

Наименование	тыс. сомов					
	5м ³	10м ³	15м ³	25м ³	50м ³	100м ³
1. Реактор	5,3	11	17	27	44,2	90,0
2. Газгольдер	2,5	5	7	8	12	24
3. Компрессор	4,5	6	9	9	17	22
4. Материалы для обвязки реакторов, газгольдера, подающего, перемешивающего и нагревающего устройств	3,5	5,6	7,3	9,1	14	27
5. Приемный бункер	0	1,2	1,4	1,5	2,2	2,6
6. Устройство для подачи сырья	2,2	2,8	4,2	4,2	5,2	5,2
7. Устройство для анаэробного перемешивания сырья	0,7	0,8	0,9	1,0	1,9	2,7
8. Нагревающее устройство	3,5	5,4	8	9,0	14	25
9. Устройство стабилизации	0,3	0,4	0,5	0,7	1,2	2,1
10. Устройство для контроля уровня, температуры, давления в реакторах	1,3	1,4	1,5	1,6	2,1	4
11. Автоматическое откачивающее устройство	1,2	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7
12. Предохранительные устройства (уровень бункера подачи, давление в реакторах и газгольдере)	1	1,1	1,2	1,2	1,5	2,4
13. Шкаф управления	1,5	2,0	2,0	2	2	2
14. Вспомогательные материалы	2,5	3,2	4,3	5	9	16
15. Заработная плата	15	19	24	29	52	86
Итого*	45	66,4	90	110	180	312,7

* В данную смету не включены транспортные расходы, затраты на общестроительные работы и налоговые отчисления.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК [21]

Стабильная ежедневная работа биогазовой установки 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.

Подготовка к запуску

Этап подготовки включает в себя проверку герметичности реактора и газовой системы. Для этого к газовой системе подключаются 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 пуску биогазовой установки могут быть начаты только тогда, когда установка в целом и ее элементы будут признаны пригодными к эксплуатации и соответствовать требованиям безопасной эксплуатации.

Этап ввода в эксплуатацию

Первоначальная загрузка новой биогазовой установки 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.

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 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.

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°C. В процессе нагрева должно быть обеспечено интенсивное перемешивание сырья. Через 7-8 суток начинается активная жизнедеятельность микроорганизмов в реакторе и выделение биогаза.

Характеристики этапа ввода в эксплуатацию

Период ввода биогазовой установки 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.

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.

Подготовка газгольдера

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

Во избежание образования взрывоопасной смеси до заполнения газгольдера газом необходимо, чтобы изо 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. Вытеснение воздуха считается законченным, если содержание кислорода в пробе газа, взятой из газгольдера не превышает 5 %.

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.

Качество газа

В период выхода биогазовой установки 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.

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Доза загрузки сырья

Для оптимальной эксплуатации биогазовых установок большое значение имеют суточная доза загрузки свежего навоза и периодичность ее внесения. Доза 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.

Оптимальной дозой 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 психофильного 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 течение 40 и более дней.

Частота загрузки и перемешивания

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.

Контроль процесса сбраживания по цвету сброженной массы

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 этого может быть также 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.

Контроль уровня сырья

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.

ЕЖЕНЕДЕЛЬНЫЕ И ЕЖЕМЕСЯЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ:

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

ЕЖЕГОДНЫЕ ОПЕРАЦИИ:

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

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При эксплуатации биогазовой установки нужно обращать внимание на следующее:

- Вдыхание биогаза в больших количествах в течение долгого времени может вызвать отравление, так как содержащийся в биогазе сероводород очень ядовит. Неочищенный биогаз пахнет тухлыми яйцами, но после очистки не имеет никакого запаха. Поэтому все помещения, где стоят бытовые приборы, использующие биогаз, нужно регулярно проветривать. Газовые трубы должны регулярно проверяться на герметичность и защищаться от повреждений. Обнаружение утечек газа должно производиться с помощью мыльной эмульсии или специальными приборами. Применение открытого огня для обнаружения утечки газа запрещается.
- Биогаз в смеси с воздухом в пропорции от 5% до 15 % при наличии источника воспламенения с температурой 600°C или более может привести к взрыву. Открытый огонь опасен при концентрациях биогаза в воздухе более 12 %. Таким образом, запрещается курение и разведение огня около установки. При проведении сварочных работ расстояние до газового оборудования должно быть не менее 10 метров. После слива сырья из биогазовых установок для проведения ремонта реактор должен проветриваться, так как существует опасность взрыва смеси биогаза и воздуха.
- Давление газа, подаваемого по газопроводу к месту потребления, не должно превышать 0,15 МПа (1,5 кг/см²), а перед бытовыми приборами должно быть не более 0,13 кг/см². Реактор должен быть оснащен задвижками, гидрозатворами, которые в случае необходимости могли бы отключить его от магистрального газопровода биогаза. Реактор должен иметь клапан автоматического сброса избыточного давления в газовой системе в случае его повышения сверх нормы.
- Используемое электрооборудование должно быть заземлено. Сопротивление заземляющего провода должно быть не более 4,0 Ом.
- Основными источниками санитарной опасности является присутствие в жидком навозе и навозных стоках яиц гельминтов, бактерий групп кишечной палочки и другой патогенной микрофлоры. Поэтому нужно соблюдать предохранительные меры для предотвращения заражения. Так, не рекомендуется принимать пищу в помещении фермы и рядом с биогазовыми установками.
- Реактор и хранилище для биоудобрений должны быть построены так, чтобы избежать опасности падения человека внутрь.

Требования Госгортехнадзора

Устройство, эксплуатация и обслуживание биогазовых установок должны соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» Госгортехнадзора Кыргызской Республики, если в состав биогазовых установок входят:

- сосуды, работающие под давлением газа свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).
- баллоны, предназначенные для транспортировки и хранения сжатых газов под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).
- цистерны и бочки для транспортировки и хранения сжатых газов, давление паров которых при температуре до 50°C превышает давление свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).

К обслуживанию биогазовых установок и проведению газоопасных работ могут быть допущены лица не моложе 18 лет, имеющие разрешение Госгортехнадзора Кыргызской Республики в виде удостоверения установленного образца на право обслуживания биогазовых установок и проведение газоопасных работ.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, МОНИТОРИНГ И РЕМОНТ

Техническое обслуживание биогазовой установки состоит из работ, которые необходимы для эффективной и долгой работы установки, а ремонт осуществляется в случае поломок биогазовой установки.

Таблица 15. Ежедневное техническое обслуживание [8]

Контролируемый показатель	Распространенные проблемы	Устранение проблемы
Давление газа	Слишком большое давление; (Давление газа возрастает, если использование газа меньше, чем производство, и если газгольдер полон)	Неполадки в предохранительном клапане – его нужно почистить или заменить
	Слишком низкое давление; (давление газа падает, если его потребление превышает производство, если есть утечки газа и если газгольдер пуст)	Утечка газа: найти источник утечки и устранить ее; производство биогаза снизилось: проверьте качество сырья
Температура сырья в реакторе	Слишком высокая температура	Неполадки в системе подогрева. Проверить и отремонтировать систему
	Слишком низкая температура	Неполадки в системе подогрева. Проверить и отремонтировать систему; наличие осадка или нежелательного слоя на подогреваемой поверхности: очистить нагреваемую поверхность
Выход биогаза	Выход биогаза ниже обычного	Причины: температура, состав сырья, изменение уровня кислотно-щелочного баланса, разрыв или трещина в реакторе, засоренные газовые трубы: идентифицируйте причину и устраните ее
Сильный запах навоза	Установка перегружена или условия сбрасывания неоптимальны	Уменьшить количество загружаемого сырья; откорректировать кислотно-щелочной баланс

Ежемесячное техническое обслуживание:

- проведите чистку и контроль работы газовых бытовых приборов;
- смажьте движущиеся части;
- проведите сервисное обслуживание двигателей;
- проведите обслуживание клапанов давления;
- проведите обслуживание системы перемешивания.

Таблица 16. Контроль арматуры [8]

Контролируемый элемент	Распространенные проблемы	Устранение проблемы
Водяной затвор	Водяной затвор полон	Вылить воду
Система труб	Вода не собирается в водяном затворе; угол установки труб неправильный	Переустановка труб так, чтобы конденсирующаяся вода стекает в водяной затвор
Клапаны давления	Не работают	Чистка фильтров или замена фильтров

Ежегодное обслуживание:

- полная ревизия реактора и всей установки;
- проверьте металлические части установки на наличие ржавчины, обновите защитное покрытие;
- проверьте газовые трубы на герметичность под давлением. Часто утечки газа незаметны во время работы установки, так как компенсируются объемом вырабатываемого биогаза.

Мониторинг

Мониторинг подразумевает сбор данных о работе установки для:

- определения проблем в работе;
- определения реальной экономической выгоды и окупаемости установки;
- сравнения разных типов сырья и методов работы с целью оптимизации.

Должны собираться следующие данные:

- Количество и тип сырья, пропорция воды для разбавления сырья.
- Температура сырья на разных стадиях процесса переработки. При регулярном сборе данных легко определить неполадки в системе подогрева.
- Выход биогаза: замеры производятся газометром, находящимся между газгольдером и реактором (производство биогаза) или между прибором и газгольдером (использование биогаза). В простых установках производство газа может быть измерено во время отсутствия потребления газа. Изменения в производстве газа и скорость таких измерений позволяют более точно определить причину проблемы.
- Производство электричества и тепла в больших установках.
- Кислотно-щелочной баланс (ежемесячно).
- Ежедневное загружаемое количество сырья.
- Количество сероводорода в биогазе (ежемесячно).
- Анализ удобряющего эффекта биоудобрения (ежегодно или сезонно) для определения оптимального количества удобрения для внесения на поля.
- Записи поломок и их причины. Такие записи позволяют сравнивать и легче определять причины поломок.

РЕМОНТ

Поломки, которые могут произойти в работающей биогазовой установке, описаны в нижеприведенной таблице. Наиболее частая причина для беспокойства – снижение производства биогаза.

Таблица 17. Частые причины поломок и их устранение [8]

Поломки	Возможные причины	Шаги к устранению
Заблокирована труба загрузки/выгрузки сырья	Волокнистый материал в трубе или плавающий слой сырья блокирует трубу	Прочистить трубу; удалить или разбить плавающий слой сырья
Снижение уровня сырья	Реактор пропускает жидкость	Очистить реактор и закрыть трещину
Недостаточное количество газа	Газгольдер негерметичен из-за трещин или коррозии	Закрывать трещины, заменить заржавевшие части
Заблокированы краны	Коррозия	Закрывать и открывать краны несколько раз, смазать или заменить их
Газовая труба негерметична	Коррозия или пористость; недостаточная герметизация соединений	Найти негерметичные части и заменить их, герметизировать соединения
Внезапная потеря газа	1) трещина в газовой трубе; 2) водяной затвор пуст; 3) открыт газовый кран	1) отремонтировать или заменить трубу; 2) долить воды, найти причину для излишнего давления, проверить размеры водяного затвора; 3) закрыть кран
Прыгающее газовое давление	1) вода в газовой трубе; 2) заблокирована газовая труба	1. Проверить работу водяного затвора, установить водяные затворы в пониженных частях газовой системы или выровнять положение труб; 2. Найти заблокированный участок (начните с биогазовой установки, проверьте соединения и подходы к газовым приборам) и почистить их

Ремонтные работы выполняются как в случае поломок, так и во время обычной работы установок. Ремонт, выходящий за рамки вышеобозначенного, должен проводиться специалистами, так как владелец установки обычно не имеет технического образования. В любом случае, ежегодная проверка установки должна проводиться обученными техническими специалистами.

Документация

Для обеспечения нормальной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта на объекте должна быть следующая документация:

- 1) принципиальные схемы установки газовой и электрической системы, схема планировки;
- 2) паспорта заводов-изготовителей на сосуды, работающие под давлением;
- 3) планы и графики проведения технического обслуживания и ремонтов составных частей и приборов;
- 4) журналы учета работы установок и инструктажа по технике безопасности и проверки знаний «Правил безопасности в газовом хозяйстве» обслуживающим персоналом.

ЧАСТЬ 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В процессе переработки органических отходов в биогазовых установках получают два основных продукта – биогаз и сброженную биомассу, которые можно использовать в сельском хозяйстве, в промышленности и в быту.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА

Основным способом применения биогаза является превращение его в источник тепловой, механической и электрической энергии. Однако крупные биогазовые установки можно использовать для создания производств по получению ценных химических продуктов для народного хозяйства.

На биогазе могут работать газосжигающие устройства, вырабатывающие энергию, которая используется для отопления, освещения, снабжения кормоприготовительных цехов, для работы водонагревателей, газовых плит, инфракрасных излучателей и двигателей внутреннего сгорания.

Наиболее простым способом является сжигание биогаза в газовых горелках, так как газ можно подводить к ним из газгольдеров под низким давлением, но более предпочтительно использование биогаза для получения механической и электрической энергии. Это приведет к созданию собственной энергетической базы, обеспечивающей эксплуатационные нужды хозяйств.

Таблица 18. Компоненты биогаза [21]

Характеристики	Компоненты биогаза					Биогазовая смесь (CH ₄ – 60%, CO ₂ – 40%)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	N ₂	
Объемная доля, %	55 – 70	20 – 44	1	1	< 3	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	-	21,5
Предел воспламеняемости (содержание в воздухе), %	5 – 15	-	4 – 30	4 – 45	-	5 – 12
Температура воспламенения, °С	+65 +750	-	+585	-	-	+650 +750
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,98	0,9	1,54	-	1,2

ГАЗОВЫЕ ГОРЕЛКИ

Основной частью большинства бытовых приборов, в которых можно использовать биогаз, является горелка. В большинстве случаев предпочтительны горелки атмосферного типа, работающие на предварительно смешанном с воздухом биогазе. Потребление газа горелками сложно подсчитать заранее, поэтому конструкция и настройка горелок должны определяться для каждого индивидуального случая экспериментально.

По сравнению с другими газами биогазу нужно меньше воздуха для возгорания. Следовательно, обычные газовые приборы нуждаются в более широких жиклерах для прохождения биогаза. Для полного сгорания 1 литра биогаза необходимо около 5,7 литров воздуха, в то время как для бутана – 30,9 литра и для пропана – 23,8 литра [8].



Рис.34. Газовая плита, работающая на биогазе в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Модификация и адаптация стандартных горелок является делом эксперимента. По отношению к наиболее распространенным бытовым приборам, приспособленным для использования бутана и пропана, можно отметить, что бутан и пропан обладают теплотворной способностью почти в 3 раза выше, чем биогаз, и дают в 2 раза большее пламя.

Перевод горелок на работу на биогазе всегда приводит к более низким уровням работы приборов. Практические меры для модификации горелок включают:

- увеличение жиклеров в 2-4 раза для прохождения газа;
- изменение объема подачи воздуха.

Газовые плиты

Перед использованием газовой плиты горелки должны быть тщательно отрегулированы для достижения:

- компактного голубоватого пламени;
- пламя должно самопроизвольно стабилизироваться, т.е. негорящие участки горелки должны самостоятельно загораться в течение 2-3 секунд.

Излучающие нагреватели

Излучающие нагреватели используются в сельском хозяйстве для получения нужных температур для выращивания молодняка, например поросят и цыплят, в ограниченном пространстве. Необходимая поросятам температура начинается от 30-35°C в первую неделю и затем медленно падает до температуры 18-23°C в 4 и 5 недели.

Как правило, регулировка температуры состоит в поднятии или опускании обогревателя. Хорошая вентиляция является необходимостью для предотвращения концентрации CO или CO₂. Следовательно, животные должны находиться под постоянным присмотром, и температура проверяется через регулярные интервалы. Обогреватели для поросят или цыплят потребляют около 0,2 – 0,3 м³ биогаза в час.

Тепловое излучение обогревателей

Излучающие нагреватели реализуют инфракрасное тепловое излучение через керамическое тело, которое нагревается до ярко-красного состояния при температурах 900-1000°C пламенем. Обогревающая возможность излучающего обогревателя определяется умножением объема газа на чистую теплотворную способность, так как 95 % энергии биогаза превращается в тепло. Выход тепловой энергии от маленьких нагревателей составляет от 1,5 до 10 кВт тепловой энергии [8].

Предохранитель и воздушный фильтр

Использующие биогаз излучающие нагреватели должны всегда быть оборудованы предохранителем, который прекращает подачу газа в случае снижения температуры, то есть в случае, когда газ не сжигается.



Рис.35. Водонагревательный котел для отопления дома с излучающими керамическими нагревателями в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»



Рис.36. Регулятор давления газа.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Потребление биогаза

Бытовые газовые горелки потребляют 0,2 – 0,45 м³ биогаза в час, а промышленные – от 1 до 3 м³ биогаза в час. Необходимый объем биогаза для приготовления пищи может быть определен на основании времени, ежедневно затрачиваемого на приготовление пищи.

Таблица 19. Расход биогаза для бытовых нужд

Горелка	Назначение	Использование биогаза, м ³
Бытовая	Приготовление порции пищи для одного человека	0,15 – 0,3
Бытовая	Кипячение воды	0,03 – 0,05
Бытовая	Отопление помещения	0,2 в сутки

ДВИГАТЕЛИ, РАБОТАЮЩИЕ НА БИОГАЗЕ

Биогаз можно применять в качестве топлива для автомобильных двигателей, причем эффективность его в этом случае зависит от содержания метана и наличия примесей. На метане могут работать как карбюраторные, так и дизельные двигатели. Однако, так как биогаз является высокооктановым топливом, более эффективно его использование в дизельных двигателях.

Для работы двигателей необходимо большое количество биогаза и установка на двигатели внутреннего сгорания дополнительных устройств, которые позволяют им работать как на бензине, так и на метане.

Газоэлектрогенераторы

Опыт показывает, что биогаз экономически целесообразно использовать в газоэлектродвигателях, при этом сжигание 1 м³ биогаза позволяет вырабатывать от 1,6 до 2,3 кВт электроэнергии. Эффективность такого использования биогаза повышается за счет использования тепловой энергии, образующейся при охлаждении мотора электрогенератора, для обогрева реактора биогазовой установки.



Рис.37. Газоэлектродвигатель в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Очистка биогаза

Для использования биогаза в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания необходимо предварительная очистка биогаза от воды, сероводорода и углекислоты.

Уменьшение содержания влаги

Биогаз насыщен влагой. Очистка биогаза от влаги состоит в его охлаждении. Это достигается при пропускании биогаза по подземной трубе для конденсации влаги при более низких температурах. Когда газ вновь подогревается, содержание влаги в нем существенно уменьшается. Такое высушивание биогаза особенно полезно для используемых счетчиков сухого газа, так как они со временем обязательно заполняются влагой.

Уменьшение содержания сероводорода

Сероводород, смешивающийся в биогазе с водой, образует кислоту, вызывающую коррозию металла. Это является серьезным ограничением использования биогаза в водных обогревателях и двигателях.

Наиболее простым и экономичным способом очистки биогаза от сероводорода является сухая очистка в специальном фильтре. В качестве абсорбера применяется металлическая «губка», состоящая из смеси окиси железа и деревянной стружки. С помощью 0,035 м³ металлической губки из биогаза можно извлечь 3,7 кг серы. Если содержание сероводорода в биогазе составляет 0,2%, то этим объемом металлической губки можно очистить от сероводорода около 2500 м³ газа. Для регенерации губки ее необходимо поддержать некоторое время на воздухе.

Минимальная стоимость материалов, простота эксплуатации фильтра и регенерация абсорбера делают этот метод надежным средством защиты газгольдера, компрессоров и двигателей внутреннего сгорания от коррозии, вызванной продолжительным воздействием сероводорода, содержащегося в биогазе. Окись цинка также является эффективным абсорбентом сероводорода, причем это вещество имеет дополнительные преимущества: оно абсорбирует также органические соединения серы (карбонил, меркаптан и т.д.) [18].



Рис.38. Сероводородный фильтр и абсорбер для отделения углекислоты в с. Петровка.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Уменьшение содержания углекислоты

Уменьшение содержания углекислоты – сложный и дорогой процесс. В принципе, углекислота может быть отделена путем впитывания в известковое молоко, но такая практика приводит к образованию больших объемов извести и не подходит для использования в системах большого объема. Углекислота сама по себе является ценным продуктом, который можно использовать в различных производствах.

Использование метана

Современные исследования химиков открывают большие возможности использования газа метана для производства сажи (красящее вещество и сырье для резиновой промышленности), ацетилена, формальдегида, метилового и этилового спирта, метилена, хлороформа, бензола и других ценных химических продуктов на базе больших биогазовых установок [18].

Потребление биогаза двигателями

В с. Петровка Чуйской области КР биогазовая установка ассоциации «Фермер» объемом 150 м³ обеспечивает биогазом для бытовых нужд 7 крестьянских хозяйств, работу газозлектрогенератора и двух автомашин – УАЗа и ЗИЛа. Для работы на биогазе двигатели были дооборудованы специальными устройствами, а автомашины – стальными баллонами для закачки газа.



Рис.39. УАЗ, работающий на биогазе в с. Петровка.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Средние значения потребления биогаза для производства 1 кВт электроэнергии двигателями ассоциации «Фермер» - около 0,6 м³ в час.

Таблица 20. Использование биогаза в качестве моторного топлива в с. Петровка

Двигатель	Использование	Количество баллонов	Использование биогаза, м ³
УАЗ-469	Автомашина	3 баллона	42 на 100 км
ЗИЛ ММЗ-130	Автомашина	9 баллонов	72 на 100 км
ГАЗ-53	Электрогенератор	-	20 в час – 37кВт

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА

Эффективность использования биогаза составляет 55% для газовых плит, 24% для двигателей внутреннего сгорания. Наиболее эффективный путь использования биогаза – в качестве комбинации тепла и энергии, при котором можно достичь 88% эффективности⁸. Использование биогаза для работы газовых горелок в газовых плитах, отопительных котлах, кормозапарниках и теплицах – лучший вид использования биогаза для фермерских хозяйств Кыргызстана.

Излишки биогаза

В случае излишка вырабатываемого установкой биогаза рекомендуется не выбрасывать его в атмосферу – это приведет к неблагоприятному влиянию на климат, а сжигать. Для этого в газораспределительную систему устанавливается факельное устройство, которое должно находиться на безопасном расстоянии от строений.



Рис.40. Факельная горелка для сжигания излишков биогаза в с. Петровка.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ

Переработанные в биогазовых установках органические отходы превращаются в биомассу, которая содержит значительное количество питательных веществ и может быть использована в качестве биоудобрения и кормовых добавок.

Образующиеся при сбраживании гумусные материалы улучшают физические свойства почвы, а минеральные вещества служат источником энергии и питанием для деятельности почвенных микроорганизмов, что способствует повышению усвоения питательных веществ растениями.

Основное преимущество биоудобрений заключается в сохранении в легко усваиваемой форме практически всего азота и других питательных веществ, содержащихся в исходном сырье. Значительным преимуществом биоудобрений перед навозом, перепревшим в естественных условиях, является то, что при сбраживании навоза в биогазовых установках погибает значительная часть яиц гельминтов, патогенных микроорганизмов и семян сорняков, содержащихся в навозе.

Органические вещества в удобрениях

В то время как азот, калий и фосфор могут содержаться в минеральных удобрениях, для других составляющих биоудобрения, получающегося при анаэробном сбраживании навоза в биогазовых установках, таких как протеин, целлюлоза, лигнин и т.д., нет химических заменителей.

Органические вещества являются базой для развития микроорганизмов, отвечающих за перевод питательных веществ в форму, которая легко может быть усвоена растениями. Благодаря декомпозиции и распаду органической части сырья, сброженный биослам в доступной форме предоставляет быстро действующие питательные вещества, которые легко входят в почву и сразу готовы для поглощения растениями и почвенными микроорганизмами.

Гуминовые кислоты [15]

Важными органическими веществами, присутствующими в биоудобрениях, являются гуминовые кислоты. Они повышают сопротивляемость растений неблагоприятным условиям внешней среды: засухе, высоким и низким температурам, токсичным веществам (пестицидам, гербицидам, тяжелым металлам), повышенной радиации. Гуминовые кислоты способствуют ускорению роста и развития растений, сокращению вегетационного периода, более раннему (на 8-10 дней) созреванию и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Содержание гуминовых кислот в биоудобрениях составляет от 13% до 28% на сухое вещество, а их концентрация зависит от температуры процесса сбраживания сырья.

Улучшение качества почв

Содержание гуминовых кислот в биоудобрении особо важно для низкогуминовых почв Кыргызстана. Применение биоудобрений приводит к быстрой гумификации растительных остатков в почвах, помогает уменьшить уровень эрозии за счет формирования стабильного гумуса и увеличивают содержание питательных веществ, улучшает гигроскопичность, увеличивает амортизирующие и регенерирующие качества почв. Также замечено, что активность дождевых червей при применении биоудобрений, по сравнению с применением простого навоза, увеличивается [8].

Применение биоудобрений на щелочных почвах приводит к нейтрализации почвы и повышению ее влажности, что особенно важно для засушливых областей Кыргызстана [17].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОУДОБРЕНИЙ НА РАСТЕНИЯ

Эффективность биоудобрения изучалась как стимулятор энергии прорастания, всхожести семян и развития корневой системы и стеблей при различных концентрациях и сроках внесения учеными и практиками.

ПШЕНИЦА

Лабораторные испытания [15]

Добавка гуминовых кислот, выделенных из биоудобрения, в среду для прорастания семян пшеницы показала, что они стимулируют удлинение корней и стеблей зерен пшеницы сортов «лада», «интенсивная» и «безостая», наибольший положительный эффект был получен при использовании 1% и 0,01% растворов.

При проведении опытов по исследованию воздействия биоудобрения на энергию прорастания, всхожесть семян и развитие стеблей и корней пшеницы при различных концентрациях внесения двух видов биоудобрения в Научно-исследовательском институте земледелия (НИИЗ) были получены следующие результаты:

- Обработка семян пшеницы при всех концентрациях биоудобрений оказывается эффективной. Всхожесть семян увеличивается при концентрациях 0,01, 1, 3 и 6% раствора до 99%. Прирост корней увеличивается на величину, до двух раз превышающую контрольные семена.
- Прорастание семян произошло уже на вторые сутки проведения опыта, на пятые сутки опыта семена пшеницы развили мощную корневую систему (см. рис. 41).
- Биоудобрение, полученное в результате сбраживания с регулярным добавлением свежего сырья лучше влияет на всхожесть, развитие стеблей и корней пшеницы. Таким образом, рекомендуется переработка сырья в непрерывном режиме.

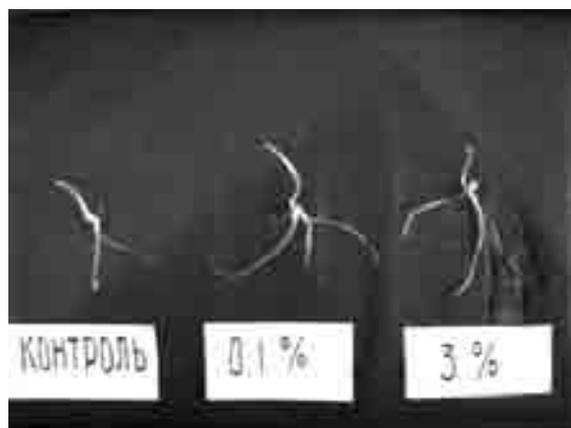


Рис.41. Воздействие биоудобрения на зерна пшеницы сорта «Интенсивная»
Опыт: Абасов В.С. КНИИЗ, Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

Полевые испытания и практические результаты

Полевые опыты для определения влияния биоудобрений на урожайность пшеницы были проведены на территории тепличного хозяйства Кыргызского НИИЗ с сортом пшеницы «джамин» на участке площадью 12 м². Удобрения вносились под предпосевную обработку почвы и в подкормку.

Обработка почвы, посев и уход за растениями проводились согласно агротехническим рекомендациям, полива не производилось. При внесении биоудобрений в количестве 400 литров на га было получено на 5,3 центнера с гектара больше, а при внесении 800 литров на га – на 2,2 центнера с гектара больше урожая, чем без применения биоудобрения (21,6 ц/га) [15].



Рис.42. Воздействие биоудобрения на зерна пшеницы сорта «половчанка».
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Фермерское хозяйство «Бакыт» Сокулукского района Чуйской области получило в 2004 году 60 центнеров пшеницы сорта «кыял» с гектара на участке 12 га, используя биоудобрения, разбавленные в пропорции 1:50 – в количестве 2 тонн на га.

В 2004 году ассоциация «Фермер» приняла решение взять в аренду неблагополучный участок земли с целью продемонстрировать эффективность биошлама в качестве удобрения. На участке бедной и каменистой почвы размером 14 га, заброшенном по причине низкой урожайности (7-10 центнеров с га), в этом году были получены хорошие результаты – 35 центнеров пшеницы сорта «половчанка» с гектара.

Аналогичные результаты были получены и на другом участке размером 6 га – собрано 32,5 центнера пшеницы сорта «интенсивная» с каждого гектара неурожайной почвы. Удобрения вносились в предпахотный период в количестве трех тонн на гектар и при поливе в количестве одной тонны на гектар.

КУКУРУЗА

Использование биоудобрения при выращивании овощных культур и кукурузы на силос показали, что при подкормочном внесении необходимо разбавлять биоудобрение водой в соотношении 1 : 20, 1 : 40, 1 : 50, в зависимости от содержания в удобрении гуминовых кислот. Опыты, проведенные Латвийской сельскохозяйственной академией, показали увеличение урожайности кукурузы на 49%.



Контрольный участок



Опытный участок

Рис.43. Воздействие биоудобрения на кукурузу.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

При единовременном предпахотном внесении биоудобрений в количестве 4 тонны на га, ассоциацией «Фермер» было зарегистрировано увеличение урожайности кукурузы на силос в 1,8 раза.

ПОМИДОРЫ, КАРТОФЕЛЬ И ДРУГИЕ КЛУБНЕВЫЕ ОВОЩИ

При применении биоудобрения урожайность помидоров и картофеля повысилась на 15 – 27% по сравнению с контрольным вариантом. По свидетельству фермеров, пользующихся биоудобрениями, вегетационный период картофеля, обработанного перед посадкой жидким удобрением, сокращается примерно на 2 недели. При этом урожайность увеличивается в 1,5 - 2 раза.

Латвийской сельскохозяйственной академией проводились опыты на картофеле, показавшие увеличение урожайности на 11-35% при применении биоудобрения.

Измельченная и сброженная в биореакторе помидорная ботва образует детритогумин – запатентованный вид биоудобрений, позволяющий выращивать в Чуйской долине помидоры, достигающие весом 0,7-1,5 килограмма [15].

Опыты, проведенные исследователями на разных видах овощных культур, показывают, что наиболее заметный эффект от применения биоудобрений проявляется на клубневых овощах (редис, морковь, картофель и т.д.) и на фруктовых деревьях [13].

ЯЧМЕНЬ

Влияние биоудобрений на энергию прорастания, всхожесть семян, развития стеблей и корней ячменя при различных концентрациях биоудобрений изучалось в лабораторных опытах в Кыргызском научно-исследовательском институте земледелия.

Применение растворов 0,01%, 0,1%, 1%, 3%, 6% концентрации незначительно влияет на всхожесть семян ячменя, но прирост корней почти при всех концентрациях биоудобрения увеличивается, особенно при 3–6-процентных концентрациях раствора, а концентрация раствора 0,1% дает значительный прирост стеблей (см. Рис. 44) [15].

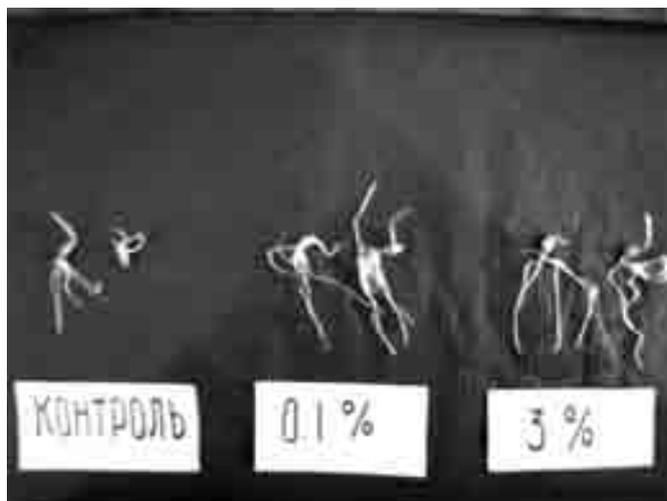


Рис.44. Воздействие биоудобрения на зерна ячменя сорта «Нарын-27». Опыт: Абасов В.С. КНИИЗ, Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

САХАРНАЯ СВЕКЛА

Полевые опыты для определения влияния биоудобрений на урожайность сахарной свеклы были проведены на территории тепличного хозяйства Кыргызского НИИЗ с сортом свеклы «К 70» на участке площадью 30 м². Удобрения вносились под предпосевную обработку почвы и в подкормку.

Обработка почвы, посев и уход за растениями проводились согласно агротехническим рекомендациям, было проведено 8 поливов. Уборка урожая проводилась вручную, корни взвешивались со всей учетной площади участка.

Прибавка от внесения удобрений колеблется в широких пределах от 21% (при внесении 800 литров на га) до 33% (при внесении 400 литров биоудобрений на га) и зависит от почвенно-климатических условий, норм, сроков и способов внесения удобрений [15].

СОЯ

При проведении опытов на эффективность применения биоудобрения для сои в Кыргызском НИИЗ была замечена хорошая реакция сои на 3-процентный раствор биоудобрений, прорастание произошло на вторые сутки проведения эксперимента, на пятые сутки наблюдалось формирование побега.

ХЛОПОК

Полевые исследования влияния биоудобрения на урожайность хлопка в частном хозяйстве Базар-Курганского района Джалал-Абадской области показали, что использование 10-процентного раствора биоудобрений во время посева и при первой культивации из расчета 300 л/га позволяет получать урожай хлопка 30 ц/га. Контрольный участок с использованием навоза показал урожайность в 20-25 ц/га, то есть урожайность хлопка при применении биоудобрений повышается на 20% - 50% [17].

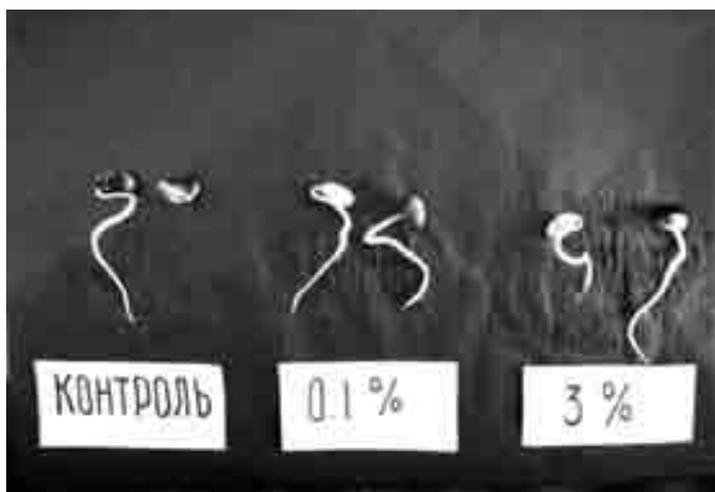


Рис.45. Воздействие биоудобрения на соевые бобы.
Опыт: Абасов В.С. КНИИЗ, Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

ДЕРЕВЬЯ, КУСТАРНИКОВЫЕ РАСТЕНИЯ И ТРАВСТОЙ¹⁶

Проведенные в институте биосферы южного отделения НАН КР полевые исследования показали, что применение биоудобрений для образования корневой системы черенков различных плодовых, декоративных и других древесно-кустарниковых растений более эффективно, чем применение традиционного дорогостоящего химического вещества гетероауксина.

Практика показала, что использование биоудобрения для выращивания естественного травостоя на горно-луговых почвах при двух укосах дает увеличение зеленой массы на 21%. В латвийском совхозе «Огре» применение биоудобрения на травах за 3 укоса показало увеличение урожая в 5 раз, а на культивированных травах за 4 укоса — в 1,5 раза.

ВНЕСЕНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ

Сроки и нормы внесения биоудобрений

Переработанное сырье наиболее эффективно при внесении его на поля незадолго до вегетационного периода. Возможно дополнительное внесение биоудобрений во время роста растений. Необходимые количества и время внесения зависят от конкретного растения. Для соблюдения гигиены листьев растений, употребляемые в пищу, не должны удобряться методом внекорневой подкормки.

Ниже приводятся рекомендации по эффективному использованию биоудобрений [15]:

Предпосевное замачивание семян: раствор для замачивания – 1:50; семена замачивают до появления ростков.

Зерновые увлажняют перед высевом раствором 1:50.

Фруктовые деревья и полив почв: используется раствор 1:50 из расчета 4-5 л на 1 м² (от 1 до 1,5 тонны удобрения на 1 га). Предпахотная обработка почвы и в зимнее время по снегу из расчета 1-1,5 т на 1 га раствором 1:10.

Овощные и цветочные рассадные растения: полив почвы после посева семян и после появления всходов 1:70. Для полива почвы и растений после высадки рассады в грунт с интервалом 10-15 дней из расчета 1:70 4-5 л на 1 м².

Земляника и ягодные кустарники: первая обработка – полив и опрыскивание – весной по первым листьям, вторая и третья с интервалом 10-15 дней во время полива из расчета раствором 1:50 4-5 л на 1 м².

Комнатные растения: Полив производится в период активного роста 3-4 раза с интервалом 10-15 дней раствором 1:60.

КОРМОВАЯ ДОБАВКА

Биоудобрения используются в мировой практике в качестве активных добавок для повышения эффективности кормов для животных. В процессе анаэробной переработки сырья происходит обеззараживание биоудобрений от всех видов патогенной микрофлоры, особенно при использовании термофильного режима. Более того, переработанная биомасса приобретает новые, положительные с точки зрения кормопроизводства свойства - в ней повышается концентрация белка, она обогащается витамином В12 и другими полезными веществами.

Промышленное производство белково-витаминных добавок на основе сброженных в биогазовых установках сельскохозяйственных отходов развито в Израиле, на Филиппинах, в Канаде, в США, где средняя стоимость таких добавок составляет 12 долларов за 1 тонну [19].

Здоровье животных и состав кормов

Нормальная деятельность организма животных возможна при регулярном поступлении пищи, содержащей питательные вещества: жиры, белки, углеводы, а также минеральные соли, воду и витамины. Питательные вещества являются источником энергии, покрывающим расходы организма, и строительным материалом, который используется в процессе роста организма.

Белки занимают особое место среди питательных веществ, необходимых животным, так как не могут быть заменены какими-либо другими пищевыми веществами. При недостаточном количестве белков нормальный рост организма приостанавливается. К полноценным белкам относятся преимущественно белки животного происхождения, однако некоторые растения (картофель, бобовые и др.) содержат полноценные белки.

Витамины играют роль регуляторов обмена веществ. В настоящее время выделено и изучено более 20 витаминов, необходимых животному организму. Особую роль для животных играет витамин В12. Витаминная недостаточность В12 может вызвать нарушение роста, ухудшение усвояемости (в особенности белка), анемию («сухотку» у жвачных животных), жесткость волосяного покрова и воспаление кожи. У птицы недостаточное поступление в организм витамина В12 приводит к повышенной смертности эмбрионов и вылупившихся цыплят. В случае длительного дефицита этого витамина может также ухудшиться яйценоскость.

Таким образом, с точки зрения животноводства корма должны содержать необходимые основные элементы в усваиваемой животными форме, набор микроэлементов, иметь определенное количество полноценного белка, а также содержать витамины [19].

Необходимость кормовых добавок

Природные корма часто не отвечают требованиям по содержанию необходимых животным веществ. Растительные корма, как правило, не могут покрыть потребности животных в белке и витаминах. Поэтому в корма животных добавляют кормовые добавки - рыбную, мясокостную муку, соевый шрот.

Биоудобрение как кормовая добавка

Переработанный на биогазовых установках навоз можно использовать как кормовые добавки, так как он содержит все незаменимые аминокислоты и многие витамины, особенно витамины группы В, и обеззараживается в процессе переработки и дальнейшей подготовки. Общее количество аминокислот в 1 кг сухого вещества переработанного анаэробным способом навоза КРС составляет при мезофильном и термофильном режимах переработки соответственно 210 и 240 г/кг. Следовательно, продукт анаэробной переработки экскрементов сельскохозяйственных животных является важным источником белковых кормов [18].

Приготовление кормовой добавки

Технология получения кормового концентрата разрабатывалась и рекомендована к применению российским Институтом биохимии им. А.Н. Баха, а также украинским НИИ спиртовой промышленности.

Она заключается в переработке навоза в биогазовой установке, отделении от переработанной массы грубых остатков (соломы и т.п.) и обезвоживании осадка биоудобрений. Полученный осадок высушивается при температуре 60-70°C и измельчается в муку. При хранении в светонепроницаемой упаковке или таре он сохраняет свои качества в течение длительного времени.

В год от 1 КРС по этой технологии можно получать до 0,3 тонны кормового концентрата, содержащего 30 г чистого витамина В-12. Этим количеством концентрата можно обогатить более 1 000 тонн кормов [19].

Доза кормовой добавки

По рекомендациям УкрНИИсельхоз, средней нормой обогащения кормов является 10-20 мкг витамина В12 на 1 кг сухого вещества корма. В целях обеспечения большей надежности рекомендуется добавлять в корм животных по 2,5 грамма сухого витаминного концентрата на килограмм сухого вещества корма [18].

Эффект подкормки животных

Исследования по использованию продукта анаэробной переработки навоза в качестве белково-витаминных кормовых добавок исследовались в научных учреждениях Латвии, Армении, на Украине и в зарубежных странах. В исследованиях в совхозе «Огре» (Латвия), в рацион бычков добавляли сухой витаминный концентрат из биоудобрений в качестве добавки (10 граммов на килограмм живого веса). Результатом явилось увеличение прироста массы животных до 20%, на 6-14% сократился общий объем потребления животными сухого корма, улучшилось здоровье животных.

ХРАНЕНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ

Для сохранения удобряющих качеств переработанного сырья, то есть содержания азота, оно может храниться непродолжительное время в закрытой емкости и затем должно быть внесено на поля. Лучше, если после внесения биоудобрений земля будет вспахана или перекопана. Хранение биоудобрений обычно выполняется в одной из следующих форм:

- жидкое хранение;
- высушивание;
- компостирование.

Жидкое хранение

Выгрузочное отверстие биогазовой системы ведет прямо в емкость для хранения биоудобрения. Потери жидкости за счет испарения или просачивания должны быть предотвращены. Перед внесением удобрения на поля содержимое емкости перемешивают и затем вносят с помощью разбрасывателя или через систему полива. Главное преимущество такого метода — в малых потерях азота. С другой стороны, емкость требует больших капиталовложений.

Также при хранении жидкого удобрения возникает необходимость приобретения транспорта для его доставки на поля. Объем работ также зависит от расстояния, на которое необходимо перевозить удобрение.

Высушивание

Высушивание биоудобрения возможно в сухую и жаркую погоду. Главным преимуществом высушенного биоудобрения является уменьшение объема и веса удобрения. Высушенное удобрение можно также распределять вручную. Стоимость строительства мелких емкостей для сушки относительно невелика, но удобрение теряет около 90% неорганического азота, это около 50% от общего содержания азота [8].

В промышленных странах переработанное сырье обычно разделяется с помощью сепаратора и фильтров на жидкую и густую части. Жидкая часть затем возвращается обратно в реактор или используется как удобрение, а густая часть высушивается или компостируется.

В качестве простой технологии для разделения жидкой и густой частей биоудобрений может быть рекомендовано использование медленных песочных фильтров. Влажная густая масса может быть распределена в неглубокие ямы или просто разложена на поверхности для сушки. В зависимости от климата иногда нужны большие площади для такого высушивания. Время высушивания и потери питательных веществ можно уменьшить, если смешивать густую массу с сухими веществами. Недостатком всех методов сушки является потеря питательных веществ. Поэтому высушивание рекомендуется в том случае, когда осуществлять перевозку жидких удобрений трудно.

Компостирование

Потери азота могут быть уменьшены при смешивании переработанного сырья с растительными отходами при компостировании. Биоудобрение содержит азот, фосфор и другие полезные вещества и убыстряет процесс перегнивания в компостах. Более того, высокая температура компостирования убивает патогенную микрофлору, которая выдержала пребывание в реакторе. Готовый компост влажный, мягкий и может быть внесен на поля с помощью простых орудий труда. Его легче доставлять на поля.

Сухой растительный материал складывается слоями и поливается переработанным биошламом. Отношение растительного материала к количеству густого эффлюента зависит от содержания сухих веществ в растительном материале и шламе. Главным преимуществом компостирования является сокращение потерь питательных веществ биоудобрениями по сравнению с высушиванием. Компост, произведенный с помощью добавления биоудобрений, очень эффективен и дает долговременные результаты [8].

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ БИОУДОБРЕНИЙ

Технологии внесения биоудобрений варьируются от ручного внесения до больших систем, использующих компьютеры на борту разбрасывателя удобрений. Выбор технологии зависит от количества эффлюента и площади земли, которая нуждается в удобрении, а также от финансовых возможностей и стоимости труда.

На маленьких фермах развивающихся стран для внесения биоудобрений используются ведра, лейки, контейнеры с ляжками, деревянные закрытые тележки, простые тележки и т.д. Наиболее экономичный способ внесения биоудобрений – использование сети каналов или добавление биоудобрений в систему полива. Оба варианта предполагают наличие уклона от места хранения удобрений в 1% для ирригационной системы или 2% для системы канавок.

Использование удобрений лучшим и наиболее нетрудоемким способом является важным параметром планирования. В районах, где топография позволяет внесение удобрений с помощью гравитации, особое внимание должно уделяться правильному расположению биогазовой установки. В равнинных местностях можно рассмотреть поднятие установки и фермы на уровень выше.



Рис.46. Внесение биоудобрений с помощью РЖТ.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Внесение с помощью разбрасывателя жидких удобрений

Емкость разбрасывателя заполняется из хранилища и затем транспортируется на поле для распределения удобрений. Удобрение разбрызгивается через отверстия на отражающую пластину, которая благодаря своей специальной форме расширяет охват брызг. Как вариант отражающая пластина может вращаться.

Прямое внесение через систему движущихся шлангов

Биоудобрение закачивается в распределительную систему, которая питает несколько шлангов, которые двигаются близко к земле. Удобрение вносится прямо на землю, уменьшая потери питательных веществ. Расстояния между шлангами можно регулировать для разных культур.



Рис.47. Добавление биоудобрений в систему полива.

Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

ЧАСТЬ 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Цели внедрения биогазовых технологий

Перед строительством индивидуальной биогазовой установки или внедрением биогазовых технологий на государственном уровне необходимо провести экономическую оценку. При оценке экономической выгоды биогазовой программы и индивидуальных установок важно учитывать цели внедрения биогазовых технологий.

Внедрение биогазовых технологий может преследовать следующие цели:

- дешевое производство энергии (индивидуальный и государственный уровень);
- увеличение урожайности сельскохозяйственных культур с помощью применения биоудобрения (индивидуальный и государственный уровень);
- улучшение качества сельскохозяйственной продукции – производство экологически чистых продуктов;
- улучшение социальных условий сельского населения (индивидуальный и государственный уровень);
- сохранение лесопосадок и снижение эрозии почв (в основном государственный уровень);
- снижение бедности сельского населения (в основном государственный уровень);
- экономия за счет снижения импорта энергоносителей и удобрений (государственный уровень);
- снижение безработицы в сельских районах (государственный уровень);
- снижение внутренней миграции из сельской местности (государственный уровень).

Экономическая оценка биогазовой установки

После определения целей внедрения биогазовой установки можно приступить к экономической оценке ее выгоды. Для этого рассмотрим:

- выгоды для индивидуальных хозяйств;
- стоимость индивидуальной биогазовой установки;
- экономические выгоды от индивидуальной биогазовой установки.

ВЫГОДЫ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Индивидуальные хозяйства могут оценить выгоды от строительства биогазовой установки на основании денежного дохода, который они получают от использования продуктов переработки отходов по сравнению с затратами на установку. Следующие эффекты должны переводиться в денежные эквиваленты, и учитываться как выгоды:

- затраты, сэкономленные за счет замены других источников энергии на биогаз;
- затраты, сэкономленные на замене минеральных удобрений биоудобрениями;
- увеличение урожая за счет использования биоудобрений;
- доходы с продаж биоудобрений;
- экономия времени на сбор и подготовку ранее использовавшихся источников энергии.

Денежные эквиваленты индивидуальных выгод

Экономическая оценка индивидуальных выгод от использования биогазовых установок относительно легка, если хозяйство в прошлом покрывало эти нужды за счет покупки удобрений и топлива. Денежные выгоды больших биогазовых установок и больших хозяйств тоже могут быть достаточно точно подсчитаны.

В случае установок малого объема в сельских районах Кыргызстана подсчитать выгоды в денежном эквиваленте сложнее, так как используются в основном традиционные источники энергии и удобрений, такие как дрова, кизяк, навоз и сухие растительные отходы. В таких случаях денежные выгоды подсчитываются за счет экономии на традиционных источниках энергии, а также выручки от продаж биоудобрений и увеличения урожайности.

ЭНЕРГИЯ

Главной проблемой экономической оценки является переводение в денежный эквивалент некоммерческих видов энергии, которые не имеют установленной рыночной цены. Но и в этом случае можно установить ценность биогаза и удобрений исходя из сравнительных данных по теплотворной способности разных источников энергии. Для этого нужно подсчитать количество используемых в хозяйстве источников энергии и установить экономию от использования биогаза вместо них.

Таблица 21. Сравнение биогаза (70% содержания метана) и других энергоносителей [19]

Топливо	Теплотворная способность единицы топлива, кВт	Теплотворная способность единицы топлива, МДж	Стоимость единицы топлива, сом.	Топлива на 1 м ³ биогаза	Биогаза на единицу топлива
Дизель, Керосин, литры	10	36	19,5	0,69 литра	1,44 м ³
Бензин, литры	8,5	30	25	0,82 литра	1,28 м ³
Дрова, кг	4,5	16,2	8	1,5 кг	0,65 м ³
Сухой кизяк, кг	5	18	0,15	1,4 кг	0,7 м ³
Сухие растительные остатки, кг	4,5	16,2	-	1,5 кг	0,65 м ³
Твердый уголь, кг	7,7	27,6	1,8	0,9 кг	1,1 м ³
Природный газ, м ³	9,3 кВт/м ³	33,5	3,1	0,75 м ³	1,34 м ³
Пропан в баллонах, м ³	12,8 кВт/м ³	46	13	0,54 м ³	1,84 м ³
Электроэнергия, кВт	1	3,6	1	6,9 кВт	0,14 м ³
Биогаз, м ³	7	25	2,8	1 м ³	1 м ³

Пример 10. Семья из 5-6 человек использует в год 12 десятилитровых баллонов пропана (120 кг или 262 м³ пропана) и 2,5 тонны угля. Тогда для замены их биогазом потребуется $262 \times 1,84 = 482$ м³ биогаза и $2\,500 \times 1,1 = 2\,750$ м³ биогаза, всего 3 232 м³ биогаза в год, или около 9 м³ биогаза в сутки.

Как видно из таблицы, при замене пропана на биогаз в год на покупке баллонов будет сэкономлено 3 000 сом. При замене 2,5 тонны угля стоимостью 1,8 сома за килограмм на биогаз будет сэкономлено 4 500 сомов в год. Всего на электроэнергии и угле будет сэкономлено 7 500 сомов в год.

БИОУДОБРЕНИЯ

Подсчитать экономические выгоды от использования биоудобрений можно путем сравнения затрат и выгод при использовании хозяйством ранее других удобрений или по выручке средств за продажу биоудобрения.

Урожайность

Нельзя недооценивать эффект увеличения урожайности от применения биоудобрений. Данные о повышении урожайности после применения биоудобрений колеблются от 10 до 30%, однако более точный прогноз сложен, потому что на урожайность влияют и многие другие факторы.

Таблица 22. Увеличение урожайности при применении биоудобрений

Вид выращиваемых культур	Обычная урожайность, центнер/га	Стоимость, сом/центнер	Увеличение урожайности, %	Дополн. урожай центнер/га	Доход, сом.
Пшеница	23-25	450	10	2,3-2,5	1035 - 1125
Ячмень	18-20	500	10	1,8-2	900 - 1000
Люцерна	40-100	350	10	4-10	1400 - 3500
Кукуруза	50-80	350	10	5-8	1750 - 2800
Свекла	200-400	120	10	20-40	2400 - 4800
Хлопок	25-30	4000	10	2,5-3	10000-12000
Картофель	180-200	1000	10	18-20	18000 - 20000
Фасоль	20-25	2000	10	2 – 2,5	4000 - 5000
Яблоки	250-300	2000	10	25-30	50000 - 60000

Сравнительная стоимость удобрений

Биоудобрения не только эффективны, но и дешевы – при применении биоудобрений вместо минеральных удобрений, как видно из таблицы, фермер экономит 1 750 сомов с гектара удобряемой земли.

Таблица 23. Сравнение биоудобрений и других удобрений [4]

Удобрение	Норма внесения	Стоимость, сом/кг	Общая стоимость, сом/га
Минеральные удобрения	300 кг/га	8,50	2550
Овечий навоз	6000 кг/га	0,15	900
Биоудобрения	3000 кг/га	0,26	800

Денежный эквивалент выгод применения биоудобрений

Выгоды от применения биоудобрений складываются из экономии средств на минеральных удобрениях, используемых ранее, и из увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Пример 11. Хозяйство выращивает пшеницу на 100 га, используя минеральные удобрения и затрачивая 255 000 сомов в год. При использовании покупных биоудобрений хозяйство затратит 80 000 сом, экономя 175 000 сомов в год, а при переработке органических отходов на собственной установке – экономия составит 255 000 сомов в год. Увеличение урожайности на 10% принесет дополнительный доход, равный 112 500 сомам в год.

СТОИМОСТЬ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Точный расчет стоимости сооружения и эксплуатации биогазовой установки необходим для расчета окупаемости установки, сравнения стоимости альтернативных моделей и сбора информации о предстоящих финансовых затратах.

Производственные показатели, стоимость и годовые выгоды от работы биогазовых установок, производимых ОФ «Флюид» ассоциации «Фермер», приводятся в таблице. Расчет выгод производился из расчета продажи биоудобрений по цене 260 сомов за тонну и цены биогаза – 2,8 сом за м³.

Таблица 24. Показатели фермерских биогазовых установок с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе при работе в мезофильном температурном режиме

Показатели		Объем реакторов						
		5 м ³	10 м ³	15 м ³	25 м ³	50 м ³	100 м ³	250 м ³
Удобрения	тонн в год	100	250	360	550	1200	2400	6000
	тонн в сутки	0,3	0,7	1	1,6	3,3	6,6	16,6
Биогаз	м ³ в год	5400	12600	18000	28800	59400	118800	298800
	м ³ в сутки	15	35	50	80	165	330	830
Стоимость БГУ	сомов	45000	65000	90000	110000	180000	300000	700000
Стоимость удобрений в год	сомов	26000	65000	93600	143000	312000	624000	1560000
Стоимость газа в год	сомов	15120	35280	50400	80640	166320	332640	836640
Выгоды в год	сомов	41120	100280	144000	223640	478320	956640	2396640
Срок окупаемости	месяцы	13	8	7,5	7,5	4,5	4	3,5

Анализ таблицы показывает, что самые маленькие установки (объем реактора до 5 м³) окупаются чуть более чем за один год, а установки с объемами реакторов более 10 м³ окупаются за несколько месяцев работы.

Категории затрат

Существуют три главные категории затрат, связанные с внедрением биогазовых установок:

- стоимость строительства и материалов;
- стоимость эксплуатации и обслуживания;
- процентные выплаты, если под строительство биогазовой установки был взят кредит.

Стоимость строительства и материалов

Стоимость строительства включает все затраты, необходимые для возведения установки, например, стоимость земли, фундамента, подготовки и установки реактора, газовой системы, емкостей для хранения и смешивания сырья и удобрений, газгольдеров и оплату труда рабочих.

Стоимость строительства и материалов определяется следующими факторами:

- стоимостью покупки или аренды земли для биогазовой установки и емкостей для хранения биогаза и биоудобрений;
- моделью и размером биогазовой установки;
- количеством и ценой необходимых материалов;
- количеством трудодней и заработной платой обслуживающего персонала.

Средняя стоимость

Для грубого подсчета типичной стоимости простой биогазовой установки можно использовать следующие цифры: общая стоимость установки без стоимости земли составляет 115 - 220 долларов США на 1 м³ реактора. 35 - 40% общей стоимости составляет стоимость металлического реактора.

Стоимость биогазовой установки на единицу объема реактора снижается с увеличением объема реактора. Но при строительстве большой установки для нескольких хозяйств необходимые затраты на газопровод увеличиваются, и стоимость установки на единицу объема реактора остается примерно одинаковой. Для условий Кыргызстана больше подходят установки с подогревом, и экономически более выгодно строить установки большего размера.

Индивидуальные цены рассчитываются для каждого проекта в отдельности на основе цен на материалы, наличия материалов и заработной платы.

Текущие затраты

Текущие затраты на эксплуатацию и техническую поддержку установки состоят из стоимости материалов и работ для:

- приобретения (оплаты, сбора и транспортировки) сырья;
- стоимости воды для очистки фермы и разбавления сырья;
- заправки и работы биогазовой установки;
- наблюдения, осмотра и ремонта установки;
- хранения и внесения биоудобрений;
- распределения и использования биогаза.

Текущие затраты не менее важны, чем затраты на строительство установки, и обычно составляют не более 4% от начальной стоимости установки в год.

Процентные выплаты по кредиту

Стоимость биогазовой установки зависит от процентных и основных выплат заемных финансовых средств на строительство установок. Процентные ставки в Кыргызстане колеблются от 17% до 40% годовых [27]. Необходимо также учитывать инфляцию.

Эксплуатационный период установки

При подсчете амортизации нужно брать ожидаемый срок эксплуатации установки около 15 лет при регулярной технической поддержке и ремонте.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДНОСТЬ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Для определения экономической выгоды от биогазовой установки и сравнения альтернативных проектов биогазовых установок нужно подсчитать срок окупаемости установки. Для определения срока, за который установка окупится, нужно разделить ее стоимость на ежегодные доходы от установки.

Пример 12. Стоимость фермерской биогазовой установки с объемом реактора 15 м³ составляет 90 000 сомов (см. таблицу 24), а стоимость ежегодного дохода от ее работы, как мы подсчитали в примере, составляет только от увеличения урожайности и замены угля и электроэнергии на отопление и приготовление пищи на биогаз $112\,500 + 7\,500 = 120\,000$ сом.

Получается, что биогазовая установка с реактором объемом 15 м³ окупится за 0,75 года, то есть за 9 месяцев непрерывной работы.

Кредитное финансирование

Хотя окупаемость биогазовой установки, работающей в мезофильном режиме, составляет менее чем год работы, большой проблемой для сельских жителей Кыргызстана является первоначальная сумма денег, необходимая для ее строительства.

Выходом может стать кредитное финансирование установки. Для подсчета окупаемости установки, финансируемой с помощью кредита на 12 месяцев под 20% годовых, мы подсчитываем общую сумму, которую придется выплатить за кредит в 90 000 сомов, которая равна 108 000 сомов. Теперь срок окупаемости установки составит примерно 10 месяцев.

Теория и практика

Хотя, как видно из предыдущих примеров, окупаемость установок редко превышает год, нужно знать, что практические результаты могут отличаться от теоретических расчетов по многим причинам. Например, строительство и ввод в эксплуатацию установки может занять большее количество времени, установка может начать работу уже позже посевного периода, задерживая увеличение урожайности и связанные с этим доходы. Поэтому более рационально планирование окупаемости установки на 2 – 3 года в зависимости от доступных условий кредитования. В таких случаях, а также при работе установки в психофильном режиме, для экономических расчетов можно использовать метод минимальных ежегодных доходов.

МЕТОД МИНИМАЛЬНЫХ ЕЖЕГОДНЫХ ДОХОДОВ

Метод ежегодных доходов заключается в определении дохода, который нужно получить от установки за каждый год ее эксплуатации для ее окупаемости за predetermined количество лет. Для применения метода ежегодных доходов, нужно определить следующие параметры:

- количество лет, за которое вы планируете окупить установку;
- годовые затраты;
- начальная стоимость установки;
- процентная ставка.

Количество лет (Т)

Количество лет определяется исходя из сроков кредита или просто из ваших планов. Вы также можете сделать анализ окупаемости для нескольких вариантов и выбрать наиболее подходящий.

Годовые затраты (З)

Годовые затраты состоят из затрат на:

- поддержку и ремонт;
- эксплуатацию установки;
- замены частей установки;
- стоимость инспекций и т.д.;
- присмотр за системой.

Большинство таких затрат можно определить только примерно. Обычно затраты на поддержку и ремонт не превышают 4% от общей стоимости установки в год. Стоимость эксплуатации установки зависит от ее типа и состоит из замены разных материалов, таких как чистящие средства, материалы для очищения биогаза, электричество, используемое для перемешивания сырья.

Стоимость инспекций возникает при эксплуатации емкостей под давлением и состоит из стоимости проверок и ежегодных подтверждений. Требуется учитывать стоимость замены частей установки, когда срок эксплуатации этих частей короче, чем срок эксплуатации установки в целом.

Начальная стоимость установки (НС)

Общие инвестиции состоят из затрат на:

- реактор, включая систему перемешивания и подогрева;
- хранение газа и соблюдение безопасности;
- использование газа, включая интеграцию в существующие системы;
- связь между биогазовой системой и фермой, т.е. газовые трубы, трубы для стока навоза, изменение фермы, распределение и хранение биоудобрений и т.д.;
- планирование, руководство строительством, лицензии и т.д.

Процентная ставка (ПС)

Подразумеваемая процентная ставка должна определяться для каждого случая. В любом случае эта ставка должна обязательно учитывать инфляцию. При использовании заемных средств это ставка, которую заемщик платит банку, плюс все остальные дополнительные выплаты. При использовании собственных средств это ставка, которую фермер мог бы получить при вкладывании денег в банк. При смешанном финансировании это должна быть некая средняя ставка.

В Кыргызстане процентная ставка для заемных средств колеблется от 17 до 40% годовых, а инфляция в 2005 году составила 5% годовых [27].

Пример 13. Расчет минимальных ежегодных доходов для установки, работающей в мезофильном режиме.

Фермер взял кредит на 3 года для строительства биогазовой установки с объемом реактора 15 м³ с обогревом, автоматизированными системами перемешивания и закачки сырья. Такая установка стоит около 90 000 сомов. Процентная ставка по кредиту составляет 25% годовых с ежегодными выплатами.

Получаем: количество лет (T) = 3 года,
годовые затраты (Z) = 4% от НС = 3 600 сомов,
начальная стоимость установки (НС) = 90 000 сомов,
процентная ставка (ПС) = 25% + 5% инфляция = 30% = 0,3.

Рассчитываем минимальный ежегодный доход

$$\begin{aligned} \text{ГД} &= \text{НС} * ((\text{ПС} * (\text{ПС} + 1)^T) : ((\text{ПС} + 1)^T - 1)) + Z \\ &= 90\,000 * ((0,3 * (0,3 + 1)^3) : ((0,3 + 1)^3 - 1)) + 3\,600 = \\ &= 90\,000 * 0,55 + 3\,600 \\ &= 53\,100 \text{ сомов.} \end{aligned}$$

Таким образом, фермер должен получать доходов не менее 53 100 сомов в год для того, чтобы оплатить 3-годовой кредит. Сможет ли он это сделать, определяет сумма годовых выгод.

Годовые доходы (В)

Годовые выгоды состоят из всех выгод в денежной форме, которые приносит биогазовая установка. Доходы получают за счет:

- производства энергии. Конечно, нужно подсчитывать только чистое полученное количество энергии, то есть количество за вычетом энергии, используемой на поддержание установки. Также подсчитываются сэкономленные средства от использования биогаза вместо ранее используемых источников энергии;
- замены минеральных удобрений на биоудобрения и экономии от замены;
- замены соевого шрота, рыбной и костной муки на кормовую добавку из биоудобрения;
- увеличения урожайности за счет лучших качеств используемого биоудобрения.

Продолжение примера

Выше мы уже подсчитывали годовые выгоды от биогазовой установки с объемом реактора 15 м³, они составляли 120 600 сомов. То есть фермер сможет оплатить кредит, даже если запуск установки задержится на 6 месяцев или установка будет работать в половину мощности, или только 6 месяцев в год.

Годовая прибыль (ГП)

Если годовая прибыль положительна, то строительство установки может рассматриваться как выгодное в абсолютном смысле. Если она отрицательная, то строительство БГУ невыгодно.

Годовая прибыль рассчитывается как разница годовых выгод ГВ и минимального необходимого годового дохода ГД: $\text{ГП} = \text{ГВ} - \text{ГД}$. В нашем примере это:

$$120\,600 - 53\,100 = 67\,500 \text{ сомов, строительство установки выгодно.}$$

Источники финансирования

Стоимость строительства и эксплуатации биогазовой установки часто превышает финансовые возможности хозяйств. Таким образом, сооружение установки требует дополнительного финансирования, которое может происходить из следующих источников:

- гранты и льготные кредиты от благотворительных организаций;
- средства из государственного бюджета;
- кредиты банков и других кредитных организаций;
- ресурсы хозяйства или общины, строящей биогазовую установку.

Все эти источники должны быть рассмотрены для каждого конкретного случая строительства установки.

Грантовое финансирование

В Кыргызстане, как и во многих других развивающихся странах, действуют международные организации, выделяющие грантовые средства на достижение поставленных перед ними целей. Около половины биогазовых установок, построенных в Кыргызской Республике, частично финансировались ГЭФ/ПРООН. Список организаций, в которые может обратиться частный фермер или сообщество для получения помощи в строительстве биогазовой установки, приводится в Приложении В.

Финансирование с помощью кредита

Финансирование с помощью кредитных средств поднимает вопрос об ответственности и условиях выплаты долга. Заемщик должен быть уверен в том, что сможет покрыть кредит, или должен иметь гарантии государства по выплате долга. Выделение кредита должно быть спланировано для совпадения с необходимостью финансирования. Время, на которое предоставляется кредит, также обычно намного короче жизни биогазовой установки, например 3 года сравнительно с 15-20 годами работы установки.

Налогообложение [29]

Биогазовые установки могут использоваться с целью получения биогаза и удобрения для применения в собственном хозяйстве

- с использованием собственного сырья;
- с использованием собственного сырья плюс приобретенное сырьё;
- с использованием приобретенного сырья.

В этом случае деятельность по производству биогаза и биоудобрений не будет облагаться налогами.

Налогооблагаемая деятельность

В случае, когда избыточно произведенный биогаз и биоудобрения реализуются на сторону, производятся специально для дальнейшей продажи (используя приобретенное или собственное сырьё), или в случае, когда на биогазовой установке производится переработка давальческого сырья с последующим возвратом продуктов переработки заказчику (оказание услуг), производитель будет иметь доход, облагаемый налогами.

Таблица 25. Категории налогоплательщиков

Индивидуальные предприниматели	Юридические лица
Осуществляющие свою деятельность по свидетельству в качестве крестьянского (фермерского) хозяйства	Осуществляющие свою деятельность в качестве крестьянского (фермерского) хозяйства
Осуществляющие свою деятельность по свидетельству, не являющихся крестьянским (фермерским) хозяйством	Не являющиеся крестьянским (фермерским) хозяйством
Субъекты малого предпринимательства	Субъекты малого предпринимательства

Налоговые льготы

Для крестьянских (фермерских) хозяйств, продукция биогазовых установок не будет облагаться налогом на прибыль, если доля дохода от ее реализации будет составлять менее 25% от общего дохода.

Крестьянские (фермерские) хозяйства, являющиеся плательщиками земельного налога (хозяйства, право землепользования которых удостоверено государственным актом, свидетельством на право пользования участком или долей, или временным удостоверением) будут уплачивать только земельный налог вместо уплаты и подоходного и земельного налога в случае, если доля дохода от реализации сельскохозяйственной продукции и продуктов ее переработки, составляет не менее 75% общего дохода.

Для остальных категорий налогоплательщиков, налогообложение производится в общем порядке, установленном Налоговым Кодексом Кыргызской Республики.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Макроэкономический анализ рассматривает программу внедрения биогазовых технологий с точки зрения государственной экономики. Это значит, что государственная экономическая политика должна принимать во внимание эффект внедрения биогазовых технологий, влияющий на государственную экономику в целом.

Экономический эффект биогазовых установок [8]

При оценке внедрения биогазовых технологий с точки зрения государства в целом нужно учитывать следующие эффекты:

- Переработка отходов на биогазовых установках улучшает санитарные и гигиенические условия жизни населения и уменьшает расходы на здравоохранение. Рассматривая эффект биогазовых технологий на энергетический сектор, нужно учитывать, что производство биогаза создает внешнюю экономию платежного баланса страны путем замены импорта ископаемых источников энергии в Кыргызскую Республику.
- Использование биоудобрений увеличивает продуктивность сельскохозяйственных земель.
- Использование биогаза снижает стоимость производства сельскохозяйственной продукции.
- Использование биогаза вместо традиционных источников энергии, таких как керосин и дрова, сохраняет экологический баланс и увеличивает собственную выгоду на величину стоимости сохраненных лесопосадок.
- Цены на энергию, производимую из биогаза, соперничают с ценами на энергию и топливо на рынке и являются стабильными, децентрализованными и независимыми от монополистических цен, существующих на рынке Кыргызстана.
- Выгоды от децентрализованного производства энергии обеспечиваются улучшением безопасности энергетической системы, уменьшением потерь в энергетической системе, уменьшением затрат на сооружение энергопроводящих путей и коммуникаций.
- Децентрализованные биогазовые системы в сельской местности увеличивают занятость населения и снижают разницу между доходами разных слоев населения и разных областей страны.
- Производство биогазовых установок, опирающееся на местные материалы и специалистов, увеличивает доходы в государственный бюджет и снижает безработицу.

На макроэкономическом уровне эти эффекты достаточно значительны и проявляют себя при широком распространении биогазовых технологий.

Секторы влияния

Необходимо учитывать эффект внедрения биогазовых технологий в секторах: энергетики, сельского хозяйства, окружающей среды, здравоохранения, занятости.

ЭНЕРГЕТИКА И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Энергия

Многие развивающиеся страны базируют свое энергопотребление на традиционных источниках энергии (древесина, растительные остатки, навоз, животная сила и ручной труд). Уровень использования энергии биомассы широко варьируется - от 5 % в Аргентине до более чем 90 % в таких странах, как Эфиопия, Танзания, Руанда, Судан и Непал.

При увеличении использования биогаза спрос на традиционные источники энергии будет падать. Следовательно, эффект от использования биогаза будет выражен ростом выгод для окружающей среды из-за меньшего количества потребления дров и сокращением незаконной вырубке лесов.

Замена коммерческих источников энергии, таких как нефть, уголь и природный газ, на биогаз воздействует на государственный бюджет. С одной стороны, эффект использования биогаза выражается в замене импорта энергоносителей и снижении платежей за их поставку. С другой стороны, снижается зависимость от импорта нефти, угля и газа, принося относительную стабильность экономике.

Макроэкономические выгоды от биогазовых установок обусловлены их эффективностью и надежностью и уменьшением затрат на инфраструктуру распределения и сети.

Потребность в удобрениях

Для того чтобы пахотные и сенокосные земли Кыргызстана давали устойчивые урожаи, необходимо более 400 тыс. тонн различных минеральных удобрений в год. Закупить такие объемы удобрений ни государство, ни тем более фермеры Кыргызстана не могут из-за отсутствия финансовых ресурсов. Реально для удобрения используется лишь навоз.

В таблице 26 произведен расчет годового накопления навоза в Кыргызской Республике исходя из минимального количества навоза 85% влажности на одно животное и процентов накопления его в хозяйствах.

Таблица 26. Накопление навоза в Кыргызской Республике

Животные	Количество по республике ²⁶	Собираемый навоз (%)	Навоз на одно животное в сутки, кг	Навоз (тонн в сутки по республике)	Навоз (тонн в год по республике)
КРС	1 034 890	40	36	14 902,5	5 364 900
Свины	82 659	60	4	198,4	71 424
Птица	4 510 941	30	0,16	216,5	77 940
Итого:				15 317,4	5 514 264

Потребность республики в навозе как органическом удобрении при норме внесения 40 тонн на гектар, составляет 57 млн. тонн. Как видно из таблицы, имеющееся в республике поголовье скота и птицы обеспечивает накопление порядка 5,5 млн. тонн навоза в год. То есть потребность в органическом удобрении за счет навоза покрывается на сегодняшний момент лишь на 9,6%.

Потенциал биоудобрений в Кыргызстане

Переработка тонны навоза на биогазовой установке дает одну тонну жидких органических удобрений, норма внесения которых – от 1 до 3 тонн на гектар. Переработка отходов животноводства в Кыргызстане позволит получить 5 514 264 тонны жидких удобрений и полностью удовлетворит потребности сельского хозяйства республики в удобрениях.

Одновременно с получением жидких удобрений в результате анаэробной переработки отходов животноводства будет получен биогаз для обеспечения бытовых энергетических нужд сельского населения и потребностей в моторном топливе. Общие выгоды, получаемые при переработке отходов животноводства, позволяют окупить стоимость их внедрения менее чем за год работы установок.

Применение биогазовых и энергосберегающих технологий в Кыргызстане обеспечит эффективный рост производства сельскохозяйственной продукции, улучшение жизненного уровня сельского населения и экологической ситуации в республике. Более того, использование биоудобрений снижает зависимость от внешних поставок минеральных удобрений и создает внешнюю экономию.

Таблица 27. Расчет показателей биогазовых установок для Кыргызской Республики

Показатели	Чуйская область	Кыргызская Республика без Чуйской области
Пахотная и сенокосная земля, га	300 000	1 430 700
Необходимое количество навоза для получения биоудобрений, тонн в год	954 000	4 549 626
Необходимый объем реакторов БГУ для переработки навоза в мезофильном режиме, м ³	39 205	186 970
Средняя стоимость монтажа 1 м ³ реактора	\$120	
Общестроительные работы (около 25% стоимости БГУ) на 1 м ³ реактора	\$30	
Стоимость строительства БГУ	\$5 880 750	\$28 045 500
Количество вырабатываемых биоудобрений	900 000	4 292 100
Стоимость тонны получаемых биоудобрений	\$6	
Выгода от производства биоудобрений	\$5 400 000	\$25 752 600
Количество вырабатываемого биогаза в год, м ³	45 000 000	227 480 000
Стоимость 1 м ³ биогаза	\$0,07	
Выгода от производства биогаза	\$3 150 000	\$15 923 600
Выгода от производства биогаза и удобрений в год	\$8 550 000	\$41 676 200
Окупаемость строительства биогазовых установок при работе в полную мощность	5,5 месяца	5,8 месяца

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Когда страна стоит перед проблемой уменьшения площади лесопосадок и деградации почв, биогазовые технологии могут предотвратить эти проблемы и полностью заменить потребность в дровах на биогаз в сельской местности. При ежедневной потребности на одного человека около 3 кг дров для их замещения необходимо 2,3 м³ биогаза [8].

Хорошо функционирующие биогазовые установки могут полностью заменить потребление дров и угля биогазом. В макроэкономических оценках эффект применения биогазовых установок оценивается в гектарах сохраненного леса. Денежная выгода может быть подсчитана исходя из затрат на посадку и выращивание такой площади леса. Но такой простой подход не совсем верен, так как сельское население использует сначала только сухие ветки и деревья и только потом зеленые деревья, а эффект обезлесения проявляется медленно, и на определенных стадиях лес может самовосстанавливаться. В то же время искусственные посадки не восстанавливают биоразнообразия, присущего этой территории, и между обезлесением и высадкой деревьев часто проходит много времени, за которое осуществляются необратимые процессы эрозии, сокращаются фауна и флора. Уменьшение обезлесения и деградации земель является одним из главных аргументов для внедрения биогазовых технологий.

Отходы животноводства негативно влияют также на санитарную обстановку, загрязняя водные ресурсы. Навозные стоки являются благоприятной средой для жизнедеятельности различных микроорганизмов, в том числе и патогенных, а также отличаются высоким содержанием яиц гельминтов.

Уникальной особенностью применения биогазовых технологий является одновременное уменьшение необходимости использования дров и улучшение качества земель, существенно уменьшающее угрозу их деградации, а также снижение выбросов парниковых газов в атмосферу, предотвращающее изменение климата.

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Биогазовые установки обеспечивают утилизацию отходов и сточных вод и прямым образом улучшают санитарную и гигиеническую ситуацию в стране в целом и для индивидуальных фермеров в частности. При переработке сырья также исключается открытое хранение навоза и фекалий. Кроме того, во время переработки активно уничтожается патогенная микрофлора. Таким образом, применение биогазовых технологий увеличивает ожидаемую продолжительность жизни для населения, освобождает население от затрат на лекарственные средства и лечение кишечных заболеваний.

Уменьшение патогенного влияния

Переработка животных и человеческих экскрементов в биогазовых системах явно улучшает санитарные условия для владельцев установок, их семей и общества в целом. Патогенные возможности сырья сильно уменьшаются при анаэробной переработке. Каждая новая установка избавляет от необходимости сооружения мусорных и туалетных ям. Прямое подключение туалетов к реакторам является особо выгодным с точки зрения гигиены и санитарного благополучия, а также избавляет от запаха.

Уменьшение распространения болезней

Так как биоудобрения не привлекают мух и других паразитов, уменьшается распространение различных болезней людей и среди животных. Более того, уменьшаются глазные и респираторные болезни от сжигания сухого кизяка и дров [8].

Желудочно-кишечные заболевания

Многие желудочно-кишечные заболевания распространяются патогенными микроорганизмами, содержащимися в фекальных массах. Заражение обеспечивается самими фермерами, распределяющими фекальные массы на полях. Анаэробная переработка человеческих, животных экскрементов и органических отходов обеспечивает их обеззараживание путем уничтожения большинства патогенных бактерий. Успешным является пример борьбы с шистосомозом и ленточными червями путем распространения биогазовых установок в Китае, где эти заболевания уменьшились соответственно на 99% и 13% от уровня до внедрения биогазовых установок [14].

Экономический эффект снижения заболеваемости

Для пользователей биогазовых технологий положительное влияние на здоровье особенно ярко выражается за счет снижения задымления на кухнях. Эффект снижения желудочно-кишечных заболеваний становится заметен только при широком внедрении биогазовых установок.

ЗАНЯТОСТЬ

При сооружении биогазовых установок создаются дополнительные рабочие места и возможности для создания коммерческих предприятий, так как увеличивается количество производимой энергии, развиваются сельские регионы страны, что способствует сокращению миграции и общему улучшению жизненных условий.

Рост местных производств

Сооружение биогазовой установки предоставляет кратковременную возможность занятости в работах по сооружению котлована, фундамента, строительства и прокладки трубопроводов. Эксплуатация установок требует долговременной занятости операторов и предоставляет возможности для квалифицированных рабочих по ремонту и обслуживанию биогазовых установок, распределению удобрений, сбору сырья. В Китае замечен бурный рост местных производств частей для биогазовых установок и материалов для них [8].

Миграция

Замечен эффект уменьшения миграции из сельских в городские районы благодаря созданию рабочих мест и улучшению жизненных условий в хозяйствах и сельских районах развивающихся стран, где были построены биогазовые установки [8].

СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА

Биогазовые технологии не только поддерживают государственную экономику и экологическую ситуацию в стране, но и предоставляет местному населению возможности для улучшения жизненных условий и благосостояния. Улучшаются санитарные условия и здоровье населения. Занятость, профессиональная квалификация и производство продовольствия для сельских жителей также улучшаются. Для сглаживания возникающих различий в доходах рекомендуется устанавливать биогазовые системы для общин и ассоциаций.

ВНЕДРЕНИЕ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Успешное широкомасштабное внедрение биогазовых технологий требует учета взаимного влияния существующих климатических, социальных, экономических и экологических условий, повышения общественной и политической осознанности, а также государственной поддержки.

Климатические условия

Биогазовые технологии принципиально применимы в большинстве климатических зон, но стоимость их внедрения увеличивается с понижением температуры окружающей среды, так как в таких случаях необходимы дополнительное обеспечение подогрева и изоляция биогазовой установки. Биогазовые системы без подогрева и изоляции не показывают удовлетворительных результатов при средних температурах воздуха ниже 15 °С.

Малое количество сезонных и годовых осадков приводит к расширению отгонного выпаса скота вместо стойлового содержания. Это снижает количество получаемого навоза, готового к переработке в биогазовых установках. С другой стороны, обильные осадки ведут к подъему уровней подземных вод, которые создают проблемы при сооружении и эксплуатации биогазовых установок.

Все природные особенности Кыргызстана – ландшафты, почвы, водные ресурсы, флора и фауна, а также социальные и экономические условия жизни и деятельности населения определяются горами. Особенности климата страны являются понижение атмосферного давления и температуры воздуха (в среднем на 0,6°С на 100 м) и увеличение осадков с увеличением высоты.

Средняя годовая температура в Кыргызстане ниже +15°С и биогазовые установки без подогрева и изоляции не смогут обеспечить хозяйства Кыргызстана биогазом и биоудобрениями

круглый год. Наиболее эффективно внедрение установок, в реакторе которых поддерживается мезофильная или термофильная температура. Установки с изоляцией реактора, но без подогрева, в которых процесс сбраживания происходит при температурах до 20°C, смогут обеспечить только производство малого количества биогаза. Температура в реакторе установок без подогрева и изоляции обычно на 1-2°C выше температуры земельного покрова и они будут работать только в теплое время года.

Экономические условия

В Кыргызстане, где около 45% населения заняты в сельском хозяйстве и более 80% сельских жителей находятся за чертой бедности, очевидным препятствием крупномасштабного внедрения биогазовых технологий является отсутствие необходимых финансовых средств. Бедные слои общества не смогут себе позволить капиталовложения, необходимые для внедрения биогазовой установки, даже несмотря на быструю окупаемость и экономические выгоды, получаемые от биогазовой установки.

Попытки уменьшения стоимости сооружения биогазовой установки должны предприниматься параллельно с развитием кредитных и других финансовых систем, облегчающих доступ к средствам для внедрения биогазовых установок. Широкое распространение биогазовых установок обеспечивает выгоды не только владельцам установок, но и обществу в целом.

Макроэкономическая оценка выгоды внедрения биогазовых установок должна учитывать положительные эффекты на энергетический сектор, увеличение сельскохозяйственной продукции, снижение затрат на здравоохранение и экологию, увеличение занятости и замену импортируемых газа и удобрений на собственные.

Социальные условия

Биогазовые технологии не только поддерживают государственную экономику и качество окружающей среды, но и предоставляет местному населению возможности для улучшения жизненных условий и благосостояния. Улучшаются санитарные условия и здоровье населения, а также качество продуктов питания, выращенных без химических препаратов. Благодаря уменьшению затрат на отопление поддерживаются школы, библиотеки, клубы. Занятость и профессиональная квалификация сельских жителей также улучшаются.

Биогазовые установки утилизируют отходы и сточные воды и прямым образом улучшают гигиеническую ситуацию для индивидуальных пользователей и общества в целом. При переработке сырья также исключается открытое хранение навоза и фекалий. Кроме того, во время переработки частично уничтожается патогенная микрофлора. Таким образом, биогазовые технологии увеличивают ожидаемую продолжительность жизни населения и сокращают затраты на лекарственные средства и лечение кишечных заболеваний, увеличивая работоспособность.

Политические условия

Для Кыргызстана широкомасштабное производство биоудобрений и биогаза позволит снизить количества импортируемых ископаемого топлива и минеральных удобрений. Макроэкономически переработка органических отходов в биоудобрения для деградированных сельскохозяйственных земель страны и производство биогаза как источника энергии имеют первоочередную важность.

Учитывая существующие в стране экономические условия и выгоды внедрения биогазовых технологий в сельское хозяйство страны, финансовая поддержка правительства может рассматриваться как капиталовложение, направленное на уменьшение в будущем затрат на импорт нефтепродуктов и минеральных удобрений, расходов на здравоохранение и поддержание гигиены, а также расходов, связанных с деградацией природных ресурсов.

Примеры успешного широкомасштабного внедрения биогазовых установок в странах Америки, Европы и Азии путем предоставления субсидий, льготного финансирования для строительства и эксплуатации биогазовых установок, обучения фермеров, открытия сервисных центров позволяют рекомендовать принятие похожих мер в Кыргызской Республике.

Общественная и политическая осознанность

Популяризация биогазовых технологий должна происходить параллельно строительству и внедрению биогазовых установок. Без осознания населением Кыргызстана целесообразности внедрения биогазовых технологий, выгод и ограничений их применения, не может быть и

речи о внедрении биогазовых технологий на уровне фермеров. В то же время, необходима осведомленность внутри правительства страны. Так как влияние и аспекты биогазовых технологий имеют отношение к самым разным правительственным структурам (например, сельское хозяйство, экология, энергетика, экономика), необходимо идентифицировать и включить все ответственные правительственные структуры, а также гражданский сектор в процесс распространения информации о биогазовых технологиях и повышения их статуса.

Государственная поддержка

Для обеспечения широкомасштабного распространения биогазовых технологий, позитивно влияющих на государственную экономику, государство может оказать следующую поддержку:

- Принять государственную программу по внедрению биогазовых технологий. Разработка такой программы, инициированная Ассоциацией «Фермер», уже ведется в Кыргызстане.
- Создать или изменить существующие структурные условия для привлечения фермеров и крестьян к строительству биогазовых установок. Например, принять законодательство о переработке и утилизации отходов, контроль за потреблением дров и вырубкой лесопосадок;
- Субсидировать сооружение частных или общинных биогазовых установок путем выдачи грантов или дешевых кредитов;
- Выделить средства на сооружение и эксплуатацию биогазовых установок на базе общественных и государственных и муниципальных предприятий.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При анаэробной переработке животноводческих отходов достигается снижение выбросов парниковых газов, влияющих на климат. Использование биогаза уменьшает выбросы углекислого газа благодаря снижению потребления ископаемых видов топлива, таких как бензин, уголь, дрова. В то же самое время благодаря сбору и использованию биогаза за счет переработки навоза происходит уменьшение выбросов важнейшего парникового газа – метана.

Парниковый эффект

Парниковый эффект вызывается присутствием в атмосфере газов, которые позволяют солнечной коротковолновой радиации достигать земли, но, как парниковая пленка, задерживают инфракрасное излучение от нагретой земли. Благодаря природному парниковому эффекту средняя температура земли составляет 15°C, а не минус 18°C.

Увеличение присутствия в атмосфере парниковых газов, которые включают главным образом углекислый газ, метан и закись азота (веселящий газ), приводит к увеличению температуры земли, изменению климата. По оценке экспертов Всемирного банка, до 2050 года всемирное потепление увеличит уровень моря на 50 см, что вызовет затопление берегов, засоление грунтовых вод и потерю площади земли [13].

Снижение эмиссий углекислого газа

Биогазовые установки снижают потребление дров и уменьшают обезлесение, сокращают деградацию земель и следующие за ней природные катастрофы, такие как подтопление или опустынивание.

Использование 1 м³ биогаза вместо 1,3 кг дров снижает выбросы углекислого газа на 2,6 кг. Снижение выбросов углекислого газа за счет замены использования бензина составляет около 1,6 кг на 1 м³.

Биогаз и глобальный углеродный цикл

Естественное образование биогаза является важной частью биохимического углеродного цикла планеты. Каждый год около 590-880 миллионов тонн метана выпускается в земную атмосферу посредством действия микробов. Около 90% эмиссий метана происходят через разложение биомассы, а остальная часть - за счет протекания природных процессов [24].

Снижение эмиссий метана

До сегодняшнего дня меры по снижению глобального потепления относились главным образом к уменьшению выбросов углекислого газа благодаря его высокой концентрации в атмосфере, но другие газы обладают намного более сильным парниковым эффектом.

Например, метан составляет только 20% содержания парниковых газов в атмосфере, но потенциал его влияния на климат в 23 раза выше, чем углекислого газа. Следовательно, снижение выбросов метана более эффективно для предотвращения изменения климата, чем снижение выбросов углекислого газа [28]. Снижение выбросов метана от переработки одной тонны навоза составляет около 90 килограммов эквивалента углекислого газа [13].

Источники эмиссий метана в сельском хозяйстве [8]

Количество эмиссий метана от сельского хозяйства составляет около 33 % глобальных выбросов метана, связанных с деятельностью человека. Животноводство ответственно за 16 %, выращивание риса - за 12 % и животноводческие отходы – за 5 % .

В то время как 16% глобальных выбросов метана, производимых при переваривании сырья жвачными животными (около 80 миллионов тонн в год), вряд ли могут быть уменьшены, эмиссии метана от животноводческих отходов могут быть собраны и использованы при помощи анаэробной переработки в биогазовых установках.

Точное количество эмиссий метана зависит от типа животных, их корма и систем хранения навоза. Например, в развитых странах эмиссии от молочных животных составляют 0,32 м³ метана на килограмм сухих навозных веществ, а в развивающихся – только 0,25 м³.

Потенциал снижения выбросов метана с помощью биогазовых технологий

С помощью анаэробной переработки животноводческих отходов и использования метана для производства энергии можно добиться глобального снижения выбросов на 13,24 миллиона тонн метана в год. В целом это составляет около 4 % глобальных антропогенных выбросов метана.

Снижение эмиссий закиси азота в сельском хозяйстве

Относительный потенциал закиси азота (веселящего газа) для изменения климата в 320 раз больше потенциала углекислого газа. Производство веселящего газа – природный микробиологический процесс, происходящий во время нитрификации и денитрификации в почвах, сточных водах и системах утилизации отходов. Удобрение почв и специальные условия хранения могут снизить эмиссии веселящего газа в несколько раз. Исследования показывают, что выбросы веселящего газа могут быть уменьшены на 10 % при помощи анаэробной переработки жидких отходов. Это означает предотвращение выбросов 15,7 миллиона тонн эквивалента углекислого газа в год [8].

Потенциал снижения выбросов парниковых газов в Кыргызстане

При переработке 5 292 100 тонн навоза в год будет предотвращен выброс 214 605 000 м³ метана в атмосферу, а снижение потребления ископаемых видов топлива при их замене на биогаз приведет к снижению эмиссий углекислого газа.

Широкое внедрение биогазовых технологий в индустриальный и сельскохозяйственный сектора экономики Кыргызстана плюс производство тепла и энергии для бытовых приборов позволит достигнуть эффективного и устойчивого снижения экологических нагрузок на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

При составлении справочного руководства были использованы опытные данные ОФ «Флюид» ассоциации «Фермер», материалы статей из научно-технических, производственных, образовательных журналов, материалы руководств по эксплуатации и строительству биогазовых установок, информационные сайты Интернета и другие информационные источники.

1. H. Werner et. al. "Economical and Environmental analysis of a biogas plant within a context of a real farm", 2004, The Royal Veterinary and Agricultural University Denmark
2. «Biomass Energy Systems», ACRE, the Australian CRS for Renewable Energy Ltd, <http://www.phys.murdoch.edu.au/acre/>.
3. «How small bio-digesters can improve nutrient recycling in agriculture, reduce emissions of greenhouse gases and improve local energy services», 2000, Prepared for IAC by ETC Energy
4. «Исследование потребности рынка Кыргызстана в биогазовых установках», JICA, 2004.
5. «Первое Национальное сообщение Кыргызской Республики по Рамочной конвенции ООН об изменении климата», 2003, http://www.climatechange.undp.kg/rus/html/3_2.html.
6. Åke Nordberg «Policies in different EU-countries influencing implementation of anaerobic Digestion», 2004, JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, AD-Nett.
7. Arthur Wellinger «Trends in Biogas utilization in Austria, Germany and Switzerland», 2004, Nova Energie GmbH, Switzerland
8. AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), 1996, Eshborn, Deutschland
9. Carl Nelson, John Lamb «Final Report: Haubenschild Farms Anaerobic Digester», The Minnesota Project, August 2002, www.mnproject.org.
10. Lusk, P. «Methane Recovery from Animal Manures: A Current Opportunities Casebook». 3rd Edition, 1998, NREL/SR-25145. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Work performed by Resource Development Associates, Washington, DC
11. Nils Holgerssongymnasiet «Manure – an agronomic and environmental challenge», Book of abstracts NJF – seminar no.372, 2005, Skurup, Sweden
12. Production and Utilization of Biogas in Rural Areas of Industrialized and Developing Countries, Schriftenreihe der gtz, No. 97
13. SNV Reference Guide on Climate Change and Rural Energy, Version May 2004, http://www.snvworld.org/cds/rgccre/ClimateChange_RuralEnergy.htm.
14. Uri Marchaim, «Biogas processes for sustainable development», 1992, FAO
15. Абасов В.С. Годовой отчет на тему «Изучение влияния метанового эффлюента и сочетания его с другими видами удобрений на урожай и качество сельхозкультур», 2005, Кыргызский научно – исследовательский институт земледелия.
16. Бударин В.А., Кыдыралиев С.К., Цветчих В.И., Бударина Л.В. «Определение воздействия жидких органических удобрений (ЖОУ) на черенкование и развитие некоторых видов растений». Институт энергетики и электроники ЮО НАН КР, Институт биосферы ЮО НАН КР, Областной детский центр экологии, краеведения и технического творчества (ОДЦ ЭКиТТ), г. Джалалабад.
17. Бударин В.А., Кыдыралиев С.К. «Особенности получения биогаза и биологически активного органического вещества из растительных отходов». Институт энергетики и электроники южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Джалалабад.
18. В. Дубровский, У. Виестур. «Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов», 1988, Рига «Зинатне».
19. В. Некрасов «Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы», 2001, рукопись.
20. Веденев А.Г. «Биогазовые установки», 2005, ОФ. «Флюид» Ассоциации «Фермер».
21. ОФ «Флюид». «Биоэнергетические модули для анаэробного сбраживания навоза типа БЭМС с реакторами объемом 5,0; 25,0; 50,0; 100,0 м³». Руководство по эксплуатации, 2004, Бишкек.
22. Ю. Калмыкова, А. Герман, В. Жирков «Проект Биогаз», 2005, Карагандинский Экологический Музей.

23. BiogasWorks, 2002, www.biogasworks.com
24. E. Martinot "Renewables 2005", 2005, Global Status Report, Worldwatch Institute.
25. REN21 Renewable Energy Policy Network, 2005, "Energy for Development: The Potential Role of Renewable Energy in Meeting the Millennium Development Goals." Washington, DC, Worldwatch Institute.
26. «Итоги учета скота и домашней птицы по категориям хозяйств, в разрезе областей, районов и городов Кыргызской Республики». Национальный статистический комитет КР, 2005, Бишкек.
27. «Кредитные ресурсы Кыргызской Республики», 2005, Справочник. СЕНТИ.
28. Родина Е.М. «Отчет в области оценки мер по сокращению парниковых газов из бытовых и сельскохозяйственных отходов», 2003, МЭиЧС КР, ГЭФ ПРООН.
29. БНК Аудит, «Обзор налогообложения результатов деятельности по использованию биогазовых установок», 2006, www.fluid-biogas.com

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список организаций-производителей биогазовых установок в Кыргызстане, Казахстане, России, Белоруссии и Украине

#	Название компании	Страна	Биогазовые установки	Биогазовые установки в рабочем состоянии	Контактная информация
1.	Республиканский Центр Трансфера Технологий	Беларусь	Нет данных	Нет данных	220072 г. Минск, пр. Ф.Скорины, 66-100
2.	ОО «Карагандинский областной Экологический Музей»	Казахстан	1	1	пр. Бухар - Жырау 47, г. Караганда, Казахстан 100000 тел.+7(3212)413344 bgcentre@ecomuseum.kz ecomuseum.freenet.kz
3.	АВП «Дан»	Кыргызстан	23	8	Таласская область, Бакай-Атинский район, с. Ак-Добо, ул. Айдара 53 03457 31662
4.	АОЗТ «ЖАЗ»	Кыргызстан	1	1	г. Кара-Балта, Сосновское шоссе, тел: 03133 20102 Факс 20112
5.	ОФ «Отогон»	Кыргызстан	4	3	ул. Центральная 23, с. Отогон Иссыккатынский район, Чуйская область +996 (312) 971387
6.	АО «Факел»	Кыргызстан	3	2	г. Бишкек, ул. Профсоюзная, 27 +996 (312) 652068
7.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид»	Кыргызстан	6	6	ул. Гибзе 83, г. Каракол contact@fluid-biogas.com www.fluid-biogas.com +996 (312) 432547 (факс), 432534, 974683
8.	Молодежное экологическое движение «БИОМ»	Кыргызстан	1	1	720001 г. Бишкек, ВПЗ 2-45, тел.: (996-312) 43-51-78, 28-32-48 E-mail: biom@infotel.kg
9.	Общественный Фонд «Флюид» Ассоциации «Фермер»	Кыргызстан	14	14	ул. Алма-Атинская 1а, 720083 Бишкек contact@fluid-biogas.com www.fluid-biogas.com +996 (312) 432547 (факс), 432534, 974683
10.	Волжское конструкторское бюро ракетно-космической корпорации Энергия им. С.П. Королева»	Россия	Нет данных	Нет данных	443077, Самарская область, г. Самара, ул. Псковская, 18Б, строение 8 997-18-64, 997-18-63; факс: 997-18-91 vkb@info-net.ru
11.	Всероссийский научно- исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)	Россия	Нет данных	Нет данных	109456, г. Москва, 1-й Вешняковский проезд Тел.: (095) 171-19-20, 171-02-74 Факс: (095) 170-51-01 E-mail: energy@viesh.msk.su
12.	МЧПП «АГРОДАР»	Россия	Нет данных	Нет данных	54028 Николаев ул. Измалкова, 1А, а/я 31 Николаевская область тел.: (0512) 230323 факс: (0512) 230323
13.	Научно-исследовательский институт комплексных проблем машиностроения для животноводства и кормопроизводства	Россия	Нет данных	Нет данных	Москва Лесная 43 978-84-25, 978-76-78 E-mail: vniikomg@vniikomg.ru

#	Название компании	Страна	Биогазовые установки	Биогазовые установки в рабочем состоянии	Контактная информация
14.	ООО "Компания ЛМВ Ветроэнергетика"	Россия	Нет данных	Нет данных	680030, г.Хабаровск, ул.Павловича, 26. Тел.: (4212) 21-73-52 Факс: (4212) 22-13-84 E-mail lmw@winde.khv.ru
15.	ООО "Фактор ЛТД"	Россия	1	1	105318, г. Москва, ул. Ткацкая, 1 тел. (095) 962 - 9058; тел./факс (095) 964 - 8355; E-mail: factor@enf.ru www.enf.ru
16.	ООО "Экозащита"	Россия	Нет данных	Нет данных	123807, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 12 254-07-97
17.	Рыбинская государственная авиационная технологическая академия (РГАТА)	Россия	Нет данных	Нет данных	152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53 Тел: (0855) 520-990 Факс: (0855) 213-964 E-mail: root@rgata.adm.yar.ru
18.	«Сапсан» www.sev.ru	Россия	Нет данных	Нет данных	36 км Ленинградского шоссе. тел: 7 (095) 787-39-59, 7 (095) 787-69-22
19.	СФГ "ТЕРРА"	Россия	2	2	Контактное лицо: Гладкий Александр Александрович Тел +38 (0432) 32-81-17 Факс +38 (0432) 32-81-17 Моб +38-097-512-41-51 E-mai: teppa@svitonline.com
20.	ЭКОРОС, ЦЕНТР, АО Центр "Экономии ресурсов окружающей среды"	Россия	Нет данных	Нет данных	125315, Москва, Ленинградский пр. 74, кор. 4, оф. 75 Тел: (095)152-67-55: 147-36-69 Факс: 095)152-67-55: 147-36-69 E-mail: ecoros-zao@mtu-net.ru
21.	ГАМА ВФ	Украина	Нет данных	Нет данных	Киев, ул.Рєпина 14 Тел: (04841) 57648
22.	Закрытое акционерное общество с иностранными инвестициями "Объединенная инжиниринговая компания"	Украина	Нет данных	Нет данных	просп. Карла Маркса, 67-А, г. Днепропетровск, 49070, Украина +38(0562) 34-03-64, 34-03-65, 34-03-66
23.	НТЦ «Биомасса»	Украина	Нет данных	Нет данных	03067, г. Киев-67, а/я 66 Тел.: +380 (44) 456-94-62, 453-28-56, 456-63-65 Факс: +380 (44) 456-94-62 Web: http://www.biomass.kiev.ua E-mail: info@biomass.kiev.ua
24.	ООО "НИИ ТехМаш"	Украина	Нет данных	Нет данных	40020 г. Сумы, ул. Машиностроителей, д.1 т. +38 0542 27 43 08 т/ф +38 0542 33 71 42 e-mail: nii_tehmash@rambler.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Список установок без подогрева и изоляции с ручным перемешиванием сырь в Кыргызстане.

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 01/2006
1.	Бударин В.А.	0,7 м ³	Институт энергетики и электроники Джалал-Абадская область, г. Джалал-Абад	1998	Не работает
2.	АО «Факел» Стручалина Т.И. - Бударин В.А.	3,5 м ³	Акаев Асанкул Чуйская область, Кеминский район, с. Кызыл-Байрак	1998	Не работает
3.	АО «Факел» Стручалина Т.И.	3,5 м ³	Животноводческая ферма Иссык-кульская область, Иссык-кульский район, с. Бактуу-Долоноту	1998	В рабочем состоянии
4.	АО «Факел» Стручалина Т.И.	3,5 м ³	Богомолов Л. Иссык-кульская область, Иссык-кульский район, с. Бактуу-Долоноту	1998	В рабочем состоянии
5.	Бударин В.А.	4 м ³	Казыхаджаев Шавкат Джалал-Абадская обл., Сузакский район, с. Курук-Коль, (рядом с с. Сузак), ул. Таджибаева 90	2001	Не работает
6.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Монмутбеков И. Нарынская область Ат-Башинский район, с. Бирилик ул. Малаканова 8	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
7.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	2 м ³	Касымов Турар Нарынская область, Ат-Башинский район, с. Бирилик ул. Малаканова 35	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
8.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Стамов Мухамбет Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ат-Баши ул. Чоч-Добо 22	2005	Работала летом, требуется конструктивные изменения
9.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	ЧП «Чагатай» Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ат-Баши, ул. Абыкеева 80	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
10.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	3 м ³	Маткабылов Коночалы Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ача-Каинды ул. Жакпай 7	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
11.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Жолдошбаев Акылбек Нарынская область Ат-Башинский район, с. Кызыл-Туу ул. Сариева 27	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения
12.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	3 м ³	Байгазанов Бакыт Нарынская область Ат-Башинский район, с. Баш-Каинды ул. Каинда 53	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
13.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Джуманов Дуйшенкул Нарынская область Ат-Башинский район, с. Баш-Каинды ул. Мамбектназиева 37	2005	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
14.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	10 м ³	Сатиев Джунус Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ача-Каинды ул. Чон-Тобо 18	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
15.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	3 м ³	Козубеков Жума Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ат-Баши, ул. Ат-Баши 167	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения
16.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Джумагулов Сагын Нарынская область Ат-Башинский район, с. Ача-Каинды ул. Чон-Тобо 19	2005	Не работает, требуется конструктивные изменения

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 01/2006
17.	«БИОМ»	7,5м ³	Касымов Азамат Иссык-Кульская обл., Ак-Суйский район, с. Кызыл-Суу, Ул. Конкина 66	1999	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
18.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	8 м ³	ОФ «Барсем» Иссык-Кульская область Ак-Суйский район, с. Саруу, ул. Мамаджана 23	2003	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
19.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	4 м ³	Усупов Мурат Иссык-Кульская область Ак-Суйский район, с. Кызыл-Суу, ул. Намазбекова 8	2003	Не работает, требуется конструктивные изменения
20.	Мельготченко С.	5 м ³	Мельготченко С. Чуйская область г. Токмак, ул. Вольцовая 27	1998	В рабочем состоянии
21.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Дуйшенов Фархат Таласская область Бакайатинский район с. Кызыл-Чарба, ул. Кызыл-Чарба	2003	Не работает
22.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	10 м ³	Дуйшоналиев Асанбек Таласская область Таласский район, с. Арал, ул. Таласа 55	2004	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
23.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	10 м ³	Артыкбаев Токтосун Таласская область Таласский район, с. Арал, ул. Сейдахматова 144	2004	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
24.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Иманалиев Шукурбек Таласская область Таласский район, г. Талас Ул. Жаны-Чек 18	2004	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
25.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	4,5 м ³	Асанов Дооталы Таласская область Бакайатинский район с. Кен-Арал, ул. Даспая	2004	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
26.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	3,5 м ³	Казиев Илешбек Таласская область Кара-Бууринский район с. Шекер, ул. Амым-Жакбекова 24	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения
27.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Токторов Нуркан Таласская область, Кара-Бууринский район, с. Шекер, ул. Танабаева 1	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения
28.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Сарлиев Мамат Таласская область, Манасский район, с. Ак-Таш, ул. Рахманбердиева 47	2004	Работала в летнее время, требуется конструктивные изменения
29.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	5 м ³	Жакылбеков Аскарбек Таласская область, Манасский район, с. Чон-Капка	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения
30.	Ассоциация водопользователей «ДАН» Кокчолоков С.	12 м ³	Туманова Бурул Таласская область, Бакайатинский район с. Бакай-Ата, ул. Молодежная 9	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения

Список установок с подогревом, изоляцией, ручной загрузкой и пневматическим перемешиванием сырья в Кыргызстане.

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 2006
1.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	5 м ³	Мамбеталиев Темирбек Иссык-Кульская область, Тюпский район с. Корумду, ул. Карасаева 18	2005	Работает
2.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	8 м ³	Идилов Ильяз Иссык-Кульская область, Тюпский район с. Дайшен (Ырдык), ул. Хусе-Макея 15	2005	Работает
3.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	5 м ³	Момунов Камыл Иссык-Кульская область Иссык-Кульский район, г. Каракол, ул. Гибзе 83	2004	Работает
4.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	10 м ³	Асаналиев Нурлан Иссык-Кульская область, Тюпский район, с. Кара – Чункур, ул. Школьная 57	2005	Работает
5.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	10 м ³	Бекембаев Тургазы Иссык-Кульская область, Тюпский район с. Балбай (Николаевка), ул. Ибыкеева 24	2005	Работает
6.	Иссык-кульское отделение ОФ «Флюид» Мамунов Камыл	5 м ³	ФХ «Азамат» Иссык-Кульская область, Джеты-Огузский район с. Тамга, ул. Ала-Тоо 15	2006	Работает

Список установок с подогревом и изоляцией реактора, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья в Кыргызстане.

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 2006
1.	АОЗТ «ЖАЗ»	20 м ³	Кубеза С.М. Чуйская область Московский район, с. Александровка, ул. Чапаева 63	2003	В рабочем состоянии
2.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	25 м ³	Филипов Игорь Чуйская область, Московский район с. Беловодское, ул. Рябова 21	2003	Работает
3.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	40 м ³	Куттуков Амангельды Чуйская область, Иссык-Атинский район, с. Хунчи, ул. Ленина 23	2005	Работает
4.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	50 м ³	Яхизов Умар Чуйская область, Московский район с. Садовое, ул. Пионерская 8	2002	Работает
5.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	50 м ³	КХ «Нурданбек» Чуйская область, Московский район, с. Беш-Орук,	2005	Работает
6.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	100 м ³	Мабо Азиз Чуйская область, Московский район, с. Александровка, ул. Ворошилова 41	2002	В рабочем состоянии
7.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	100 м ³	ККХ «Кировец» Чуйская область, Иссык-Атинский район, с. Ново-Покровка	2005	Работает
8.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	120 м ³	ФХ «Бакыт» Чуйская область, Сокулукский район, с. Первомайское, ул. Тимирязева 25	2004	Работает
9.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	120 м ³	АО «Кунтуу» Чуйская область, Сокулукский район, с. Кунтуу, ул. СИ. Иманалиева 48	2004	В рабочем состоянии
10.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	150 м ³	Ассоциация «Фермер» Чуйская область, Московский район, с. Петровка, ул. Беш-Терек 9	2002	Работает

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 2006
11.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	250 м ³	ОсОО «Бекпр» Чуйская область, Аламединский район, с. Лебединовка, ул. Береговая 1а	2003	Работает
12.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	25 м ³	Садыбаев Олег Чуйская область Аламединский район, с. Таш-Дюбе, ул. Дачная 1	2006	Работает
13.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	200 м ³	ОАО «Ак-Куу» Чуйская Область, Сокулукский район, с. Сокулук, ул. Краснодарская, 1.	2006	Работает
14.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	50 м ³	ФХ «Шемхан» Чуйская область, Джайильский район, с. Алексеевка,	2006	Работает
15.	ОФ «Флюид» Веденев А. Г.	5 м ³	ОФ «Флюид» Чуйская область, г. Бишкек 720082 ул. Алма-атинская 1а	2001	В рабочем состоянии
16.	ОФ «Отогон» Салахетдинов Т. С.	25 м ³	ОО «Калба» Таласская область, Таласский район, с. Калба, ул. Арзыкула	2005	Работает
17.	ОФ «Отогон» Салахетдинов Т. С.	5 м ³	Маматов Ж. Ошская область, Карасуйский район, с. Учар	2006	Работает
18.	ОФ «Отогон» Салахетдинов Т. С.	660 м ³	ФХ «Аймир-Касыбек», Чуйская область, Иссык-Атинский район, с. Сон-Таш	2005	Работает

Список установок с подогревом и изоляцией реактора
и гидравлическим перемешиванием сырья в Кыргызстане

№	Производитель/ консультант	Объем реакторов	Владелец и местонахождение установки	Год изготовления	Статус на 2006
1.	ОсОО «Эрби», консультант Бударин В.А.	75м ³	Птицефабрика «2Т» Чуйская область, Иссык-Атинский район, с. Хунчи	2002	Не работает, требуется конструктивные изменения
2.	Проект ЦПИВИЭ Обозов А.Д.	40 м ³	Салбаева Каныгуль Чуйская область Иссык-Атинский район, с. Нурманбет, ул. Андашева (Баня)	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения
3.	Бударин В.А.	50 м ³	АО «Кыргызстан» Ошская область, Иссык-Атинский район, с. Жаны-Арык, ул. Ленина	2004	Не работает, требуется конструктивные изменения

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Грантовые организации в Кыргызстане

№	Название	Направление	Адреса	Телефоны
1.	ПРООН (Программа Развития Организации Объединенных Наций)	Экология, изменение климата	г. Бишкек, пр. Чуй 60	http://www.undp.kg (+996-312) 611213
2.	ГЭФ / ПМГ (Глобальный Экологический Фонд / Программа Малых Грантов)	Экология, изменение климата	г. Бишкек, ул. Токтогула 129, кв. 10	http://gef.undp.kg gefife@elcat.kg (+996-312) 664344
3.	World Bank (Всемирный Банк)	Сельское хозяйство	г. Бишкек ул. Московская 214	http://www.worldbank.org.kg (+996-312) 610650
4.	ARIS (Агентство развития и инвестирования сообществ)	Сельское хозяйство, развитие сообществ	г. Бишкек, ул. Боконбаева 102	http://www.aris.kg (+996-312) 62-49-59
5.	Swiss Cooperation (SDC & seco) Швейцарское Агентство развития и сотрудничества и Швейцарский Госсекретариат по экономическим делам	Экология	г. Бишкек, ул. Панфилова 144	http://www.swisscoop.kg aida.aidakyeva@sdc.net (+996-312) 666480
6.	GTZ (Германское общество технического сотрудничества)	Экология, сельское хозяйство, развитие сообществ	г. Бишкек ул. Исанова 105	http://www.gtz.de (+996-312) 610017
7.	АБР (Азиатский Банк Развития)	Сельское хозяйство	г. Бишкек ул. Логвиненко 105	http://www.adb.kg (+996-312) 610870
8.	EBRD (Европейский Банк Реконструкции и Развития)	Сельское хозяйство	г. Бишкек пер. Геологический 26	http://www.ebrd.com (+996-312) 530016
9.	JICA (Японское Агентство Международного Сотрудничества)	Экология	г. Бишкек, пр. Чуй 245	http://www.jica.go.jp (+996-612) 900270

Банки и условия кредитования в Кыргызстане²⁷

№	Название	Адреса	Телефоны	Размер макс, тыс. долларов	Срок макс, месяцы	% Ставка в год
1.	ОАО «АзияУниверсал Банк»	г. Бишкек, ул. Токтогула 187	620252	Неогр.	12	20-26
2.	ОАО «АманБанк»	г. Бишкек, ул. Тыныстанова 249	622077 Ош 55167 Ж-А 51685	200	24	28-38
3.	ЗАО «Банк Азии»	г. Бишкек, пр. Манаса 303	287310	400	24	23-30
4.	ЗАО «Демир Кыргыз Интернешнл Банк»	г. Бишкек, пр. Чуй 245	610610 Ош 56555	1000	36	18-28
5.	Программа Микрофинансирования ЕБРР в ЗАО «Индексимбанк»	г. Бишкек, ул. К. Акиева 57	650966	100	36	17-34
6.	АКБ «Кыргызкредит»	г. Бишкек, ул. Московская 194	216676	100	60	22-28
7.	Кыргызский Инвестиционно-Кредитный Банк	г. Бишкек, ул. Ибраимова 115А	690944	700	24	23-30
8.	Программа Микрофинансирования ЕБРР в АКБ «Кыргызстан»	г. Бишкек, ул. Тоголока Молдо 54	219913	2000	60	14-18
9.	Программа Микрофинансирования ЕБРР в ОАО «Халык Банк Кыргызстан»	г. Бишкек, ул. Фрунзе 390	218932 213536	100	36	17-34
10.	АК «Экобанк»	г. Бишкек, пер. Геологический 17	543582 543580	400	18	23-27
11.	ОАО «Энергобанк»	г. Бишкек, ул. Жибек-Жолу 493	670158 670965	700	36	18-35
12.	Программа Микрофинансирования ЕБРР в ОАО «Энергобанк»	г. Бишкек, ул. Жибек-Жолу 493	670047 670851	100	36	17-34

Финансовые Фонды, Микрокредитные Агентства и Компании в Кыргызстане²⁷

№	Название	Адреса	Телефоны	Размер макс, тыс. долларов	Срок макс, месяцы	% Ставка в год
1.	Арыш МКА	г. Бишкек, ул. Тоголока Молдо 60/416	213438 214835	10	18	18-20
2.	АСКА ОФ МКА	Баткенская обл., Ляйлякский р-н, с. Ак-Суу	(03622) 22446	1	12	18
3.	«Бай Тушум» Финансовый Фонд	г. Бишкек, ул. Токтогула 216	211642 900462	50	18	26-27
4.	Бизнес кредит МКК	г. Бишкек, ул. Тыныстанова 189 а-1	625503	20	Неогр.	35-40
5.	BNP Финансовый Фонд	г. Бишкек, ул. Ахунбаева 116-А	545630	20	48	10
6.	Гражданский Фонд микрокредитования	г. Бишкек, пр. Чуй 114	665193	1	10	21
7.	Кегети МК	Чуйская обл., Чуйский р-н., с. Советское, ул. Восточная 3		3	36	25
8.	Комитет по сотрудничеству	Иссыккульская область, г. Каракол, ул. Абдрахманова 142/6	(03922) 54184 50407	1	Неогр.	19-20
9.	Кредит МКК	г. Ноокат, ул. Ленина 1	(03230) 21298 715330	1	3	48
10.	Кыргызайылтраст МКК	Баткенская обл., г. Баткен, ул. Раззакова	(03622) 36224	1	12	30
11.	Кыргызская Сельскохозяйственная Финансовая Корпорация (КСФК)	г. Бишкек, ул. Ибраимова 115	690555	1	84	14-21
12.	Развитие МКА	Иссыккульская область, г. Каракол, ул. Гебзе 69/15	(03922) 54797	1	12	30-42
13.	Raiffaisen немецкая ассоциация кооперативов	г. Бишкек, пр. Манаса 36-9	218238 900844	50	120	13
14.	Уркор, МКК	г. Токмок, ул. Гагарина 75	(03138) 20111	3	12	40
15.	Финансовая Группа Компаньон, МКК	г. Бишкек, 8 микр-н, зд. 28А	512332	200	36	27-34
16.	Финка Интернешнл МКК	г. Бишкек, ул. Гоголя 127а	901134	20	18	24
17.	Фонд Развития Предпринимательства при Правительстве КР МКК	г. Бишкек, ул. Тыныстанова 120	621557 660763	20	Неогр.	18
18.	Центр-Кредит-Бизнес МКА	г. Бишкек, ул. Бейшена-лиевой 42а	901040 901129	20	12	25-30
19.	Экономик Тейк Оф МКА	г. Балыкчы, ул. Олимпийская 93	(03944) 29401	1	17	5-21

«Справочное руководство «Биогазовые технологии в Кыргызской Республике» рассчитано на широкий круг читателей. В нем подробно раскрываются теоретические и практические стороны биогазовых технологий – описываются особенности различного сырья, условия его переработки для получения биогаза и биоудобрений, выбор конструкции и строительство биогазовых установок. Приводится оценка биогазовых технологий с экономической и экологической точки зрения, расчет экономии традиционных и ископаемых видов топлива при замене их на биогаз, расчет снижения экологической нагрузки на природу от снижения выбросов в атмосферу парниковых газов».

Директор Государственной инспекции
по энергетике и газу при Правительстве Кыргызской Республики

Э. Галикеев

«Важно, что в руководстве освещены не только вопросы технического устройства и строительства установок, а имеется описание путей использования биогаза в бытовых условиях, для заправки автомобилей, производства электроэнергии, и методов применения биоудобрений при выращивании сельскохозяйственных культур и в качестве кормовых добавок для животных. Описание использования продуктов переработки сырья в биогазовых установках сопровождается практическими примерами, результатами, иллюстрациями...»

Справочное руководство «Биогазовые технологии в Кыргызской Республике» содержит простое, ориентированное на практиков изложение биогазовых технологий. Изучившие это руководство получают полную информацию обо всех аспектах строительства и эксплуатации биогазовых установок. Руководство рекомендуется к изданию и представляет интерес для руководителей, сотрудников НИИ, студентов учебных заведений, фермеров».

Заместитель Министра сельского, водного хозяйства
и перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики,
кандидат сельскохозяйственных наук

Б. Байтеримов

