

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии
и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему: Предложение технического решения по переработке животноводческих отходов

Обучающийся

Д.А. Просвинова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(ученая степень, ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнила Просвирина Д. А.

Тема бакалаврской работы: Предложение технического решения по переработке животноводческих отходов.

Научный руководитель: Шевченко Ю. Н.

Бакалаврская работа выполнена на 63 листа, включая 20 таблиц.

Цель бакалаврской работы: предложить технологическое решение для переработки животноводческих отходов для ИП «Ферма 2».

Актуализацией АПК является, что в результате жизнедеятельности животных скапливается большое количество навозных и растительных масс, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду. Складирование свежего навоза на необорудованных площадках приводит к накоплению в почве нитратов, которые при попадании в организм животных и людей с пищей вызывают нарушения. Хранение навоза на неподготовленных площадках приводит также к загрязнению почвы патогенными микроорганизмами, яйцами гельминтов, которые могут трансформироваться и накапливаться в сельскохозяйственных культурах, выращенных на этих земельных участках, создавая эпизоотическую угрозу. В отдельных частях дипломной работы приведены теоретические основы переработки животноводческих отходов, процесс образования биогаза, физико-химические свойства отходов животноводства. Анализирована и обоснована выбранная технология по переработке животноводческих отходов. Были проведены экспериментальные исследования влияния активности микрофлоры на кукурузный силос и использования микробиологического препарата расчет материального, теплового баланса биореактора и сопутствующих оборудований. Таким образом, проведенные расчеты, предоставленные в дипломной работе, демонстрируют, что предложенная схема переработки

животноводческих отходов целесообразно применять на соответствующих предприятиях, в том числе на «Ферма 2».

Abstract

Bachelor's work was done by Prosvirova D.A.

Theme of the bachelor's work: Proposal of a technical solution for the processing of animal waste

Scientific adviser: Shevchenko Yu. N.

The bachelor's work was completed on 58 sheets, including 20 tables.

The purpose of the bachelor's work: to propose a technological solution for the processing of animal waste for the FE «Farm 2».

The actualization of the agro-industrial complex as a result of vital activity accumulates a large amount of manure and plant masses, which have a negative impact on the environment. Storing fresh manure on unequipped sites leads to the accumulation of nitrates in the soil, which, when ingested by animals and people with food, cause disturbances. The storage of manure on unprepared sites also leads to soil contamination with pathogenic microorganisms, helminth eggs, which can transform and accumulate in crops grown on these land plots, creating an epizootic threat.

In separate parts of the thesis, the theoretical foundations of animal waste processing, the process of biogas formation, and the physico-chemical properties of animal waste are given. The selected technology for the processing of animal waste has been analyzed and substantiated. Experimental studies of the effect of microflora activity on corn silage and the use of the microbiological preparation "Ecobacter Terra" for deodorization of livestock buildings were carried out. Calculation of the material, heat balance of the bioreactor and related equipment was carried out.

Thus, the calculations provided in the thesis demonstrate that the proposed scheme for processing animal waste is advisable to apply at the relevant enterprises, including Farm 2.

Содержание

Введение.....	6
1 Литературный обзор	7
1.1 Возникновение проблемы от воздействия отходов животноводства на окружающую среду.....	7
1.2 Физико – химические свойства отходов животноводства в качестве субстрата анаэробной переработки.....	11
1.3 Анализ технологий по переработке животноводческих отходов методом сбраживания.....	13
1.4 Ингибиторы процесса	17
1.5 Подбор оптимальной технологии переработки навоза для фермы.....	17
2 Экспериментальные исследования	21
2.1 Исследование активности микрофлоры кукурузного силоса при производстве биогаза.....	21
2.2 Эффективность использования кукурузного силоса при получении биогаза.....	26
2.3 Влияние препарата «Экобактер Терра» на процесс дезодорации денника лошади.....	28
2.4 Обработка полученных результатов.....	28
3 Расчетная часть	36
3.1 Материальный баланс биореактора	36
3.2 Определение размера биореактора.....	43
3.3 Тепловой баланс биореактора.....	45
3.4 Расчет навозоприемника	50
3.5 Расчет перемешивающего устройства	51
3.6 Расчет насоса	52
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.....	59

Введение

Переработка отходов животноводства на фермах является важной задачей с точки зрения экологии и эффективного использования ресурсов.

Животноводческое предприятие «Ферма 2» расположенное по адресу село Ягодное, Производственный проезд 15/7 размещает крупно рогатый скот и лошадей разного направления в 230 голов.

Данная работа носит практический характер. Необходимо предложить технологическое решение для переработки животноводческих отходов для ИП «Ферма 2», которая расположена в черте Ягодинского села (г.о. Тольятти). На данном АПК в результате жизнедеятельности скапливается большое количество навозных и растительных масс, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду. Складирование свежего навоза на необорудованных площадках приводит к накоплению в почве нитратов, которые при попадании в организм животных и людей с пищей вызывают нарушения. Хранение навоза на неподготовленных площадках приводит также к загрязнению почвы патогенными микроорганизмами, яйцами гельминтов, которые могут трансформироваться и накапливаться в сельскохозяйственных культурах, выращенных на этих земельных участках, создавая эпизоотическую угрозу.

Задачи:

- обосновать выбор технологического решения по переработке животноводческих отходов;
- исследовать активность микрофлоры и эффективность кукурузного силоса на скорость брожения;
- изучить влияние препарата «Экобактер Терра» на процессе дезодорации денника лошади;
- провести расчет материального и теплового баланса.

1 Литературный обзор

1.1 Возникновение проблемы от воздействия отходов животноводства на окружающую среду

Животноводческое предприятие «Ферма 2» обеспечивает хранение отходов животноводства на открытой земле, на расстоянии 50м от комплекса. Длительное накопление и хранение свежего навоза ведет за собой значительные экологические последствия. Выделения в атмосферу углекислого газа, сероводорода, аммиака и прочих вредных парниковых газов, развитие патогенных микроорганизмов. В период сильных дождей, образовавшиеся загрязненные ручьи, стекают по земляному грунту образовывая стоячие лужи, которые со временем оказывают негативные последствия для окружающей среды.

Решением актуальной проблемы для АПК, является переработка животноводческих отходов. Помимо отрицательного влияния на окружающую среду, можно отметить следующие преимущества переработки навоза на животноводческих фермах:

- сокращение массы навоза;
- контроль патогенных микроорганизмов;
- продажа побочных продуктов;
- производство биогаза.

Существуют следующие основные способы переработки навоза, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Способы переработки навоза [1]

Метод переработки	Описание
Компостирование навоза	простой и дешевый способ переработки навоза, который может быть выполнен на месте. Он также может использоваться для улучшения качества почвы на ферме. Однако, этот метод требует большого количества времени и не может быть использован для получения энергии.
Разделение жидкого и твердого навоза	способ управления навозом, который позволяет легко управлять отходами на ферме. Жидкий навоз может быть использован для орошения растений, а твердый навоз может быть использован для компостирования или переработки в биогаз. Однако, этот метод требует дополнительного оборудования для разделения навоза.
Анаэробная переработка	более эффективный способ переработки навоза, который позволяет получить биогаз и уменьшить количество отходов на ферме. Он также экологически безопасен и не имеет отрицательного влияния на окружающую среду. Однако, этот метод требует дополнительных затрат на оборудование.
Лагуны для биологической переработки навоза	метод, который использует естественные процессы биологической переработки навоза. Он может быть дешевым и легко управляемым, но требует большой площади для создания лагун и может быть неэффективным в холодных климатических условиях.

Немаловажным аспектом переработки навоза, является содержание животных в бесподстилочной или подстилочной системе. «Подстилочная система требует дополнительные затраты на материалы и энергию, улучшает использование отходов растениеводства, увеличивает выход отходов и трудности с его удалением, но с другой стороны обеспечивает лучшие условия содержания животных (сухое ложе и благоприятный микроклимат), увеличивает содержание углерода, так необходимого для повышения плодородия почв при использовании его в качестве органического удобрения»

«Бесподстилочная система содержания приводит к образованию отходов в жидком или полужидком состоянии, а это приводит к ухудшению микроклимата в помещениях для содержания животных, к дополнительному расходу воды для удаления отходов, увеличению выхода, существенному снижению содержания гуминовых веществ. При этом увеличивается объем капиталовложений на строительство хранилищ и транспортных затрат при

внесении навоза в почву» [12]. Животноводческое предприятие «Ферма 2» использует подстилочное содержание. Материал древесные опилки.

Основным источником загрязнения окружающей среды, является комплекс (конюшня и коровник) для содержания животных. Запах от животных воздействует на людей раздражающе, однако считается безвредным. показатели содержания NH_3 в воздухе» [16].

Таблица 2 – Состояние атмосферного воздуха на территориях животноводства, содержание NH_3 в воздухе [16]

Показатели	Конюшня на 100 голов	Коровник на 100 голов
Содержание NH_3 в воздухе, на расстоянии 2,5 км от комплекса	0,45 мг/м ³	0,30 мг/м ³
На расстоянии 3,5 км	0,25 мг/м ³	0,20 мг/м ³
На расстоянии 5,0 км	0,19 мг/м ³	0,15 мг/м ³

Не многие фермерские хозяйства могут позволить долговременно хранить навоз, так как для этого требуются дополнительные строения. В настоящее время сформулировалась наиболее важная биотехнологическая концепция переработки отходов животноводства, методом анаэробного сбраживания получением биогаза. «Переработка навоза в анаэробных условиях обуславливает основу создания и внедрения в сельскохозяйственном производстве малоотходных и полностью безотходных технологий, предотвращает загрязнение окружающей среды» [1].

Таким образом, каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретных условий на ферме. Однако, анаэробная переработка навоза в биогаз является наиболее эффективным и экологически безопасным способом для получения энергии на ферме.

Получение биогаза из органических отходов основано на их свойствах выделять горючий газ в результате так называемого метанового сбраживания в анаэробных (без доступа воздуха) условиях. Биогаз, образующийся при

метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50-80 % газа метана, 20-50 % углекислого газа, примерно 1 % сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.). В свою очередь, метановое сбраживание происходит при разложении органических веществ в результате жизнедеятельности двух основных групп микроорганизмов» [2].

Первая группа с бродильными (кислотообразующими) микроорганизмами, которая расщепляет сложные соединения (белки, жиры, клетчатка) и образует в простые. В сбраживаемой среде образуются первые первичные продукты брожения: летучие жирные кислоты; низшие спирты; водород; оксид углерода; уксусная и муравьиная кислота. Вторая группа метанообразующих бактерий, которые превращают органические кислоты в метан и углекислый газ.

На состав биогаза влияет используемый субстрат. Качество кормов для животных, использование антибиотиков, метод содержания животных и техническое исполнение. Процесс образования биогаза предоставлен на рисунке 1.

Первый этап гидролиз. Разложение сложных субстанций (протеины, жиры, углеводы). На простые составляющие (аминокислоты, глюкозы).

Второй этап подкисление. Образование окисляющих бактерий подвергаются разложению на жирные кислоты (масляная кислота, уксусная кислота, пропионовая) в том числе углекислый газ и водород.

Третий этап ацетогенная фаза, органический кислоты под действием ацетогенных бактерий, образуются в уксусную кислоту.

Четвертый этап метаногез, формирование биогаза. Процесс анаэробных архей перерабатывают сначала уксусную кислоту, водород и углекислый газ в метан.

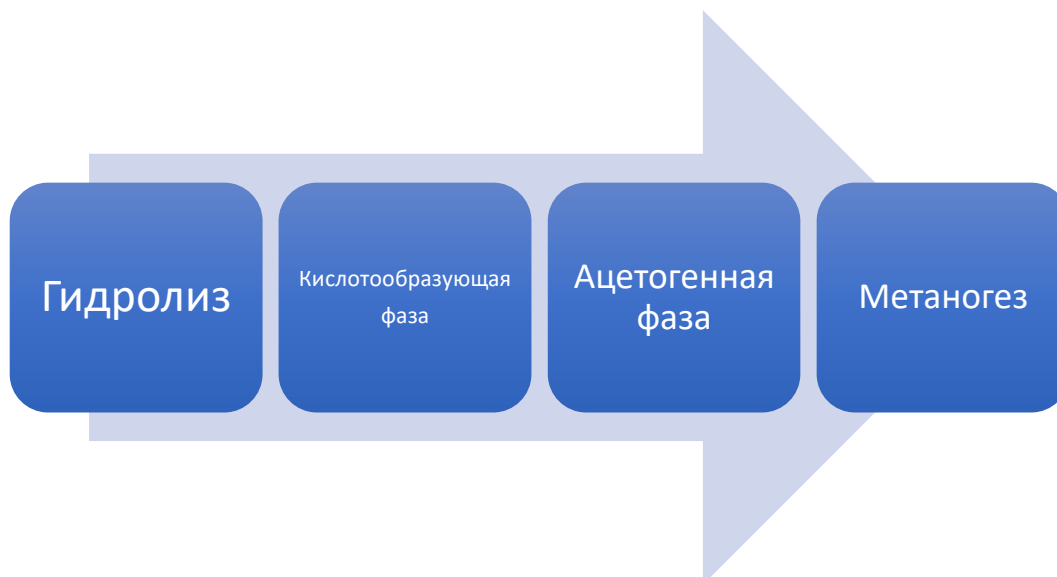


Рисунок 1 – Процесс образование биогаза

Биомасса и отходы, содержащие более 85% влаги, относят к жидкому типу сырья. Для его использования применяются технологии жидкофазной метангенерации. Биомасса и отходы влажностью менее 85% относят к твердому типу сырья, для конверсии которого в биогаз разрабатываются технологии твердофазной ферментации. Состав сырья влияет не только на особенности технологий, но и на состав биогаза – концентрацию метана в нем. Если сырье полисахаридного или углеводного типа, то концентрация метана составляет 50-55%, при преобладании жиров концентрация метана повышается до 85%, если преобладают белки, то концентрация метана составляет 65-75%» [1].

1.2 Физико – химические свойства отходов животноводства в качестве субстрата анаэробной переработки

Получение органических отходов животноводства получают в различных видах:

– подстилочная система содержания, где концентрация навоза колеблется от 13 – 14%, с содержанием древесных опилок 3%;

– бесподстилочное содержание, с концентрацией полужидкого навоза до 8%;

– бесподстилочное содержание жидкого навоза, с концентрацией сухих веществ до 3%.

В этой связи, поступающий в анаэробную биогазовую установку субстрат по своему физическому составу является многофазной коллоиднополидисперсной средой, основными частями которой являются твердые и жидкие выделения животных, остатки корма, технологическая вода и газ, образующийся в результате биохимических процессов» [28]. На рисунке 2, предоставлены свойства сбраживаемого субстрата.

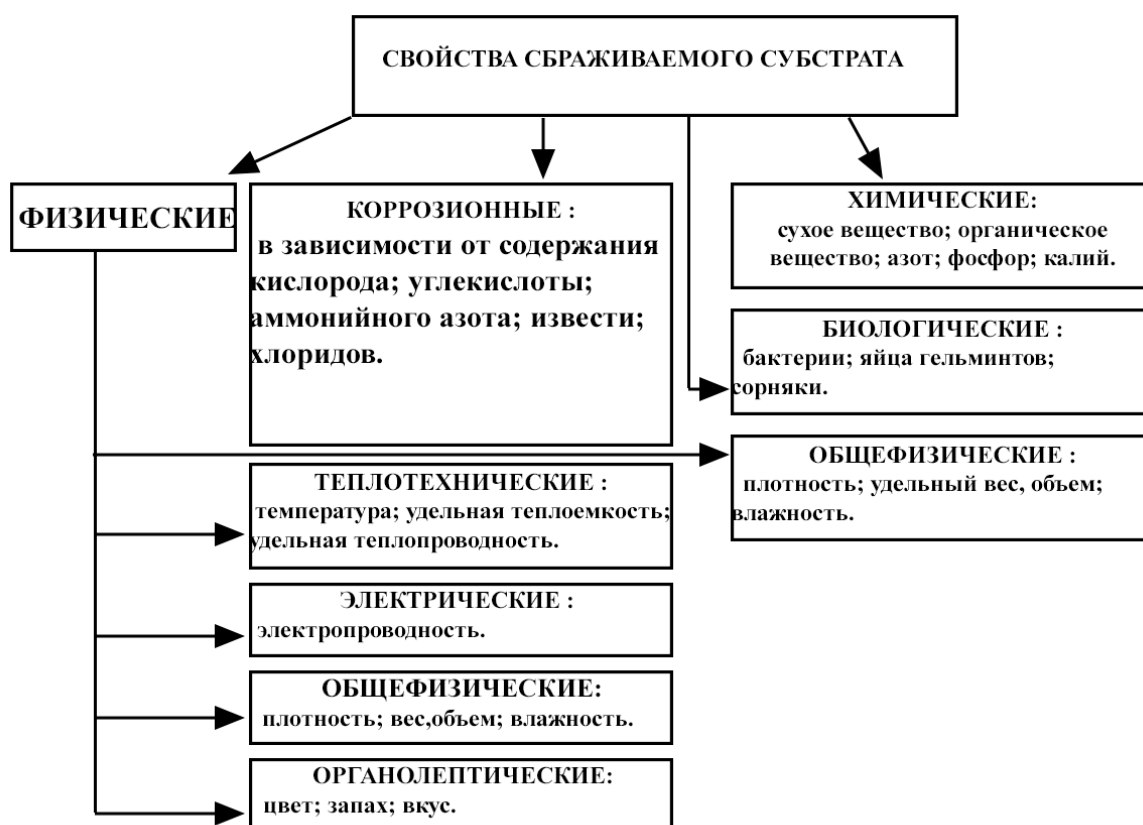


Рисунок 2 – Свойства сбраживаемого субстрата [18]

Одно из фигурирующих условий жизнедеятельности метаногенных микроорганизмов, представляет собой наличие воды в субстрате. Наиболее жидкая среда, обеспечивает более полное разложение органических веществ.

Текучесть зависит от степени гомогенизации навоза, то есть от степени перемешивания кала и мочи. Уменьшение вязкости по мере разбавления водой и повышения температуры является одной из основных причин изменения скорости расслоения. Это приводит к образованию осадочного и плавающего слоев с высоким содержанием твердых частиц. Исходный навоз для субстрата одной и той же влажности при скармливании животным кормов с высоким содержанием клетчатки и низким содержанием протеина имеет большую вязкость» [17]. Состав по компонентам отходов КРС и лошадей, предоставлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав отходов животноводства, % к сухому веществу [17]

Компонент	КРС	Лошади
Органика		
Азот		
Фосфор		
Калий		
Кальций		
Сырая клетчатка		
Лигнин		
С		

Микроорганизмы участвующие в процессе разложения, разделяются на три режима: психрофильный, мезофильный, термофильный.

нализ технологий по переработке животноводческих отходов методом сбраживания

Для данной фермы целесообразно использование анаэробного сбраживания, в результате которого будет получаться два продукта: биогаз и основа для органического удобрения.

Органические отходы помещаются в биореактор, где происходит анаэробное брожение. В результате этого процесса образуется биогаз, который состоит преимущественно из метана (CH₄) и углекислого газа (CO₂).

Биогазовые установки обеспечивают переработку органических отходов 3 и 4 класса опасности (согласно Постановлению Правительства РФ от 12.06.2003 г. № 344), предоставленные в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы брожения и их особенности [19]

Режим	Особенности
Психрофильный	Оптимальная температура в метантенке 15-отходы перерабатываются 30-40 дней. Психрофильный режим обычно используется в летнее время года в случае, когда тепло и количество субстрата (отходов) значительно меньше обычного, например, из-за выпаса скота» [12].
Мезофильный	Переработка при температуре 30-40°C, когда органические отходы перерабатываются 7-15 дней.
Термофильный	«Переработка при температуре 52-56°C, когда органические отходы перерабатываются за 5-10 дней, при этом качество газа и удобрений по ряду показателей обычно ниже, чем в мезофильном режиме. Кроме того, в термофильном режиме традиционно потребляется больше энергии для обогрева. Такой режим подходит большего всего тем, у кого основная задача – переработать большое количество отходов. При оптимизации работы установки и состава отходов, можно ускорить переработку даже до 3-4 дней» [12].

Анализ представленных в таблице 4 данных позволяет аргументированно выбрать мезофильный режим:

- по сравнению с термофильным – более низкие затраты на оборудование;
- по сравнению с психрофильным – оптимальное качество получаемых продуктов переработки.

Для животноводческого предприятия ИП «Ферма 2», выбран мезофильный режим переработки отходов животноводства. Поскольку данный режим прост в управлении и требует меньше затрат на оборудование и энергию. Кроме того, мезофильный режим позволяет эффективно

перерабатывать различные виды органических отходов (остатки пищи, отходы фитокультур) включая навоз и обеспечивает стабильную работу биореактора.

На ускорение процесса брожения, важную роль играет температура. Чем выше температура, тем быстрее проходят химические реакции. Учитывая, что каждая группа микроорганизмов имеет свои температурные режимы, которые необходимо соблюдать. Не соблюдая температурный диапазон, процесс брожения, приводит к деградации жизнедеятельности микроорганизмов. Что вовсе может остановить процесс. «Температуры ниже минимальных останавливают рост бактерий, но не убивают их. При температурах, близких к точке замерзания воды, жизненные функции бактерий почти полностью приостанавливаются. Поскольку клетки имеют в составе большое количества воды, она замерзает при такой температуре. Когда это происходит, бактерии не могут больше абсорбировать питательные вещества через клеточную мембрану. Если температура поднимается выше максимальной, бактерии б

ы Практический опыт показал, быстрое изменение температуры вредит жизни микроорганизмов. Поэтому для стабилизации технологического процесса, необходимо держать температуру на постоянном уровне – естественный подогрев навозной массы. Данный эффект проявляется в изолированных емкостях и преимущественное содержание углеводов. С точки зрения возникновения эффекта, в процессе разложения отдельные группы микроорганизмов выделяют тепло. При мезофильном режиме эксплуатации установки, температура колеблется от 30 до 35°C. При изменении температуры, количество газа на выходе уменьшается, если не предпринять меры (уменьшить объем подачи навозной массы), то микроорганизмы погибнут, что приведет к нулевому выходу биогаза.

а Для оптимального роста микроорганизмов требуется установленный показатель pH. Оптимум гидролизующих и окисляющих бактерий составляет pH от 5,2 до 6,3. Соответственно при выходе из установленного диапазона, активность бактерий понижается. Для бактерий, образующих уксусную

кислоту и метаногенным археям, необходимо соблюдать нейтральный показатель рН от 6,5 до 8, именно этот диапазон мы соблюдали в биогазовой установке.

Если углерода много, а азота мало, то благоприятный обмен веществ не произойдет. Избыток азота, приведет к образованию аммиака, который уничтожит все бактерии.

Теоретически все субстраты, содержащие органические вещества, такие как углеводы, белки, а жир можно использовать в качестве сырья для анаэробного сбраживания. Преобразование органических веществ в биогаз можно выразить следующим уравнением 1:



Уравнения реакции превращения углеводов, белков и жиров в биогаз следующие.

Углеводы по формуле 2:



Жиры по формуле 3:



Белки по формуле 4:



Доля образующихся CO_2 и CH_4 зависит от состава сырья и уровень деградации» [19].

ингибиторы процесса

Существуют ингибиторы, которые в свою очередь негативно влияют на процесс брожения навоза в биореакторе. Перечень ингибиторов приведены в таблице 5. Воздействие ингибиторов препятствует росту и развитию полезных микроорганизмов, ответственных за брожение навоза.

Интенсивное кормление навозной массой биореактор, приведет к замедлению процесса. Абсолютно любой компонент субстрата будет увеличен в концентрации, что окажет вред микроорганизмам.

Таблица 5 – Перечень ингибиторов и их примечания [19]

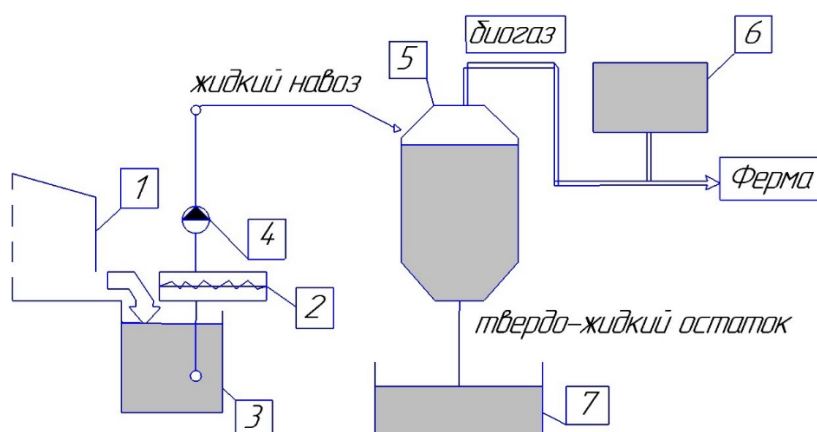
Ингибитор	Концентрация	Примечание
Кислород	$>0,1$ мг/л.	Ингибирование облигатно-анаэробных метановых бактерий.
Сероводород	>50 мг/л / H_2S .	Действие ингибитора усиливается с падением показателя рН.
Летучие жирные кислоты (уксусная, пропионовая)	>2000 мг/л рН = 7,0.	Высокая адаптация бактерий при падении показателя рН.
Аммонийный азот	>3500 мг/л рН = 7,0.	Действие ингибитора увеличивает рост Рн и температуру. Бактерии быстро адаптируются
Тяжелые металлы	$\text{Cu} > 50$ мг/л; $\text{Zn} > 150$ мг/л; $\text{Cr} > 100$ мг/л.	Детоксикация осаждением сульфида.
Антибиотики и денацификация	Не обнаружено.	Эффект ингибитора зависит от продукта.

Антибиотики, растворители, гербициды, дезинфицирующие средства, соли и тяжелые металлы так же замедляют процесс.

Подбор оптимальной технологии переработки навоза для фермы

На основе анализа технической литературы [1], [3], [22] к реализации предлагается классическая схема рисунок 3, представленная в работе Колдина Михаила Сергеевича «Технологические основы переработки навозной массы с получением биогаза» опубликованную в научной статье [22].

Достоинством предлагаемого решения является простота реализации, с использованием аппаратной части, которые выпускаются на Российских заводах.

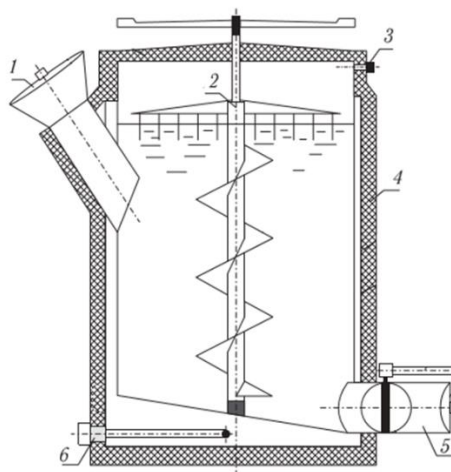


1 – ферма; 2 – измельчитель; 3- навозоприемник; 4 – насос; 5 – биореактор; 6 – газгольдер; 7 – хранилище твердожидкого остатка

Рисунок 3 - Предлагаемая схема биогазовой установки для переработки ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

После чистки денника (стойло), отходы животных (опилки, недоеденное сено, остатки растительных культур, экскременты животных, моча) складироваться в секторе отходов животноводства 1. Загрузка в навозоприемник 3 осуществляется ручным методом. Предварительно пропустив через измельчитель 2 «ИКБ-003», отечественный производитель, завод Электромаш г. Миасс Россия. Навоз смешивается в равных пропорциях с водой (1:1), по ГОСТ 24076-84 «Навоз жидкий. Ветеринарно-санитарные требования к обработке, хранению, транспортированию и использованию». Затем перекачивается насосом 4 в биореактор. В биореакторе 5 происходит анаэробное сбраживание субстрата при температуре 35°C, подогрев субстрата

и поддержание теплового режима, обеспечивает трубчатый электронагреватель. На рисунке 5 предоставлен биореактор типовой цилиндрической формы.



1 – заливная горловина; 2 – перемешивающее устройство; 3- патрубок для отбора биогаза; 4 – теплоизоляционная прослойка; 5 – патрубок для выгрузки сброженной биомассы; 6 – трубчатый электронагреватель

Рисунок 5 – Биореактор типовой цилиндрической формы

В биореакторе встроено перемешивающее устройство для бродящей массы. Необходимо для предотвращения образования корки, которая в свою очередь препятствует прохождению газа. После биогаз поступает на газгольдер 6, откуда выходит на потребление электричества для фермы. Остаток перебродившей массы, выгружается в хранилище твердо-жидкого остатка. «Сброженный жидкий навоз можно использовать для подкормки лугов и пастбищ отгонного животноводства даже в засушливый период. После подкормки сброженным жидким навозом ценные компоненты травостоя (злаковые и бобовые) вытесняют широколистные сорняки. При этом значительно уменьшается загрязнение окружающей среды» [24].

«Наиболее широкое применение получили вертикальные биореакторы цилиндрической формы, обладающие высокой статической прочностью. они более компактны имеют выгодное соотношение площади поверхности к

объему что снижает теплотери в окружающую среду сооружаются объемом до 6000м³. В то же время вертикальные биореакторы повышают требования к смесительной технике так как по мере возрастания высоты резервуара происходит расслоение бродильного субстрата.

Размещение биореактора может быть наземное полуподземное и полностью подземное. Полностью подземные биореакторы не меняют общего вида ландшафта и не занимают места. Кроме того, они защищены от температурных колебаний окружающего воздуха что позволяет снизить затраты на обогрев в холодный период года. При полуподземном и подземном размещении резервуаров необходимо учитывать уровень грунтовых вод и наличие подземных сооружений и коммуникаций» [20].

Благодаря размещению цилиндрических стальных биореакторов на земле, возможно сократить расходы на земляные работы и использовать наиболее эффективные материалы для теплоизоляции. Это позволяет создавать биореакторы большего размера, которые широко применяются благодаря своей прочности и долговечности.

Из преобладающих материалов (пластик, кирпичная кладка, бетон) изготовления, является сталь. Стальные биореакторы обладают отличной герметичностью и прочностью, легки в изготовлении. Однако, использование данного материала, подвергается коррозии – необходимо антикоррозийное покрытие.

Кроме того, такой биореактор занимает меньше места и легче в обслуживании, что делает его более удобным для использования на фермерском хозяйстве.

экспериментальные исследования

исследование активности микрофлоры кукурузного силоса при производстве биогаза

Животноводческое предприятие «Ферма 2» изготавливают комбикорма «МіхАгро», а также выращивают кукурузу на силос. Для КРС и лошадей силос добавляют в рацион в качестве концентрации корма.

Силос способствует улучшению ЖКТ, ускоряет усвоение грубых кормов. Ведь такие корма требуют определенных условий хранения, поэтому на территории фермы, закладывают в специальные ямы с бетонными плитами. В таких условиях, силосные корма хранятся в течение нескольких лет.

Длительное хранение кукурузного силоса в силосных ямах обуславливается процессом ферментации. «Растительные сахара сбраживаются анаэробные бактерии в органические кислоты, которые снижают рН растения. Этот процесс сохраняет урожай при длительном хранении. Высокое качество кукурузного силоса преобладает, когда молочная кислота, образуется при брожении. Оптимальные условия силосования кукурузы на силос обычно достигает до стабильного рН 4,0 или ниже в течение первой недели после силосования» [6].

Эксперимент проводили по практикуму микробиологии [9]. Отбор осуществляли забором верхнего слоя с силосной кучи, 10-15 см, в объеме 1кг. Пробу поместили в плотный прозрачный пакет. Провели анализ микрофлоры силоса, методом разбавления и подготовив питательные среды, питательный агар (мясопептонный агар) и агар-левина. В таблице 6 предоставлено описание приготовленных питательных сред.

Таблица 6 – Описание питательных сред агар-Левина и мясопептонный агар

Питательная среда	Понятие	Состав	Применение
Агар - Левина	является питательной средой для выращивания бактерий. Агар – желатиноподобное вещество, получаемое из водорослей. При нагревании растворяется, при охлаждении твердеет, образуя прочную и прозрачную среду для развития микроорганизмов	пептон, экстракт дрожжей, глюкозу и агар	в микробиологии для выращивания различных типов бактерий, грибов и вирусов.
Питательный мясопептонный агар	питательная среда, используемая для выращивания грамотрицательных бактерий, такие как кишечные палочки и шигеллы.	Пептон, лактозу, соли желчных кислот, краситель нейтральный красный.	Для диагностики инфекционных заболеваний (сальмонеллёз) и дизентерия. Так же чувствительности микроорганизмов к антибиотикам.

Для приготовления питательной среды Левина наливали дистиллированную воду в объеме 150 мл, в коническую колбу медленно размешивая, добавляя 6 г питательной среды Левина. Количество используемой среды рассчитали на пропорции 1 литра дистиллированной воды, нужно 40 г среды.

Питательная среда Левина готовится из следующих ингредиентов на 1 литр дистиллированной воды. Дистиллированная вода в объеме 1 л; пептон 10 г; экстракт дрожжей 5 г; глюкоза 5 г; натрий хлорид 5 г; дигидрофосфат калия 2 г; моногидрофосфат калия 1 г. Всего: 6 г среды Левина.

Ход приготовления 40 г питательной среда Левина на 1 литр дистиллированной воды необходимо:

- пептон $10 \cdot 4 = 40$ г;
- экстракт дрожжей $5 \cdot 4 = 20$ г;

- глюкоза $5 \cdot 4 = 20$ г;
- натрий хлорид $2 \cdot 4 = 20$ г;
- дигидрофосфат калия $2 \cdot 4 = 8$ г;
- моногидрофосфат калия $1 \cdot 4 = 4$ г.

Таким образом, необходимо взяли указанные выше количества веществ и растворили их в 1 литре дистиллированной воды. Довели колбу до кипения. Слабо желтоватая жидкость меняет цвет на красный. Полученную среду ставили в автоклав при температуре 120°C , давление 1 атм в течении 20 минут.

Для приготовления питательной среды мясопептонного агара. Взвесили 40 г питательного агара Левина и насыпали его в колбу объемом 1л. Добавили 1 л дистиллированной воды в колбу. Разогрели колбу на водяной бане до полного растворения агара. Довели объем до 1 литра, добавив дистиллированной воды. Разлили полученную среду по чашкам Петри и стерилизовали в автоклаве, при давлении 1 атмосферы и температуре 120°C в течении 20 минут.

После стерилизации сред, проводили разлив под пламенем горелки, на высоте 10-17 см, в чашки что предварительно простерилизованы в сушильном шкафу при температуре 160°C , в течении двух часов. Разливая среду в каждую чашку Петри, медленно покачивая ее из стороны в сторону, для того чтобы полностью распределить по всему дну чашки. Закончив переливание, оставили заполненные чашки Петри на ровной поверхности.

Согласно ГОСТ Р 53430-2009, для микробиологического анализа использовали разбавления $1:1000000$.

Разбавление 1:10. Предварительно подготовили пять стерильных пробирок, водопроводную воду. Водопроводную воду разливали в 5 пробирок в объеме 9,3 мл и 85 мл в коническую колбу. Поставили стерилизоваться вместе с питательными средами. Отобранное сырье взвешивали на лабораторных весах в размере 10г. После взвешивания поместили силос в ступку и растирали до состояния каши. Полученный растолчённый кашеобразный силос добавили водопроводной воды из колбы и перемешивали.

Разбавление 10:100. После перемешивания, твердая часть субстрата осела на дне, берем 1 мл исследуемой суспензии с помощью пипетки и переносим ее в одну из пяти пробирок, объем которых составляет 9,3 мл.

Разбавление 10:1000. Тщательно перемешиваем добавленную суспензию в пробирку. Из этой же пробирки снова берем 1 мл суспензии и добавляем в следующую.

Разбавление 10: 1000000. Аналогично повторяем весь процесс до 5 пробирки. Взбалтываем вручную пробирки, в течении нескольких минут. После интенсивного взбалтывания б по 0,1 мл суспензии и высееваем на чашки Петри. Высевание производим поверхностным методом, аккуратно размазывая по всей поверхности чашки стеклянным шпателем. После каждого использования стеклянного шпателя, обжигали под пламенем горелки.

Каждая среда имела по 12 чашек Петри, в каждую добавляли 6 разбавлений 1:1000000. Чашки Петри подписываем маркером, указывая дату и степень разбавления, помещаем в термостат на неделю, при температуре 24°C.

После появления колоний в чашках Петри, рассматривали через предметное стекло, оставив чашку закрытой. Расчет проводили несколькими способами, в зависимости от количества. При небольшом количестве колоний, считали по поверхности чашки Петри. При большим количестве, чашку Петри делили маркером на восемь частей. Сначала считали в трех частях, полученных цифр брали среднее значение, умножали на общее количество частей.

Провели метод раздавленной капли. Используя чистое предметного стекло, на середину которого нанесли каплю водопроводной воды, взятой стеклянной палочкой. Стерильным шприцом добавили не большое количество бактерий и размешали между собой. Каплю подкрасили красителем фуксин и аккуратно накрыли стерильным покровным стеклом. Готовый препарат поместили на предметный столик микроскопа, зажимом фиксируем стекло. Далее находили положение для проведения осмотра под увеличением. Микрометрическим винтом, приподнимали объектив до появления в поле

зрения окуляре, рассматриваемый объект. Фокусировку осуществляли микрометрическим винтом, до появления подвижности микроорганизмов.

Для приготовления фиксированного препарата, выполнили следующие операции. На предметное стекло нанесли каплю водопроводной воды и добавили небольшое количество культуры микроорганизмов. Перемешали при помощи стеклянной палочки между собой и распределили мазок по поверхности стекла. Препарат оставили высушиваться на воздухе в комнатной температуре, в течении 40 минут. После высушивания в комнатной температуре, высушенный мазок провели три раза над горелкой, для уничтожения микроорганизмов, и повышение восприимчивости к красителю.

Фиксация необходима для устранения микробных клеток, закреплением мазка на стекле и облегчению дальнейшего окрашивания.

Окрасили препарат красителем фуксином, избыток краски промыли тонкой струей воды. Высушили под пламенем горелки и провели осмотр под объективом.

Окраска по Граму, заключалось в способности удерживать в себе краситель трифенилметанового ряда (кристаллический фиолетовый) микроорганизмов. Нами был приготовлен фиксированный мазок на чистом предметном стекле. Нанесли основной раствор кристаллический фиолетовый, через 2 минуты промыли дистиллированной водой. На окрашенный мазок нанесли раствор Люголя, через 3 минуты промыли дистиллированной водой. Обесцвечивали образец спиртом, промыли дистиллированной водой и окрасили красителем карбоновым фуксином. Промыли дистиллированной водой остатки красителя и высушили фильтровальной бумагой. Осматривая под микроскопом, бактерии, окрашенные в сине-фиолетовый оттенок (грамположительные), в розовый оттенок (грамотрицательные).

Метод активности микрофлоры основан на способности разрушать белки и образовывать кислоты. Для приготовления молочного агара Эйкмана, мы растворили пептон 10г и глюкозу 20г в молоке, довели до кипения плите. Добавили агар-агар 15г, тщательно перемешали до тех пор, пока полностью не

растворится. После растворения, добавили фосфатный буфер 20 мл и дистиллированную воду, медленно перемешивая содержимое. Полученный раствор разливали в чашки Петри, оставили застыть в комнатной температуре в течении трех часов.

После того как среда приобрела твёрдую поверхность, произвели посев микроорганизмов данной питательной среды для получения чистой культуры. Чашки Петри, оставили храниться в лаборатории на трое суток.

Агар Эйкмана достаточно удобен, так как прозрачные зоны хорошо видны на молочно-мутном фоне питательной среды.

Метод каталазной активности на силосном сырье. Позволяет определить способность микроорганизмов в силосе разлагать углеводы и превращать их в молочную кислоту. Очень важно, поскольку производство кормов для животных, молочнокислые бактерии позволяют сохранить качество силоса и обеспечить правильную работу ЖКТ.

Для определения данного метода, на поверхность микробной культуры, выращенной в чашке Петри, нанесли 1 мл 1% раствора перекиси водорода, распределив по всей области. Появление пузырьков, указывает на образование кислорода в результате расщепления перекиси водорода под действием фермента каталазы.

2.2 Эффективность использования кукурузного силоса при получении биогаза

Кукурузный силос содержит большое количество сахаров и других углеводов, которые являются основным источником питания для микроорганизмов, ответственных за брожение. Реакция брожения кукурузного силоса и навоза КРС, которая происходит в анаэробных условиях. В результате этой реакции образуется биогаз, который содержит метан (CH_4), углекислый газ (CO_2), сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3), так же воду и серу. Реакция кукурузного силоса с навозом КРС предоставлена ниже (реакция 5):



С целью проведения эксперимента была использована локальная установка для измерения получаемого биогаза. Использовали толстостенную литровую коническую колбу, резиновую пробку со сквозным отверстием для трубки и резиновым баллоном для сбора газа. Перекрытием поступающего газа, послужили зажим для бумаг.

Нами проведена экспериментальная работа по выходу биогаза с добавлением кукурузного силоса, при температуре 35°C. В стеклянную колбу поместили исходное сырье (навозная масса) в количестве 0,9 л. В соотношении 1:1 заливали теплую воду. Колбу плотно закрыли резиновой пробкой и поместили в термостат Тертех VT-8, откуда, через сквозное отверстие в пробке протянули трубку с баллоном. Резиновая камера наполнилась газом в течении 15 суток. Бродящий субстрат в колбе, перемешивали вручную каждый день, в течении 10-15 минут. Исходное сырье свежий (навоз лошадей, КРС) и кукурузный силос, отобранный из силосных ям, в соотношении в соотношении по массе 3:2. Полученные данные занесли в таблицу 7.

Т
а
б
л
и
ц
а

Субстрат	V, сырья, л	Количество биогаза полученное через, л			
		5 дней	10 дней	15 дней	итого
Свежий навоз					
Навоз+ кукурузный силос					

—
К
б
р
и
ч
б
и
с
т
в
о
н

Ч

Таким образом, из свежего навоза КРС, лошадей получено 4,8 литра биогаза, из свежего навоза КРС, лошадей и кукурузного силоса получено 6,3

литра биогаза, в течении 15 дней. В данном конкретном аспекте ссылаясь на работу Гайфуллина Ильнура Хамзовича «Разработка конструкции и обоснование параметров малообъемной биогазовой установки», результат его исследований. Кукурузный силос содержит большое количество сахаров и других углеводов, которые являются основным источником питания для микроорганизмов ответственных за брожение [18].

2.3 Влияние препарата «Экобактер Терра» на процесс дезодорации денника лошади

Нами проводились экспериментальные исследования, на исчезновение запаха в одном деннике лошади, по методическому пособию «ветеринарной экспертизе проектов животноводческих объектов» [31]. В состав данного препарата входили активные микроорганизмы, способствующие быстрому разложению, такие как: *Lactobacillus casei* 21, *Palistiris* 108. Используемым материалом, являлись древесные опилки взятые с денника лошади. Изначально взятый материал, сопутствовал характерным запахом аммиака и сероводорода выделяющиеся при разложении органических веществ. Препарат разводили в пропорции 2 столовые ложки на 1 один стакан теплой воды, опрыскивали пол и стены денника в течении двух суток, после использования, неприятный запах убывал.

При использовании этого препарата уменьшился объём выбросов, так как препарат «Экобактер Терра» содержит высокое количество микроорганизмов, улучшающие перистальтику ЖКТ животных, тем самым увеличивая выход навоза. Поскольку данный препарат имеет в своем составе микроорганизмы, способствующие быстрому разложению, то так же подходит в качестве биоактиватора в субстрат.

обработка полученных результатов

Исходя из полученных данных занесенные в таблицу 8, можно сделать вывод. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов 05.04.23 наибольшее значение, чем в 15.04.23. Разница в количестве колоний, объясняется влажностью влияющей на активность микроорганизмов, поскольку производство биогаза периодического действия. Некоторые микроорганизмы, оседающие в субстрате, замирают, после погибают, в условиях стресса. В таблицах 8-9 представлен анализ численности количества микроорганизмов.

Таблица 8 - Анализ численности количества мезофильных аэробных микроорганизмов

Дата инкубации	№ чашки Петри					
	°C					
1 день						
2 день						
3 день						
1 день						
2 день						
3 день						

Таблица 9 - Анализ численности количества факультативно-анаэробных микроорганизмов

Дата инкубации	№ чашки Петри					
	°C					
1 день						
2 день						
3 день						
день						
2 день						
3 день						

Микроскопическое исследование микрофлоры силоса. Данные колонии рассматривали по морфологическим признакам (окраска по Граму, размер клетки) и фиксировали исследование. В ходе проведенного нами исследования на питательном агаре обнаружили микроорганизмы: *Tatumella ptyseos*, Эти микроорганизмы являются типичными представителями микрофлоры силоса. *Tatumella ptyseos* является факультативно анаэробным бактерией, которая может расти как в присутствии кислорода, так и без него. Она способствует процессу брожения, который происходит в силосе. *Lactobacillus* также является факультативно анаэробным бактерией и способствует кислотообразованию в силосе, что помогает сохранить его свежесть и качество. Важно отметить, что состав микрофлоры силоса может варьироваться в зависимости от условий его хранения и приготовления.

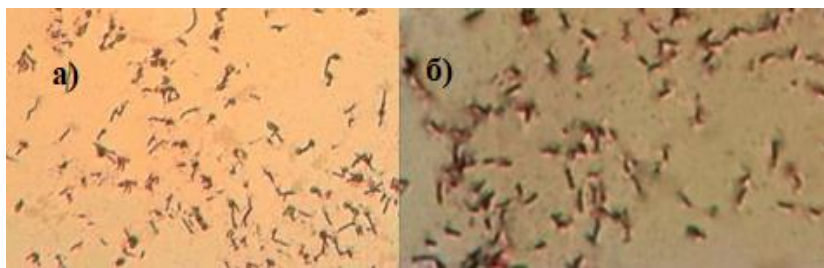
Подробнее о микроорганизмах предоставлено в таблице 10. Микробиологический атлас А.А. Сиротина, послужил источником определения обнаруженных микроорганизмов [18].

Таблица 10 – Микроорганизмы и их описание [18]

Название	Действие
Т	грамотрицательный бактерий. Является облигатным анаэробом и может разлагать органические вещества в отсутствие кислорода, что приводит к образованию сероводорода.
	грамположительный бактерий, который может образовываться в кукурузном силосе. Он является аэробом или факультативным анаэробом и может разлагать органические вещества в присутствии кислорода, что приводит к образованию молочной кислоты.
	грамотрицательная бактерия, она является аэробом и может разлагать органические вещества в присутствии кислорода. Является одним из микроорганизмов, которые могут приводить к плохой консервации кукурузного силоса, так как она может производить газы и вызывать брожение, что может привести к потере питательных веществ и качества силоса.
	грамотрицательная бактерия, <i>Serratia</i> также может приводить к плохой консервации кукурузного силоса, так как она может производить газы и вызывать брожение, что может привести к потере питательных веществ и качества силоса. Кроме того, <i>Serratia</i> может быть опасной для здоровья животных и людей, так как она может вызывать инфекции и другие заболевания.

На рисунке 6, предоставлено микроскопическое изображение, проведенное на микроскопе БиОптик «BS-200», клетки *Lactobacillus* на питательном агаре мясопептонном агаре. Явление данных клеток, свидетельствует на наличие молочнокислых бактерий, которые присутствуют в силосе, сохраняя качество.

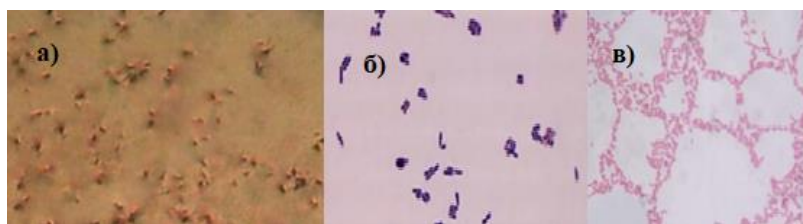
Грамположительные анаэробные бактерии рода *Lactobacillus*. Форма длинной палочки, размер составляет 0,5 x 7,0 мкм. Колонии молочнокислых бактерий, мелкие, плоские и прозрачные. Клетки *Bacillus* на питательном мясопептонном агаре, по структуре прозрачные, толщина 0,6 0,7 мкм, длина до 8 мкм.



а) *Lactobacillus* на питательном мясопептонном агаре; б) клетки *Bacillus* на питательном агаре мясопептонном агаре.

Рисунок 6 - Увеличение X100

Грамотрицательные бактерии рода *Escherichia*, *Tatumella*, фиксированный препарат клетки *Tatumella* и *Serratia* предоставлены на рисунке 7. Могут присутствовать в силосе вместе с другими микроорганизмами, такие как кишечные палочки и влиять на качество силоса.



а) Клетки *Escherichia* на питательной среде Левина; б) фиксированный препарат, клетки *Tatumella* окрашены фуксином; в) фиксированный препарат клетки *Serratia*, окрашены фуксином.

Рисунок 7 - Увеличение X100

Для проведения опыта на протеолитическую активность микроорганизмов, взяли 0,1 мл различной концентрации определяемой оптической плотностью суспензии: 0,5; 0,3; 0,1 мг/мл. Сравнивали данные по активности каждой концентрации, так же исследовали зависимость активности микроорганизмов по плотности раствора, предоставленной в таблице 11.

Таблица 11 – Качественное определение протеолитической активности микроорганизмов в зависимости от концентрации суспензии

Вид микроорганизмов	Время культивирования	Количество суспензии, мл	Оптическая плотность		
			0,5	0,3	0,1
<i>Serratia marcescens</i>	24ч	0,1	1	1	1
<i>Tatumella tyseos</i>	24ч	0,1	1	1	1
<i>Serratia marcescens</i>	48ч	0,1	5	5	5
<i>Tatumella tyseos</i>	48ч	0,1	5	5	5

При добавлении 1% - го раствора перекиси водорода, микроорганизмы *Serratia marcescens* проявляют резкую каталазную реакцию. Так же, при использовании 0,5% раствора перекиси водорода, реакция проходит средняя. Микроорганизмы *Tatumella tyseos* средняя реакция с использованием 1% раствора перекиси водорода. Слабая реакция при 0,5% растворе перекиси водорода. Данная реакция с выделением кислорода, свидетельствует о присутствии фермента каталазы, расщепляющие молекулы H_2O_2 , таблица 12 и способность микроорганизмов в силосе разлагать углеводы и превращать их в молочную кислоту. Очень важно, поскольку производство кормов для животных, молочнокислые бактерии позволяют сохранить качество силоса и обеспечить правильную работу ЖКТ.

Таблица 12 - Качественный анализ каталазной активности

Виды микроорганизмов	Концентрация H_2O_2	
	1%	0,5%
<i>Serratia marcescens</i>	Бурная	Средняя
<i>Tatumella tyseos</i>	Средняя	Слабая

Кукурузный силос содержит большое количество сахаров и крахмала,

которые являются основным источником питания для микроорганизмов ответственных за брожение. На животноводческом предприятии «Ферма 2» выгодно использовать данную культуру, поскольку имеются силосные ямы, где срок хранения силоса достигает двух лет.

Таблица 13 – Каталазная активность микроорганизмов *Serratia marcescens*,

Виды микроорганизмов	Количество выделенных пузырей газа	
	1%	0,5%
<i>Serratia marcescens</i>	$5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^3$
<i>Tatumella ptuseos</i>	$2,5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$

Использование аналогичных энергетических растений, такие как: сахарная свекла, льняное семя, ячмень, овес и сорго. Не целесообразны для ускорения брожения биомассы. Поскольку данные культуры требуют дополнительных затрат на выращивание, сбор и транспортировку.

Дезодорация денника лошади из пункта 2.3 привел к положительному результату. Аналог препарата «Байкал ЭМ1», «Экобактер Терра» эффективно показал себя в использовании на животноводческом предприятии. В течении 2-х суток после использования, специфический запах убывал. Эффективность использования препарата предоставлена в таблице 14.

Таблица 14 – Эффективность препарата «Экобактер Терра» на дезодорацию денника лошади

Количество суток	Оценка	Примечание
1	«----»	Запах сохранился
2	«++--»	Запах убывает
3	«+++»	Запах резко уменьшился
4	«++++»	Нейтральный запах

В животноводческих помещениях аммиак образуется в основном из мочи, разлагающейся под действием уреазоактивных анаэробных бактерий особенно, он накапливается в помещениях, где плохая вентиляция, не поддерживается чистота пола, животных содержат без подстилки или меняют её несвоевременно.

Постоянное вдыхание воздуха даже с небольшой примесью аммиака (10 мг/м³) неблагоприятно отражается на здоровье животных. «Аммиак, растворяясь на слизистых оболочках верхних дыхательных путей, глаз, раздражает их, кроме того, он рефлекторно уменьшает глубину дыхания, следовательно, и вентиляцию легких» [32]. Предельно допустимая концентрация этого газа в коровнике - 20 мг/м³. Использование препарата «Экобактер Терра» показал, что аммиачный запах в конюшне исчезает на вторые сутки. Данный препарат считается универсальным, поскольку его спектр действий задействован не только на ликвидацию неприятных запахов, а также ускорение разложения биомассы. «Разжижает отстоявшийся вязкий осадок, снижая нагрузку на системы навозоудаления. Ускоряет переработку (компостирование) навоза и помета, снижает класс их опасности. Позволяет получать эффективные экологически безопасные удобрения» [10].

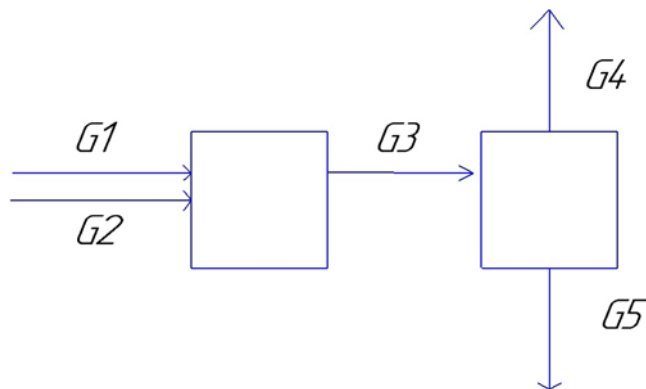
Расчетная часть

3.1 Материальный баланс биореактора

В таблице 15 представлена численность животноводства «Ферма 2». Схема материальных потоков биогазовой установки представлена на рисунке

Таблица 15 – поголовье животноводческого предприятия «Ферма 2»

Группа животных	Количество голов
Коровы	
Коровы на откорме	
Спортивные лошади	
Лошади на откорме	
Телята возрастом до 12 месяцев	
Жеребята возрастом до 12 месяцев	
Итого	



G1-входящий навоз; G2-входящая вода; G3-входящий жидкий навоз; G4-выходящий биогаз; G5-выходящий твердо-жидкий остаток

Рисунок 8 – Схема материальных потоков биореактора

В таблице 16, приведены нормы выхода КРС и лошадей. Животноводческие отходы с предприятия «Ферма 2» поступают в сектор, расположенный на расстоянии 50м от строения.

При переработке 1 т твердых животноводческих отходов можно получить от 40 до 100 м³ биогаза. «Так как, в 1 т свежих отходов крупного рогатого скота и лошадей при влажности 85 % дают от 45 до 60 м³ биогаза»]. Поголовье животноводческой фермы приведено в таблице 15.

Таблица 16 – Нормы выхода навоза КРС и лошадей [4]

Группы животных	Показатели	Состав отходов		
		Всего отходов	В том числе	
			Твердые	Жидкие
Коровы	Масса, кг	35	20	15
	Влажность, %	88,4	85,5	95,2
Коровы на откорме	Масса, кг	56	36	20
	Влажность, %	88,0	85,5	94,1
Спортивные лошади	Масса, кг	23	20	15
	Влажность, %	86,0	84,0	95,0
Лошади на откорме	Масса, кг	43	23	20
	Влажность, %	86,7	86,0	96,0
Телята возрастом до 12 месяцев	Масса, кг	19	10	9
	Влажность, %	85,9	85	96,5
Жеребята возрастом до 12 месяцев	Масса, кг	20	11	9
	Влажность, %	86,7	87	96,0

Рассчитаем общую массу навоза и подстилки по каждой категории животного. Исходя из таблицы 16, расчёт введем на один вид каждой категории животного, на одну корову, по формуле 6:

$$M_{\text{нав}} = m_{\text{тв.н}} + m_{\text{жид.н}} + m_{\text{под.,крс\лош}} \quad ($$

где $M_{\text{нав}}$ – масса навоза на каждый вид животного;

$m_{\text{тв.н}}$ – масса твердого навоза;

$m_{\text{жид.н}}$ – масса жидкого навоза;

$m_{\text{под.,крс\лош}}$ – масса подстилки КРС и лошадей.

«Количество измельченной подстилки для крупнорогатого скота и лошадей, принимается 3кг/сут, для телят и жеребят 2кг/сут» [21].

$$20 + 15 + 3 = 39 \text{ кг};$$

на одну корову на откормке:

$$36 + 20 + 3 = 59 \text{ кг};$$

на одну спортивную лошадь:

$$20 + 15 + 3 = 38 \text{ кг};$$

одна лошадь на откорме:

$$23 + 20 + 3 = 46 \text{ кг};$$

на одного теленка возрастом до 12 месяцев:

$$10 + 9 + 2 = 22 \text{ кг};$$

на одного жеребенка возрастом до 12 месяцев:

$$11 + 9 + 2 = 23 \text{ кг};$$

Произведем расчет общей массы навоза и подстилки на количество голов из таблицы 16, по формуле 7 и по формуле 8 рассчитаем объем биогаза на 15 суток:

$$M_{\text{общ.нав}} = M_{\text{нав.ж}} + n_{\text{вид.ж}}, \quad ($$

$$V_{\text{биогаз}} = M_{\text{общ.навоз}} + C, \quad ($$

где $M_{\text{общ.навоз}}$ – общая масса навоза;

$M_{\text{навоз.ж}}$ – масса навоза каждого вида животного;

$n_{\text{вид.ж}}$ – количество животных каждого вида.

$$38 \cdot 90 + 59 \cdot 30 + 38 \cdot 25 + 46 \cdot 30 + 23 \cdot 25 = 10943,75 \text{ л} = 10,94 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{биогаз}} = 10,94 \cdot 15 = 164 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Сумма массы навоза и измельченной подстилки на 15 суток сбраживания, рассчитаем по формуле 9:

$$M_{\text{сбр}} = M_{\text{навоз,под}} \cdot C, \quad ($$

где $M_{\text{сбр}}$ – сумма массы навоза для сбраживания;

$M_{\text{навоз,под}}$ – масса навоза и измельченной подстилки со всех видов животных;

C – количество суток сбраживания, 15.

=

0

кг.

Общая масса навоза и измельченной подстилки составит 3390 кг. Для сбраживания навозной массы, добавляют теплую воду в соотношении 1:1 (навоз и вода). По данным статьи Туктарова Ю. «Расчет количественных характеристик выбросов газообразных загрязняющих веществ, входящих в

с

о

с

т

а

в

б

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad ($$

где m – масса навоза, кг;

ρ

– плотность навоза, кг/м³.

Объем навоза и воды за 15 суток:

$$V = \frac{3390}{0,8} = 4237,5 \text{ кг},$$

$$=$$

$$= 33,40 \text{ л.}$$

Объем навоза составляет 4237,5 кг, объем воды 33,40 л.

Общий объем воды и навоза, рассчитаем по формуле 11:

=

$$V = 4237,5 + 33,40 = 4270,9 \text{ кг.}$$

Анализ технической литературы по переработке отходов животноводства, указывает на процентное содержание компонентов биогаза, которые необходимы для расчета, представлены в таблице 17.

Таблица 17 — Состав биогаза крупного рогатого скота [3]

Компоненты биогаза	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂	CO	H ₂ S
Содержание компонента БГ КРС, %							До 1%

Рассчитаем массу биогаза по формуле 12:

=

где M – масса биогаза, кг;

объем биогаза, м³;

0,65 и 0,36 – доли метана и углекислого газа в составе биогаза;

16 и 44 – молярные массы метана и углекислого газа;

1000 – коэффициент для перевода молярных масс в кг/моль.

Подставим известные значения в формулы (5) и (7), получим:

$$M = \frac{2607 \cdot 1,30,80,65 / \text{м}^3 = 260,34,344}{1000} = 86 \text{ кг,}$$

Состав биогазовой смеси рассчитаем по формуле 13:

$$r_i = \frac{m_{\text{биогаз}} \cdot m_i}{100}, \quad 13)$$

Г

$m_{\text{биогаз}}$ – масса биогаза;

m_i – процентное содержание i -го вещества в биогазовой смеси.

г

і

– массовая доля i -го вещества в биогазовой смеси;

$$r_{\text{CH}_4} = \frac{86 \cdot 65}{100} = 56 \text{ кг;}$$

$$r_{\text{CO}_2} = \frac{86 \cdot 34}{100} = 29,24 \text{ кг;}$$

$$r_{\text{N}_2} = \frac{86 \cdot 3}{100} = 2,58 \text{ кг;}$$

$$r_{\text{H}_2} = \frac{86 \cdot 3,2}{100} = 2,752 \text{ кг;}$$

$$r_{\text{CO}} = \frac{86 \cdot 2,8}{100} = 2,408 \text{ кг;}$$

$$r_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{86 \cdot 1}{100} = 0,86 \text{ кг;}$$

По уравнению Клапейрона – Менделеева найдем объём каждого из компонентов газовой смеси по формуле 14:

$$V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T / p$$

где p – давление газа, Па;
 V – объём, м³;
 m – масса газа, кг;
 M – молярная масса, г/моль;
 R – универсальная газовая постоянная, Дж/К·моль;
 T – температура, К.

Для нахождения объёма газа выражения принимает вид под формулой

Рассчитаем молярные массы компонентов:

$$\begin{aligned} &= 12 \cdot 1 + 1 \cdot 4 = 16 \text{ г/моль;} \\ &= 12 \cdot 1 + 16 \cdot 2 = 44 \text{ г/моль;} \\ &N \\ &= 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль;} \\ CO &= 12 + 16 = 28 \text{ г/моль;} \\ &H \\ &= 1 \cdot 2 + 32 \cdot 1 = 34 \text{ г/моль.} \end{aligned}$$

Подставляем в формулу (14) наши значения:

$$\begin{aligned} V_{CH_4} &= \frac{56}{101,325} \cdot \frac{168,31}{329} = 94,4 \text{ л;} \\ V_{CO_2} &= \frac{29,24}{101,325 \cdot 44} \cdot 8,31 \cdot 329 = 49,31 \text{ л;} \end{aligned}$$

$$V_{N_2} = \frac{2,58}{101,325 \cdot 28} 8,31 \cdot 329 = 4,35 \text{ л};$$

$$V_{H_2} = \frac{2,752}{101,325 \cdot 2} 8,31 \cdot 329 = 4,64 \text{ л};$$

$$V_{CO} = \frac{2,408}{101,325 \cdot 28} 8,31 \cdot 329 = 4,06 \text{ л};$$

$$V_{H_2S} = \frac{0,86}{101,325 \cdot 34} 8,31 \cdot 329 = 1,45 \text{ л}.$$

Сведем рассчитанные данные в таблицу материального баланса 18.

Таблица 18 — Материальный баланс

Вещество	Приход		Вещество	Компонент	Выход	
	кг	л			кг	л
Навоз			Биогаз	С		
Н О				CO ₂		
				N ₂		
				H ₂		
				CO		
				H ₂ S	0	
			Твёрдо-жидкий остаток			
Итого:			Итого:			

По данным таблицы можно сделать вывод, что масса субстрата, поступающего на переработку, равна сумме масс получаемого биогаза и твердожидкого остатка.

3.2 Определение размера биореактора

Биореактор, рассчитывается на сбраживание половины общего суточного количества субстрата, по учебно-методической методике «методы расчета оборудования биотехнологических производств», авторов М. А. Миронова и М. И. Токарева [12]. Вместимость каждого реактора, вычисляется по формуле 16:

$$V_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{н}} \cdot \tau}{n}$$

Г

Д τ – длительность сбраживания субстрата, сут;

е n – количество биореакторов.

$G_{\text{н}}$ – загрузка субстрата *мЗсут*;

Оптимальная форма биореактора – цилиндр. Данная форма способствует снижению теплопотерь через стенки. Емкость цилиндрической формы имеет не большую поверхность при соотношении высоты H и радиуса R биореактора, в формуле 17:

$$H = 4 \cdot R$$

Требуемые объём и размер биореактора рассчитываются по формулам 18 и 19 соответственно:

$$= \quad ($$

$$= \quad ($$

Произведем расчет биореактора R , м, по формуле 20:

$$= \quad (20)$$

Рассчитаем размеры биореакторов с суточным выходом субстрата 508 л/сут. Длительность сбраживания 15 суток. Примем к установке два биореактора, вместимостью каждого из которых составит:

$$V_{\text{тр}} = \frac{10,94 \cdot 15}{2} = 82,05 \text{ м}^3$$

Оптимальный радиус биореактора составляет:

$$R = \sqrt[3]{\frac{82,05}{2 \cdot 3,14}} = 2,35 \text{ м}$$

Примем к установке биореактор радиусом $R = 2,35$ м и высотой $H = 5$ м, 5 м. Объем каждого биореактора составит:

$$V = 3,14 \cdot 2,35^2 \cdot 5 = 86 \text{ м}^3$$

Площадь поверхности каждого биореактора:

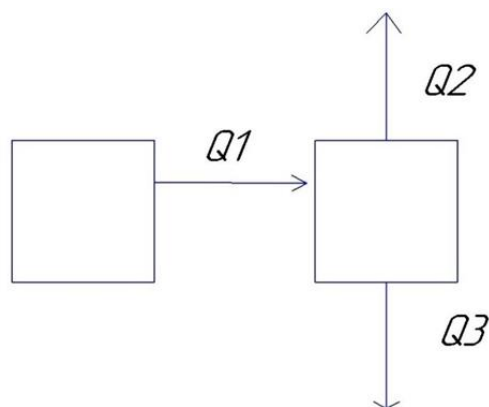
$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,35^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 2,35 \cdot 5 = 108 \text{ м}^2$$

Ввиду надежности эксплуатации, рекомендуется устанавливать не менее двух биореакторов. В случае технических неполадок, будет работать другой. Поголовье фермерского хозяйства периодически увеличивается и уменьшается, в связи с продажами скота, что позволяет рационально использовать два биореактора.

Тепловой баланс биореактора

Рассчитаем тепловую потребность биогазовой установки для фермы,

р
а
с
п
о
л
о
ж
е
н



Q1-входящий навоз; Q2-входящая вода; Q3-входящий жидкий навоз.

Рисунок 9 – Схема тепловых потоков биореактора

Режим сбраживания мезофильный $t_p = 35^\circ\text{C}$. Количество общей массы

н

а Ссылаясь на статью Васенева. В., «Оценка выхода биогаза при различных режимах брожения навоза КРС в биогазовой установке» [15].

Исследование автора, установило, что максимальный периода брожения субстрата навоза КРС и лошадей, составляет 15 суток, после чего выход биогаза уменьшается.

Теплопотери $Q_{\text{биог}}$, кВт, связанные с выходом биогаза из реактора, определяются по формуле 21:

$$Q_{\text{биог}} = Q_{\Gamma} \cdot V_{\text{биог}} \cdot 24 \cdot 3600, \quad (21)$$

з г

д

е

$$= \rho \cdot C_{\text{биог}} \cdot t_p,$$

Q_{Γ} – объемное теплосодержание биогаза, кДж/м³:

д

$C_{\text{биог}}$ – удельная теплоемкость биогаза, кДж/(кг·К);

е t

р

– температура газа, °С.

н

н

о

й

Тепловой поток $Q_{г*}$, кВт эквивалентен потенциальному количеству теплоты, образуемому при сжигании выделившегося биогаза, и рассчитывается по формуле 22:

$$Q_{г*} = Q_{н} \cdot V_{\text{биогаз}} 86400,$$

Г

Д $V_{\text{биогаз}}$ – выход биогаза, м³/сут.

е

н – объемная теплотворная способность биогаза, кДж/м³, определяется по формуле 23:

$$m_c = \rho \cdot G_{н},$$

Г

Д $G_{н}$ – суточная загрузка субстрата м³/сут.

е

Тогда:

–

$$Q_{г*} = 25000 \cdot 508 86400 = 146 \text{ кВт.}$$

П Суточная загрузка субстрата в кг, составляет:

Л

о

$$m_c = 900 \cdot 10,94 = 9846 \text{ кг.}$$

т

н Тепловой поток кВт, для подогрева свежего субстрата, по формуле 24:

о

с

$$c = m_c \cdot c_p (t_{бр} - t_c) 3600 \cdot \Delta t,$$

т

где m_c – загрузка субстрата, кг/сут;

ь

c_p – теплоемкость субстрата, кДж;

$t_{бр}$ – температура брожения;

с

t_c – минимальная температура свежего субстрата, °С;

у

б

с

$\Delta\tau$ – время нагрева, ч.

Минимальная температура свежего субстрата в холодный период года субстрата $\Delta\tau = 24$ часа, составляет:

- холодный период года:

$$c = 9486 \cdot 4,2(35 - 5)3600 \cdot 24 = 13,83 \text{ кВт.}$$

- теплый период года:

$$c = 9486 \cdot 4,2(35 - 15)3600 \cdot 24 = 9,22 \text{ кВт.}$$

Тепловой поток кВт, рассчитываем через ограждающие конструкции по формуле 25:

$$Q_k = F \cdot k(t_{bp} - t_n),$$

Г
д к
е t_n – температура наружного воздуха в период холодного времени
года.

к

е

э

ф

ф

и

ц

р

ж

н

о

$$Q_k = 108 \cdot 0,235 - 25 = 216 \text{ кВт.}$$

Давление насыщенных водяных паров при температуре 35°C равен 4,754 кПа, теплоемкость 4,174 кДж/(кг·°C). Плотность водяного пара составляет:

$$\rho_{в.п} = 18(101,325 + 4,754)8,31(35 + 273,15) = 0,746 \text{ кг/м}^3.$$

Объемное теплосодержание водяного пара, составляет:

$$Q_{п} = 0,746 \cdot 4,174 \cdot 35 = 108,6 \text{ кДж/м}^3.$$

Так как биогаз насыщен водяными парами, то важно учесть тепловую энергию и уносимую с ними. Теплопотери с водяными парами:

$$Q_{в.п} = \frac{508 \cdot 108,6}{24 \cdot 3600} = 0,638 \text{ кВт.}$$

Суммарные теплопотери двух биореакторов:

$$Q_{г} = 216 \cdot 2 + 0,0189 + 0,638 = 432 \text{ кВт.}$$

Суммарный тепловой поток на нужды биогазовой установки:

$$Q_{т} = 432 + 275,93 = 707 \text{ кВт.}$$

Для каждого биореактора:

$$Q_{T1} = Q_{T2} = 707/2 = 353 \text{ кВт.}$$

Таким образом, проведенный анализ теплового баланса позволил определить потребности в тепле для подогрева субстрата и оценить эффективность использования выделившегося биогаза. Суммарный тепловой поток на нужды биогазовой установки составляет 707 кВт, из которых 432 кВт приходится на потери тепла с двух биореакторов и 0,638 кВт - на потери с водяным парами. Для оптимизации работы установки и повышения ее эффективности необходимо учитывать данные результаты исследования.

3.4 Расчет навозоприемника

Навозоприемник в биогазовой установке используется для сбора и хранения навоза, который является одним из сырьевых компонентов для производства биогаза.

Таблица 19 – Характеристики для расчета навозоприемника

Наименование	Характеристики
Плотность навоза	800 кг/м ³
Плотность воды	101,49 кг/м ³
Объем навоза	4237,5 кг
Объем воды	33,40 л

Поскольку загрузка в навозоприемник предусматривает подачу воды и навоза в соотношении 1:1, то можно считать, что полный объем емкости равен сумме навоза и воды, по формуле 26 и 27:

$$V_{\text{навоз}} = \frac{m_{\text{навоз}}}{\rho_{\text{навоз}}} = \frac{4237,5}{800} = 5,297 \text{ м}^3; \quad (26)$$

Рассчитаем объем воды, используя ее которая составляет 101,49 кг/м³.

$$V_{\text{воды}} = \frac{m_{\text{воды}}}{\rho_{\text{воды}}} = 33,40 \cdot 0,10149 = 3,39106 \text{ кг.}$$

Таким образом, объем навозоприемника составляет:

$$=$$
$$V_{\text{навозопр}} = 5,297 + 0,003391 = 5,3004 \text{ м}^3$$

Т

а

к

и

м

3.5 Расчет перемешивающего устройства

Для расчета перемешивающего устройства необходимо учитывать объем биореактора, площадь поверхности, плотность субстрата и загрузку субстрата, предоставленные данные в таблице 20.

Таблица 20 – Данные характеристики для расчета перемешивающего устройства

Наименование	Характеристики
Объем биореактора	86 м ³
Площадь поверхности биореактора	108 м ²
Плотность субстрата	900 кг/м ³
Загрузка биомассы	кг

Определим скорость вращения N , которая должна быть достаточной для перемешивания субстрата. «Обычно для биореакторов используют скорость вращения от 0,1 до 0,5 оборотов в секунду» [35]. Нами взято значение 0,3 оборота в секунду. Диаметр резервуара составляет 5 м. Произведем расчет мощности перемешивания по формуле 28:

$$P = \rho \cdot N^3 \cdot D^5, \quad ($$

где N – обороты в секунду;

– D – диаметр резервуара, м.

$$P = 900 \cdot 0,3^3 \cdot 5^5 = 75,93 \text{ Вт}$$

п

л Таким образом, для перемешивания субстрата в биореакторе необходима мощность перемешивания 75,93 Вт. Исходя из полученных данных нами предложено перемешивающее устройство МР-950-56-3-380В-ст3. Диаметр импеллера — 1200 мм. Количество оборотов импеллера — 46,7 об/мин. Потребляемая мощность мешалки — 1,5 кВт от сети напряжением 380В.

с

т

ь

Материал изготовления — 12x18x10Т. На рисунке 10 предоставлена схема рамной мешалки.



Рисунок 10 – Рамная мешалка

Мешалка рамная представляет собой устройство с низкой скоростью вращения, которое используется для перемешивания густых и тяжелых жидкостей.

Ее диаметр максимально приближен к диаметру биореактора, чтобы захватывать осадочные частицы в процессе смешивания и предотвращать перегрев и залипание на стенках. «Данное оборудование изготавливается на отечественном заводе «Тульские Машины» [24].

3.6 Расчет насоса

Внешний диаметр трубы составляет 16 см, с толщиной стенки 5 мм. Внутренний диаметр трубы $d = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$. Фактическая скорость воды в трубе вычисляется по формуле 29 [33]:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2},$$

где d – внутренний диаметр трубы;

Q – расход жидкости.

=

$$4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-23} \cdot 14 \cdot 0,152 = 0,68 \text{ м/с.}$$

Определение потерь на трение и местные сопротивления осуществляется по формуле 30 и 31:

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu},$$

Г

Д ρ – плотность сырья.

е

=

– вязкость сырья при температуре $0,680 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ при 20°C .

Р

е

– режим турбулентный.

$$e = \frac{\Delta}{d},$$

где Δ - абсолютная шероховатость;

d – внутренний диаметр трубы.

=

$$2 \cdot 10^{-4} - 40,15 = 0,0013.$$

Таким образом в трубопроводе осуществляется смешенное трение, и расчет λ будет проводиться по формуле 32:

=

где Re — число Рейнольдса.

=

.

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений. Для всасывающей линии:

4

$$\xi_1 = 0,5;$$

– П

р – о

я Сумма коэффициентов местных сопротивлений во всасывающей линии,

формула 33:

о

д

$$\xi = \xi_1 + 2\xi_2 + 4\xi_3,$$

ы

$$\xi = 0,5 + 2 \cdot 0,42 + 4 \cdot 0,09 = 1,7.$$

ч

н

Потерянный напор во всасывающей линии определяем по формуле 34:

к

о

$$h_{\text{п}} = \left(\frac{\lambda l}{d_3} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g},$$

э

ф

$$h_{\text{п.вс.}} = \left(\frac{0,04 \cdot 13}{0,15} + 1,7 \right) \cdot \frac{0,68^2}{2 \cdot 9,81} = 0,12 \text{ м.}$$

ф

и

ц

Для нагнетательной линии, формула 35:

– о

т – о

в – н

р – в

н

д

$$\sum \xi = 2\xi_1 + 10\xi_2 + 2\xi_3 + \xi_4,$$

л

$$\sum \xi = 2 \cdot 0,105 + 10 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,4 + 1 = 10,91.$$

я

о

н

Потерянный напор в нагнетательной линии вычисляется:

ф

ф

$$h_{\text{п.наг.}} = \left(\frac{0,04 \cdot 13}{0,15} + 10,91 \right) \cdot \frac{0,68^2}{2 \cdot 9,81} = 0,34 \text{ м.}$$

и

ц

н

ф

Общие потери напора, формула 36:

$$h_{\Pi} = h_{\Pi.вс.} + h_{\Pi.наг.},$$
$$h_{\Pi} = 0,12 + 0,34 = 0,46 \text{ м.}$$

Находим потребный напор насоса по формуле 37:

$$H = \frac{(p_2 \cdot p_1)}{(p \cdot g)} + H_{\Gamma} + h_{\Pi},$$
$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{(900 \cdot 9,81)} + 1,4 + 0,46 = 13,1 \text{ м. вод. ст.}$$

Полезная мощность насоса определяется по формуле 38:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H,$$

где ρ – плотность сырья;

g – ускорение свободного падения;

Q – расход жидкости;

потребный напор насоса.

$$N_{\Pi} = 900 \cdot 9,81 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 13,1 = 1,3 \text{ кВт.}$$

Принимая $\eta_{\text{пер}} = 1$ и $\eta_{\text{н}} = 0,6$ (для импеллерного насоса средней производительности), найдем по формуле 39 мощность на валу двигателя:

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{н}}},$$
$$N = \frac{1,3}{1 \cdot 0,6} = 2,16 \text{ кВт.}$$

Устанавливаем, что заданным подаче и напору более всего соответствует импеллерный насос марки НСУ–3/16–2,2–АМ, для которого при оптимальных условиях работы $Q = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 11,6$; $\eta_n = 0,6$. Насос обеспечен

Насос обладает высокой эффективностью, что позволяет сократить энергозатраты на перекачивание жидкого навоза. Кроме того, двигатель насоса имеет высокую номинальную мощность и хорошую эффективность, что также способствует экономии энергии.

Т
е
л
е
м

Н
о
м
и
н
а
л
ь
н
о
й

М
о
щ
н
о
с
т

Заключение

Главной проблемой животноводческого предприятия «Ферма 2» является большое количество отходов животноводства, занимающее значительную территорию. Животноводческая продукция не только молоко, мясо, но и навоз. Навоз является ценным удобрением для плодородия почв. Однако длительное хранение неиспользованного навоза, может привести к загрязнению почвы, воды и воздуха. Для минимизации загрязнения окружающей среды, предложено перерабатывать навоз путем аэробного сбраживания.

В ходе данной бакалаврской работы выбран и обоснован метод переработки отходов животноводства путем анаэробного сбраживания.

При выборе метода были учтены следующие факторы:

- количество и качество навоза, который необходимо переработать;
- доступность и стоимость технологии переработки;
- наличие и доступность места для установки БГУ.

Описаны физико – химические свойства отходов животноводства в качестве субстрата анаэробной переработки так же существующие методы переработки навоза. Для существующего животноводческого предприятия «Ферма 2» подобрана схема биогазовой установки и биореактор цилиндрической формы; рассчитан материальный и тепловой баланс. Подобрано перемешивающее устройство МР-950-56-3-380В-ст3; импеллерный насос марки НСУ–3/16–2,2–АМ.

Проведена экспериментальная часть на взятый материал с животноводческого предприятия «Ферма 2», на активность микрофлоры и эффективность брожения кукурузным силосом. Результаты показали, обнаруженные микроорганизмы: *Serratia marcescens*, *Tatumella ptyseos*, *Serratia marcescens* и *Tatumella ptyseos*. Позволяющие определить способность микроорганизмов в силосе разлагать углеводы и превращать их в молочную кислоту.

Эффективность использования добавления кукурузного силоса в навоз КРС, привело к положительному результату. Из свежего навоза КРС и лошадей получено 4,8 литра биогаза, из свежего навоза КРС, лошадей и кукурузного силоса получено 6,3 литра биогаза, в течении 15 суток. Данное явление характеризуется наличием в кукурузном силосе высоким содержанием сахаров и крахмала, которые являются основным источником питания для микроорганизмов ответственных за брожение.

Использован современный препарат дезодорации животноводческого помещения «Экобактер Терра», на базе препарата «Байкал ЭМ 1». В течении -х суток после использования, аммиачный запах убывал, на 2-е сутки. Данное исследование, свидетельствует о нормализации благоприятного запаха на ферме, отсутствие специфических запахов (аммиак и сероводорода выделяющиеся при разложении органических веществ).

Список используемой литературы и используемых источников

ейна О.А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии / О.А. Шеина, В.А. Сысоев Вестник ТГУ. – 2009. – Т.14, вып.1. – С. 73–76.

иогаз альтернативный источник энергии Вандышева М.С. Статья URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biogaz-alternativnyu-istochnik-energii> (дата обращения: 13.03.2023).

еденеев, А.Г., Биогазовые технологии в Кыргызской республике / А. Г. Веденеев, Т. А. Веденеева. – Б.: Типография «Евро», 2006. – 90 с.

ы

ыработка биогаза из отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота

б

д

менение концентрации аммиака при уборке навоза КРС скребковым

н

н

микробиология URL: <http://www.dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/> (дата обращения 20.04. 23).

и

годовое пособие по ветеринарной экспертизе проектов животноводческих

объектов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127148> (дата обращения

ю

б

основание метода утилизации сельскохозяйственных отходов Афанасьев В.Н.

Афанасьев А.В. Статья URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-](https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-metoda-utilizatsiiselskohozyaystvennyh-othodov)

[metoda-utilizatsiiselskohozyaystvennyh-othodov](https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-metoda-utilizatsiiselskohozyaystvennyh-othodov) (дата обращения: 13.03.2023).

ценка выхода биогаза и электроэнергии при моносображивании навоза

крупного рогатого скота и при добавлении фуза в качестве косубстрата

н

б

д

д

ценка выхода биогаза при различных режимах брожения навоза КРС в

б

и
р Получение биогаза методом анаэробного сбраживания отходов
е животноводческих ферм Афанасьев В.Н. Афанасьев А.В. Статья
р URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-biogaza-metodom-anaerobnogo-sbrazhivaniya-othodov-zhivotnovodcheskih-ferm> (дата
а обращения: 13.03.2023).
б

всурсосберегающая технология переработки свиного навоза с получением
биогаза Ильин С.Н. Статья URL: <http://www.dslib.net/selhoz-polucheniem-biogaza.html> (дата обращения: 13.03.2023).

а

узработка конструкции и обоснование параметров малообъемной биогазовой

и

счет количественных характеристик выбросов газообразных загрязняющих
веществ, входящих в состав биогаза, в атмосферу от проектируемого полигона

и

Бстромир, Д. В. Совершенствование технологического процесса метанового
сбраживания в биоэнергетических установках / Д. В. Костромин, Д. Н.
Шамшуров // Перспективы развития инноваций в биологии: материалы науч.–
практ. конф. в рамках междунар. науч.–образоват. колы конференции по
Биоинженерии и приложениям (23 ноября 2007 года, г. Москва) / МГУ им. М.
В. Ломоносова, биолог. фак. – М.: Инноватика, 2007. – С. 42–43.

временные конструкции биореакторов для получения биогаза

и

точный выход навоза URL: <https://agro.bobrodobro.ru/19174> (дата обращения

и

технологические основы переработки навозной массы с получением биогаза

Жолдин М.С. Статья URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47197452> (дата
вращения: 20.05.2023).

д

ю

и

ульские машины URL: <https://tulmesh.ru/> (дата обращения 30.05. 23).

тилизация отходов животноводства с получением биогаза Апажев А.К.

Ф

ебное пособие по микробиологии / авт.–сост. К. В. Ткаченко. – Саратов:

Научная книга, 2012. – 159 с.

ебное пособие методы расчета оборудования биотехнологических

производств / авт.–сост. М. А. Миронов. – Екатеринбург: Научная книга, 2017.

е 50 с.

ебное пособие по микробиологии / авт.–сост. А. А. Сиротин. – Белгород:

Научная книга, 2012. – 159 с.

рощенный и достоверный метод определения концентраций метана и

д

олин, К.В. Физико – химический и биохимический анализ биогазовых

субстратов и их практическая значимость / К.В. Холин [и др.] // Вестник Казап

технол. ун – т. – 2010. № 2. с. 457–464.

ветеринарно-санитарные требования при проектировании, строительстве,

р

д 33. Feeding silage. (2015). ASA, CSSA, and SSSA Books, 30–42.

я 34. Hutnan, M. (2016). Maize Silage as Substrate for Biogas Production.

Advances in Silage Production and Utilization.

м 35. Fulford, D. (2015). Back Matter – Small-scale Rural Biogas

Programmes. Small-Scale Rural Biogas Programmes, 193–248.

п 36. Author(s): Liangwei Deng, Yi Liu, Wenguo Wang Publisher: Springer

Singapore;Springer, Year: 2020 Biogas Technology.

р 37.Author(s): Liangwei Deng, Yi Liu, Wenguo Wang Publisher: Springer

в Singapore;Springer, Year: 2020 Biogas Technology.

д

я

и

в

и

б

я

