III Открытый международный конкурс групповых учебно-познавательных и исследовательских проектов школьников “Мир, в котором мы живем”

Исследовательская работа

**Разработка технологии получения биогаза из борщевика (лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота,**

**влияние вторичного продукта в результате получения биогаза на развитие растений.**

Направление: «Биологические науки»

**Авторы:**

Сырцев Никита Валерьевич, 11 класс.

Сырцева Арина Валерьевна, 6 класс.

**Научные руководители:**

Макаренко Зинаида Петровна, к.т.н.

педагог дополнительного образования

……………………………………….КОГОАУ ЛЕН;

………………………………Фалевская Марина Анатольевна,

директор ООО «СельхозБиоГаз»

Киров, 2020

Содержание

Введение…………………………………………………………………...3

* Обзор литературы……………………………………………….….5

1.1. Анаэробное брожение…………………………………….........….…5

1.2. Установки получения биогаза………………………… ……............7

1.3. Растения семейства зонтичные…………………………… …11

1.4.Техника безопасности при проведении работ по анаэробному брожению……………………………………………………....................14

* Методики исследования…………………………………………..15

2.1.Методика химического анализа………….………………….. 15

2.2.Методика планового эксперимента…………………………. 19

2.3. Методика микробиологического анализа……………………

3. Разработка технологии получения биогаза из борщевика (лат.*Heracleumsphondylium*) и навоза крупного рогатого скота, влияние вторичного продукта в результате получения биогаза на развитие растений.……...............................................................................................21

3.1.Результаты планового эксперимента по анаэробному брожению [зHYPERLINK "https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA\_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9"онтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9)(лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота……………………………………………..…… 21

3.2.Результаты химического анализа вторичного продукта при получении биогаза - жидкого удобрения…...................………………………24

3.3. Результаты микробиологического анализа жидкого удобрения……………………………………………............…………….26

3.4. Получение биогаза из борщевика (лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота на полупроизводственной установке.

Выводы……………………………………………………………………....31

Библиографический список…………………………………………… ... 33

**Введение**

Метановое «брожение», или биометаногенез - давно известный процесс превращения биомассы в энергию.

Этот процесс был открыт в 1776 г. Вольтой, который установил наличие метана в болотном газе. Он заметил, что биогаз при горении причиняет гораздо меньше неудобств людям по сравнению со сгоранием дров, навоза жвачных животных или кухонных отбросов.

Русский учёный В.Л. Омелянский в своих работах начала XX в. писал, что процесс образования метана (СН4) на поверхности земли (болота, лиманы, сточные воды, реки, озёра и т.д.) биологический и осуществляют его микроорганизмы, находящиеся в анаэробных условиях. В дальнейшем было подтверждено, что процессы деструкции органических веществ до СН4 широко распространены в осадочных отложениях и что промышленные месторождения природного газа - продукт биологических процессов. Возможность промышленной биоконверсии биомассы в СН4 в масштабах близка к современной добыче природного газа. В качестве сырья - органические отходы сельскохозяйственного производства, различных отраслей промышленности, городов и посёлков.

Биогазовые технологии - радикальный способ обезвреживания и переработки разнообразных органических отходов растительного и животного происхождения, включая экскременты животных и человека, с одновременным получением высококалорийного газообразного топлива - биогаза и высокоэффективных экологически чистых органических удобрений.

**Цель работы:** разработать технологию процесса получения биогаза и жидкого удобрения, получаемых в результате биометаногенеза зонтичного растения (лат.Heracleumsphondylium) и навоза крупного рогатого скота, оценить влияние вторичного продукта в результате получения биогаза на развитие растений.

При проведении исследования были поставлены следующие **задачи**:

1.Провести плановый эксперимент по анаэробному брожению [зHYPERLINK "https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA\_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9"онтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9)(лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота;

2.Провести химический анализ вторичного продукта при получении биогаза - жидкого удобрения;

3.Провести микробиологический анализ вторичного продукта при получении биогаза - жидкого удобрения

**Объект исследования:** зонтичное растение (лат.Heracleumsphondylium) и навоз крупного рогатого скота.

**Предмет исследования:** получение биогаза и жидкого удобрения из зонтичного растения(лат.Heracleumsphondylium) и навоза крупного рогатого скота.

**Гипотеза:** из навоза крупного рогатого скота и зонтичного растения(лат.Heracleumsphondylium) возможно получение биогаза и жидкого удобрения.

**Экологический риск:** распространение зонтичного растения (лат.Heracleumsphondylium) и накопление навоза может нанести огромный вред окружающей среде и здоровью человека. Для снижения экологического риска необходимо разработать технологию процесса переработки зонтичного растения(лат.Heracleumsphondylium) и навоза в биогаз и жидкое удобрение.

Проведенный лабораторный эксперимент с использованием навоза крупного рогатого скота и культуры семейства зонтичных показал. что для проведения анаэробного сбраживания  [зонтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9)(лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота необходимо соблюдать следующий режим: температура процесса 60 град.С; объем смеси 2/3 объема реактора (по рекомендации фирмы); объем  [зонтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) и навоза должен составлять ½ объема загружаемой смеси (увеличение объема навоза в смеси оказывает небольшое влияние на интенсивность процесса); от качества [зонтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) (сухой, зеленый, замороженный) процесс сбраживания не зависит, если брать их количество по массе, а не по объему; обязательное перемешивание (образующаяся корка мешает процессу брожения); для «затравки» процесса брожения в жидкую фазу помимо воды (1/4 смеси) добавляется ¼ объема смеси жидкое удобрение; процесс брожения идет при добавлении одного  [зонтичного растения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) при условии наличия «затравки» - жидкого удобрения.

Химический анализ показал, что жидкое удобрение, полученное в полупроизводственных условиях из зонтичного растения и навоза КРС, содержит в большом количестве органические вещества, аммоний, кальций и магний, имеет щелочную реакцию, т.е. данное удобрение более качественное, чем жидк Гипотеза: из навоза крупного рогатого скота и зонтичного растения(лат.Heracleumsphondylium) возможно получение экологически чистого жидкого удобрения – подтвердилась.

В результате микробиологического анализа жидкого удобрения, полученного из навоза КРС и борщевика, были обнаружены аммонифицирующие бактерии, актиномицеты и сульфатредуцирующие бактерии. Патогенные и болезнетворные микроорганизмы (стафилококки, энтеробактерии) ***не обнаружены.***

Биогазовая полупроизводственная установка перерабатывает до 150 кг отходов крупного рогатого скота и борщевика и производит в неделю до 10-12 м3 биогаза и до 200 л жидких удобрений. Состав биогаза такой же, как и в случае получения биогаза из одного навоза КРС. Жидкое удобрение (вторичный продукт при получении биогаза) был исследован при выращивании растений, цветов и овощей. Производительность сельхозпродукции при использовании жидкого удобрения увеличивается в 1,5 – 2 раза.

**Обзор литературы**

* **Анаэробное брожение**

Биоэнергетика - новая отрасль в современном мире. Биотехнологическая переработка сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно решать энергетические и экологические задачи - получение биогаза, а также высококачественных экологически чистых удобрений, что приведет к восстановлению плодородия почв. Получение и использование биогаза в качестве местного топлива позволит уменьшить потребление невозобновляемых ресурсов и снизить негативное воздействие на окружающую среду. [1-3]

Процесс представляет собой разложение органики в отсутствии воздуха (кислорода). Анаэробное сбраживание происходит с образованием газа. Этот газ, представляет собой смесь метана (CH4) и двуокиси углерода (CO2).

Анаэробное сбраживание реализуется при отсутствии воздуха. Однако в этом случае декомпозиция происходит под воздействием бактерий, а не высоких температур. Это процесс происходит практически во всех биологических материалах и ускоряется в теплых и влажных условиях при отсутствии воздуха. Часто он имеет место при разложении растений на дне водоемов.

Анаэробное сбраживание также происходит в условиях, создаваемых в процессе человеческой деятельности. Например, биогаз образуется в местах концентрации сточных вод, навозных стоков ферм, а также твердых бытовых отходов на свалках и полигонах. В обоих случаях биогаз представляет собой смесь, преимущественно состоящую из метана и двуокиси углерода. Основные отличия заключаются в природе исходного материала, масштабах и темпе образования биогаза, приводящие к весьма отличающимся технологиям для этих источников.

Процесс анаэробного брожения с выделением биогаза условно разделяют на четыре фазы по типу происходящих процессов. Это фаза гидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. В каждой фазе работает свой тип бактерий, причем количество видов бактерий, участвующих в каждой фазе, насчитывается сотнями. На фазе гидролиза бактерии расщепляют белки, жиры и углеводы на более простые молекулы типа сахаров, аминокислот и т.п. На фазе ацидогенеза образуются различные органические кислоты. На фазе ацетогенеза образуется уксусная кислота. И на фазе метаногенеза образуется биогаз. Каждая фаза описывается множеством химических уравнений. Одновременно происходит несколько различных реакций на каждой фазе. Количественное соотношение этих реакций зависит от типа перерабатываемого сырья, от видов участвующих на этом этапе бактерий и множества других факторов.

Процесс анаэробного брожения различают также по температуре его протекания. Есть три температурных диапазона, при которых наблюдаются локальные максимумы интенсивности процесса брожения. Первый температурный режим анаэробного брожения называется психрофильным. Психрофильное брожение происходит в диапазоне температур 15-250C. Второй температурный режим называется мезофильным. Мезофильное брожение происходит в диапазоне температур 30-400C. Третий температурный режим называется термофильным. Термофильное брожение происходит в диапазоне температур 50-56 град. C.

Биогаз представляет собой газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной ферментации органических веществ и состоящий из смеси газов. Его основные компоненты: метан (СН4) - 55-70% и углекислый газ (СО2) - 28-43%, а также в очень малых количествах другие газы, например - сероводород (H2S) (Рис. 1).



Рис.1 Состав биогаза

В настоящее время производство биогаза в мире составляет 1103 ПДж (PJ). Наибольшее количество биогаза производится в Европе – 434ПДж (PJ) и Азии - 405 ПДж (PJ).

* **Установки получения биогаза**

Для производства биогаза во многих странах строятся специальные метантенки, которые наполняются навозными стоками или сточными водами. Метантенки варьируются в размерах от одного кубического метра (в индивидуальных хозяйствах) до тысяч кубометров, используемых в больших коммерческих установках. Загрузка может быть постоянной или порционной, а процесс сбраживания может занимать от десяти дней до нескольких недель.



Рис.2 Загрузка и выгрузка биомассы

"Из китайского руководства по биогазу".

В настоящее время известны биореакторы различных конструкций, где предусмотрены прочность материала, из которого создана установка, устройства для перемешивания массы и теплопереноса, подготовка и подогрев загружаемого субстрата, забор и аккумулирование биогаза и отвода осадков. [4-8]



Рис.3 Схема односекционного метантенка.

Существует следующая классификация биогазовых установок:

* По технологии получения газа. Для производства биогаза применяются различные технологические решения.

Эти технологические решения можно условно разделить на четыре типичные группы:

1) по количеству ступеней процесса:

– одноступенчатые;

– двухступенчатые;

– многоступенчатые;

2) по температурному режиму:

– психофильный (до ~25°C);

– мезофильный (от 32 до 42°C);

– термофильный (от 50 до 57°C);

3) по загрузке реактора:

– периодическая;

– квазинепрерывная;

– непрерывная;

4) по относительному количеству сухого вещества:

– влажная ферментация;

– сухая ферментация.

2. По принципу применения газа биогазовые установки можно разделить на три группы:

1) для производства электрической и тепловой энергии (при сжигании в блочных мини-ТЭЦ).

2) для производства тепла (при сжигании в отопительном котле).

3) для производства газа (выделение метана и закачка в газопровод).

3. По используемому сырью:

- сельскохозяйственные биогазовые установки, использующие зелёную массу, не подвергшуюся первичной переработке, и/или продукты выделения сельскохозяйственных животных;

- коферментационные биогазовые установки, использующие смесь сельскохозяйственного сырья и органических отходов, подвергшихся первичной переработке;

- утилизационные биогазовые установки, использующие в качестве сырья различные биологические отходы, ферментация которых не противоречит санитарно-эпидемиологическим требованиям;

4.По способу перемешивания и подогрева биомассы:

– без подвода тепла и без перемешивания сбраживаемой биомассы;

– без подвода тепла, но с перемешиванием сбраживаемой биомассы;

– с подводом тепла и с перемешиванием биомассы;

–с подводом тепла, с перемешиванием биомассы и со средствами контроля и управления процессом сбраживания.

Широкий спектр используемого сырья для производства биогаза позволяет строить биогазовые установки фактически повсеместно в районах концентрации сельскохозяйственного производства и технологически связанных с ним отраслей промышленности. В настоящее время в России разработкой биогазовых установок различной мощности занимается ряд фирм. Разработаны основные типы биогазовых установок, предназначенных для различных категорий сельскохозяйственных потребителей. Биогазовые установки объемом реактора 3-10м3 обеспечивают переработку органических отходов, образующихся в хозяйствах населения и набольших крестьянских фермерских хозяйствах. Биогазовые установки объемом реактора 30-70м3 предназначены для крупных крестьянских хозяйств и мелких сельскохозяйственных организаций. Объем реактора более 70м3 обеспечивает переработку отходов в средних и крупных сельскохозяйственных организациях. Недостатком проектов этих установок является то, что в них заложена концепция создания стационарных устройств. Это ограничивает возможности по их транспортировке и наращиванию мощности. В зарубежных странах большое внимание уделяется созданию мобильных биогазовых установок контейнерного типа для небольших потребителей. Но он не учитывают специфику российского сельскохозяйственного потребителя и условия эксплуатации.

* **Растения семейства зонтичные**

Подготовка модельной пробы для определения биогазового потенциала органической фракции заключался в выборе субстрата и его приготовлении. В качестве модели органической фракции для изучения процессов образования биогаза был выбран навоз как наиболее повсеместно распространенный тип отходов, образующихся в индивидуальном фермерском хозяйстве. Также анализировался борщевик обыкновенный в качестве перерабатывающегося сырья, распространенный в Кировской области и представляющий опасность для населения. [9-13]



Рис.4 Борщевик обыкновенный.

Борщевик, который относится к семейству зонтичных, насчитывает около 70 видов. В нашей стране растет несколько из них, и опасны они для человека в разной степени. Наибольшее распространение получил борщевик Сосновского, завезенный после второй мировой войны с Кавказа, который распространился в средней полосе России повсеместно и превратился в природное бедствие, образовав местами заросли. Некоторые виды борщевиков относятся к чрезвычайно ядовитым растениям, способным повредить даже органы дыхания человека. Их можно встретить на полях, на приусадебных участках, на берегах водоемов и на пустырях. Наибольшую опасность борщевик представляет в летнее время. Сильная аллергия может быть вызвана запахом, пыльцой и соком ядовитого растения, известны случаи, когда люди получали токсические отравления. Содержащиеся в растении кумарин и эфирные масла способствуют образованию ожогов при прикосновении.

С каждым годом гигантское растение борщевик захватывает все новые и новые земли для своего обитания. Есть поля, которые почти сплошь покрытые огромными мясистыми листьями этого растения. Скорость его распространения поистине невероятна. Размножается борщевик, как семенами, так и корневыми отводками. А семян на одном стебле может образовываться до шести тысяч. Поэтому если на участке весной появилось 2-3 растения, можно с уверенностью сказать, что на следующий год их будет в десятки раз больше. Пожалуй, это самое крупное травянистое растение в наших местах.

Методом борьбы с распространением борщевика является картирование зон его самосева и уничтожение растений до появления семян. Более эффективно уничтожение растений с выкапыванием и сжиганием корней. Можно также отрезаìть соцветия с семенами. Эффективно точечное применение гербицидов общего действия, например, глифосата. Селективного гербицида на сегодня не существует, однако разработка его ведётся во многих научных центрах. Растение орошают горючей жидкостью и поджигают. Землю в месте произрастания несколько раз за сезон перепахивают. Борщевик замещают другими растениями, для этого необходимо использовать быстрорастущие растения с большим количеством семян, например, кострецы и бобовые культуры (козлятник и галега). Поверхность земли укрывают непроницаемым для борщевика материалом. Искусственно разводят борщевичную моль — единственного известного на сегодняшний день природного вредителя борщевика.

О том, что борщевик — настоящее биологическое оружие, люди догадываются лишь через некоторое время после контакта. Сок борщевика содержит фуранокумарины. Эти токсические вещества лишают кожу защиты от ультрафиолета. Они действуют не сразу: между непосредственным контактом и развитием фотодерматита «Phytodermatitis: ReactionsintheSkinCausedbyPlants» (так называют кожную реакцию на УФ) может пройти от одного часа до нескольких дней. Достаточно человеку выйти на солнце — и кожа, на которую попал сок борщевика, моментально получит сильнейший ожог.

«Есть десяток вариантов использования борщевика во благо» - объясняет директор инновационной фирмы «Каприкон» Павел КОЗБАН, один из организаторов научно-практической конференции. Один из них – использование в биореакторах с целью получения биогаза и органического удобрения.

**1.4.Техника безопасности при проведении работ по анаэробному брожению**

Перед выполнением лабораторных исследований необходимо проведение инструктажа по технике безопасности при работе с химическими реагентами и электроприборами, являющимися основными факторами повышенной опасности для жизни и здоровья. Риск химического отравления во время проведения лабораторного эксперимента минимален, так как токсичные реагенты не используются. В то же время, при работе с некоторыми видами органических субстратов, в данном случае, с инокулянтом в виде свежего коровьего навоза, есть риск бактериального заражения человека. При работе в химической лаборатории следует надевать защитный халат из хлопчатобумажной ткани. [14]

Для предотвращения бактериального инфицирования необходимо соблюдать следующие правила при работе с потенциально опасными и патогенными биосубстратами:

1) все работы с биосубстратом выполняются в одноразовых латексных (резиновых) перчатках;

2) запрещается приносить пищевые продукты и есть в помещении лаборатории;

3) при выполнении работ с биосубстратом, имеющим резкий или сильно неприятный запах, а также повышенную патогенность содержащихся в нем микроорганизмов, следует использовать средства индивидуальной защиты: респиратор или ватно-марлевую повязку, защитные очки или маски для предотвращения попадания микробиологически загрязненного субстрата на слизистую;

4) сразу после завершения работ с биосубстратом весь использованный инструментарий тщательно моется под проточной водой;

5) одноразовые расходные материалы, контактировавшие с субстратом, упаковываются в полиэтиленовый или бумажный пакет и выбрасываются в общий мусор.

**2. Методики исследования**

**2.1. Методика химического анализа**

При проведении химических анализов следует соблюдать технику безопасности [15-17].

Для определения запаха в 100 мл пробы наливают в колбу, закрывают пробкой, встряхивают, открывают и определяют запах по таблицам.

Определение запахов естественного происхождения

|  |  |
| --- | --- |
| Характер запаха | Примерный род запаха |
| Ароматический  Болотный  Гнилостный  Древесный  Землистый  Плесневелый  Рыбный  Сероводородный  Травянистый  Неопределённый | Огуречный, цветочный  Илистый, тинистый  Фекальный, сточной воды  Мокрой щепы, древесной коры  Прелый, гнилостный  Затхлый, застойный  Рыбы, рыбьего жира  Тухлых яиц  Скошенной травы, сена  Не подходящий под предыдущие запахи |

Определение запахов искусственного происхождения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Балл | Интенсивность запаха | Качественная характеристика |
| 0 | Никакая | Отсутствие ощутимого запаха |
| 1 | Очень слабая | Обнаруживается опытным исследователем |
| 2 | Слабая | Не привлекает, не обнаруживается, если обратить внимание |
| 3 | Заметная | Легко обнаруживается |
| 4 | Отчётливая | Обращает на себя внимание, делает воду непригодной для питья (неприятной) |
| 5 | Очень сильная | Настолько сильный, что вода совершенно непригодна для питья |

Для определения водородного показателя воды к 5 мл воды добавляют 0,3мл смешанного индикатора (смесь бромтимолового синего и метилового красного в щелочном спиртовом растворе: 0,04 г бромтимолового синего растираются с 6 мл 0,01Н раствора гидроксида натрия, смываются в колбу 20 мл этилового спирта, объем доводится до 50 мл дистиллированной водой;0,01 г метилового красного растираются с 3,5 мл 0,01Н раствора гидроксида натрия, смываются 10 мл этилового спирта, объем доводится до 50 мл дистиллированной водой; оба раствора сливаются перед определением). Водородный показатель определяют по таблице:

|  |  |
| --- | --- |
| Окраска пробы воды | Водородный показатель |
| Розовато-оранжевая  Светло-жёлтая  Светло-зелёная  Зеленовато-голубая | 5  6  7  8 |

Перманганатную окисляемость воды определяют следующим образом.

К 10 мл отфильтрованной исследуемой воды добавляют 0,5мл 30%-ной серной кислоты и 1мл 0,01н раствора перманганата калия. Через 20 минут при температуре 200С по окраске раствора определяют окисляемость.

|  |  |
| --- | --- |
| Окраска раствора | Окисляемость, мл кислорода /л |
| Ярко-розовая  Лилово- розовая  Слабо-лилово-розовая  Бледно-лилово-розовая  Бледно-розовая  Розово-жёлтая  Жёлтая | 1  2  4  6  8  12  16 и выше |

Для определения сульфатов в воде к 5 мл исследуемой воды добавляют три капли 10%-ного раствора хлорида бария и три капли 25%-ного раствора соляной кислоты. По мутности раствора и количеству осадка оценивают содержание сульфатов.

|  |  |
| --- | --- |
| Мутность раствора, объём осадка | Содержание сульфатов, мг/л |
| Слабая муть через несколько минут  Слабая муть сразу  Сильная муть  Большой осадок, который сразу садится на дно | 1-10  10-100  100-150  500 |

Для определения хлоридов в воде к 5 мл исследуемой воды добавляют 2-3 капли 10%-ного раствора нитрата серебра. По мутности раствора и выпавшему осадку оценивают содержание хлоридов.

|  |  |
| --- | --- |
| Мутность раствора, объём осадка | Содержание хлоридов, мг/л |
| Опалисценция, слабая муть  Сильная муть  Хлопья, оседающие не сразу  Большой объёмистый осадок | 1-10  10-50  50-100  более 100 |

Для определения нитритов в воде к 10 мл фильтрованной, обесцвеченной пробы воды добавляют 1 мл раствора реактива Грисса (или несколько кристалликов реактива Грисса - раствор сульфаниловой кислоты и а-нафтиламина; покупается как готовый химреактив), нагревают пробу до 700 С на водяной бане и через 10 минут сравнивают окраску по таблице и определяют концентрацию нитритов.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Окрашивание сбоку пробирки | Окрашивание сверху пробирки | Концентрация  мг/л |
| Нет  Нет  Едва заметно розовое  Очень слабо-розовое  Слабо-розовое  Светло-розовое  Розовое  Сильно-розовое  Красное | Нет  Чрезвычайно слабо-розовое  Очень слабо-розовое  Слабо-розовое  Светло-розовое  Розовое  Сильно-розовое  Красное  Ярко-красное | Менее 0,003  0,003  0,007  0,013  0,05  0,1  0,2  0,5  1,0 |

Для определения аммония в воде к 10 мл воды добавляют 5 капель реактива Несслера (реактив Несслера - щелочной раствор тетраиодомеркурата (II) дигидрата калия - К2 [HgI4]; приобретается готовый как химреактив). Через 10 минут по окраске раствора определяют концентрации аммония.

|  |  |
| --- | --- |
| Окраска проб воды | Концентрация аммония, мг/л |
| Нет  Слабо-жёлтая  Желтоватая  Жёлтая  Буро-жёлтая  Буро-жёлтая, мутная | Менее 0,05  0,03-0,25  0,25-0,5  0,5-2,5  2,5-5,0  5,0-10,0 |

Кратко методики экспресс-анализа и количественного химического анализа приведены в Приложении 1 таблица1.

**2.2.Методика проведения планового эксперимента**

Первым этапом при проведении планового эксперимента является выбор параметра оптимизации (отклика) Y (обычно параметром оптимизации является исследуемая величина) и факторов эксперимента X1 ,X2 ,X3 и т.д., от которых может зависеть параметр оптимизации. Выбираются уровни факторов (два:+1;-1) или три (-1;0;+1) в интересующих нас пределах, причем при трех уровнях факторов отклонения от нулевого уровня должны быть равными.

Итак, необходимо провести n-факторный эксперимент на k – уровнях, то есть поставить kn опытов. С целью уменьшения числа опытов пользуются планом, предлагаемым в каталоге (В.З. Бродский «Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука,1976, -149 с.»)[18] и записывают матрицу эксперимента. Например, для 4-х факторного эксперимента на 3-х уровнях следующая матрица.

**Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | X1 | X2 | X3 | X4 | Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Yэ | Yр |
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 2 | 0 | -1 | 0 | 0 | -2 | +1 | -2 | -2 |  |  |
| 3 | +1 | -1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 4 | -1 | 0 | 0 | +1 | +1 | -2 | -2 | +1 |  |  |
| 5 | 0 | 0 | +1 | -1 | -2 | -2 | +1 | +1 |  |  |
| 6 | +1 | 0 | -1 | 0 | +1 | -2 | +1 | -2 |  |  |
| 7 | -1 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | -2 |  |  |
| 8 | 0 | +1 | +1 | +1 | -2 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 9 | +1 | +1 | 0 | -1 | +1 | +1 | -2 | +1 |  |  |

Порядок проведения опытов определяется из таблицы случайных чисел. Значения откликов Yэ , полученные по результатам опытов ставятся в матрицу.

Функция отклика может быть представлена уравнением:

Y= b0 + b1X1+b2X2 +b3X3 +b4X4+… bnXn + b11Z1 + b22Z2 + b33Z3+ b44Z4 + bnnZn;

Где Zi = 3Xi2 -2 - новая переменная, вводимая для ортогонизации матрицы планирования;

b0 ,b1,b2…,bn,b11,b22…bnn - коэффициенты регрессии, определяемые по формулам:

b0 = ∑j=1-9Yjэ/9; b1=∑ X1. Yiэ /6 ;b2 =∑ X2. Yiэ /6 ; и т.д.

b11=∑ Z1. Yiэ /∑ Zi2 ;b22 =∑ Z2. Yiэ /∑ Zi2  и т.д.

После расчета коэффициентов регрессии определяются их значимость путем сравнения соотношения b/√ S2  с критерием Стьюдента t (S – дисперсия воспроизводимости).

Если b/√ S2>t , то коэффициент значимый.

Если b/√ S2<t , то коэффициент незначимый.

Находим значение S исходя из значения ошибки опыта ζ%

Величина отклонений Δ = Yср. ζ/100

S =Δ .1,25;

S2 (bi) = S2 /6; S2 (bi i) = S2 /18

Число отклонений свободы равно f = n – 1 , где n – число опытов.

Критерий Стьюдента определяется по таблицам. При n →∞:t=2

После определения значимости коэффициентов записывается значение отклика, в которое входят все значимые коэффициенты.

Для проверки уравнения отклика на адекватность рассчитываются значения Yр при различных значениях факторов X1 ,X2 ,X3 и т.д по матрице.

Находится значение

∑ Yрj / k.S2  где k – и f (число отклонений свободы) по таблицам находится критерий Фишера F.

Если ∑ Yрj / k/S2 <F , то уравнение адекватно, следовательно им можно пользоваться для определения отклика, задаваясь различными значениями факторов.

Для удобства применения, уравнение отклика с кодированными значениями факторов X можно преобразовать в уравнение с истинными значениями факторов x, пользуясь формулой пересчета

Xi =(xi -xoi )/Δ xi ;

где xi - истинное значение фактора; xoi - истинное значение фактора при нулевом уровне; Δ xi - разность истинных значений факторов при уровнях -1 и +1.

**2.3.Методика микробиологического анализа.**

При микробиологическом анализе органических удобрений учитывают содержание аммонифицирующих микроорганизмов, свидетельствующих о наличии интенсивно протекающих процессов восстановления(биосинтеза).

В целях более точной оценки аммонифицирующей активности бактерий анализируют выделение аммиака (NH3). Аммиак выявляют в атмосфере и субстрате. Выделющийся NH3  окрашивает подвешенную в пробирке красную лакмусовую бумажку в синий цвет. ***Обнаружены***

По техническим требованиям, предъявленным к органическим удобрениям, наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, в том числе патогенных сероваров кишечной палочки, сальмонелл, протей, стафилококков, клосторидий, бацилл, энтеровирусов не допускается.

Культивирование на жидких питательных средах (солевой агар, бульон)- стафилококки ***не обнаружены.***

Культивирование на среде Эндо – Escherichia coli и энтеробактерии ***не обнаружены.***

**Актиномицеты** совмещают в себе черты грибов и бактерий и поэтому являются переходной группой между ними. Среди актиномицетов имеются сапротрофы, принимающие активное участие в почвообразовательных процессах. Данные микроорганизмы принимают активное участие в разложении гумуса.

На поверхности среды выросли компактные мицелии, характерные для актиномицетов, полностью погруженных в субстрат. ***Обнаружены.***

**Сульфатредицирующие бактерии**- это физиологическая группа, для которой характерна способность к образованию сероводорода из сульфата. Донорами водорода служат простые низкомолекулярные соединения, образующиеся при анаэробном разложении биомассы, главным образом целлюлозы: лактат, ацетат, пропионат, бутират, формиат, этанол, высшие жирные кислоты и молекулярный водород.

Сульфит редуцирующие бактерии диагностируют по почернению столбика железосульфитной среды. ***Обнаружены***.

**3.Исследование процесса получения биогаза из зонтичного растения (лат.Heracleumsphondylium) и навоза крупного рогатого скота, влияние вторичного продукта в результате получения биогаза на развитие растений.**

**3.1. Результаты планового эксперимента по анаэробному брожению зонтичного растения (лат.Heracleumsphondylium) и навоза крупного рогатого скота.**

Лабораторное моделирование образования биогаза при биоразложении органических субстратов важно для прогнозирования процессов, происходящих при получении биогаза из сельскохозяйственных отходов. Для проведения лабораторного эксперимента был выбран навоз крупного рогатого скота и зонтичное растение **(лат.Heracleumsphondylium)**. Хранение материалов осуществлялось в холодильной камере. Загрузка и выгрузка производились с соблюдением всех мер безопасности, при включенной вентиляции и с использованием средств индивидуальной защиты.

Подготовка необходимого количества субстрата на основе зонтичного растения проводилась путем измельчения листьев и стеблей при помощи ножа на фракции ориентировочной средней крупности 1,0\*1,0\*0,5 см. В последующем часть материалов замораживалась, часть высушивалась, часть оставалась в неизменном виде.Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при изучении различных факторов, влияющих на процессы образования биогаза, а также при проектировании установок по производству альтернативного газообразного биотоплива (биореакторов).

На интенсивность выхода биогаза и его состав влияют множество факторов: физические параметры внешней среды, состав биосубстратов, доля содержания органического углерода, наличие ингибирующих примесей.

Целью данного эксперимента является получение устойчивой эмиссии биогаза при анаэробном разложении субстрата (навоза крупного рогатого скота и сухого, влажного и замороженного борщевика обыкновенного) с известными физико-химическими характеристиками (влажность, содержание органического углерода) и определение ее параметров (объема и состава биогаза).

Для проведения планового трехфакторного эксперимента на трех уровнях выбираем матрицу, приведенную в таблице 1. Первый фактор X1 – соотношение борщевика и навоза: 2:1,1:1,1:2. Второй фактор X2 – вид борщевика: сухой, зеленый и замороженный. Третий фактор X3 - температура процесса: 500С, 550С, 600С.

Взяты 10 емкостей объемом 250 мл (с 10-ю емкость помещен один борщевик зеленый). Объем борщевика с навозом составлял 100 мл, кроме борщевика и навоза доливали 50 мл воды и 50 мл жидкого удобрения (для затравки: содержит термофильные бактерии).На бутыли одевали полиэтиленовый пакет и герметично его закрепляли пластырем. Бутыли ставились в термостат на сутки при различной температуре в соответствии с матрицей. Затем замеряли объем газа. После окончания эксперимента рассчитывали коэффициенты и определяли их значимость.

**Таблица 2**

**Матрица проведения планового эксперимента по анаэробному брожению борщевика с навозом крупного рогатого скота**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | X1 | X2 | X3 | Z1 | Z2 | Z3 | Yэ | Yр |
| 1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 2 | 0 | -1 | 0 | -2 | +1 | -2 |  |  |
| 3 | +1 | -1 | +1 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 4 | -1 | 0 | 0 | +1 | -2 | -2 |  |  |
| 5 | 0 | 0 | +1 | -2 | -2 | +1 |  |  |
| 6 | +1 | 0 | -1 | +1 | -2 | +1 |  |  |
| 7 | -1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |  |  |
| 8 | 0 | +1 | -1 | -2 | +1 | +1 |  |  |
| 9 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | -2 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 3**

**Матрица проведения планового эксперимента по анаэробному брожению борщевика с навозом крупного рогатого скота с исходными и полученными данными**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | X1 | X2 | X3 | Z1 | Z2 | Z3 | Yэ | Yр |
| 1 | 66мл борщевика+33,3 мл навоза | Сухой борщевик | 500С | +1 | +1 | +1 | 150(175) |  |
| 2 | 50мл борщевика+50 мл навоза | -Сухой борщевик | 550С | -2 | +1 | -2 | 275(375) |  |
| 3 | 33,3мл борщевика+66,6 мл навоза | Сухой борщевик | 600С | +1 | +1 | +1 | 325(350) |  |
| 4 | 66мл борщевика+33,3 мл навоза | Зеленый борщевик | 550С | +1 | -2 | -2 | 325(300) |  |
| 5 | 50мл борщевика+50 мл навоза | Зеленый борщевик | 600С | -2 | -2 | +1 | 350(400) |  |
| 6 | 33,3мл борщевика+66,6 мл навоза | Зеленый борщевик | 500С | +1 | -2 | +1 | 175(225) |  |
| 7 | 66мл борщевика+33,3 мл навоза | Замороженный борщевик | 600С | +1 | +1 | +1 | 200(125) |  |
| 8 | 50мл борщевика+50 мл навоза | Замороженный борщевик | 500С | -2 | +1 | +1 | 125(125) |  |
| 9 | 33,3мл борщевика+66,6мл навоза | Замороженный борщевик | 550С | +1 | +1 | -2 | 225(225) |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В 10-й емкости был взят один зеленый борщевик – 100 мл. Получено 175 мл газа, т.е. при наличии затравки в виде жидкого удобрения также идет процесс анаэробного брожения.

Рассчитаем коэффициенты и определим значимость факторов.

**b~~0~~= 2150(2300)/9 =238,9(255,6)**

**b1 =50(200)/6 =8,3(33,3)**

**b2 = -200(-400)/6 =-33,3(-66,6)**

**b3= 425 (350)/6 =70,8(58,3)**

Далее проверяем значимость коэффициентов:.

Δ = Yср. ζ/100= 238,9(255,6)0,1 =23,9(25,6)

S =Δ .1,25 = 29,4(32)

f = n – 1 =8 Критерий Стьюдента t= 1,85 при ошибке 10% (1,397 при ошибке 20% и 1,108 при ошибке 30%)

b1/√ S2 =8,3(33,3)/29,4 (32) =0,28 (1,04) < t, т.е. соотношение борщевика и навоза практически не значимо для процесса анаэробного брожения

b2/√ S2 = - 33,3(-66,6)/ 29,4 (32) =- 0,56 (-2,08) >t, т.е. коэффициент значимый, лишь уровни выбраны неверно: не -1, а +1, так как сухой борщевик при одном и том же объеме имеет больше биомассы, чем зеленый и замороженный.

b3/√ S2 =70,8 (58,3) / 29,4 (32)=2,4 (1,82) >t , т.е. температура является значимым фактором при проведении анаэробного брожения: чем выше температура, тем интенсивнее идет процесс брожения.

b11=∑ Z1. Yiэ /∑ Zi2 = 125(-400)/18=6,94(-22,2)

b22 =∑ Z2. Yiэ /∑ Zi2 =-400(-475)/18=-22,2 (-26,4)

b33 =∑ Z3. Yiэ /∑ Zi2 =-425(-400)/18=-23,6(-22,2)

Получаем уравнение

Y= b0 + b 1X 1 +b 2X 2 +b 3X 3 + b 11Z 1 + b 22Z 2 + b 33Z 3 = 238,9(255,6) -– 33,3(66,6)Х2 + 70,8(58,3)Х3 --22,2(-26,4)Z2 – 23,6(-22,2)Z3

∑ Yрj / k/S2=2359,1(2062,9)/8/864,36(1024) = 0,37 (0,252) < F< 3,44(критерии Фишера) – уравнение адекватно.

Из вышеизложенного следует, что для проведения анаэробного сбраживания борщевика с навозом необходимо соблюдать следующий режим:

1. Температура процесса 60 град.С;

2. Объем смеси 2/3 объема реактора (по рекомендации фирмы);

3. Объем борщевика и навоза должен составлять ½ объема загружаемой смеси (увеличение объема навоза в смеси оказывает небольшое влияние на интенсивность процесса);

4. От качества борщевика (сухой, зеленый, замороженный) процесс сбраживания не зависит, если брать их количество по массе, а не по объему;

5. Обязательное перемешивание (образующаяся корка мешает процессу брожения);выработка биогаза зависит от того, образовалась ли на поверхности органической массы плавающая корка, мешающая выходу биогаза или нет. Эту корку необходимо устранять, перемешивая содержимое биореактора. Перемешивание также способствует равномерному распределению температуры и кислотности в биомассе, находящейся в камере сбраживания;

6. Для «затравки» процесса брожения в жидкую фазу помимо воды (1/4 смеси) добавляется ¼ объема смеси жидкое удобрение;

7. Процесс брожения идет при добавлении одного борщевика при условии наличия «затравки» - жидкого удобрения. См. Приложение №2.

**3.2.Результаты химического анализа вторичного продукта при получении биогаза - жидкого удобрения**

С использованием методик, описанных в гл.2, был проведен химический анализ жидкого удобрения, полученного в полупроизводственных условиях из зонтичного растения и навоза КРС. Эта работа была проведена в химической лаборатории лицея. Результаты анализа представлены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Результаты химического анализа жидкого удобрения, полученного в полупроизводственных условиях из зонтичного растения и навоза КРС**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Определяемый показатель** | **Разбавление** | **Значение показателя для удобрения из растения и навоза** | **Значение показателя для удобрения из навоза** |
| Запах(баллы) | Без разбавления | 5(очень сильный запах) | 5 |
| Водородный показатель(pH) | 1:10 | 7,27(щелочная среда) | 8,03 |
| Содержание сульфатов |  | 10-100 мг/л | 50-500 |
| Содержание хлоридов |  | 10-100 мг/л | 50-500 |
| Содержание аммония |  | 250-500 мг/л | 25-125 |
| Содержание железа |  | Менее 0,05 мг/л | 50 |
| Содержание нитритов |  | Менее 0,003 мг/л | Менее 0,003 мг/л |
| Содержание фосфатов |  | Отсутствуют | Отсутствуют |
| Содержание карбонатов |  | 8400 мг/л | 4500 |
| Содержание кальция и магния |  | 9600 мг/л | 6400 |
| Количество органики | 1:50 | 736000 мгО2/л | 400000 |

Как видно из таблицы 4, жидкое удобрение, полученное в полупроизводственных условиях из зонтичного растения и навоза КРС, содержит в большом количестве органические вещества, аммоний, кальций и магний, имеет щелочную реакцию. Данное удобрение более качественное, чем жидкое удобрение, полученное из одного навоза.[19]

**3.3. Результаты микробиологического анализа**

В результате микробиологического анализа жидкого удобрения, полученного из навоза КРС и борщевика, были обнаружены аммонифицирующие бактерии, актиномицеты и сульфатредуцирующие бактерии.

Патогенные и болезнетворные микроорганизмы (стафилококки, энтеробактерии) ***не обнаружены.***

**3.4. Получение биогаза из борщевика (лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота на полупроизводственной учстановке**

В соответствии с разработанной технологией проводилиь работы по получению биогаза из борщевика и навоза крупного рогатого скота на полупроизводственной установке (см. рис.) объемом 200 л.



**Рис.5. Полупроизводственная установка получения биогаза из борщевика и навоза КРС**

Принципиальная схема биогазовой установки приведена на

на рисунке 56.



**Рис.6 Принципиальная схема биогазовой установки**

Установка перерабатывала до 150 кг отходов крупного рогатого скота и борщевика и производит в неделю до 10-12 м3 биогаза и до 200 л жидких удобрений. Состав биогаза соответствовал представленному на рис.1 и диаграмме, то есть такой же как и в случае получения биогаза из одного навоза КРС.



При сжигании данного биогаза содержание СО в 45 раз меньше, углеводородов в 30 раз меньше, оксидов азотав 1,5 раза меньше, чем при сжигании бензина. [23].Оптимальный расход биогаза на производство 1 кВт•ч электрической энергии (220 В, 50 Гц на биогазбензоэлектрогенераторе АБ-4Т/400-М2 (БГ)) составиляет 0,55-0,6 м3/ч. Оптимальный расход биогаза при эксплуатации газовой ИК-беспламенной горелки мощностью 5 кВт составляет 0,8-1 м3/ч. Стоимость исходных отходов крупного рогатого скота в Московской области составляет 100-200 руб./т, а рыночная цена произведенных удобрений (по месту производства) - уже 9 тыс. руб./т (в 2007 г.). Расход удобрений на 1 га в зависимости от выращиваемых культур составляет 1 -3 т. Собственные потребности в энергии на поддержание термофильного (52-53оС) процесса составляют 30%.

Жидкое удобрение (вторичный продукт при получении биогаза) был исследован при выращивании растений, цветов и овощей. Первым этапом при проведении эксперимента являлся выбор параметра концентрации жидкого удобрения в интересующих нас пропорциях. Жидкое удобрение разводилось в пропорциях 1:10, 1:5, 1:2, 1:1. Часть растений поливалось чистой водой. Полив растений проводился в одно и то же время с периодичностью раз в 3-4 дня. Количество жидкого удобрения принималось в размере 10л (один поливальник) на 1 м2 посадки растений. Целью эксперимента было получить лучшую концентрацию удобрения, чтобы рост и плодоношение продлилось как можно дольше. В результате эксперимента, производительность и сроки плодоношения сельхозпродукции увеличились в 1,5 – 2 раза. Последние растения мы срезали в начале ноября.

**Выводы**

1.Проведенный лабораторный эксперимент с использованием навоза крупного рогатого скота и культуры семейства зонтичных показал, что для проведения анаэробного сбраживания [борщевика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9)(лат.*Heracleum sphondylium*) и навоза крупного рогатого скота необходимо соблюдать следующий режим: температура процесса 60 С0; объем смеси 2/3 объема реактора (по рекомендации фирмы); объем [борщевика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) и навоза должен составлять ½ объема загружаемой смеси (увеличение объема навоза в смеси оказывает небольшое влияние на интенсивность процесса); от качества [борщевика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) (сухой, зеленый, замороженный) процесс сбраживания не зависит, если брать их количество по массе, а не по объему; обязательное перемешивание (образующаяся корка мешает процессу брожения); для «затравки» процесса брожения в жидкую фазу помимо воды (1/4 смеси) добавляется ¼ объема смеси жидкое удобрение; процесс брожения идет при добавлении одного  [борщевика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%BA_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9) при условии наличия «затравки» - жидкого удобрения.

2.Химический анализ показал, что жидкое удобрение, полученное в полупроизводственных условиях из зонтичного растения и навоза КРС, содержит в большом количестве органические вещества, аммоний, кальций и магний, имеет щелочную реакцию, т.е. данное удобрение более качественное, чем жидкое удобрение, полученное из одного навоза. При использовании удобрений, полученных на биогазовых установках, урожайность может быть повышена на 30-50%. Обычный навоз или другие отходы нельзя эффективно использовать в качестве удобрения 3-5 лет. При использовании же биогазовой установки биоотходы перебраживают и, переброженная масса может использоваться как высокоэффективное биоудобрение. Таким образом, получаются готовые экологически чистые жидкие биоудобрения, лишенные нитритов, семян сорняков, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, специфических запахов. При использовании таких сбалансированных биоудобрений урожайность значительно повышается.

3. В ходе микробиологического анализа жидкого удобрения патогенные и болезнетворные микроорганизмы не обнаружены.

4. Гипотеза: из навоза крупного рогатого скота и зонтичного растения(лат.Heracleumsphondylium) возможно получение экологически чистого жидкого удобрения – подтвердилась.

5. В результате микробиологического анализа жидкого удобрения, полученного из навоза КРС и борщевика, были обнаружены аммонифицирующие бактерии, актиномицеты и сульфатредуцирующие бактерии. Патогенные и болезнетворные микроорганизмы (стафилококки, энтеробактерии) ***не обнаружены.***

6. Биогазовая полупроизводственная установка перерабатывает до 150 кг отходов крупного рогатого скота и борщевика и производит в неделю до 10-12 м3 биогаза и до 200 л жидких удобрений. Состав биогаза такой же, как и в случае получения биогаза из одного навоза КРС. Жидкое удобрение (вторичный продукт при получении биогаза) был исследован при выращивании растений, цветов и овощей. Производительность сельхозпродукции при использовании жидкого удобрения увеличивается в 1,5 – 2 раза.

**Библиографический список**

1.Баадер В., Доне Е. Биогаз: теория и практика. (Пер. с немецкого и предисловие М.И,Серебряного) – М. Колос, 1982 – 148с.

2. Метановое брожение (биометаногенез). (<http://biofile.ru/bio/16235.html>)

3.Метановое брожение

([httpHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"://HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"novostynaukiHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/".HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"comHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"/HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"eHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"-HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"ntsiklopediyaHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"/HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"bioenergetikaHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"/HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"metanovoeHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"-HYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"brozhenieHYPERLINK "http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/"/](http://novostynauki.com/e-ntsiklopediya/bioenergetika/metanovoe-brozhenie/))

4.Федоренко В. Ф., Колчинский Ю. Л., Шилова Е. П. Состояние и перспективы производства биотоплива: Науч. ан.обзор. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. — 132 с.

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

6.Лычев Е. Удобрение и альтернативные источники энергии из органических отходов // Техника и оборуд. для села. — 2005. — № 3— С. 31,33.

7.Ковалев, А.А. Усовершенствованный анаэробный реактор в системе блочно-модульной биогазовой установки / Ковалев А.А., Ковалев Д.А. //

8.БИОГАЗ: основы производства. (<http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=444>)

9.Борщевик([лат.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Heracléum*) https://ru.wikipedia.org/wiki

10.Почему нельзя трогать борщевик <https://lifehacker.ru/borshhevik-sosnovskogo-mantegacci>

11.Борьба с борщевиком Сосновского до полного уничтожения <http://eco-stolica.ru/>

12. Жуткий борщевик: ученые нашли "биологическое оружие" против растения-завоевателяhttps://www.mk.ru/social/2017/07/31/zhutkiy-borshhevik-uchenye-nashli-biologicheskoe-oruzhie-protiv-rasteniyazavoevatelya.html

13**.** Злостный враг полей борщевик способен накормить и обогреть человечествоhttps://www.kirov.kp.ru/daily/26723.7/3748614/

14.Диссертация Чернявского А.А.РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ИТРЕБОВАНИЙ ЕЁ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. Санкт-Петербург,2015. – 100с.

15. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие. Сборник 15., Киров:ООО «Типография «Старая Вятка»», 2012. – 96 с., ил.

16. Школьный экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие [Текст] / Под редакцией Т.Я. Ашихминой – Москва: «АГАР», 2000 – С.213.

17. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие [Текст] /Под ред. Т.Я. Ашихминой.М.: Академический Проект,2005. – 416с.

18.В.З. Бродский «Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука,1976, -149 с.»)