

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ старшеклассников по
политехническим, естественным, математическим дисциплина для учащихся
9-11 классов

Химия и химические проблемы экологии

Альтернативные источники топлива. Биогаз.

Выполнила:

Суржикова Валерия Владимировна

Ученица 11 «З» класса, 208 группа

Научный руководитель:

Соломонов Анатолий Борисович

к.т.н., доцент ПНИПУ

Пермь. 2018.

Реферат

Отчет: стр. 33, рис. 12, табл. 1.

БИОГАЗ, СЕЛЬХОЗОТХОДЫ, КУРИНЫЙ ПОМЕТ, МЕТАНОВОЕ БРОЖЕНИЕ, АНАЛИЗ ГАЗА, ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ, БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА.

Исследован состав биогаза на предмет присутствия азота. Отработана методика хроматографического анализа состава биогаза. Экспериментально доказано отсутствие азота вне зависимости от происхождения помета птицы, получавшей антибиотики или нет.

Abstract

Report: 33 p., 12 img., 1 tab.

BIOGAS, AGRICULTURAL MACHINES, CHICKEN LITTER,
METHANE FERMENTATION, GAS ANALYSIS, DYNAMICS OF EDUCATION,
BIOGAS PLANT.

The composition of biogas was studied for the presence of nitrogen. The technique of chromatographic analysis of the biogas composition was tested. The absence of nitrogen was experimentally proven, regardless of the origin of the poultry dung that received antibiotics or not.

Содержание

Введение	5
1. Понятие и история развития биогаза	7
1.1. Основные источники биоэнергетического топлива	10
1.2. Отходы животноводческих и птицеводческих ферм.....	10
1.3. Биогазовая установка. Принцип работы.....	11
2. Обследование АО «Птицефабрика Пермская» и оценка перспектив получения биогаза из птичьего помета.....	14
2.1. Технология работы с пометом и производство компоста.....	16
3. Исследовательская часть	18
3.1. Разработка методики хроматографического анализа биогаза.....	19
3.2. Методика эксперимента.....	24
3.3. Полученные результаты и их обсуждение.....	26
Заключение.....	32
Список литературы.....	33

Введение

Рациональное использование отходов сельскохозяйственного производства – большая и важная проблема современности. Она связана с одной стороны с возможностью использования огромного энергетического потенциала биомассы для получения жидкого и газообразного топлива (биогаза), с другой – с необходимостью предотвратить загрязнение водоемов, заражение почвы болезнетворными бактериями и гельминтами, содержащимися в навозных стоках животноводческих ферм.

Последнее время характеризуется высокими темпами роста производительных сил в большинстве стран мира, что привело к резкому увеличению потребления всех видов энергии, в особенности заключенной в ископаемом топливе – угле, нефти и природном газе. Вследствие этого во многих странах сложилась ситуация энергетического кризиса. Это усилило стремление поставить на службу человеку так называемые нетрадиционные источники энергии – солнечную, ветровую, геотермальную.

Хотя солнечная энергия представляет собой практически неисчерпаемый источник и могла бы удовлетворить энергетические потребности всего населения земли на многие века, ее непосредственное применение связано с большими трудностями.

Другой путь- сегодня более перспективный – использовать солнечную энергию, запасенную в биомассе в результате фотосинтезной деятельности растений, для получения жидкого и газообразного топлива. Этому пути уделяют сейчас большое внимание в промышленности.

Наиболее распространенный способ получения энергии из биомассы - анаэробное (без доступа кислорода) сбраживание отходов сельскохозяйственного производства. Получающиеся в результате этого процесса продукты – биогаз и перебродившая полужидкая масса – представляют собой большую ценность как газообразное топливо и органическое удобрение[1].

Не менее важная сторона применения биогазовых установок – предотвращение загрязнения воздушного и водного бассейнов, почвы и посевов благодаря утилизации и дезодорации навозных стоков крупных животноводческих ферм и комплексов, получению обеззараженных высокоэффективных органических удобрений.

Все это объясняет большой интерес, проявляемый наукой к проблемам метанового сбраживания навозных стоков и других органических отходов.

1. Понятие и история развития биогаза.

Биогаз — газ, получаемый метановым брожением биомассы. Разложение биомассы происходит под воздействием 3-х видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид — бактерии гидролизные, второй кислото-образующие, третий — метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, но и все три вида.

Использование биогаза имеет длительную историю. Еще до нашей эры были зафиксированы отдельные случаи использования примитивных биогазовых технологий в Китае, Индии, Персии. Однако систематические научные исследования биогаза начались только в XVIII веке нашей эры.

Первые систематические исследования биогаза начал итальянский естествоиспытатель Александр Вольта еще в 1770 г. В 1821 г. исследователю Амедео Авогадро удалось установить химическую формулу метана CH_4 .

Изучением образования биогаза занимались и российские ученые, например Попов, который в 1875 году исследовал влияние температуры на количество выделяемого газа.

В 1881 году начались опыты европейских ученых по использованию биогаза для обогрева помещений и освещения улиц. В результате уже с 1895 года, уличные фонари в одном из районов города Эксетер (Англия) снабжались газом, который получался в результате брожения сточных вод.

Мощным импульсом к развитию технологии стало открытие анаэробного гниения, с помощью которого можно очищать сточные воды. С 1906 года в Германии на территории региона Рур началось систематическое строительство анаэробных установок по очистке сточных вод.

В 1911 году в английском городе Бирмингеме был построен первый завод по производству биогаза, который получали в результате обеззараживания осадка сточных вод этого города. Вырабатываемый биогаз использовался для производства электроэнергии.

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

В СССР работы по промышленному получению и использованию биогаза начались в 60-х годах прошлого века. Уже тогда проводились работы по

энергетическому использованию коммунально-бытовых, лесных и сельскохозяйственных отходов.

В середине 70-х годов с наступлением мирового энергетического кризиса руководство СССР решило проводить в стране политику энергосбережения. Кроме того, в сельском хозяйстве стали применяться интенсивные технологии, было создано много крупных животноводческих комплексов, которые столкнулись с проблемой утилизации навозных стоков. В этой связи интерес к биогазовым технологиям возрос, и в 1981 г. при Госкомитете по науке и технике СССР была создана специализированная секция по программе развития биогазовой отрасли промышленности.

Однако из-за недостаточного обеспечения денежными и материальными ресурсами многие из намечавшихся мероприятий по освоению технологии анаэробной переработки биомассы остались невыполненными.

Несмотря на это, нельзя назвать период 70-х - начало 90-х годов безрезультатным. За это время была создана научная основа технологий микробиологической анаэробной переработки биомассы. Было построено несколько опытных установок.

В настоящее время в странах СНГ интерес к получению энергии и биоудобрений путем переработки сельскохозяйственных отходов значительно возрос. Этому способствуют высокая стоимость энергоресурсов и удобрений, а также ухудшающееся состояние окружающей среды. Однако из-за низкой информированности фермеров о практических путях внедрения биогазовых технологий, а также высокой начальной стоимости биогазовых установок, общее число биогазовых установок, в странах СНГ не превышает нескольких сотен [2].

1.1. Основные источники биоэнергетического топлива.

Наиболее перспективными для практического использования признаны следующие виды отходов:

- органические отходы промышленности, в том числе лесной, деревообрабатывающей, гидролизной, целлюлозно-бумажной, пищевой;
- осадки сточных вод;
- отходы коммунального производства (ТБО и жидкие);
- отходы животноводческих и птицеводческих ферм (отходы сельскохозяйственного производства).

Наибольшая доля биогаза поступает от переработки отходов животноводческих и птицеводческих фабрик.

1.2. Отходы животноводческих и птицеводческих ферм.

К органическим остаткам и отходам сельскохозяйственного производства относятся главным образом экскременты животных и растительные материалы, в особенности солома, а также свекольная картофельная ботва и т.д. Эти материалы обладают энергетическим потенциалом, который может быть использован различными способами. Один из них – производство биогаза путем анаэробного сбраживания.

Многолетнее накопление помета на территориях ферм приводит к образованию «Пометных озер» без признаков жизни флоры и фауны. Вполне реально, что в самой ближайшей перспективе это может привести к экологическому бедствию. Помет и сточные воды животноводческих и птицеводческих предприятий также могут быть факторами передачи более сотни возбудителей инфекционных заболеваний.

Таким образом, подход к проблеме переработки отходов сельскохозяйственного производства главным образом базируется на требованиях защиты окружающей среды.

1.3.Биогазовая установка. Принцип работы.

Если поголовье скота небольшое, то подойдет простейшая установка, которую нетрудно изготовить из подручных средств своими руками. Крупным фермерским хозяйствам, у которых есть постоянный источник большого количества сырья, целесообразно построить промышленную автоматизированную биогазовую систему. В этом случае вряд ли получится обойтись без привлечения специалистов, которые разработают проект и смонтируют установку на профессиональном уровне [3].

Биогазовая установка производит биогаз и биоудобрения из биологических отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности путем бескислородного брожения. Биогаз является продуктом жизнедеятельности полезных метанобразующих бактерий. Микроорганизмы метаболизируют углерод из органических субстратов в бескислородных условиях (анаэробно). Этот процесс, называемый гниением или бескислородным брожением, следует за цепью питания. Принципиальная схема промышленной биогазовой установки приведена на рисунке 1.

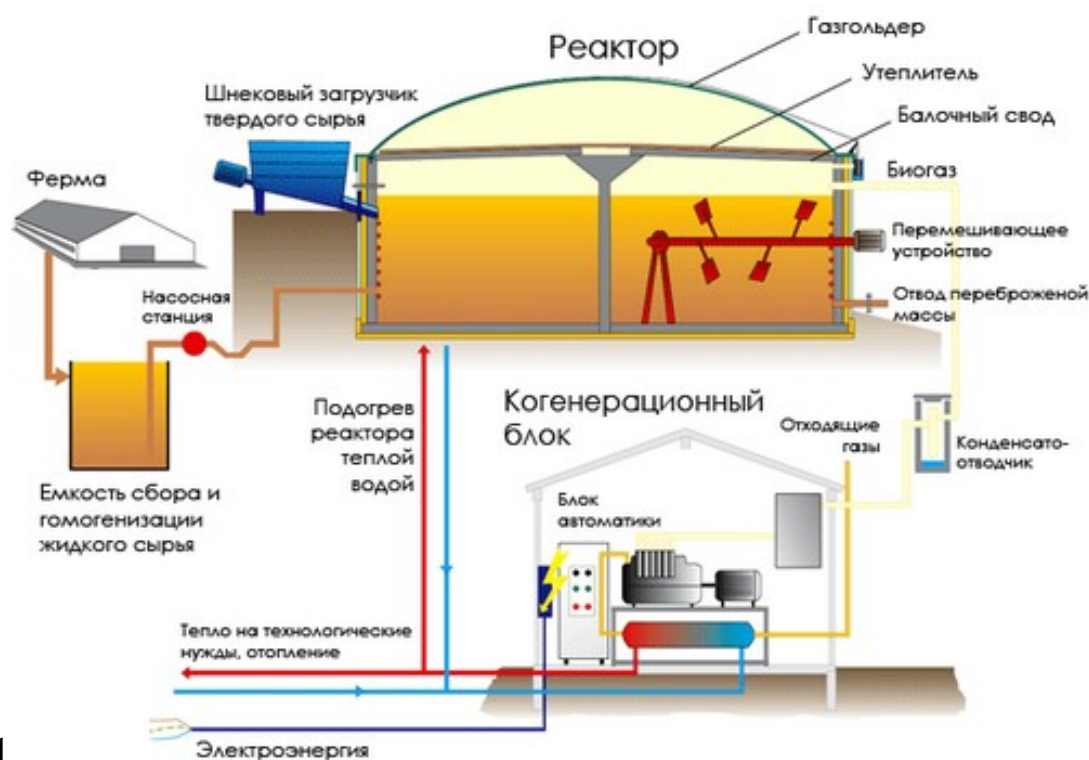


Рис.1

Состав типовой биогазовой установки:

1. Участок хранения биотходов
2. Система загрузки биомассы
3. Реактор
4. Реактор дображивания
5. Субстратер
6. Система отопления
7. Силовая установка
8. Система автоматики и контроля
9. Система газопроводов

Биоотходы могут доставляться грузовиками или же перекачиваться на биогазовую установку насосами. Сначала кофферменты высыпаются (перемалываются), гомогенизируются и перемешиваются с навозом (пометом). Гомогенизация чаще всего выполняется при температуре 70° С в течение одного часа при размере максимальной частицы 1 см. Гомогенизация с навозом производится в перемешивающем резервуаре с мощными мешалками.

Реактор является газонепроницаемым, полностью герметичным резервуаром. Это конструкция теплоизолируется, потому что внутри резервуара должна быть фиксированная для микроорганизмов температура. Внутри реактора находится миксер, предназначенный для полного перемешивания содержимого реактора. Создаются условия для устранения плавающих слоев или осадка.

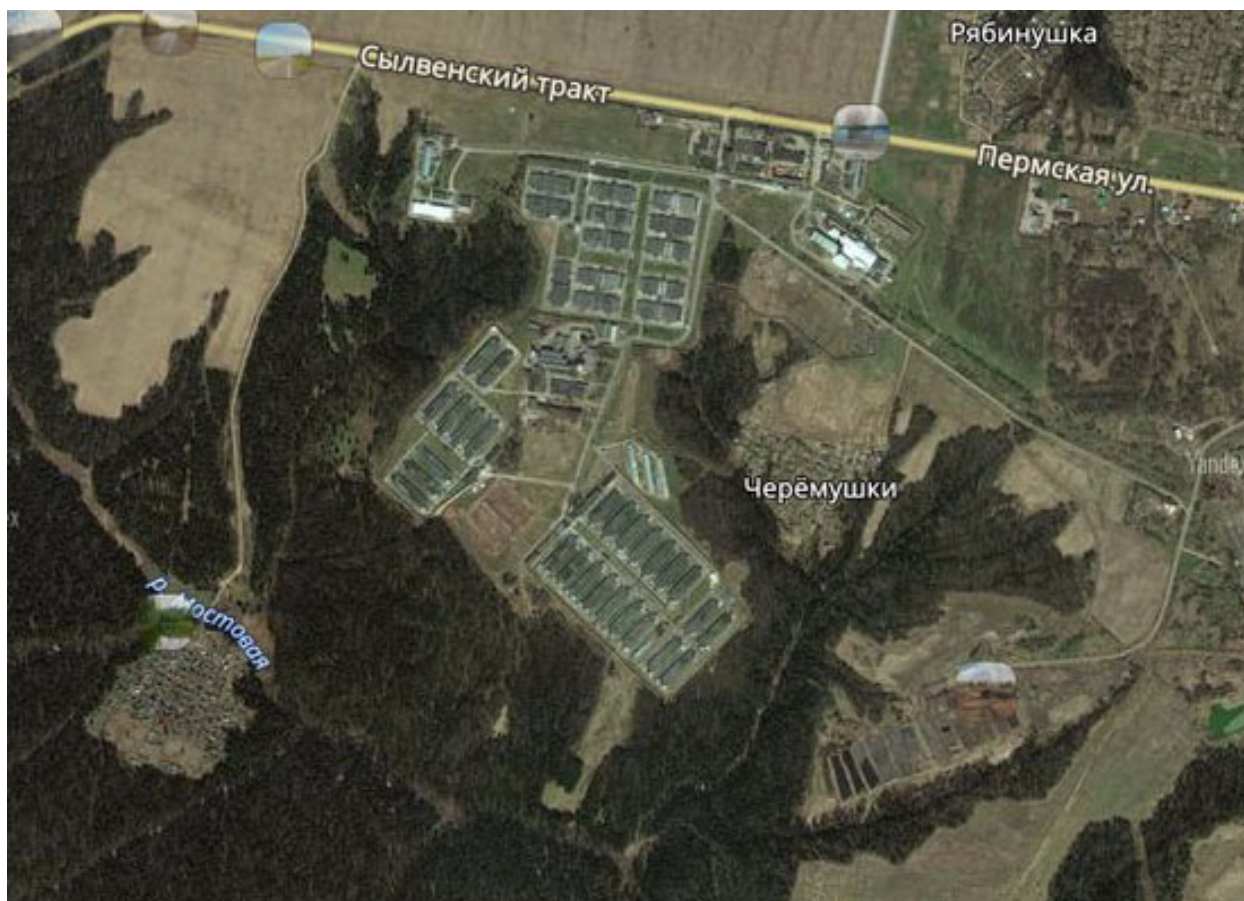
Микроорганизмы должны быть обеспечены всеми необходимыми питательными веществами. Свежее сырьё должно подаваться в реактор небольшими порциями несколько раз в день. Среднее время гидравлического отстаивания внутри реактора (в зависимости от субстратов) 20- 40 дней. На протяжении этого времени органические вещества внутри биомассы метаболизируются (преобразовываются) микроорганизмами. На выходе установки образуется два продукта: биогаз и субстрат (компостированный и жидкий).

Биогаз сохраняется в емкости для хранения газа газгольдере, в котором выравниваются давление и состав газа. Из газгольдера идет непрерывная подача газа в газовый двигатель генератор. Здесь уже производится тепло и

электричество. При необходимости биогаз дочищается до природного газа (95% метана) после такой очистки, полученный газ - аналог природного газа (90-95 % метана CH_4). Отличие только в его происхождении.

2. Проблема утилизации помета АО «Птицефабрика Пермская»

Предметом моего изучения является предприятие Птицефабрика Пермская. Предприятие располагается на въезде в поселок Сылва, в двух километрах от основной заселенной части(рис.2).



Р

Рис.2

«Птицефабрика Пермская» начала работу 26 февраля 1981 года и быстро стала крупнейшим комплексом по производству мяса бройлеров и продукции его переработки в регионе. Это звание принадлежит ей и до сих пор. На предприятии выращивают в среднем 2 млн. бройлеров. Бройлеры выращиваются до 38-39 дней и поступают на убой. Основное производство включает в себя 2 зоны корпусов-птичников (всего 40 птичников), из них 13 корпусов (клетка), 9 корпусов зоны бройлеров №1 (напольники), 18 корпусов зоны бройлеров №2 (напольники). Каждый корпус обогревается за счет газогенераторов (по 12 газогенераторов в корпусах-напольниках, по 20 – в корпусах-клетка).

Кроме основной площадки птицефабрика имеет помехохранилище, расположенное в 500 м к юго-востоку, и очистные сооружения, которые расположены на расстоянии 3 км. к западу вдоль автодороги Пермь-Сылва. Помехохранилище расположено в 500 метрах юго-восточней от зоны бройлеров, площадью 4 га, состоит из 9-ти карт : 7 карт вместимостью по 3000 куб.м. (размер каждой карты 90 х. 22 х. 1,5 м) и 2 карты вместимостью по 1000 куб. м. Помехохранилище имеет бетонное водонепроницаемое покрытие и земляную обваловку. Ежедневно на помехохранилище поступает 150-180 тонн помета.

Сточные воды после птицефабрики поступают на биологические очистные сооружения, мощностью 4,4 тыс. м³ сутки. Сброс очищенных сточных вод с годовым объёмом сточных вод – 1075,39 тыс. м³/год осуществляется в реку Песьянка, левый приток реки Большая Вороновка на основании Решения о предоставлении водного объекта в пользование № 59-10.01.01.009-Р-РСВХ-С-2016-04387/00 от 26.08.2016 на срок до 23.06.2021 года и Разрешения на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду № 03-02-0330 от 10 октября 2016 года. Очистные сооружения, находящиеся на балансе предприятия принимают и обезвреживают сточные воды всего посёлка Сылва. Используемый метод очистки – механический и биологический. Осадок после очистки стоков поступает на иловые площадки (4 ед) вместимостью 4600 куб.м. каждая. После полного обезвреживания осадки используются на полях предприятия, что допускается санитарными требованиями (п.6.8. СанПиН 2.1.7.573-96).

2.1. Технология работы с пометом и производство компоста

2.1.1. Удаление помета из цехов

На участок помехранилища помет поступает с трёх технологических площадок – двух напольного откорма бройлеров и одной клеточного откорма бройлеров.

На площадке клеточного откорма бройлеров для содержания птиц используется комплект клеточных батарей. Сухой способ удаления помета с ленточных транспортеров и nipple-система поения птиц исключает разбавление помета водой. С транспортеров помет попадает в бетонированные приемки – заглубленные емкости, примыкающие к цеху, где скапливается большое количество воды – талые снеговые и дождевые воды. Из приемков с помощью МЖТ-10 (МЖТ-10 механизм для внесения жидких органических удобрений – предназначен для самозагрузки, транспортировки, перемешивания и сплошного поверхностного внесения жидких органических удобрений (рис.3)).

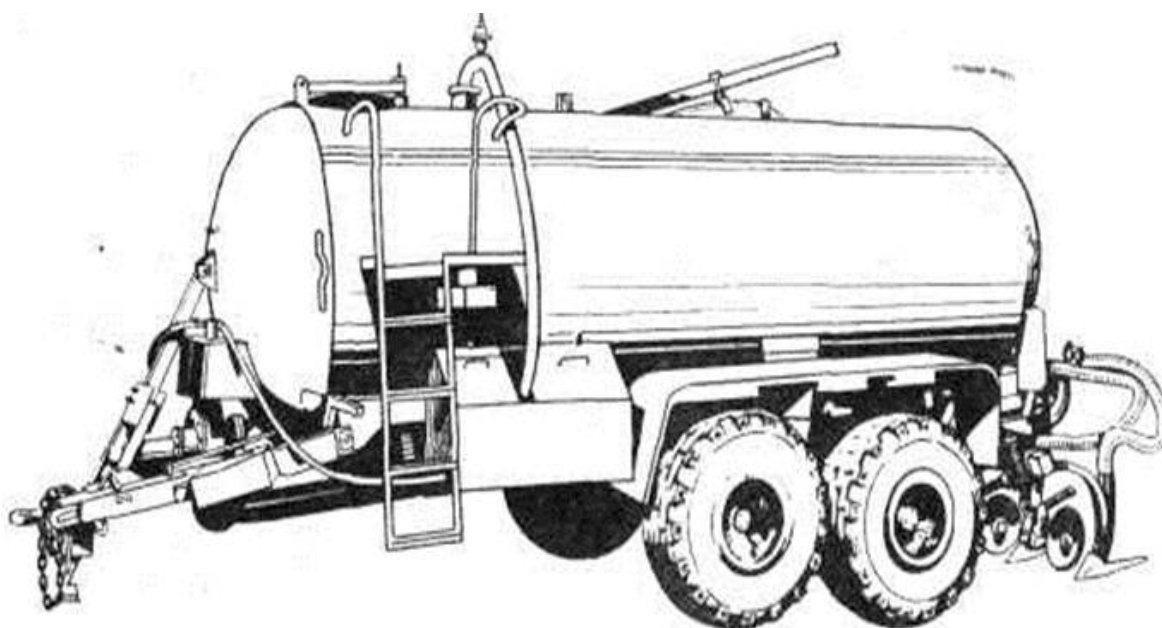


Рис.3

Откачиваются жидкие фракции, после чего помет с помощью погрузчика, оснащенного ковшом, перегружается в тракторную тележку, агрегируемую с трактором, и вывозится на помехранилище.

При напольном выращивании птиц на площадках напольного откорма бройлеров в качестве подстилки используется древесный опил, который меняется после каждой партии. В процессе выращивания птицы помет перемешивается с подстилкой, что улучшают условия его дальнейшего компостирования. При выселении птицы подстилочный помет собирается с помощью бульдозера, погрузчиком загружается в тракторную телегу и вывозится на помехранилище. При перевозке телега кроется брезентом, чтобы помет не распылялся.

Каждая поступившая партия помета отмечается на помехранилище в журнале: номер, масса нетто, дата отгрузки. Помет используется для производства пометно-опилочного компоста. Компост требует дальнейшей утилизации. Ежегодно с птицефабрики на поля в качестве органического удобрения поступает около 40 тысяч тонн компоста. Птицефабрика не может утилизировать его полностью этим способом в связи с недостатком земель, предназначенных для сельскохозяйственных производств. Сюда же накладывается труднодоступность полей в осеннюю и весеннюю распутицу, а также дороговизна самого процесса вывоза удобрения, в том числе в соседние сельскохозяйственные предприятия или на их продажу частным лицам.

По этой причине навоз складывают под открытым небом на площадках помехранилища.

Таким образом, часть помета, которая не поступает на поля в качестве органического удобрения, наиболее целесообразно использовать в качестве сырья для получения биогаза, а далее для отопления всей птицефабрики. Это бы способствовало сокращению расходов на отопление.

3. Исследовательская часть.

В ранее приведенных нами исследованиях для анализа состава биогаза был использован метод инфракрасной спектроскопии. При этом было надежно доказано присутствие в продукте углекислого газа по характерной полосе поглощения на частоте **2280 см⁻¹**, тогда как аналогичным методом присутствие метана надежно доказано не было. Это противоречило многочисленным литературным данным о составе биогаза, где присутствие метана являлось главной целью осуществления процесса. С другой стороны имеются сведения о том, что брожение помета происходит не так, как других видов биологических отходов, и это мы связывали с особенностями кормления и поения птицы, в рацион которых вводят антибиотики для профилактики заболеваний и которые могли убивать метанобразующую микрофлору.

В связи с этим нами поставлена задача исследовать состав образующегося биогаза, полученного в результате брожения помета птицы, содержащейся на птицефабрике «Пермская» и получающей в свой рацион антибиотики, и биогаза брожения помета домашней птицы.

3.1. Разработка методики хроматографического анализа биогаза.

Для исследования состава биогаза нами был выбран хроматографический метод анализа, который чаще всего используется для этих целей. Нами был использован хроматограф ЛХМ-8МД, основные параметры методики: сорбент, длина колонки, газ-носитель были выбраны из литературных источников[4]. Данный тип хроматографа оснащен детектором теплопроводности-катарометром, ток накала нитей которого составлял 100мА. Длина колонки 1 метр, сорбентом служили молекулярные сита СаА, газ-носитель - гелий. Предварительно колонку готовили к работе, пропуская через нее гелий при температуре 250° в течение 24 часов. Работоспособность методики определили по ее способности делить азот и кислород, при этом качество разделения и форма получаемых пиков зависели от температуры. Вид хроматограмм, полученных для температур 40,60,70° приведены на рисунках 4,5,6. При температуре 40° пики азота и кислорода имеют размытые формы, не пригодные для проведения расчетов. При температуре 70° неудовлетворительными является качество разделения пиков вследствие их наложения. Оптимальной признана температура 60°, при которой происходит наиболее полное разделение пиков, которые при этом имеют форму равносторонних треугольников.

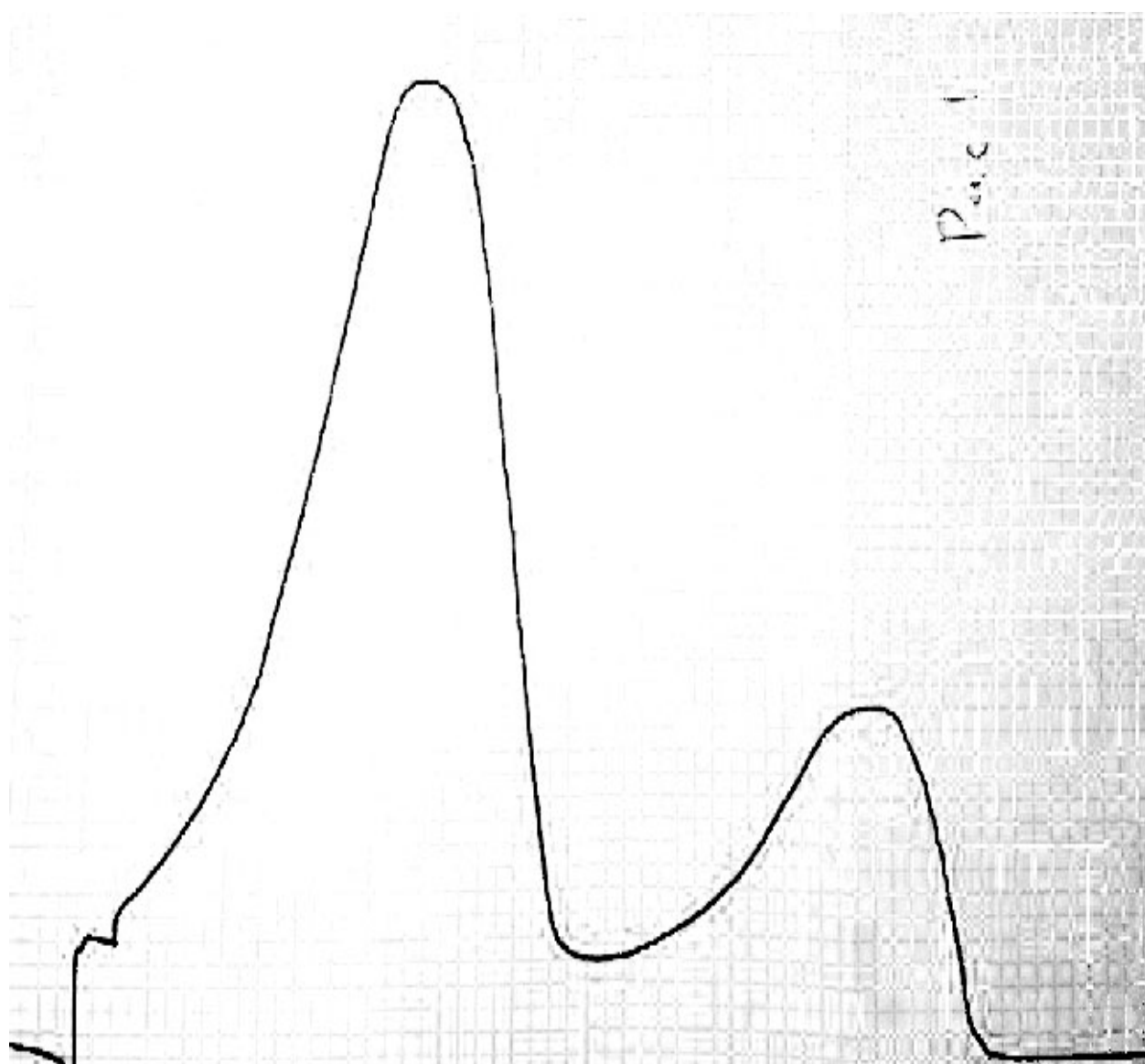


Рис.4

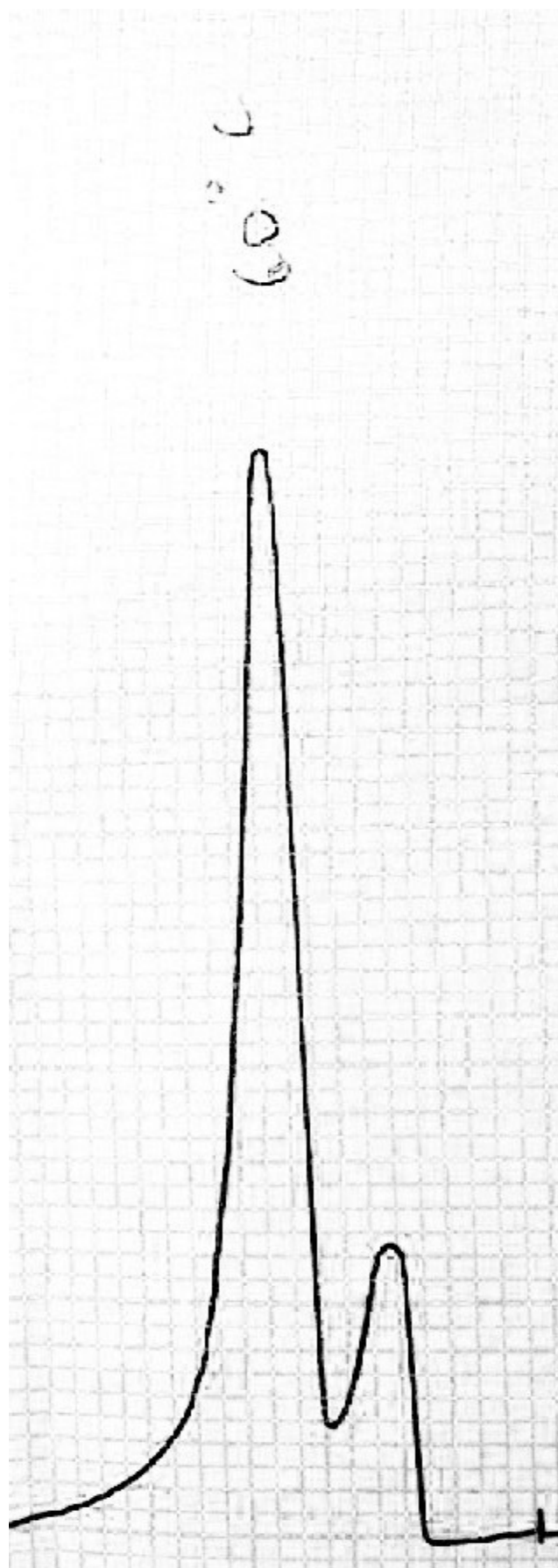


Рис.5

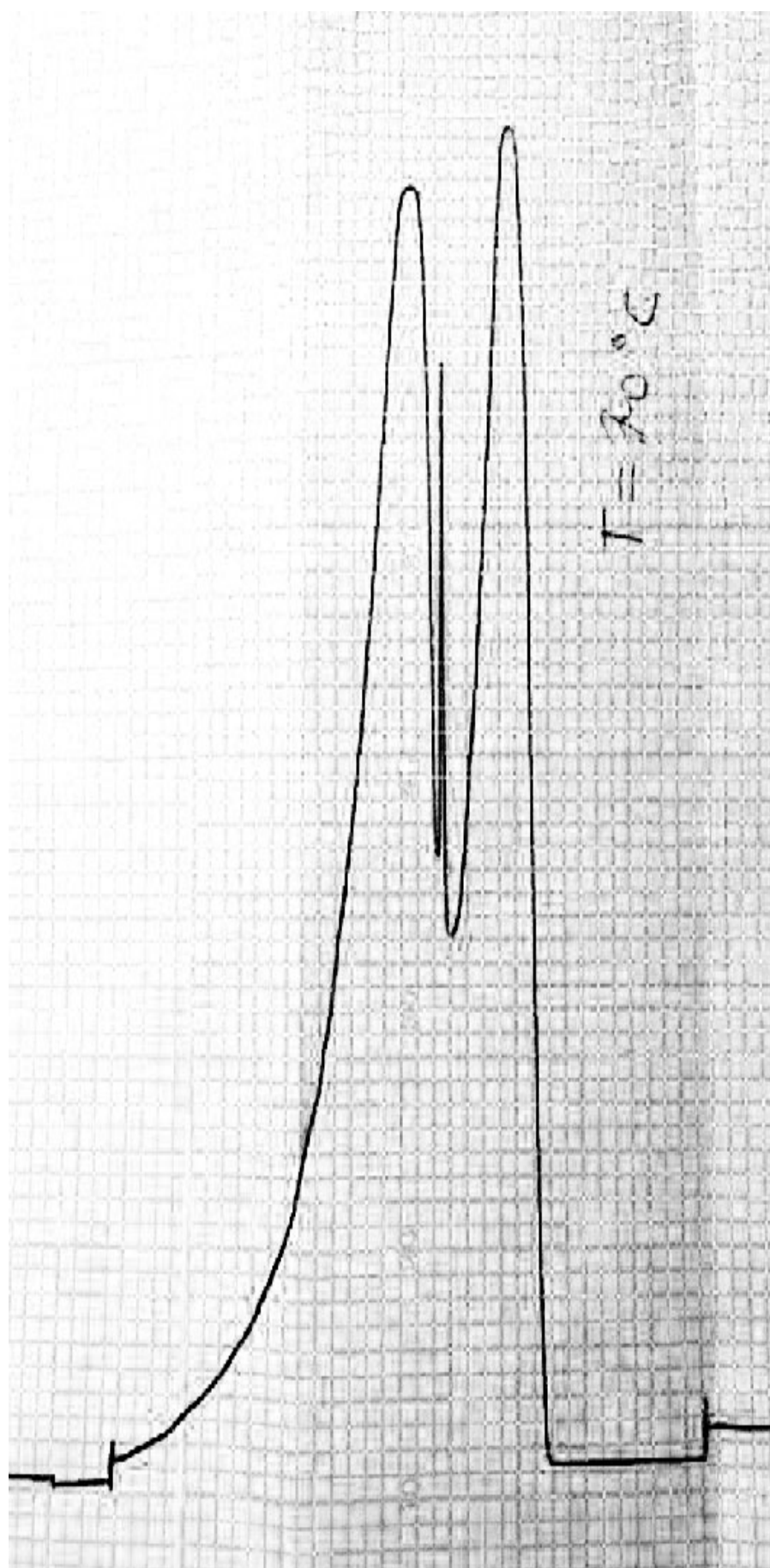


Рис.6

При этих условиях был произведен анализ модельной воздушно-метановой смеси. Вид полученной хроматограммы показан на рисунке 7, из которого следует, что данная методика позволяет фиксировать присутствие метана в образующемся биогазе.

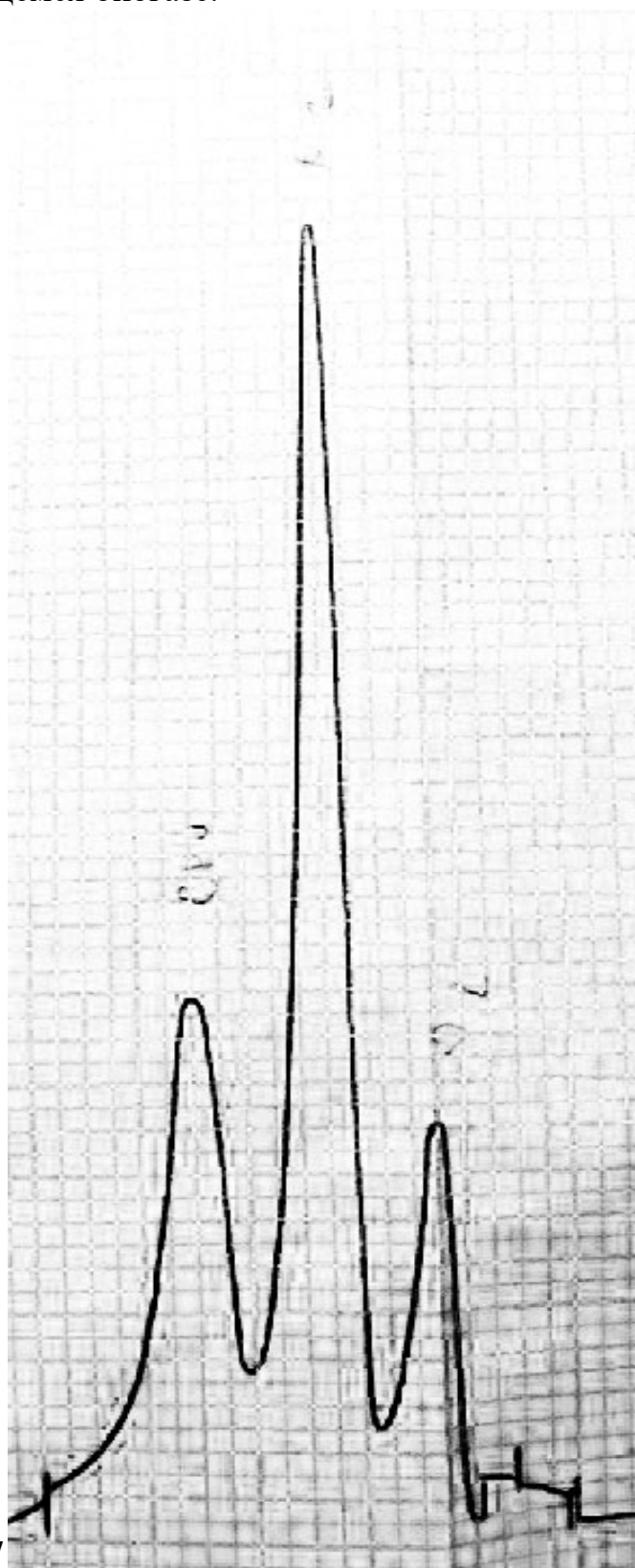


Рис.7

3.2. Методика эксперимента.

Для получения газообразных продуктов и изучения их состава использовали собранную нами лабораторную установку, схема которой представлена на рисунке 8.

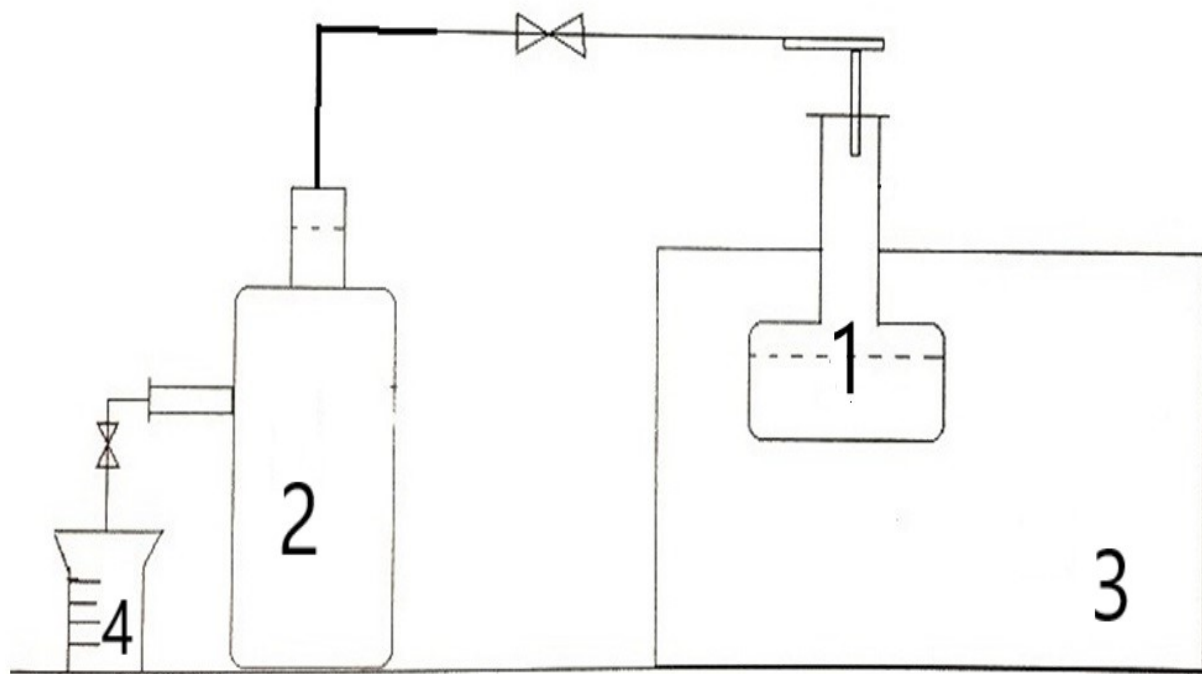


Рис.8

1.Колба Вюрца.

2.Емкость для сбора газа.

3.Термостат.

4.Мерная емкость.

Брожению подвергались образцы птичьего помета кур, содержащихся в условиях птицефабрики «Пермская», и домашних кур. Поскольку первые получали в качестве добавок в корма и питье антибиотики, а вторые нет, то присутствие антибиотиков в помете могло оказать влияние на процесс брожения.

Порцию помета (70-80 граммов) помещали в колбу Вюрца 1, используемую в качестве реактора, выход из которой шлангом соединяли со входом в емкость с нижним тубусом 2. Колбу Вюрца помещали в термостат 3, позволявший с высокой точностью (до $0,1^{\circ}$) поддерживать постоянную температуру процесса брожения, которая составляла 60° . Процесс газообразования стимулировали созданием разряжения в реакторе за счет истечения воды из емкости 2, при этом замеренный объем вытекшей жидкости соответствовал объему образовавшегося газа. Предварительно установка была проверена на герметичность.

Состав образующихся газов анализировали методом газо-жидкостной хроматографии с использованием хроматографа ЛХМ-8МД. Вид хроматограммы стандартной смеси представлен на рисунке 7. Условия хроматографирования: колонка длиной 1 м заполнена молекулярными ситами СаА, температура анализа 60° , ток накала нитей катарометра 100мА, газ-носитель гелий.

3.3. Полученные результаты и их обсуждение.

Методом газо-жидкостной хроматографии проанализировали состав газов брожения помета птицы, содержащейся в условиях птицефабрики и домашней птицы. Хроматограммы газообразных продуктов представлены на рисунках 9,10,11, из которых следует, что метан в обоих случаях отсутствует, что подтверждает результаты предыдущих исследований.

В то же время ранее проведенными исследованиями было заявлено, что продуктами брожения являются азот и углекислый газ. Присутствие последнего надежно доказано инфракрасными спектрами, где углекислота имеет характерную полосу поглощения на частоте **2280 см⁻¹** (рисунок 12). Образование азота вызывало сомнение, поскольку данные хроматографии были неубедительными.

Нами были проведены исследования динамики изменения состава газа, образующегося при брожении, на содержание азота. Поскольку реактор не был продут инертным газом, его свободный объем был заполнен воздухом. По мере образования предполагаемого азота его содержание относительно кислорода должно было бы меняться. Результаты экспериментов приведены в таблице 1, из которой следует, что соотношение концентраций кислорода и азота не меняется и, следовательно, азот в процессе брожения обоих видов помета не образуется.

Номер пробы	Концентрация газов	
	Азот	Кислород
Проба №1	78%	22%
Проба №2	78%	22%
Воздух	79%	21%

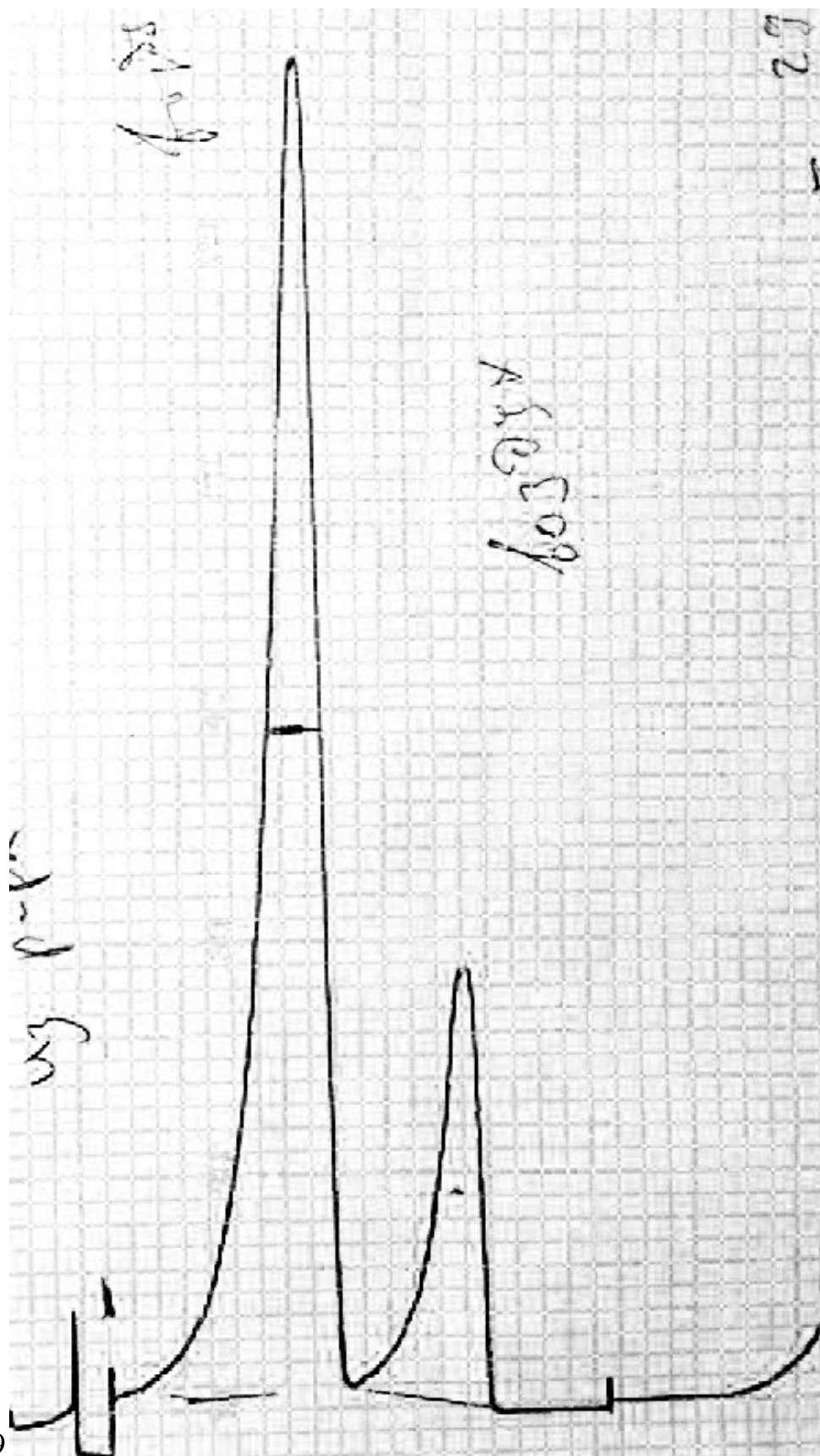


Рис.9

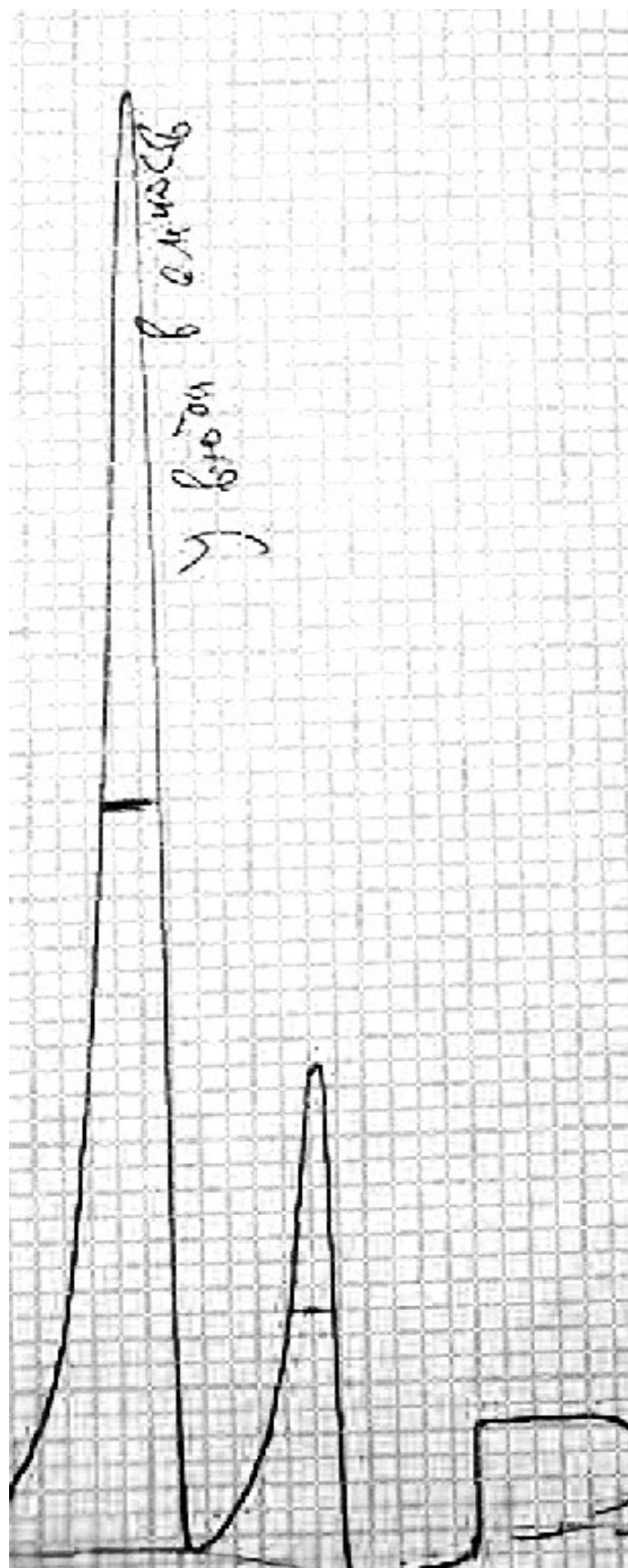


Рис.10

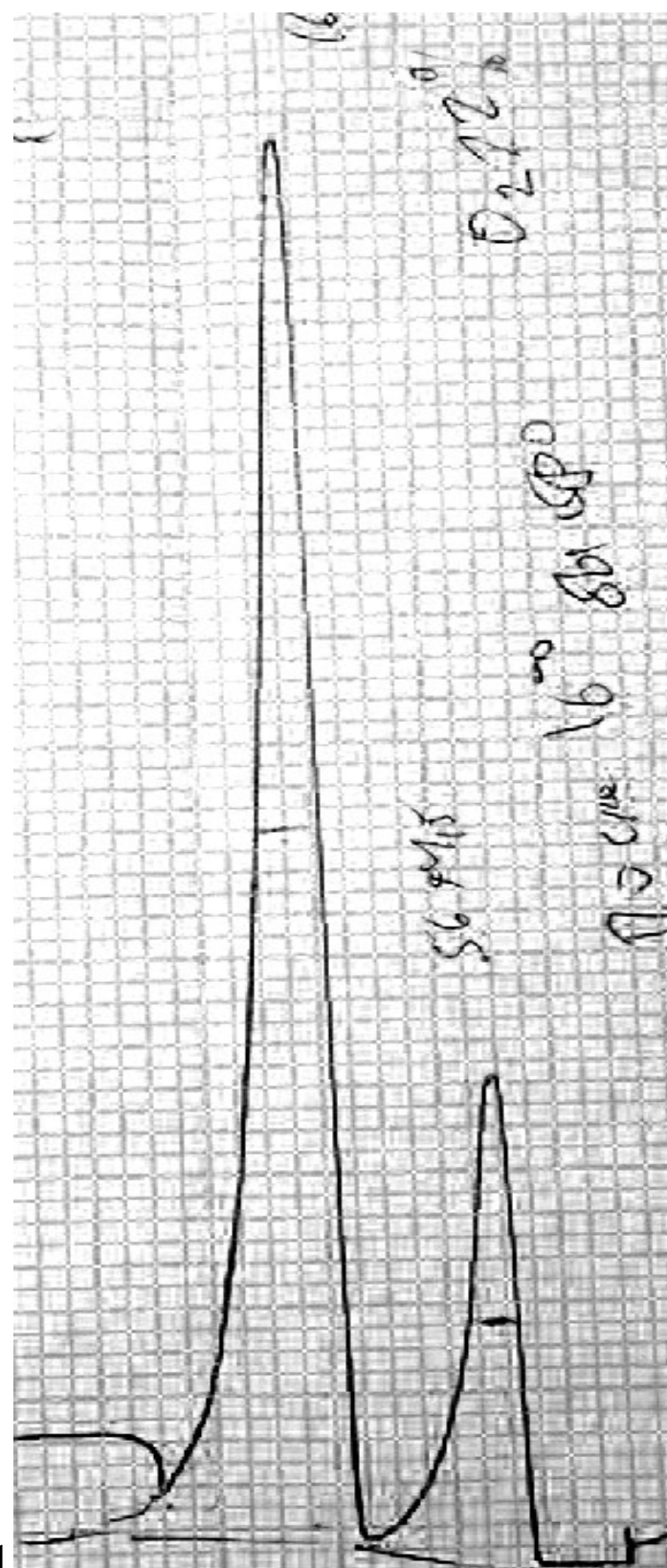


Рис.11

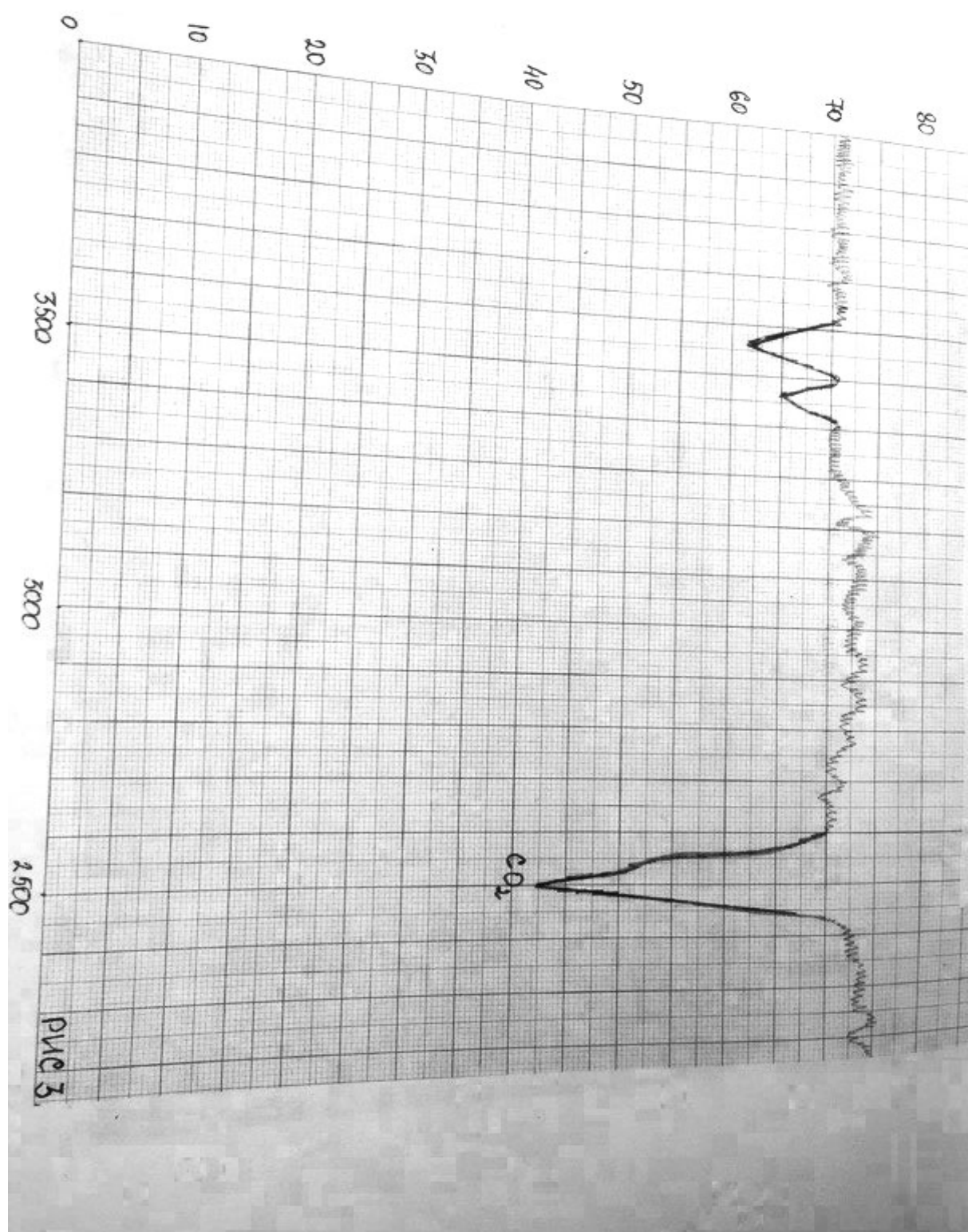


Рис.12

Заключение

1. На основании анализа литературных данных, а также данных обследования птицефабрики «Пермская», показана целесообразность переработки ежесуточно образующегося помета в биогаз.
2. Отработана методика хроматографического анализа газовых смесей, содержащих кислород, азот и метан.
3. Собрана экспериментальная установка для проведения эксперимента по получению биогаза из различных видов органического сырья.
4. Экспериментально доказано отсутствие азота в составе образующегося биогаза вне зависимости от присутствия в помете остатков антибиотиков, получаемых при выращивании птицы в условиях птицефабрики, или их отсутствия в помете домашней птицы.

Список литературы

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика.
2. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире.
3. Осадчий Г.Б. Индивидуальная биогазовая установка
4. Анваер Б.И., Другов Ю.С. Газовая хроматография неорганических веществ. М., «Химия», 1976г.