

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Биогазовые технологии переработки сельскохозяйственных отходов III и IV классов опасности в биоудобрения</b> |

УДК 661.52:60:636/639:658.567.1

Студент

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Людмила Анатольевна |         |      |

Руководитель

| Должность           | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой | Романенко С.В. | Д.Х.Н.                 |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Баннова К.А. | К.Э.Н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Сечин А.А. | К.Т.Н.                 |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|------------------------|---------|------|
| ЭБЖ           | Романенко С.В. | Д.Х.Н.                 |         |      |

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения

| Код результата                      | Результат обучения<br>(выпускник должен быть готов)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон                                                                                                            |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                     |
| P1                                  | Применять глубокие математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания при осуществлении изысканий и инновационных проектов создания и оптимизации методов и средств обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий                                                                                                                                             | Требования ФГОС (ПК-1–4, 6; ОПК-1–3, 5; ОК-4), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                               |
| P2                                  | Создавать и использовать на основе глубоких и принципиальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии по защите человека в техносфере, а также для повышения надежности и устойчивости технических объектов, поддержания их функционального назначения в условиях жестких экономических, экологических, социальных и других ограничений                                                                                           | Требования ФГОС (ПК-5, 7; ОПК-1–3, 5; ОК-5, 6), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P3                                  | Проводить инновационные инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения                               | Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-9, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                |
| P4                                  | Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок                                          | Требования ФГОС (ПК-14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 8), Критерий 5 АИОР (п.1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                        |
| P5                                  | Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности, анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта | Требования ФГОС (ПК-19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (пп.1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                |

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P6                                | Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой | Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI             |
| <b>Общекультурные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                        |
| P7                                | Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента, в том числе международного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности                | Требования ФГОС ВО (ОК-7, ОК-8; ОПК-1–3, 5; ПК-4, ПК-6). Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEAN |
| P8                                | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов инновационной инженерной деятельности                                                                                                        | Требования ФГОС (ОК-4–6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                 |
| P9                                | Эффективно работать индивидуально, а также в качестве руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам                                               | Требования ФГОС (ОК-1-3, 8; ОПК-1–4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI             |
| P10                               | Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности                                                                                                                   | Требования ФГОС (ОК-4, 5; ОПК-2–3; ПК-18, 19), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI     |
| P11                               | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                           | Требования ФГОС (ОК-2–4), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                                 |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Романенко С. В.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО                          |
|--------|------------------------------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Людмила Анатольевна |

Тема работы:

Биогазовые технологии переработки сельскохозяйственных отходов III и IV классов опасности

Утверждена приказом директора ЭБЖ

Приказ № 1290/с от 1.03.17

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Исходные данные к работе</b>                                               | Объектом исследования являются биоудобрения получаемые в процессе анаэробного сбраживания сельскохозяйственных отходов при использовании термофильного режима в биогазовой установке.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>– обзор литературы по теме исследования;</li><li>– изучение технологического процесса протекающего в экспериментальной биогазовой установке;</li><li>– анализ свойств, качества биоудобрений получаемых при термофильном режиме сбраживания;</li><li>– проведение экспериментальной работы по определению влияния биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур;</li><li>– оценка эффективности полученных</li></ul> |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                    | <p>результатов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка рекомендаций по использованию биодобровений в сельском хозяйстве;</li> <li>– финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– социальная ответственность;</li> <li>– выводы.</li> </ul> |
| <b>Перечень графического материала</b>                                                             | Презентация                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Раздел</b>                                                                                      | <b>Консультант</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>                             | <i>к.э.н, ассистент кафедры менеджмента Баннова К. А.</i>                                                                                                                                                                                                                                  |
| <i>Социальная ответственность</i>                                                                  | <i>к.т.н., доцент Сечин А. А.</i>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>«На немецком языке»</i>                                                                         | <i>к.п.н., доцент Плеханова М.В.</i>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Литературный обзор                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность           | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой | Романенко С.В. | д.х.н                  |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО           | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Л.А. |         |      |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования магистратура  
Кафедра Экологии и безопасности жизнедеятельности  
Период выполнения \_\_\_\_\_ весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

**Магистерская диссертация**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                                                                         | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 26.03.17      | Литературный обзор по теме исследования                                                                                       | 10                                 |
| 03.04.17      | Анализ свойств и качества объекта исследования                                                                                | 10                                 |
| 18.04.17      | Проведение экспериментальной работы по определению влияния биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур | 20                                 |
| 24.04.17      | Оценка эффективности полученных результатов                                                                                   | 20                                 |
| 06.05.17      | Разработка рекомендаций по использованию биоудобрений в сельском хозяйстве                                                    | 20                                 |
| 15.05.17      | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                                               | 10                                 |
| 30.05.17      | Социальная ответственность                                                                                                    | 10                                 |

Составил преподаватель:

| Должность           | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой | Романенко С.В. | д.х.н.                 |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. кафедрой | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|------------------------|---------|------|
| ЭБЖ           | Романенко С.В. | д.х.н.                 |         |      |

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО                          |
|--------|------------------------------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Людмила Анатольевна |

| Институт            | неразрушающего контроля | Кафедра                   | Экологии и безопасности жизнедеятельности |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| Уровень образования | магистратура            | Направление/специальность | Техносферная безопасность                 |

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с информацией, представленной в российских научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           |                                                                                                                                                                       |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 27,1 %.                                                                                                                |

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|                                                                                                             |                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ                                                     | Оценка конкурентоспособности и готовности проекта к коммерциализации.                                                     |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта                                                            | Определение целей, результатов, организационной структуры, контрольных событий, ограничений и допущений НТИ.              |
| 3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, построение диаграммы Ганта, формирование бюджета НТИ. |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности                                           | Определение социальной эффективности проекта, сравнительный анализ интегральных показателей эффективности.                |

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| 1. Сегментирование рынка                            |
| 2. Оценка конкурентоспособности технических решений |
| 3. Иерархическая структура работ по исследованию    |
| 4. Матрица SWOT                                     |
| 5. График проведения и бюджет НТИ                   |
| 6. Матрица ответственности                          |
| 7. Потенциальные риски                              |

## Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

|  |
|--|
|  |
|--|

## Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Баннова К.А. | к.э.н.                 |         |      |

## Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО           | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Л.А. |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                   |
| 1EM51         | Асипкина Людмила Анатольевна |

|                            |                                |                                  |                                                  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Институт</b>            | <b>неразрушающего контроля</b> | <b>Кафедра</b>                   | <b>Экологии и безопасности жизнедеятельности</b> |
| <b>Уровень образования</b> | <b>Магистратура</b>            | <b>Направление/специальность</b> | <b>Техносферная безопасность</b>                 |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

#### 1. Характеристика объекта исследования и области его применения

Объектом исследования являются биоудобрения, получаемые в процессе работы экспериментальной биогазовой установки, которые будут проанализированы на содержание элементов питания, а также будет проведен эксперимент по определению влияния жидких биоудобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Местом проведения лабораторных исследований является аудитория № 256 ТПУ.

Область применения биоудобрений – биоудобрения предназначены для применения в сельскохозяйственном производстве, садоводстве, цветоводстве, лесном, городском хозяйствах, на приусадебных участках в целях повышения плодородия почв, урожайности, качества продукции растениеводства, благоустройства, озеленения территорий, в том числе рекреационных.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

#### 1. Профессиональная социальная безопасность

##### 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования:

– биоудобрения относят к малоопасным, практически не опасным веществам (5 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76).

##### 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований:

- электромагнитное излучение;
- воздействие шума;
- недостаточное освещение рабочей зоны;
- микроклимат;
- статистические физические нагрузки;
- опасность поражения электрическим током.

##### 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

- методы и средства индивидуальной и коллективной защиты для минимизации воздействия фактора;
- обеспечение требований безопасности по шуму и вибрации;
- обеспечение гигиенических требований к микроклимату производственных помещений;
- обеспечение требований по электробезопасности;
- обеспечение требований к искусственному и естественному освещению.

#### 2. Экологическая безопасность:

##### 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

– воздействие на литосферу, атмосферу, гидросферу не происходит.

##### 2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

- бытовые отходы;
- отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.

##### 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

- планирование сбора отходов;
- обращение с образующимися отходами.

#### 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

##### 3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

– согласно ГОСТ 33380-2015 биоудобрения, получаемые в процессе работы биогазовой установки пожаровзрывобезопасны.

##### 3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

– наиболее вероятной ЧС является пожар вследствие короткого замыкания или нарушения требований пожарной безопасности.

##### 3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС:

- профилактические мероприятия;
- первичные средства пожаротушения;
- ознакомление работающих в лаборатории с планом эвакуации

#### 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

##### 4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

– правовые нормы трудового законодательства, регулирующие соблюдение безопасности при работе в производственных помещениях.

4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя  
– использовать оборудование и мебель согласно эргономическим требованиям.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Сечин А. А. | к.т.н.                    |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО            | Подпись | Дата |
|--------|----------------|---------|------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Л. А. |         |      |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 140 стр., содержит 31 рис., 37 табл., 56 источников, 1 прил.

Ключевые слова: биогазовые технологии, сельскохозяйственные отходы, биоудобрения, анаэробное сбраживание, термофильный режим, применение биоудобрений.

Объектом исследования являются биоудобрения.

Цель работы – исследование биогазовых технологий переработки сельскохозяйственных отходов для получения биоудобрений и разработка рекомендаций по их использованию.

В процессе исследования проводились: экспериментальные исследования по определению качества и свойств биоудобрений, а также по определению влияния биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур, разработка рекомендаций по их использованию.

В результате исследования: проведены экспериментальные исследования по определению качества и свойств биоудобрений, а также по определению их влияния на продуктивные качества сельскохозяйственных культур, разработаны рекомендации по использованию биоудобрений.

Область применения: сельское хозяйство.

Экономическая эффективность/значимость работы: материалы, представленные в данной работе, позволят использовать биогазовые технологии для получения высокоэффективных биоудобрений, тем самым снизить негативное воздействие сельскохозяйственных отходов на окружающую среду, уменьшить местное загрязнение воздуха и повысить качество выращиваемых культур, а также плодородие почв.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                  | 15 |
| 1. Литературный обзор .....                                                                                                                    | 18 |
| 1.1. Классификация отходов сельского хозяйства и их влияние на<br>окружающую среду.....                                                        | 18 |
| 1.2. Способы переработки и утилизации сельскохозяйственных отходов....                                                                         | 21 |
| 1.2.1. Технологии переработки птичьего помета .....                                                                                            | 21 |
| 1.2.2. Технологии переработки полужидкого и подстилочного навоза .....                                                                         | 23 |
| 1.2.3. Технологии переработки жидкого навоза .....                                                                                             | 25 |
| 1.3. Анаэробная утилизация сельскохозяйственных отходов в биогазовых<br>установках.....                                                        | 28 |
| 1.4. Биогазовые технологии за рубежом .....                                                                                                    | 31 |
| 1.5. Биогазовые технологии в России.....                                                                                                       | 34 |
| 1.6. Рынок органоминеральных удобрений .....                                                                                                   | 38 |
| 1.7. Анализ данных по потенциалу биомассы для применения в биогазовых<br>установках Томской области .....                                      | 40 |
| 1.7.1. Краткая характеристика Томской области .....                                                                                            | 40 |
| 1.7.2. Общая характеристика предприятий Томской области по<br>возможности использования отходов производства в биогазовых<br>технологиях ..... | 42 |
| 2. Материал и методика.....                                                                                                                    | 46 |
| 2.1. Статистические методы оценки эксперимента.....                                                                                            | 48 |
| 3. Технология получения и изучение свойств биоудобрений .....                                                                                  | 52 |
| 3.1. Описание экспериментальной биогазовой установки .....                                                                                     | 52 |
| 3.1.1. Характеристики биогазовой установки.....                                                                                                | 52 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.2. Общая технологическая схема .....                                                                        | 52 |
| 3.1.3. Подготовка и накопление субстрата.....                                                                   | 54 |
| 3.1.4. Сбраживание субстрата и сбор удобрения.....                                                              | 55 |
| 3.1.5. Сбор и очистка биометана .....                                                                           | 57 |
| 3.2. Проверка качества удобрения, получаемого на биогазовой установке ....                                      | 58 |
| 3.3. Результаты эксперимента.....                                                                               | 60 |
| 3.4. Рекомендации по использованию биоудобрений.....                                                            | 71 |
| 3.4.1. Основные свойства и характеристика биоудобрений получаемых при термофильном сбраживании.....             | 71 |
| 3.4.2. Способы и нормы применения биоудобрений по периодам вегетации и видам сельскохозяйственных культур ..... | 76 |
| 3.4.3. Использование биоудобрений в качестве кормовой добавки.....                                              | 82 |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....                                         | 85 |
| 4.1. Предпроектный анализ .....                                                                                 | 85 |
| 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....                                                 | 85 |
| 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....         | 86 |
| 4.1.3. SWOT-анализ .....                                                                                        | 88 |
| 4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....                                                       | 89 |
| 4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....                               | 91 |
| 4.2. Инициация проекта.....                                                                                     | 92 |
| 4.2.1. Цели и результат проекта.....                                                                            | 92 |
| 4.2.2. Организационная структура проекта.....                                                                   | 93 |
| 4.2.3. Ограничения и допущения проекта .....                                                                    | 94 |
| 4.3. Планирование управления научно-техническим проектом .....                                                  | 94 |
| 4.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....                                                               | 94 |
| 4.3.2. Контрольные события проекта.....                                                                         | 95 |

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.3. План проекта .....                                                                                                          | 96  |
| 4.3.4. Бюджет научного исследования.....                                                                                           | 98  |
| 4.3.5. Организационная структура проекта.....                                                                                      | 103 |
| 4.3.6. Реестр рисков проекта .....                                                                                                 | 103 |
| 4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... | 104 |
| 4.4.1. Определение социальной эффективности проекта .....                                                                          | 104 |
| 4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования.....                                                                        | 104 |
| 4.5. Расчет выделений загрязняющих веществ в атмосферу от навозохранилища свиного комплекса «Томский» .....                        | 107 |
| 4.5.1. Определение платы за выбросы.....                                                                                           | 110 |
| 5. Социальная ответственность .....                                                                                                | 113 |
| 5.1. Профессиональная социальная безопасность.....                                                                                 | 113 |
| 5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....                                          | 113 |
| 5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....                  | 114 |
| 5.1.3. Освещенность .....                                                                                                          | 115 |
| 5.1.4. Шум .....                                                                                                                   | 117 |
| 5.1.5. Микроклимат .....                                                                                                           | 119 |
| 5.1.6. Психофизиологические факторы.....                                                                                           | 120 |
| 5.1.7. Электромагнитное излучение .....                                                                                            | 122 |
| 5.1.8. Электробезопасность .....                                                                                                   | 123 |
| 5.2. Экологическая безопасность.....                                                                                               | 124 |
| 5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....                                                               | 124 |
| 5.2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....                                                               | 125 |
| 5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....                                                                                   | 126 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....                                  | 126 |
| 5.3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований .....              | 126 |
| 5.3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС ..... | 126 |
| 5.3.4. Действия при возникновении пожара .....                                                                    | 127 |
| 5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                                            | 128 |
| 5.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства .....                                                | 128 |
| 5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....                                | 129 |
| Выводы .....                                                                                                      | 131 |
| Список публикаций студента .....                                                                                  | 134 |
| Список использованных источников .....                                                                            | 135 |
| Приложение А .....                                                                                                | 141 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Агропромышленный комплекс России на данный период времени сталкивается с проблемой утилизации огромного количества отходов. В основном сельскохозяйственные отходы просто вывозятся с территорий ферм и складываются, что приводит к проблемам окисления и заражения почв, отчуждению сельскохозяйственных земель, загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана.

В Законе РФ «Об охране окружающей среды», в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления», в задачах, поставленных Указом Президента РФ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», установлена стратегия по решению вопросов охраны окружающей среды на данном этапе развития научно-технического прогресса. Осуществление программы связано с организацией экологически безотходного и безопасного производства, расширением ресурсных возможностей за счет внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, которые позволяют рационально использовать первичные сырьевые ресурсы, комплексно перерабатывать вторичные сырьевые ресурсы с превращением их в новые полезные продукты с максимальным сохранением в них баланса ценных компонентов сырья.

Кроме того, для реализации Федерального закона РФ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», одной из наиболее актуальных и востребованных является биогазовая технология, использование, которой позволяет получать качественные экологически безопасные биоудобрения и кормовые биодобавки.

Получаемые с помощью биогазовых технологий биоудобрения принципиально отличаются от свежих отходов животноводства, органических

и минеральных удобрений механизмом воздействия на почву и растительность. За счет богатой микрофлоры биоудобрения реализуют механизм по обеспечению растений питательными веществами. Данные биоудобрения не содержат яиц гельминтов, патогенной микрофлоры, семян сорняков, нитратов и нитритов, а также специфических фекальных запахов, они безвредны для людей и животных, относятся к V классу опасности, а также их используют в качестве активных биодобавок для повышения эффективности кормов для животных.

Проводимые нами исследования позволят изучить возможности широкомасштабного использования биоудобрений с целью повышения плодородия земель, получения достаточно высоких урожаев полевых культур с хорошим качеством продукции. Это предопределяет необходимость всестороннего изучения структуры, свойств и качества биоудобрений получаемых в результате биогазовой технологии переработки сельскохозяйственных отходов III и IV классов опасности для последующего их лицензирования и освоения.

**Цель магистерской диссертации:** изучить биогазовые технологии переработки сельскохозяйственных отходов III и IV классов опасности в биоудобрения и разработать рекомендации по его использованию.

**Для выполнения цели были поставлены задачи:**

- составить литературный обзор;
- изучить технологию получения биоудобрений;
- исследовать свойства, качество биоудобрений получаемых при термофильном режиме сбраживания;
- провести экспериментальную работу по определению влияния биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур;
- разработать рекомендации по использованию биоудобрений в сельском хозяйстве.

**Научная новизна.** Впервые для Томской области на основе литературных источников, архивных данных и материалов практики изучены основные свойства биоудобрений получаемых с помощью биогазовой технологии переработки сельскохозяйственных отходов.

Проведена экспериментальная работа с целью определения влияния биоудобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур на примере ржи. Показано достоверное положительное влияние биоудобрений на рост, биомассу и величину всхожести используемой культуры.

Впервые для Томской области разработаны рекомендации по использованию биоудобрений по периодам вегетации и видам сельскохозяйственных культур, а также по их использованию в качестве кормовых добавок.

**Практическая значимость работы.** Материалы исследований могут применяться на сельскохозяйственных предприятиях Томской области: при выращивании различных культур, в виде кормовых добавок в рационы сельскохозяйственных животных. Разработаны научно обоснованные рекомендации по нормам и способам внесения биоудобрений под различные культуры.

## **1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

### **1.1. Классификация отходов сельского хозяйства и их влияние на окружающую среду**

Интенсификация сельского хозяйства, а также расширение территории сельскохозяйственных угодий приводят к росту количества отходов и их воздействия на компоненты окружающей среды.

Окружающую среду загрязняют несколько типов сельскохозяйственных отходов: органические отходы полеводства, животноводства, отходы перерабатывающих сельскохозяйственных производств, применяемые в полеводстве инсектициды и удобрения [1].

Животноводство дает большое количество отходов в виде навозной жижи, навоза и птичьего помета, а наибольшее количество отходов растительной массы в растениеводстве образуют зерновые культуры.

Сельскохозяйственные отходы можно классифицировать по следующим признакам, в соответствии с федеральным классификационным каталогом [2]:

- по источникам образования: растительные – стебли технических и зерновых культур, стебли и корзинки подсолнечника, картофельная мезга, стержни кукурузных початков, жмых, виноградные выжимки и др.; животные – кровь, молоко обезжиренное, навоз и др.;
- по агрегатному состоянию: твердые – лузга подсолнечная, солома, шелуха хлопковая, ростки солодовые, зародыш кукурузный, плодовоовощные и виноградные семена, кость и др.; пастообразные – навоз, меласса; жидкие – клеточный сок картофеля, кровь, молоко обезжиренное, пахта и т.д., а также газообразные отходы, к примеру, углекислота брожения;
- по направлениям последующего использования:

а) в качестве кормов в доработанном или сыром виде – ботва и солома сельскохозяйственных растений, сушеный и сырой, мезга кукурузная и картофельная, жмых, дробина пивная и т.д.;

б) в качестве сырья для производства продукции технического назначения (как сырье в смежных отраслях и для переработки) – солома, лузга подсолнечная, хлопковая шелуха, косточковая крошка и т.д.;

в) в качестве удобрений – птичий помет, навоз и т.д.;

г) в строительстве – стебли зерновых, хлопковая и подсолнечная лузга и т.д.;

д) в качестве топлива – остатки растительные, куриный помет, навоз, лузга подсолнечная, шрот и т.д.

– по степени негативного воздействия на окружающую среду: безопасные и опасные.

Существуют V классов опасности отходов [3]:

- чрезвычайно опасные – I класс;
- высокоопасные – II класс;
- умеренно опасные – III класс;
- малоопасные – IV класс;
- практически неопасные – V класс.

К опасным отходам, относятся отходы, которые в принципе по своим свойствам не являются токсичными, однако они могут вступать во взаимодействие с окружающей средой, что приведет к неблагоприятным экологическим последствиям. Например: пыль кормовых дрожжей, которая вызывает заболевание микробиологического характера, попадая в дыхательные пути человека.

К безопасным или практически неопасным отходам относятся: жом свекличный, меласса, шроты, жмых и т.д. [4].

Данная классификация является в достаточной степени условной, поскольку для рассмотрения конкретного вида отходов необходим учет всех признаков.

Отходы животноводства по классам опасности имеют следующую классификацию:

- III класс – птичий помет, рассматриваемый как токсичные отходы производства, навоз от свиней свежий;
- IV класс – свежий навоз КРС, перепревший навоз от свиней (хранение не менее одного года);
- V класс – перепревший навоз КРС (хранение не менее шести месяцев).

Разнообразные технологии содержания животных, способы уборки навоза из животноводческих помещений, типы животноводческих комплексов и ферм, климатические условия приводят к получению и образованию навоза различного вида.

Получаемый на фермах навоз сельскохозяйственных животных подразделяют на следующие виды:

- подстилочный (навоз кормовыми остатками и подстилкой);
- бесподстилочный (навоз без подстилки, без воды или с ее добавкой).

Бесподстилочный навоз подразделяется на следующие виды [5]:

1. Полужидкий бесподстилочный навоз, который содержит не менее 8 % сухого вещества.
2. Жидкий бесподстилочный навоз, который содержит около 3–8 % сухого вещества.
3. Навозные стоки, которые содержат не менее 3 % сухого вещества.

К числу наиболее опасных и распространенных отходов, в экологическом отношении, относятся свежий свиной навоз, отходы содержания животных и птиц, а также свежий птичий помет. При обработке и хранении

помета и навоза в ходе биохимических процессов образуются такие вредные вещества, как нитраты, аммиак, амины и т.д.

Длительное хранение птичьего помета на грунтовых площадках оказывает негативное воздействие на поверхностные и грунтовые воды, а также почву [6].

Биологическому и химическому загрязнению атмосферного воздуха способствуют недостаточно отработанные технологии на птицефабриках и животноводческих комплексах. Откормочные площадки, биологические пруды, навозохранилища, поля орошения, поля фильтрации являются источниками загрязнения атмосферы. В районе расположения птицефабрик и животноводческих комплексов атмосферный воздух загрязнен пылью, аммиаком, микроорганизмами, а также продуктами жизнедеятельности сельскохозяйственных животных.

Таким образом, классификация отходов сельского хозяйства зависит от физико-химических свойств и характеристик конкретного вида рассматриваемого отхода. Воздействие отходов на окружающую среду зависит от их качественного и количественного состава, поскольку сельскохозяйственные отходы представляют собой неоднородные по химическому составу, сложные поликомпонентные смеси веществ, которые обладают разнообразными физико-химическими свойствами, необходимо осуществлять поиск рациональных путей снижения экологического ущерба наносимого окружающей среде.

## **1.2. Способы переработки и утилизации сельскохозяйственных отходов**

### **1.2.1. Технологии переработки птичьего помета**

Наиболее перспективной технологией для внедрения в практику отечественного сельскохозяйственного производства подготовки помета к использованию является технология – экспресс-компостирования.

ООО «Агронавигатор» поставило на ЗАО «Аксайская птицефабрика» систему компостирования птичьего помета “Salmet”, которая включает в себя закрытое производственное помещение и специальный комплект оборудования. На полу помещения выполнены три бетонированные траншеи, по бокам каждой из которых размещены рельсовые пути для перемещения компостирующей установки. Компостирующая установка включает в себя раму с устройством для перемещения по рельсам, барабаны с лопастями и выгрузной транспортер. Установленная мощность установки 11 кВт, масса 3800 кг. Из клеточных батарей помет влажностью 70–75 % загружается в переднюю часть первой траншеи в форме бурта высотой 1,5–2 м из расчета 18 тонн пометной массы ежедневно. Медленно двигаясь, по рельсовому пути по заданной программе установка перемешивает и насыщает воздухом пометную массу и с помощью выгрузного транспортера постепенно перемещает ее к противоположному концу траншеи. При этом освобождается место для очередной порции помета после полного заполнения первой траншеи установка с помощью лебедки, переставляется на следующую траншею и процесс повторяется. В зависимости от исходного состава пометной массы периодичность ее обработки в траншеях составляет один раз в три дня. Ежедневный выход готового компоста составляет около 6,3 тонн [7].

Для сокращения объемов пометной массы, получения экологически безопасного удобрения в удобном виде для затаривания и транспортировки используется вакуумная сушка.

В вакуумном объеме протекает технологический процесс вакуумной сушки помета. В качестве первичного энергоносителя используются природный газ, электричество, горячая вода, отработанный пар, а также газ, который получается в результате сопутствующих биологических процессов.

В последнее время получило развитие направление переработки птичьего помета с целью получения энергии. Разработаны методы сушки

помёта с последующим сжиганием полученного продукта с целью получения тепловой и электрической энергии [8].

Экономическими преимуществами предлагаемого метода утилизации подстилочного помета являются:

- производство по минимальной себестоимости постоянно используемых видов электрической или тепловой энергии;
- полное и быстрое устранение отходов III класса опасности без предварительной подготовки;
- адаптация к существующим системам теплосбережения и энергоснабжения птицефабрик [9].

#### **1.2.2. Технологии переработки полужидкого и подстилочного навоза**

Мельников С. В. в своей работе [10] пишет о том, что наиболее сложной является проблема утилизации навоза, поскольку решение данной проблемы связано с различными отраслями научно-технических знаний (биологии, ветеринарии, мелиорации, агрономии, физики, медицины, механизации, химии и др.). Эффективное и комплексное решение проблемы утилизации навоза требует тщательного системного подхода, который будет включать в себя рассмотрение взаимосвязей производственных операций всех технологических линий, учет соблюдения требований охраны окружающей среды и обеспечение, необходимых санитарно-гигиенических условий труда [11].

Экспресс-компостирование является технологией по переработке полужидкого и подстилочного навоза, данный процесс имеет естественное происхождение и заключается в разложении специальными группами аэробных микроорганизмов, которые находятся в различных органических материалах, органического вещества компостной смеси.

Технологиями периодического действия выступают технологии экспресс-компостирования в модульных установках, биотраншеях, биоферментаторах [12].

Технология получения компоста многоцелевого назначения в биоферментаторах. В плане, сооружение биоферментатора следующих размеров: шириной 5·10 м и высотой до 4,5 м. С наружной стороны биоферментатора закреплен вентилятор, с помощью которого через соединительный рукав подается воздух в воздуховод, а далее по трубкам воздух поступает в органическую смесь. Органические компоненты предварительно перемешиваются, а уже перед загрузкой два раза перебиваются и равномерно загружаются в биоферментатор навозоразбрасывателем. После загрузки компостной смеси в установку газоанализатором замеряется начальное количество кислорода в массе, с учетом которого устанавливается продолжительность работы вентилятора для поддержания в ней массового содержания кислорода в пределах 5–12 %. При оптимальном протекании процесса биоферментации температура компостной смеси через 10–12 часов после начала рабочего процесса поднимается до 40–50°C (при начальной – 10°C), а потом до 60–75°C. Окончание процесса ферментации происходит при температуре около 30–40°C в смеси. Продолжительность процесса компостирования при оптимальных условиях составляет 6–7 суток.

Технология производства компоста многоцелевого назначения в биотраншеях. Биотраншея состоит из проездной дороги, приемной траншеи и ферментатора. Технологический процесс переработки смеси реализуется следующим образом. На площадку для подготовки сырья по проездной дороге завозят сырье (торф, опилки, измельченную солому, навоз). Приемную траншею заполняют торфом, опилками или измельченной соломой слоем толщиной до 40 см, затем на него выгружают навоз слоем 10–40 см. С помощью погрузчика одновременно перемешивают и загружают органическую смесь в ферментатор до полного его заполнения, затем этим же погрузчиком

органическую смесь сверху закрывают готовым органическим удобрением слоем 10–20 см. Органическую смесь при средней влажности 70–75 % компостируют в течение 5–7 суток. При переработке органического сырья в биотраншеях появляется возможность использования более крупных включений исходных компонентов повышенной влажности, а размещение ферментатора под крышей позволяет эксплуатировать такие сооружения, прежде всего, в регионах с обильными осадками.

Вермикультивирование. Применять технологию вермикультивирования рекомендуется для получения органических удобрений с улучшенными свойствами. Главным элементом этой технологии является навозный червь, продуцирующий в результате переработки компостов в экологически чистое органическое удобрение – биогумус, которое содержит сбалансированное сочетание комплекса необходимых микроэлементов и питательных веществ, ферменты, почвенные антибиотики, витамины, а также гормоны для развития и роста растений [13].

Учитывая климатические особенности России, рекомендуется проводить вермикультивирование в закрытых помещениях с обеспечением всех требуемых параметров микроклимата для осуществления круглогодичного производства биогумуса.

### **1.2.3. Технологии переработки жидкого навоза**

Жидким навозом является бесподстилочный навоз с влажностью от 92–93 %, утилизация и переработка которого производится согласно классификации, разработанной В. В. Калюга в конце 80-х годов XX века. На рисунке 1 представлена классификация способов переработки жидкого навоза.

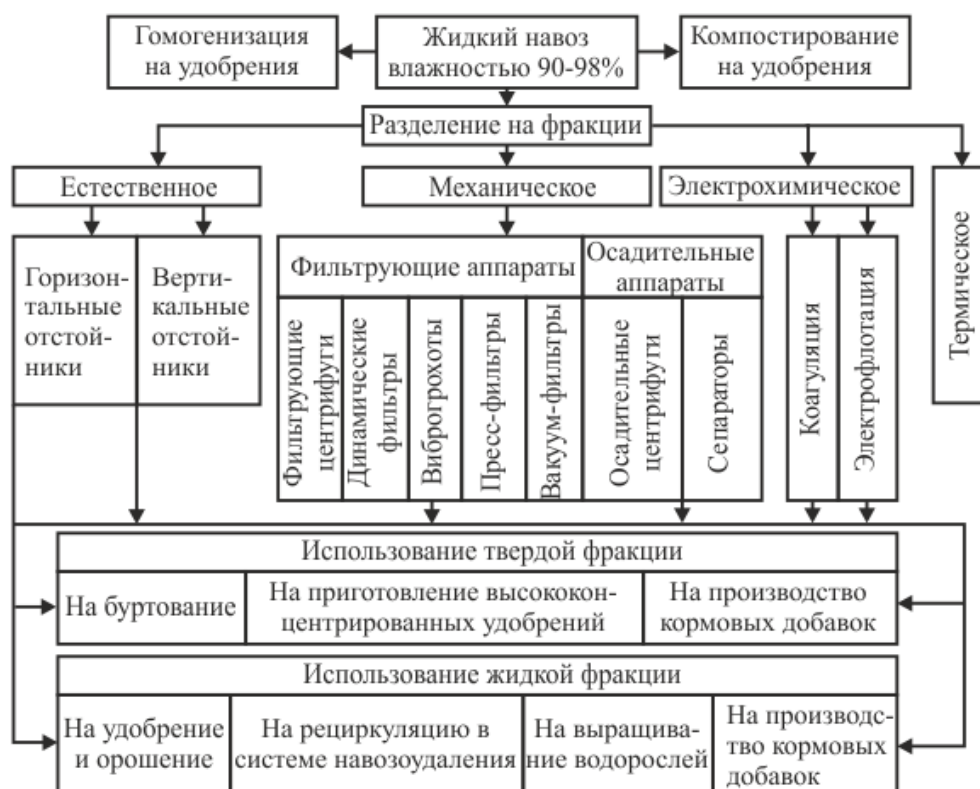


Рисунок 1 – Классификация способов переработки жидкого навоза

По вышеприведенной классификации приняты следующие основные виды переработки жидкого навоза – гомогенизация, компостирование и разделение на фракции. Каждый из трех способов обеспечивается путем применения различного сложного оборудования [14].

Существует также обновленная классификация существующих методов переработки и утилизации бесподстилочного навоза. Современные способы и методы переработки бесподстилочного навоза представлены на рисунке 2.

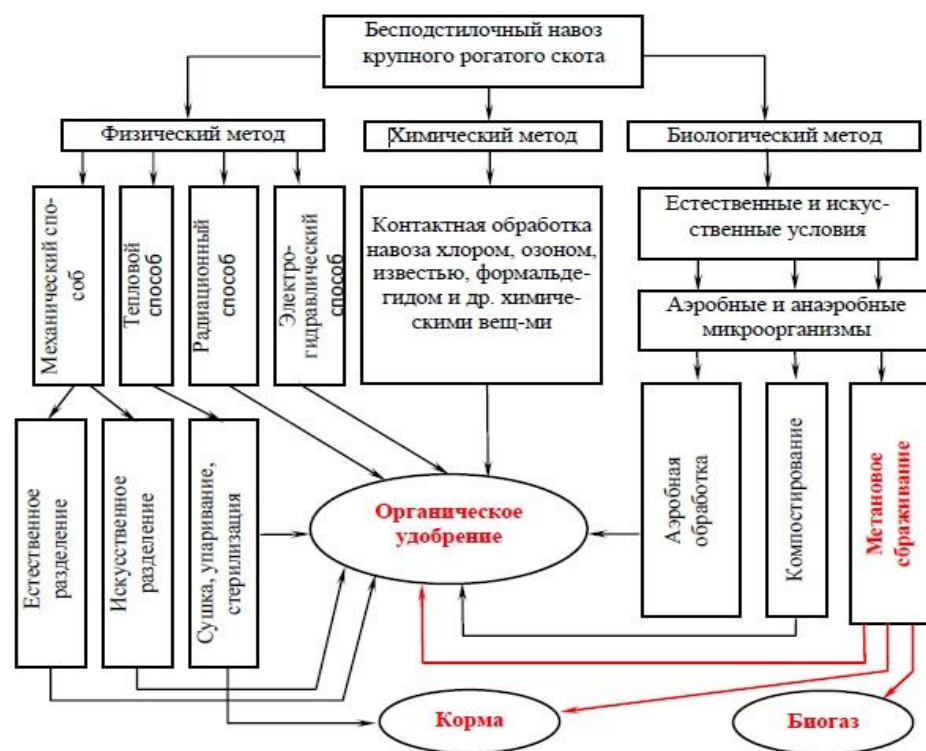


Рисунок 2 – Способы и методы переработки бесподстилочного навоза

Если сравнить анаэробное сбраживание с другими методами, представленными на рисунке 2, то данный процесс позволяет перерабатывать бесподстилочный навоз с одновременным получением трех качественных продуктов, а именно альтернативного топлива, кормовой биодобавки для вскармливания животным и биоудобрений.

Переработка навоза в биогазовых установках позволяет избежать потери питательных веществ. Кроме того, будет выполнено основное условие эффективного использования удобрения – равномерное внесение по полю в полу сыпучем состоянии навоза, прошедшего биологическое созревание [15].

Таким образом, кроме широко используемого естественного обеззараживания в лагунах с вывозом на поля сельскохозяйственные предприятия используют вермикомпостирование и компостирование, ускоренную ферментацию биотермическое обеззараживания и другие способы переработки отходов. Однако изучение проблемы показало, что ни одна из

вышеперечисленных технологий не отвечает в полной мере необходимым требованиям [16]:

1. Обеспечение полной утилизации отходов в качестве эффективных органических удобрений.

2. Получение в процессе переработки дополнительных энергетических ресурсов, позволяющих заменить традиционные источники их обеспечения, возместить затраты на переработку навоза и получить дополнительную прибыль.

Установленным задачам наиболее полно соответствует способ анаэробного сбраживания навоза или помета.

### **1.3. Анаэробная утилизация сельскохозяйственных отходов в биогазовых установках**

Анаэробная утилизация сельскохозяйственных отходов осуществляется в биогазовых установках. Биогазовые установки состоят из базовых элементов, показанных на рисунке 3.

Главным узлом биогазовой установки является метантенк, в котором и осуществляется разложение биомассы под действием метаногенных бактерий при соблюдении определенной температуры анаэробного сбраживания [17].

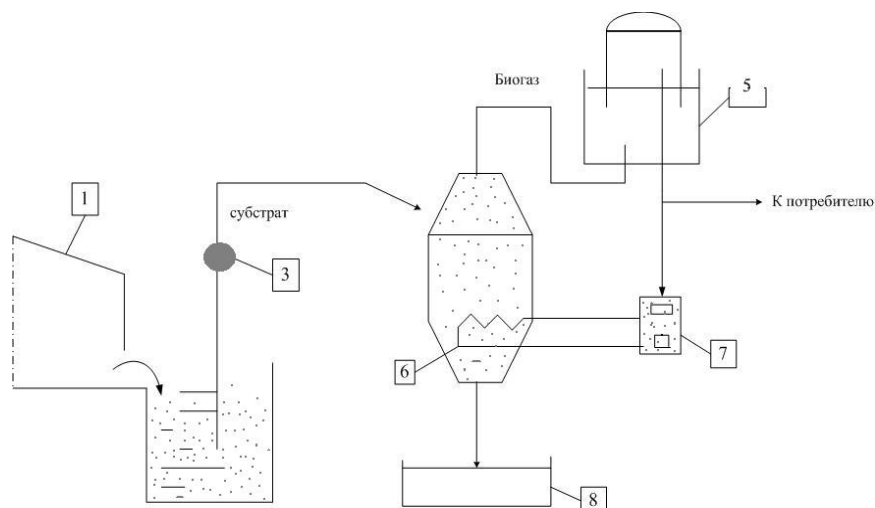


Рисунок 3 – Принципиальная блок-схема биогазовых установок:

1 – ферма, 2 – приемный бункер, 3 – насос, 4 – метантенк, 5 – газгольдер, 6 – теплообменник,  
7 – когенерационная установка, 8 – хранилище биоудобрения

Процесс анаэробного сбраживания представлен на рисунке 4.

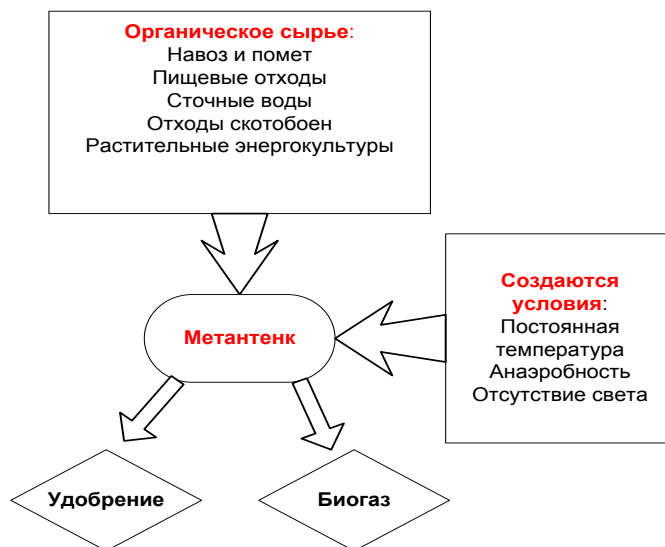


Рисунок 4 – Упрощенная схема процесса анаэробного сбраживания

Согласно ГОСТ 52808 для оптимизации процесса анаэробного сбраживания существует три температурных режима:

1. Психрофильный режим. В психрофильном режиме оптимальная температура брожения в метантенке 15–20°C, может быть и ниже. В данном режиме отходы перерабатываются в течении 30–40 дней.

2. Мезофильный режим. В мезофильном режиме при температуре 30–40°C органические отходы перерабатываются в течении 20–30 дней.

3. Термофильный режим. В термофильном режиме при температуре 52–56°C органические отходы перерабатываются в течении 5–10 дней.

Действующие на данный момент биогазовые установки представляют собой автоматизированные комплексы, которые могут работать в психрофильном, термофильном и мезофильном режимах.

Чаще всего на практике используются психрофильный и мезофильный режимы, однако при использовании термофильного режима время сбраживания уменьшается до 5–7 суток, это приводит к значительному снижению объема сооружений, и увеличению объема выхода биогаза за счет высокой эффективности распада органических веществ.

При психрофильных температурах скорость брожения биомассы компенсируется простой конструкцией метантенка и легкостью их использования. В работе [18] представлены данные, которые свидетельствуют о том, что выходные параметры биогаза, а также степень расщепления исходного субстрата в психрофильном режиме работы биогазовой установки находятся на том же уровне, что и в мезофильном, однако время сбраживания субстрата увеличивается.

В термофильных условиях анаэробного сбраживания семена сорняков теряют всхожесть, погибают яйца гельминтов и патогенная микрофлора, а также происходит накопление высокоактивных биологических соединений классов ауксинов, кинины, гибберрелины, которые повышают образование зеленой массы растений. Перечисленные характеристики удобрений для остальных температур значительно ниже, это связано с тем, что на выходе из-за невысоких температур анаэробного сбраживания получается необеззараженные удобрения [19].

Традиционным сырьем для анаэробного сбраживания биомассы является: помет животных, отходы сельского хозяйства и пищевой переработки, скотобоен, свалочные отходы, а также некоторые энергетические культуры и продукты.

Расщепление органических веществ при метаногенезе происходит под воздействием различных групп микроорганизмов, как многоступенчатый процесс [20].

Существуют следующие стадии анаэробного превращения сложного органического вещества в биогаз:

1. Стадия гидролиза биополимерных сложных молекул (полисахаридов, липидов, белков и т.д.).

2. Стадия брожения, при которой образовавшиеся мономеры расщепляются до более простых веществ, таких как низшие спирты и кислоты.

3. Ацетогенная стадия, на которой образуются: водород, углекислота, ацетат предшественники метана.

4. Метаногенная стадия, при которой образуется конечный продукт расщепления сложных органических веществ, метан.

На каждой фазе одновременно протекает несколько различных реакций. Количественное соотношение данных реакций находится в зависимости от участвующих на этом этапе бактерий и от вида перерабатываемого сырья, а также от большого количества иных факторов. В связи с этим практически невозможно точно предсказать и просчитать характер протекания реакции и количественные показатели на выходе.

Главным продуктом анаэробного сбраживания являются органические удобрения, такие удобрения могут быть использованы без какой-либо подготовки, они имеют большую ценность, чем вырабатываемый биогаз. Таким образом, правильное использование всех выходных продуктов анаэробного сбраживания, позволит уменьшить срок окупаемости биогазовой установки, по сравнению с другими устройствами альтернативной энергетики.

#### **1.4. Биогазовые технологии за рубежом**

Развитие общества, прежде всего, обеспечивается, энергетической базой, поэтому возможная угроза энергетического кризиса делает актуальной проблему рационального использования всех имеющихся в мире энергетических ресурсов и возобновляемых в том числе. В связи с этим многие страны активно используют возобновляемые источники энергии. В Дании, Германии, Франции, США, Швеции, Японии, Индии, Китае существуют программы в области производства альтернативных видов энергии. Также, важным фактором, который определяет необходимость развития нетрадиционной энергетики, является проблема охраны окружающей среды [21].

С 1960-х годов на муниципальных очистных сооружениях в Швеции начали производить биогаз. Нефтяной кризис 70-х годов XX века поменял отношение к ископаемому топливу, это положило основу к исследованиям и разработкам биогазовых технологий для снижения зависимости от нефти и экологических проблем. В 1970-х и 1980-х годах целлюлозные и сахарные заводы внедряли анаэробное сбраживание для очистки сточных вод. В это время, на фермах были построены несколько мелких заводов анаэробного брожения навоза.

В настоящее время в Швеции существует классификация, которая основывается на виде исходного сырья, из которого получают биогаз:

- канализационный газ, это газ, полученный из навоза, осадков сточных вод, пищевых отходов и отходов сельского хозяйства. Канализационный газ, который получен от совместного брожения различных видов субстратов, иногда отличается от газа, который получен только из одного вида сырья – осадка сточных вод;
- газ совместного брожения, представляет собой биогаз, полученный при одновременном брожении различных субстратов, например, осадок сточных вод вместе с отходами забойного цеха и навозом;
- свалочный газ, представляет собой газ, который имеет небольшое содержание метана около 44–55 %, получают его из полигонов. Получение метана из свалочной массы, представляет собой долгий процесс, который происходит в районе 30–50 лет;
- сжиженный горючий биогаз. Сжиженный горючий газ получают сгущением и охлаждением метана.

Суммарное количество установок, вырабатываемых, биогаз увеличилось на 12 % в промежутке между 2006 и 2008 годами. Доля увеличения в основном происходит за счет биогазовых установок промышленных заводов и совместного брожения. Часть биогаза, получаемая на биогазовых установках очищается и используется в качестве моторного топлива для транспортных

средств. Очистка и обогащение биогаза для автомобильного топлива только возрастает. Швеция имеет очень высокий процент в общем количестве газа, который используют транспортные средства, по сравнению с остальным миром [22].

Лидером в производстве биогаза в Европе является Германия. Страна поэтапно отказывается от ядерной энергетики и стремится уменьшить выбросы углекислого газа на 40 %. Акт правительства, в котором излагается стратегия, о сокращении выбросов, включает национальные цели для производства биогаза – 6 миллиардов кубометров газа в год до 2020 и 10 млрд. м<sup>3</sup> в год к 2030 году. К концу 2011 года в эксплуатацию были введены более 8792 биогазовых установок, включая очистные, свальные сооружения и сельскохозяйственные. Биологические и муниципальные твердые бытовые отходы утилизируют 92 завода. Приблизительно 1700 заводов работают на канализационных очистных сооружениях.

Производство биогаза в Дании началось в 1973 году непосредственно после нефтяного кризиса. В 2009 году было примерно 20 муниципальных установок совместного брожения различных размеров, 60 биогазовых установок на фермах и также 60 установок на очистных сооружениях. Биоудобрения получаемые в результате работы биогазовой установки используют для сельского хозяйства. В конце 2009 года количество установок составило 167 единиц [23].

В Норвегии в получении биогаза задействованы: 6 заводов, которые используют бытовые отходы, 23 завода по очистке сточных вод, и одна крупная биогазовая станция по переработке бесподстилочного навоза, также биогаз собирается на 41 полигоне. 61 % биогаза используют для выработки электроэнергии.

В Финляндии насчитывается около 76 биогазовых установок, в общей сложности они производят 139 млн. м<sup>3</sup> биогаза, доминируют муниципальные и свалочные очистные заводы. Увеличение производства биогаза на

1 млрд. кВт·ч, а особенно увеличения биогаза для моторного топлива, в период с 2005–2020 года является основной целью финского правительства.

В Швейцарии на заводах “Scania” и “Volvo” производят автобусы с двигателями, которые работают на биогазе, данные автобусы активно используют в городах: Базель, Женева, Берн, Лозанна и Люцерн. 10 % автотранспорта к концу 2010 года в Швейцарии работали на биогазовом топливе. В начале 2009 года, 80 городских автобусов муниципалитет Осло перевел на биогаз [24].

Годовой объем выработки биогаза в США составляет 500 млн. м<sup>3</sup>, биогаз главным образом преобразуют в электроэнергию. Установки, работающие на биогазе, в сумме вырабатывают около 200 МВт электрической мощности.

Годовой объем выработки биогаза в Великобритании составляет 200 млн. м<sup>3</sup> биогаза. Установки, в сумме вырабатывают мощность около 80 МВт. Более 10 млн. биогазовых установок находилось в Китае в конце 1990-х годов.

Таким образом, анализ состояния биогазовой отрасли ведущих европейских стран показал, что развитые государства мира ежегодно наращивают мощности по сооружению биогазовых установок. Однако ввиду своих социально-экономических особенностей их технологии нацелены в конечном итоге на производство дополнительного источника топлива – биогаза, преобразуемого в электроэнергию.

### **1.5. Биогазовые технологии в России**

Исследования по технологии анаэробного сбраживания в СССР начались в 40-х годах XX века. Первая лабораторная установка была построена в 1948–1954 гг. В середине 50-х гг. в Белорусском, Запорожском, Грузинском и Молдавском филиалах Всероссийского института электрификации сельского хозяйства был построен ряд опытных биогазовых установок [25].

В 1977 году в рамках программы 03.09 «Развитие возобновляемых источников энергии» государственным комитетом по науке и технике и министерством сельского хозяйства СССР была принята программа строительства экспериментальных биогазовых установок. В Запорожском конструкторско-технологическом институте сельскохозяйственного машиностроения была запущена разработка опытных биогазовых установок, в результате были введены в эксплуатацию крупные биогазовые станции. Крупные биогазовые станции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биогазовые станции СССР

| Животноводческие комплексы<br>и птицефабрики | Спиртовые заводы                        | Станции аэрации                            |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| г. Пярну, Эстонская ССР,<br>1988 г.          | г. Дагупилс, Латвийская<br>ССР, 1965 г. | Либерецкая, Мос-ковская<br>обл., 1965 г.   |
| с/х Огре, Латвийская ССР,<br>1989 г.         | г. Паневежес, Литовская<br>ССР, 1962 г. | Курьяновская, Мос-ковская<br>обл., 1963 г. |
| к/х Большевик, Крым, УССР,<br>1989 г.        | Андрушевский завод,<br>УССР, 1969 г.    | г. Новосибирск                             |
| г. Сумы, УССР, 1986 г.                       | г. Грозный, АБЗ, 1969 г.                | г. Сочи                                    |
| г. Истра, Московская обл.,<br>1988 г.        | г. Ефремов, АБЗ, 1967 г.                |                                            |
| г. Ашхабад, Туркменская ССР,<br>1985 г.      |                                         |                                            |
| г. Алма-Ата, Каз. ССР, 1991 г.               |                                         |                                            |

Представленные в таблице биогазовые установки были опытными, поэтому на них только отрабатывался процесс переработки органического сырья.

Агрокомплекс России ежегодно производит около 773 млн. тонн отходов, из которых минимально можно получать около 66 млрд. м<sup>3</sup> биогаза. Потребность в биогазовых заводах в России оценивается в 20 тысяч предприятий. Важной предпосылкой для внедрения биогазовой технологии в России является не только постоянный рост цен на газ, но и полное его отсутствие во многих регионах страны. Средний уровень газификации страны

составляет менее чем 70 % в городах и не более 50 % в сельской местности. Причем, в ряде регионов страны степень газификации и вовсе составляет менее 10 %.

В Белгородской области в 2012 году был [26] сделан серьезный шаг в области внедрения передовых технологий в отрасли животноводства, в частности в переработке и утилизации органических отходов. Биогазовая установка ООО «АльтЭнерго» введена в эксплуатацию в начале 2012 года – это первая в России установка промышленного масштаба, обладающая следующими характеристиками: мощность тепловой энергии 2 Гкал/ч, электроэнергии 2,4 МВт, объем получения органических удобрений 66,8 тыс. тонн. Биогазовая установка ООО «АльтЭнерго» представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Биогазовая установка ООО «АльтЭнерго»

Потенциальное получение биогаза в России оценивается до 72 млрд. м<sup>3</sup> в год. Возможности получения биогаза по регионам оцениваются следующим образом: Уральский ФО – 3,1 млрд. м<sup>3</sup>; Дальневосточный ФО – 1,18 млрд. м<sup>3</sup>; Сибирский ФО – 11,1 млрд. м<sup>3</sup>; Северо-Западный ФО – 3,5 млрд. м<sup>3</sup>; Приволжский ФО – 18,33 млрд.; Центральный ФО – 12,1 млрд. м<sup>3</sup>; Южный ФО – 24,4 млрд. м<sup>3</sup>.

Разработкой и созданием биогазовых установок занимаются несколько организаций в России, к ним относятся следующие: ОАО «Региональный», АО «Стройтехника», Тульский завод, совместно с ГНУ ВИЭСХ и др. Данные компании осуществляют производство и поставку биогазовых установок, предназначенных для использования в крупных животноводческих комплексах [27]. Технические характеристики некоторых установок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики некоторых биогазовых установок

| Установки                                                 | КОБОС-1 | БФ-500 | БЭУ-25 | БЭУ-50 | БЭУ-100 |
|-----------------------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Производительность установки по навозу, м <sup>3</sup> /ч | 35–50   | 80     | 2      | 4      | 8       |
| Получение биогаза, м <sup>3</sup> /сут.                   | 260     | 200    | 20     | 40     | 80      |
| Объем метантенка, м <sup>3</sup>                          | 2·125   | 500    | 25     | 50     | 2·50    |
| Продолжительность обработки навоза, сут.                  | 5–10    | 5      | 10     | 10     | 10      |
| Температура обработки исходной биомассы, °С               | 40      | 55     | 35     | 35     | 35      |
| Масса установки, т                                        | 90      | 43     | 5      | 7      | 11      |

Исходя из данных представленных в таблице, видно, что биогазовые установки, производимые в России работают в термофильном и мезофильном режимах при температурах от плюс 35 до плюс 55°С, следовательно, установки весьма чувствительны к колебаниям температур и требуют бесперебойной подачи электроэнергии.

Таким образом, в России, как и в зарубежных странах биогазовая технология в большей степени развивается в энергетическом направлении, основной целью которой является максимальный выход биогаза, а сопутствующий продукт в виде биоудобрения еще применяется в очень маленьком количестве. Однако, данная схема присуща для энергодефицитных регионов с высоким естественным плодородием почвы, а в тех регионах, где у почв наблюдается низкое естественное плодородие, и электроэнергия производится из возобновляемых источников энергии, таких как ГЭС,

рациональнее биогазовые технологии необходимо первоочередно направлять на получение биоудобрений требуемого качества с соответствующим подбором сырья и технологических регламентов работы биогазовых установок.

### **1.6. Рынок органоминеральных удобрений**

В настоящий период времени внутренний рынок России, не реализует оборудование для утилизации отходов и компонентов для полноценного воспроизводства почвенного плодородия, за исключением отдельных экспериментальных установок. Примерно 600 крупных птицефабрик, в настоящее время работают в России, это способствует концентрированию на промышленной основе запасов птичьего помета, который является сырьем для производства «гуано». Птицефабрика, в которой содержится около 400 тыс. кур несушек в сутки воспроизводит до 130 тонн куриного помета, в год это составит около 33 тыс. тонн и позволит получить до 5700 тонн органического удобрения, которое по своим характеристикам несколько не уступает природному «гуано». Удобрение «гуано», которое получают с помощью метода низкотемпературного обезвоживания из птичьего помета, в Европе покупается за 450–600 долларов США за 1 тонну, хотя себестоимость удобрения примерно 1000 рублей за тонну, таким образом, окупаемость оборудования для технологии низкотемпературного обезвоживания для средней птицефабрики составит около 1 года. Стоимость органических удобрений по данной технологии примерно в 2,0–2,5 раза меньше стоимости минеральных удобрений.

По оценкам Министерства сельского хозяйства, в России органические удобрения используются лишь на 6 % земель, чаще всего в качестве этих удобрений используют навоз. Факультетом почвоведения МГУ была проведена экспертная оценка, которая показала, что объем рынка органических удобрений в РФ составляет примерно 30 млн. тонн в год. По оценке различных источников, розничная продажа почвогрунтов и удобрений на основе

органических удобрений составляет примерно 85 млн. долларов, объем продаж увеличивается на 22 % каждый год. По мнению ученых, хозяйственников и специалистов, дефицит экологически безопасных органических удобрений в России составляет около 300 тыс. тонн в год [28].

На биоудобрения в РФ платежеспособный спрос вызван: присутствием крупных агропромышленных холдингов на сельскохозяйственном рынке с долгосрочным планированием и мощным финансированием; существованием фермерских хозяйств, которые нацелены на получение прибыли от использования земли; возрастающей ролью органического земледелия в России, обладающей огромным экологическим потенциалом.

В зоне рискованного земледелия находятся многие растениеводческие регионы России по почвенным и климатическим условиям, отсюда возникает необходимость постоянного внесения в почву биоудобрений.

Показатель внесения биоудобрений в России (примерно 50–60 кг на 1 гектар в год) на несколько порядков отличается от показателей стран с наиболее развитым сельским хозяйством (к примеру, Нидерланды: 600 кг на 1 гектар в год). Это тот фактор, который обуславливает низкую конкурентоспособность российских органических удобрений.

Эксперты считают, что интенсивный подъем сельскохозяйственного производства РФ может привести к удвоению объемов получаемых органических отходов. Возрастание значения этого фактора будет изменяться в зависимости от роста тарифов на газ, а также удорожания минеральных удобрений.

Российский рынок биоудобрений еще не сформирован. В государственном реестре агрохимикатов и пестицидов зарегистрированы следующие биоудобрения: БИОУД – ЗАО «Экорос»; «Урожай-С» № 25 – Компания «Гринтек»; КОУД – ООО «Агросфера».

Биоудобрение является готовым к применению концентрированным продуктом, которое не содержит схожих семян сорняков и патогенной

микрофлоры, а также является универсальным удобрением, которое можно использовать на любых почвах и под любые культуры. Особенность и достоинство данного вида удобрения связано со способом его получения. Анаэробное сбраживание сохраняет весь азот в органической или аммонийной формах. В виде нуклеопротеидов и фосфатидов находится фосфор в удобрении, в виде растворимых солей находится калий, это обеспечивает их лучшую усвояемость выращиваемыми растениями.

В России оптовая цена 1 тонны неразбавленного жидкого биоудобрения составляет примерно 5000–8000 рублей, а в странах Евросоюза цена за 1 тонну удобрений варьируется в пределах 4000–5000 рублей [29].

Таким образом, в России и на мировом рынке присутствует спрос на качественные и экологически безопасные органические удобрения, а также намечается устойчивая тенденция к увеличению роста использования биоудобрений при наличии платежеспособных покупателей.

## **1.7. Анализ данных по потенциалу биомассы для применения в биогазовых установках Томской области**

### **1.7.1. Краткая характеристика Томской области**

Томская область относится к Сибирскому федеральному округу Российской Федерации и расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Территория области составляет 316,9 тыс. км<sup>2</sup>, это 1,9 % территории России. Областным центром Томской области является город Томск. Рельеф области составляют заболоченные равнины, с высотой над уровнем моря не более 200 м. Болота занимают 29 % территории, лесные массивы – около 60 % территории области [30].

Климат региона имеет явно выраженный континентальный характер с коротким летом и продолжительной морозной зимой, отличается значительными суточными и годовыми амплитудами. Томская область богата

следующими полезными ископаемыми: бурый уголь, торф, нефть, газ и конденсат, железная руды.

Лес является одним из наиболее ценных природных ресурсов Томской области. Запасы древесины составляют 2,8 млрд. м<sup>3</sup>.

Географическое положение Томской области в юго-восточной части слабо дренированной и сильно заболоченной Западно-Сибирской равнины оказывает значительное влияние на развитие земледелия [31].

Сельскохозяйственная оценка климата основана на сопоставлении агроклиматических условий территории с экологическими требованиями культурных растений к влаге, свету, теплу.

Термические ресурсы характеризуются суммой активных температур за период с температурами выше 10°C, что соответствует вегетационному периоду большинства сельскохозяйственных культур. На территории Томской области величина сумм активных температур выше 10°C возрастает от 1400° в наиболее северных районах до 1700° в крайней юго-восточной части области. При таких температурных условиях вегетационного периода на большей части территории области возможно возделывание озимой ржи, ранне- и среднеспелых сортов ячменя, картофеля, гречихи, гороха, раннеспелых сортов пшеницы, всех сортов ячменя, льна масличного.

Вследствие сравнительно короткого безморозного периода и неблагоприятного летнего режима увлажнения для области актуальна задача подбора скороспелых культур.

Таким образом, в Томской области преобладают дерново-подзолистые и подзолистые кислые почвы. Для повышения плодородия таких почв необходимо известкование, внесение органических удобрений с большим содержанием следующих элементов питания: азот, фосфор, калий, посев многолетних бобовых культур и другие, агрохимические и мелиоративные приемы.

### **1.7.2. Общая характеристика предприятий Томской области по возможности использования отходов производства в биогазовых технологиях**

Основным источником биомассы, пригодным для использования в биогазовых технологиях в Томской области, являются отходы сельскохозяйственных производств, отходы производств пивоваренных заводов и очистных сооружений муниципальных образований.

В Томской области сельскохозяйственным производством занимаются 102 крупные сельскохозяйственные организации, 1800 крестьянских хозяйств и индивидуальных предпринимателей, 120 тысяч личных подсобных хозяйств, 560 садоводческих товариществ, 21 сельскохозяйственный кредитный кооператив, 11 перерабатывающих и снабженческо-сбытовых кооперативов.

На территории области работают 4 пивоваренных завода и действуют 54 очистных сооружения, самое крупное из которых – городские очистные сооружения г. Томска.

Потенциал отходов сельскохозяйственных предприятий, очистных сооружений и пивоваренных заводов по районам и городам Томской области проанализирован институтом финансового анализа и аудита, с использованием информации, полученной из официальных источников и результатов опросов руководителей и специалистов, сельскохозяйственных и других предприятий.

По результатам анализа сформированы данные в разрезе районов Томской области по поголовью и количеству биомассы [32].

По результатам предварительного анализа выбрано 10 крупнейших предприятий Томской области, по которым проведены подробные исследования, включая посещение производственных площадок, интервьюирование руководства и специалистов, отбор проб биомассы: ЗАО «Зайцевское», ЗАО «Дубровское», СПК «Белосток», ЗАО «Сибирская Аграрная группа», ООО «Племзавод Заварзино», СПК «Нелюбино», ООО СХП

«Усть-Бакcharское», ООО «Асиновская водяная компания», ЗАО «Городские очистные сооружения», ОАО «Томское пиво».

По результатам исследований 10 крупнейших предприятий определилось 4 типа проектов по переработке отходов производства с помощью биогазовых технологий:

1 тип. Комплексная переработка отходов пивопроизводства, в основе которой лежит инвестиционный проект ОАО «Томское пиво». Проект включает в себя переработку отходов пивной дробины, остаточных дрожжей ОАО «Томское пиво». Проект имеет выраженную годовую сезонность, связанную с особенностями потребления конечного продукта, выраженную в образовании биомассы от 53 до 90 тонн в сутки.

По результатам экспертной оценки ОАО «Томское пиво» является перспективным предприятием для внедрения биогазовых технологий в производственном процессе предприятия. ОАО «Томское пиво» при исследованиях расставило приоритеты при строительстве биогазовой станции в пользу соблюдения природоохранных требований и получения энергоносителей. Предприятие располагает значительным объемом биомассы и наличием площадей под строительство объекта, что в дальнейшем обеспечит повышение энергонезависимости.

2 тип. Реализация строительства в отдельно взятых крупных животноводческих комплексах (например, СПК «Белосток», ООО СХП «Усть-Бакcharское»). Данный тип подразумевает строительство биогазовой станции для обеспечения газом или электрической энергией отдельно взятых крупных животноводческих комплексов для собственных нужд и, при возможности, прилегающего населенного пункта. Результаты оценки СПК «Белосток» позволяют сделать следующие выводы:

1) в настоящее время объем биомассы не достаточен для обеспечения потребностей биогазовой станции для производства электроэнергии для собственных нужд;

2) у предприятия имеется стратегический план развития и уже начато строительство современного животноводческого комплекса с удобной системой навозоудаления;

3) в ближайшей перспективе планируется газификация населенного пункта, где расположено предприятие;

4) собственник предприятия заинтересован в строительстве биогазовой станции и готов участвовать в софинансировании проекта.

3 тип. Комплексная переработка отходов производств ЗАО «Сибирская аграрная группа», а также других сельхозпроизводителей, расположенных в Томском районе. Существенной сезонности выхода биомассы сельскохозяйственных предприятий не обнаружено.

На ограниченной территории Томской области сосредоточено несколько крупных животноводческих предприятий. Суммарное образование отходов производства в сутки составляет более 2500 тонн в сутки. Для переработки такого объема биомассы по предварительной оценке целесообразно создание крупного перерабатывающего комплекса – биогазового завода.

4 тип. Очистные сооружения. Учитывая предварительные результаты исследования ЗАО «Городские очистные сооружения», возможна реализация отдельного проекта, направленного на переработку илов очистных сооружений с применением биогазовых технологий. Площадка ЗАО «Городские очистные сооружения» позволяет интегрировать биогазовую установку в цикл очистки сточных вод. Существенной сезонности выхода биомассы очистных сооружений не обнаружено. Отмечается изменение объемов сточных вод в зависимости от климатических условий по годам.

ЗАО «Городские очистные сооружения» принимают значительные объемы сточных вод: от 150–200 тысяч м<sup>3</sup> в сутки с образованием 1500–2000 м<sup>3</sup> илов с влажностью 99 %. Проблема утилизации ила ЗАО «Городские очистные сооружения» является одной из стратегических задач жилищно-коммунального хозяйства г. Томска, в связи с тем, что объемы иловых площадок ограничены. В

связи с этим Администрация г. Томска активно ищет пути утилизации образующегося ила.

Таким образом, все образцы биомассы пригодны для биогазового процесса. Однако подготовка сырья требует дополнительной проработки, поскольку имеются инородные включения, не исключена вероятность наличия плесени.

Для свиного навоза и птичьего помета обязательна коферментация (добавление навоза КРС, зеленой массы) для эффективного течения биогазового процесса, а в случае с птичьим пометом – для уменьшения концентрации аммиака.

Для навоза КРС также рекомендуется добавка зеленой массы для увеличения удельного выхода биогаза и повышения концентрации метана в биогазе. Требуется тщательный подбор технологий переработки биомассы и ее начальной подготовке, используя современные подходы, включая кавитационную обработку и гомогенизацию.

## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для определения влияния биоудобрений, полученных в процессе анаэробной ферментации в метантенке, на урожайность сельскохозяйственных культур, был проведен эксперимент. В качестве испытуемой культуры была взята рожь, которая является фитосанитарной культурой. Эксперимент по влиянию на урожайность культур жидкого биоудобрения проводили в сравнении с гумусом (контроль) и «Жидкой органикой» фирмы «БиоМастер».

Для проведения эксперимента нам потребовалось 15 емкостей, диаметром равным 55 мм и объемом 155 мл. Каждую емкость перед закладкой тщательно промывали, высушивали и нумеровали. Пять емкостей были контрольными, без внесения каких-либо удобрений, только гумус. Почву в других пяти емкостях поливали рабочим раствором жидкого биоудобрения (на 1 литр воды 10 мл концентрата), в остальных емкостях почва поливалась рабочим раствором «Жидкой органики» фирмы «БиоМастер». Посадка производилась по 18 семян на емкость. Глубина посадки составляла 0,5 см. Опытные емкости поливали теплой водой и размещали в светлом и теплом месте. Соблюдали основной принцип – все емкости опыта и контроля должны были находиться в одинаковых условиях.

Предварительно, до проведения эксперимента, семена ржи замачивали до прорастания. Перед замачиванием тщательно осматривали злаки. Из общей массы удаляли недоспелые, поврежденные или больные зерна, а также посторонний мусор. Зерна ржи должны быть целыми, необработанными, при этом всплывшие зерна при замачивании не годятся к проращиванию, их следует выбросить.

Замачивание и проращивание семян в контроле осуществляли следующим образом:

- семена ржи промывали холодной фильтрованной водой;

- клали семена таким образом, чтобы вода была сверху семян не менее чем на 1 см;
- семена замачивали при температуре не выше 24°C, в темном месте;
- через 10 часов сливали воду и промывали семена в большом количестве воды, которые уже немного изменились (набухли);
- набухшие семена накрывали влажной марлей, но уже без воды, размещали также в темном месте;
- через 3-е суток, после того как семена проросли (появление у основной массы корешков, не менее 5 мм), посадили их.

Замачивание и проращивание семян с добавлением удобрений осуществлялось по той же методике, однако вместо воды мы использовали рабочий раствор (на 1 литр воды 10 мл концентрата). Параллельно «Жидкую органику» и жидкие биоудобрения использовали для подготовки почвы к выращиванию проросших семян ржи, для этого:

- прогревали почву до температуры не менее 5°C;
- поливали почву рабочим раствором;
- через четыре дня высаживали проросшие семена ржи;
- на 5-е сутки после посадки, поливали ростки ржи рабочим раствором. В емкостях контроля почву поливали водой. Пророщенные зерна ржи представлены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Пророщенные зерна ржи

При наблюдении за протеканием эксперимента фиксировали следующие параметры:  $t_0$  = время посадки семян,  $t_1$  = появление первого ростка,  $t_2$  = появление 50 % ростков,  $t_3$  = время появления 100 % ростков.

Данные исследования заносили в таблицу, в которой отражены все необходимые параметры опытов:  $t_0, t_1, t_2, t_3$  и  $n$  – количество посаженных зерен.

На 10 день роста ржи произвели замеры длины каждого ростка в емкостях контроля, в емкостях с внесением жидкого биоудобрения и «Жидкой органики» фирмы «БиоМастер» (отдельно для каждой емкости) и затем вычисляли среднюю длину для каждой емкости.

Для определения биомассы ржи в опытных емкостях с внесением жидкого биоудобрения и в емкостях с внесением жидкого органического удобрения фирмы «БиоМастер», а также в контроле, на 10-й день, определяли общий вес ростков в каждой емкости отдельно и вычисляли их средний вес. Для взвешивания использовали весы марки Веста ВМ 153. Определение веса производили с точностью до 1 мг, весы для измерения массы ростков ржи показаны на рисунке 7.



Рисунок 7 – Весы марки Веста ВМ 153

## 2.1. Статистические методы оценки эксперимента

Сущность проверки статистических гипотез заключается в том, чтобы проверить согласуются или нет результаты экспериментальных наблюдений с данными гипотезы. Одну из гипотез называют нулевой и обозначают  $H_0$ .

Каждой нулевой гипотезе сопоставляется альтернативная или конкурирующая гипотеза. При проверке гипотез выносится суждение, справедлива та или иная гипотеза.

Нулевая гипотеза может быть отклонена или не отклонена. Альтернативная гипотеза принята или не принята. Для проверки гипотез существуют различные статистические критерии, однако, логическая схема построения критерия у них единая.

Выдвигается нулевая  $H_0$  и альтернативная ей  $H_1$  гипотезы, после чего задается уровень значимости критерия  $\alpha$ .

Вероятностью ошибочного заключения сопровождается любое статистическое решение, которое принимается на основе ограниченного ряда наблюдений.

Существуют две ошибки:

- ошибка первого рода  $\alpha$  – это вероятность отвергнуть основную гипотезу  $H_0$  при условии, что она верна;
- ошибка второго рода  $\beta$  – это вероятность принять гипотезу  $H_0$ , в то время как она ошибочна. Величину  $\alpha$  называют фиксированным уровнем значимости, ошибкой первого рода. Величину  $\alpha$  необходимо выбирать в зависимости от весомости потерь для исследователя в результате ошибочного отвержения гипотезы  $H_0$ . Обычно используют стандартные значения  $\alpha$  (0,1; 0,05; 0,025; 0,01; 0,005; 0,001).

Критическая статистика, которая представляет собой некоторую функцию результатов наблюдений, рассчитывается по имеющейся выборке. Эта критическая статистика как функция наблюдений также является случайной величиной и в предположении справедливости  $H_0$  подчинена некоторому хорошо изученному закону распределения.  $p$  – достигнутый уровень значимости.

Сравнивают  $p$  и  $\alpha$  или  $q_x$  и делают вывод:

- Если  $p \geq \alpha$ , то гипотеза  $H_0$  не отклонена.
- Если  $p < \alpha$ , то гипотеза  $H_1$  принята.

Двувывборочный t-критерий. Пусть имеется две выборки  $x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$  из генеральной совокупности случайных величин  $X$  и  $Y$ . Распределение вероятностей случайных величины  $X$  и  $Y$  подчиняется закону нормального распределения. Необходимо проверить гипотезу о равенстве дисперсий двух выборок. Известны математическое ожидание и дисперсия:  $\mu_1, \sigma_1^2, \mu_2, \sigma_2^2$

Необходимо проверить гипотезу о равенстве средних. Формируется гипотеза (1), (2):

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad (1)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \quad (2)$$

Рассмотрим случай, когда  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ .

Вычисляется объединенная дисперсия (3):

$$s_{\text{общ}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}{n + m - 2} \quad (3)$$

Рассчитывают объединенную t-статистику (4):

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{s_{\text{общ}}^2 \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{s_{\text{общ}}^2} \sqrt{\frac{nm}{n+m}}} \quad (4)$$

Объединенная t-статистика, показанная на рисунке 8, имеет распределение Стьюдента с  $f = n+m-1$  степенями свободы при верной  $H_0$ .

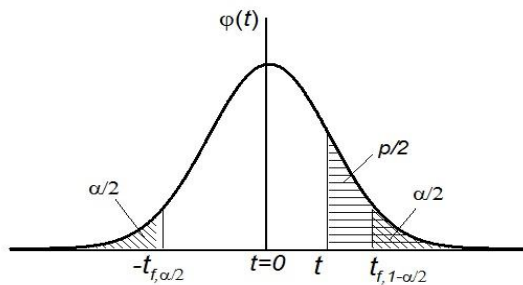


Рисунок 8 – Объединенная t-статистика

Сравниваем и делаем вывод (5), (6):

$$p \geq \alpha \rightarrow H_0 \quad (5)$$

$$p < \alpha \rightarrow H_1 \quad (6)$$

Односторонний критерий. Пусть имеется две выборки  $x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$  из генеральной совокупности случайных величин  $X$  и  $Y$ . Распределение вероятностей случайных величин  $X$  и  $Y$  подчиняется закону нормального распределения. Необходимо проверить гипотезу о равенстве дисперсий двух выборок. Формируется гипотеза (7), (8):

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (7)$$

$$H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2 \quad (8)$$

Рассчитывается  $F$ -статистика Фишера (9):

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} > 1 \quad (9)$$

Где:  $s_1^2$  – наибольшая дисперсия из двух.

При верной нулевой гипотезе  $F$ -статистика имеет распределение Фишера с  $f_1=n-1$  и  $f_2=m-1$  степенями свободы.

Сравниваем и делаем вывод (10), (11):

$$p \geq \alpha \rightarrow H_0 \quad (10)$$

$$p < \alpha \rightarrow H_1 \quad (11)$$

Для выполнения  $t$ -теста для независимых выборок использовали программу “Statistica” [33].

### **3. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ БИОУДОБРЕНИЙ**

#### **3.1. Описание экспериментальной биогазовой установки**

Биогазовая установка, спроектированная в АНО ТЦРЭ, предназначена для переработки отходов животноводства и осадка сточных вод в биоудобрения и биогаз, с возможным преобразованием его в тепловую и электрическую энергии.

##### **3.1.1. Характеристики биогазовой установки**

Технические характеристики:

- Габаритные размеры контейнера, в котором расположена биогазовая установка, мм – 6096 · 2370 · 2591.
- Потребляемая мощность – не более 1000 Вт.
- Номинальное напряжение электропитания биогазовой установки – переменное синусоидальное напряжение 220 В, 50 Гц.
- Исходный субстрат не должен содержать веществ, препятствующих происхождению биологических процессов.
- Влажность исходного субстрата 95 %, содержание азота и углерода в субстрате должно быть 1:12 соответственно.
- Температурный режим работы биогазовой установки: от минус 40 до плюс 40°С.
- Объем перерабатываемого субстрата в сутки – 250 л.

##### **3.1.2. Общая технологическая схема**

Для работы биогазовой установки используют 2 вида сырья: свиной навоз с влажностью 93–95 % и свиной навоз с влажностью 97–98 % с добавлением навоза КРС (10–30 %), продуктов переработки, получаемых на БГУ.

Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 93–95 % представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 93–95 %

| Содержание элементов питания, % |         |         |        |         | pH  |
|---------------------------------|---------|---------|--------|---------|-----|
| Азот                            | Фосфор  | Калий   | Магний | Кальций |     |
| 4,5–8,4                         | 1,9–5,8 | 6,0–6,2 | 0,9    | 1,8     | 7,9 |

Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 97–98 % с добавлением навоза КРС (10–30 %) и продуктов переработки, получаемых на БГУ (10–30 %) представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание элементов питания в свином навозе с влажностью 97–98 % с добавлением навоза КРС

| Содержание элементов питания, % |         |       |         |         | pH      |
|---------------------------------|---------|-------|---------|---------|---------|
| Азот                            | Фосфор  | Калий | Магний  | Кальций |         |
| 4,0–8,8                         | 1,7–5,0 | 5–6,6 | 0,7–0,9 | 1,2–1,8 | 7,3–7,7 |

Исходная биомасса с помощью насоса-измельчителя загружается в емкость для накопления субстрата, из которой периодически порциями поступает в ферментатор. Общая технологическая схема представлена на рисунке 9.

На первом этапе в ферментаторе происходит предварительная подготовка сырья – термическая обработка и очистка от небиологических включений. На следующем этапе происходит сам процесс анаэробного сбраживания биомассы.

Полученное в результате брожения удобрение, с помощью насоса выгружается в емкость для накопления удобрения. Образующийся биогаз под собственным давлением поступает в фильтрующее устройство.

Фильтрующее устройство осуществляет трех-стадийную обработку биогаза. На первом этапе из биогаза удаляется лишняя влажность, на втором – происходит отбор сероводорода, на третьем – удаляются излишки углекислого газа.

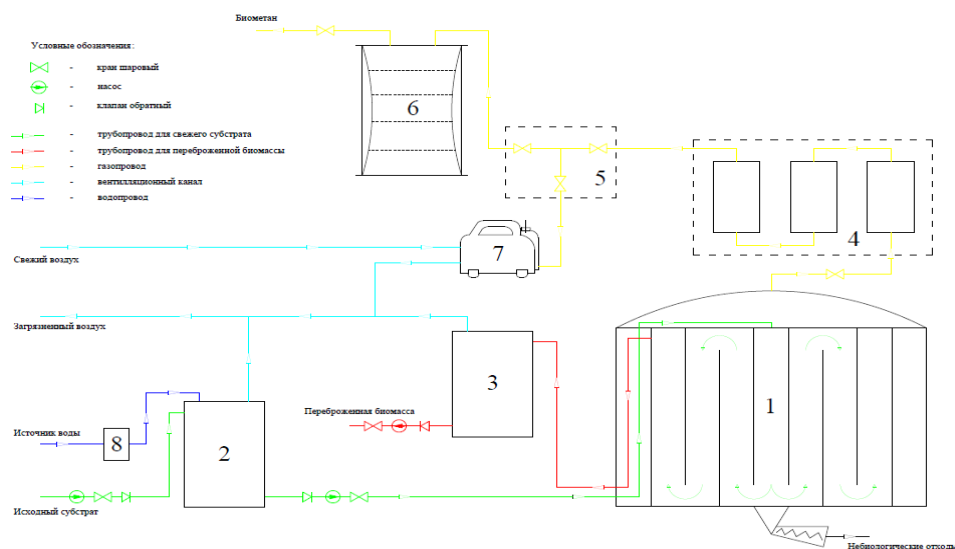


Рисунок 9 – Общая технологическая схема

1 – ферментатор, 2 – емкость для исходного субстрата, 3 – емкость для удобрения, 4 – система фильтрации биогаза, 5 – распределительный узел, 6 – газгольдер, 6 – газовый электрогенератор, 8 – электролизер

Из фильтрующего устройства часть очищенного биогаза попадает в накопитель – газгольдер, а другая часть может расходоваться на работу газового электрогенератора, обеспечивая энергией всю систему.

### 3.1.3. Подготовка и накопление субстрата

Исходная биомасса с помощью насоса-измельчителя подается в емкость для сырья. Емкость рассчитана на 7 порций.

Перед тем, как поступить в ферментатор, субстрат может увлажняться активированной водой, поступающей из электролизера, что позволяет помимо всего прочего активизировать субстрат, а также довести уровень pH до оптимального значения.

Запуск подачи порции субстрата осуществляется в ручном режиме 2 раза в сутки.

Общий вид емкости для накопления и порционирования свежего субстрата со схемой управления представлен на рисунке 10.

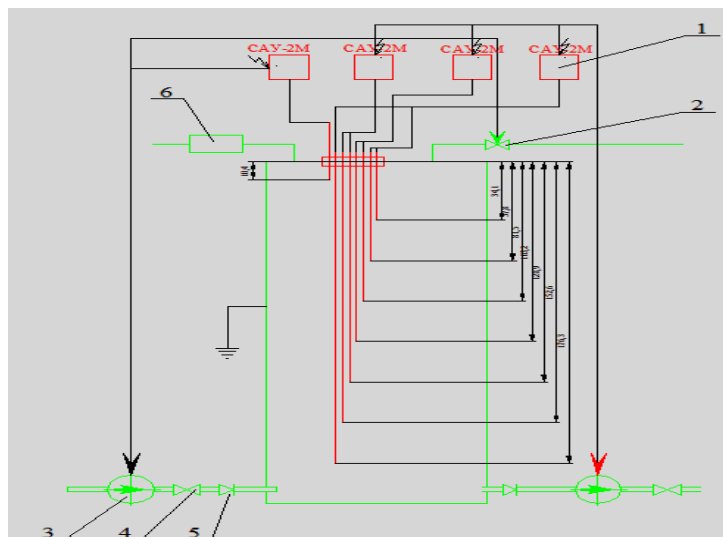


Рисунок 10 – Общий вид емкости для накопления и порционирования свежего субстрата со схемой управления

1 – сигнализатор уровня жидкости, 2 – клапан соленоидальный, 3 – насос-измельчитель, 4 – кран шаровый, 5 – клапан обратный, 6 – электролизер

Порционирование производится в автоматическом режиме, и контролируется восемью датчиками, установленными внутри емкости на разной высоте, на расстоянии 237 мм друг от друга, что при внутреннем радиусе равном 400 мм обеспечивает подачу порции свежего субстрата, объемом 135 л.

В верхней части к емкости подключена вытяжная вентиляция, выведенная на крышу контейнера, для удаления излишков воздуха и неприятного запаха из емкости.

### 3.1.4. Сбраживание субстрата и сбор удобрения

Ферментатор состоит из 5 камер, выполненных в виде коаксиальных цилиндров, вставленных друг в друга. Стенки между камерами играют роль теплообменника, а также поддерживают необходимый температурный режим в камерах, благодаря наличию водяных контуров внутри стенок. Общий вид ферментатора представлен на рисунке 11.

Субстрат поступает в ферментатор по трубе 10, проходя снизу-вверх через камеру теплообменника и подогреваясь от выходящего из ферментатора

переработанного удобрения, проходит по верхней части ферментатора, и заходит в камеру 1. Вторая и все последующие камеры имеют верхнее закрытое газовое пространство – так называемый газовый купол.

Поступая в камеру 3, называемую камерой нейтрализации, субстрат движется сверху вниз, где путем подмеса удобрения из камеры 4 уровень кислотности доводится до нейтрального и происходит предварительное заражение субстрата метангенерирующими бактериями.

Управление подмесом удобрения из 4 камеры в 3-ю осуществляется с помощью 4-х датчиков уровня, попарно установленных в камере 3 и 4.

Подмес удобрения из камеры 4 в камеру 3 происходит в автоматическом режиме и запускается в момент, когда уровень жидкости в камере 4 достигает верхнего датчика уровня. Открывается клапан и под собственным давлением в камере, удобрение выталкивается в камеру 3 до тех пор, пока уровень не упадет ниже второго датчика в камере 4.

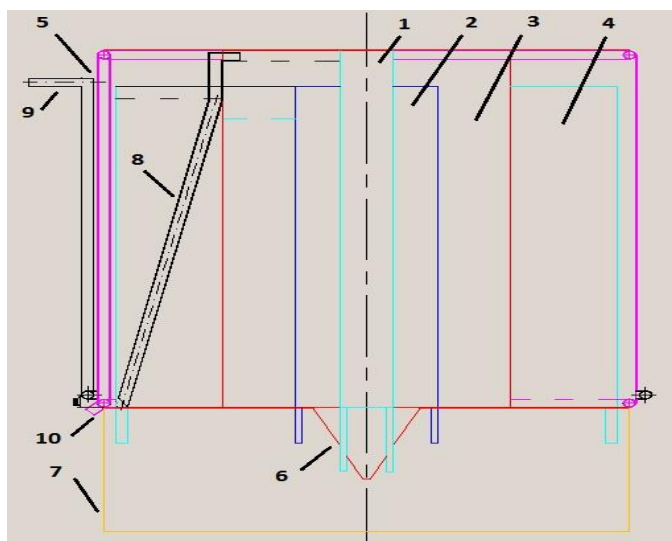


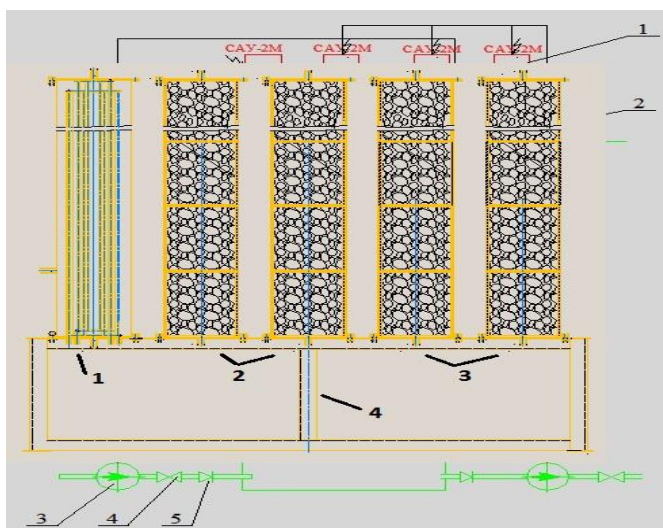
Рисунок 11 – Общий вид ферментатора

1 – камера гидролиза и термической обработки, 2 – камера кислотного брожения, 3 – камера нейтрализации, 4 – камера щелочного брожения, 5 – камера теплообменник, 6 – шнек, 7 – подставка, 8 – труба подмеса в камеру нейтрализации, 9 – выходная труба для удобрения, 10 – входная труба для субстрата

В камере 4 производится полное дображивание субстрата, выделяемый метан поступает в газораспределительную систему, а переброженная масса поступает в камеру 5.

Регулирование и поддержание температурного режима брожения осуществляется в автоматическом режиме.

Прежде чем биогаз поступает в газгольдер и электро-тепло-генератор он проходит через систему фильтров. Система фильтров показана на рисунке 12.



1 – фильтр осушения, 2 – фильтры очистки от сероводорода, 3 – фильтры очистки от углекислого газа

Фильтр 2 представляет собой цилиндр, наполненный смесью древесного угля и железных опилок, позволяющий улавливать содержащийся в биогазе сероводород.

57

Фильтр 2, также как и фильтр 3 сделан в двух экземплярах, для того чтобы на период обслуживания фильтра работа БГУ не останавливалась.

Давление верхней грани газгольдера создает избыточное давление в 0,04 атмосферы. Исходя из того, что газ должен своевременно удаляться из газгольдера – максимальное давление в системе не должно превышать 1,04 атмосферы.

Часть метана после очистки используется для работы газового электрогенератора, обеспечивающего работу всех электрических систем, а также служащем источником тепла, для подогрева биомассы в ферментаторе.

Спроектированная биогазовая установка работает в полуавтоматическом режиме и требует периодического контроля параметров работы и обслуживания.

### **3.2. Проверка качества удобрения, получаемого на биогазовой установке**

В процессе биологической, термофильной, метангенерирующей обработки органических отходов в экспериментальной биогазовой установке образуются биоудобрения.

Показатели, по которым оценивается качество органических удобрений, описаны в ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия» [35].

В соответствие с ГОСТ показатели для органического растениеводства, следующие:

– Массовая концентрация примесей токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, не более:

Ртути – 0,4;

Свинца – 45,0;

Мышьяка –;

Кадмия – 0,7.

- Наличие болезнетворных и патогенных микроорганизмов, клеток/г:  
Не допускается.
- Наличие личинок и яиц гельминтов, а также нематод, экз./кг:  
Не допускается.
- Наличие куколок и личинок синантропных мух, а также семян сорной растительности, экз./кг:  
Не допускается.
- Показатель активности водородных ионов или реакции водной среды, ед. рН – 6,0–8,0.
- Массовая доля питательных веществ в эффлюенте, %, не менее:  
Фосфора общего – 0,1;  
Азота общего – 0,2;  
Калия общего – 0,2.

В процессе работы экспериментальной биогазовой установки, спроектированной в АНО ТЦРЭ, были получены биоудобрения, на основании которых были произведены лабораторные анализы.

Характеристики качества полученных биоудобрений представлены в таблице 5.

Данные биоудобрения проявляют слабо-кислотную реакцию с рН = 6,5–6,9.

В составе концентрата (в перерасчете на сухое вещество) обнаруживается:

- нитратного азота – не менее 45 мг/100 г;
- органического вещества – не менее 30 %;
- общего азота – не менее 4 %;
- обменного калия – 2 %.

Таблица 5 – Характеристики качества полученных биоудобрений

| Компонент | Метод анализа | НД на МВИ | Содержание |
|-----------|---------------|-----------|------------|
|           |               |           | мг/кг      |
| Фосфор    | ICP-MS        | НСАМ-480Х | 2,5 %      |
| Калий     | ICP-MS        | НСАМ-480Х | 2 %        |
| Мышьяк    | ICP-MS        | НСАМ-480Х | —          |
| Кадмий    | ICP-MS        | НСАМ-480Х | 0,0014     |
| Свинец    | ICP-MS        | НСАМ-480Х | 0,019      |
| Ртуть     | ICP-MS        | НСАМ-480Х | <0,0002    |

В удобрении обнаруживаются живые микроорганизмы, деятельность которых определяет свойства удобрения. Наличие живой микрофлоры определяет отрицательный ОВП на уровне не менее 150 мВ.

Полученные данные результатов анализа показателей биоудобрений, соответствуют требованиям стандарта ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия» и не превышают указанные нормы.

### 3.3. Результаты эксперимента

Всего при проведении эксперимента было использовано (засеяно) 270 семян, 90 в контроле и по 90 в опытных емкостях с жидким биоудобрением и «Жидкой органикой». При наблюдении за протеканием опытов фиксировали следующие параметры:

1.  $t_0$  – время посадки семян;
2.  $t_1$  – появление первого ростка, суток;
3.  $t_2$  – появление 50 % ростков, суток;
4.  $t_3$  – время всхода 100 % ростков, суток.

Результаты эксперимента с рожью. Зерна ржи после проращивания были посажены 2 февраля 2017 года. Результаты эксперимента представлены в таблице 6, в которой отражены все зарегистрированные параметры опытов:  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и  $n$  – количество посаженных зерен.

Таблица 6 – основные параметры эксперимента с рожью

| №                   | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | n  |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----|
| Контроль            |                |                |                |    |
| 1                   | 2              | 5              | —              | 18 |
| 2                   | 2              | 4              | —              | 18 |
| 3                   | 3              | 4              | 8              | 18 |
| 4                   | 3              | 5              | —              | 18 |
| 5                   | 2              | 6              | —              | 18 |
| Средняя             | 2,4            | 4,8            | 8              | —  |
| «Жидкая органика»   |                |                |                |    |
| 1                   | 2              | 5              | —              | 18 |
| 2                   | 4              | —              | —              | 18 |
| 3                   | 2              | —              | —              | 18 |
| 4                   | 3              | —              | —              | 18 |
| 5                   | 3              | —              | —              | 18 |
| Средняя             | 2,8            | 5              | —              | —  |
| Жидкие биоудобрения |                |                |                |    |
| 1                   | 2              | 4              | 9              | 18 |
| 2                   | 2              | 5              | 8              | 18 |
| 3                   | 2              | 4              | —              | 18 |
| 4                   | 3              | 5              | —              | 18 |
| 5                   | 2              | 4              | 8              | 18 |
| Средняя             | 2,2            | 4,4            | 8,3            | —  |

Результаты эксперимента с рожью, представленные в таблице, показали, что в емкостях контроля основное количество первых ростков появилось через 2–3-е сутки (в среднем – 2,4), количество 50 % ростков появилось на 4–6-е сутки (в среднем – 4,8), а 100 % ростков появилось в 3 опытной емкости на 8 день.

В емкостях с внесенной «Жидкой органикой» первые ростки появились на 2–4-е сутки (в среднем – 2,8), количество 50 % ростков появилось в 1 опытной емкости на 5 день.

В емкостях с внесенным жидким биоудобрением первые ростки появились на 2–3 сутки (в среднем – 2,2), количество 50 % ростков в опытной емкости появилось на 4–5-е сутки (в среднем – 4,4), количество 100 % ростков появилось в 1 опытной емкости на 9 день, а во 2 и 5 на 8 день.

Из представленных данных можно сделать вывод, что использование жидкого биоудобрения положительно сказывается на величине всхожести ржи,

по сравнению с показателями контроля и емкостей с внесенной жидкой органикой.

Динамика времени всхожести ржи в контроле показана на рисунке 13.

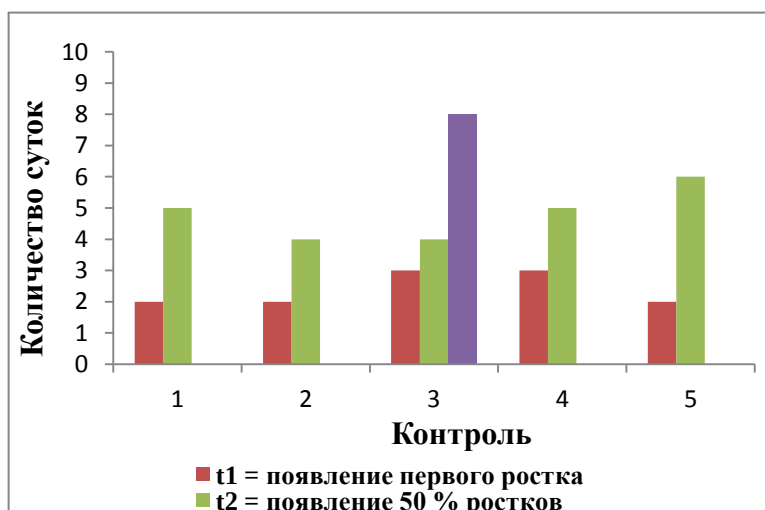


Рисунок 13 – Динамика времени всхожести ржи в контроле

Динамика времени всхожести ржи при внесении «Жидкой органики» показана на рисунке 14.

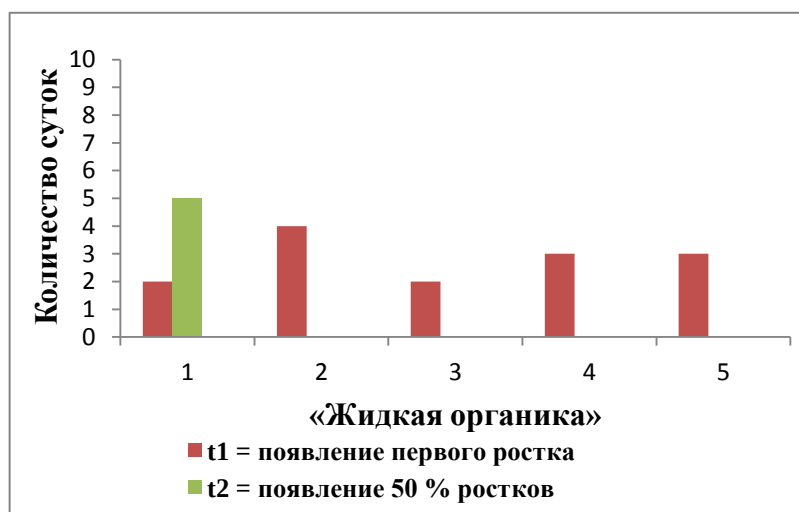


Рисунок 14 – Динамика времени всхожести ржи при внесении «Жидкой органики»

Динамика времени всхожести ржи при внесении жидкого биоудобрения показана на рисунке 15.

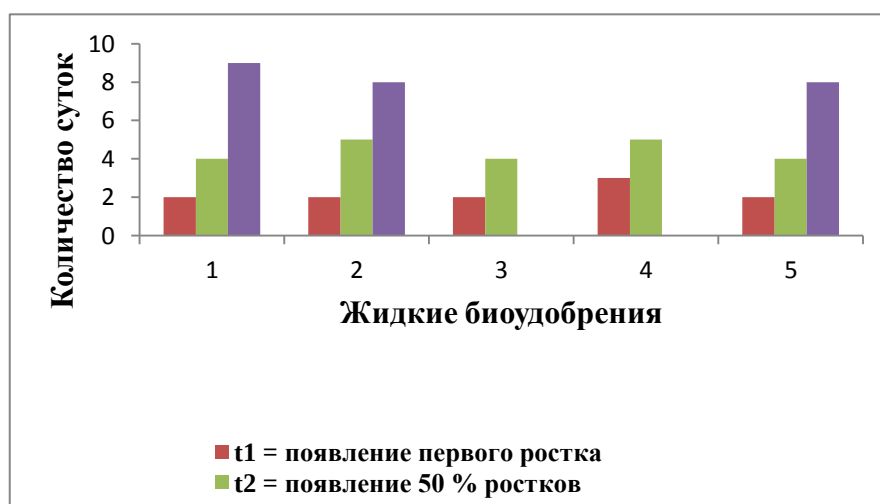


Рисунок 15 – Динамика времени всхожести ржи при внесении жидкого биоудобрения

Количество проросших семян в контроле в среднем 65,5 %, в количестве от 8 до 18 штук, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» количество проросших семян только 36,6 %, в количестве от 6 до 11 штук взошедших семян, в емкостях с внесенным жидким биоудобрением количество проросших семян в среднем составило 87,8 %, в количестве от 11 до 18 штук.

Ростки ржи на 10-й день в емкостях с внесенным жидким биоудобрением были длиной от 12,42 до 25,12 см, в среднем 18,88, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» ростки были длинной от 11,31 до 22,62, в среднем 17,44. При этом в контроле они достигли длины от 14,7 до 21,9, в среднем 16,44.

Общий вес ростков ржи на 10-е сутки в емкостях с внесенным жидким биоудобрением составил в среднем 2,499, в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» вес ростков составил 0,822, а в контроле общий вес ростков в среднем составил 1,300 г.

Основные показатели экспериментальных исследований с рожью показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Основные показатели экспериментальных исследований с рожью

|                     | № емкости | Число высаженных семян, шт. | Число взошедших семян, шт. на 10-е сутки | % взошедших семян | Длина ростков на 10-е сутки, см |               |                            | Общий вес ростков, г |
|---------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|
|                     |           |                             |                                          |                   | Средняя длина, см               | min/max       | Стандартное отклонение (q) |                      |
| Контроль            | 1         | 18                          | 9                                        | 50                | 16,88                           | 9,9–22,2      | 6,4                        | 0,999                |
|                     | 2         | 18                          | 9                                        | 50                | 15,04                           | 13,6-19,5     | 5,9                        | 0,986                |
|                     | 3         | 18                          | 18                                       | 100               | 17,86                           | 11,8-24,5     | 4,3                        | 2,052                |
|                     | 4         | 18                          | 15                                       | 83,3              | 17,87                           | 14,7-21,6     | 5,4                        | 1,68                 |
|                     | 5         | 18                          | 8                                        | 44,4              | 14,58                           | 15,3-21,7     | 6,0                        | 0,784                |
| Средняя             | —         | —                           | 11,8                                     | 65,5              | 16,44                           | (14,7-21,9)   | 5,6                        | 1,300                |
| «Жидкая Органика»   | 1         | 18                          | 11                                       | 61,1              | 14,55                           | 6,7-20,5      | 6,3                        | 1,252                |
|                     | 2         | 18                          | 2                                        | 11,1              | 22,1                            | 20,7-23,5     | 1,97                       | 0,327                |
|                     | 3         | 18                          | 8                                        | 44,4              | 18,38                           | 12,6-22,5     | 3,8                        | 1,121                |
|                     | 4         | 18                          | 6                                        | 33,3              | 19,5                            | 14,5-22,8     | 7,9                        | 0,830                |
|                     | 5         | 18                          | 6                                        | 33,3              | 12,65                           | 2-23,9        | 11,2                       | 0,579                |
| Средняя             | —         | —                           | 6,6                                      | 36,6              | 17,44                           | (11,3-22,6)   | 6,2                        | 0,822                |
| Жидкие биоудобрения | 1         | 18                          | 18                                       | 100               | 19,77                           | 13,9-25,6     | 5,4                        | 2,898                |
|                     | 2         | 18                          | 18                                       | 100               | 20,01                           | 10,2-28,1     | 5,6                        | 2,916                |
|                     | 3         | 18                          | 11                                       | 61,1              | 18,29                           | 11,6-22,6     | 6,0                        | 1,573                |
|                     | 4         | 18                          | 14                                       | 77,8              | 18,2                            | 14,9-24,2     | 4,1                        | 2,156                |
|                     | 5         | 18                          | 18                                       | 100               | 18,17                           | 11,5-25,1     | 5,0                        | 2,952                |
| Средняя             | —         | —                           | 15,8                                     | 87,8              | 18,88                           | (12,42-25,12) | 5,22                       | 2,499                |

Динамика общего веса ростков ржи в контроле представлена на рисунке

16.

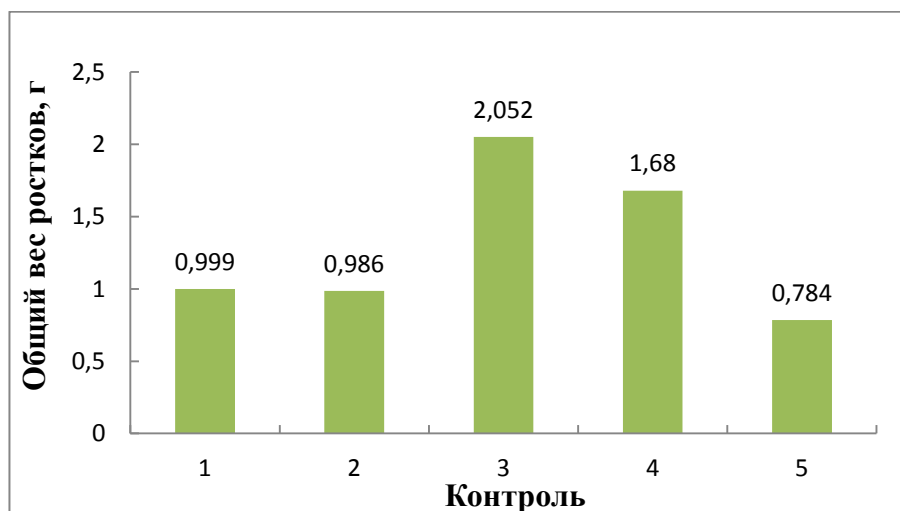


Рисунок 16 – Динамика общего веса ростков ржи в контроле

Динамика общего веса ростков ржи в емкостях с внесенной жидкой органикой представлена на рисунке 17.

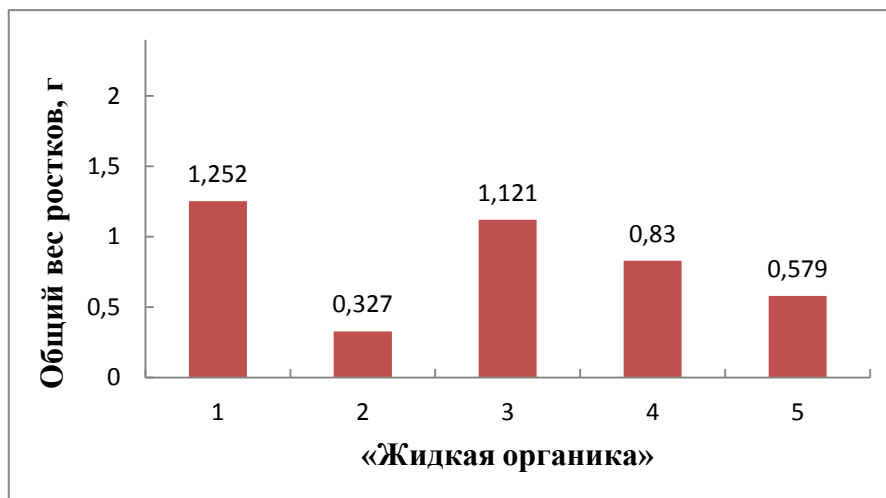


Рисунок 17 – Динамика общего веса ростков ржи в емкостях с внесенной «Жидкой органикой»

Динамика общего веса ростков ржи в емкостях с внесенным жидким биоудобрением представлена на рисунке 18.

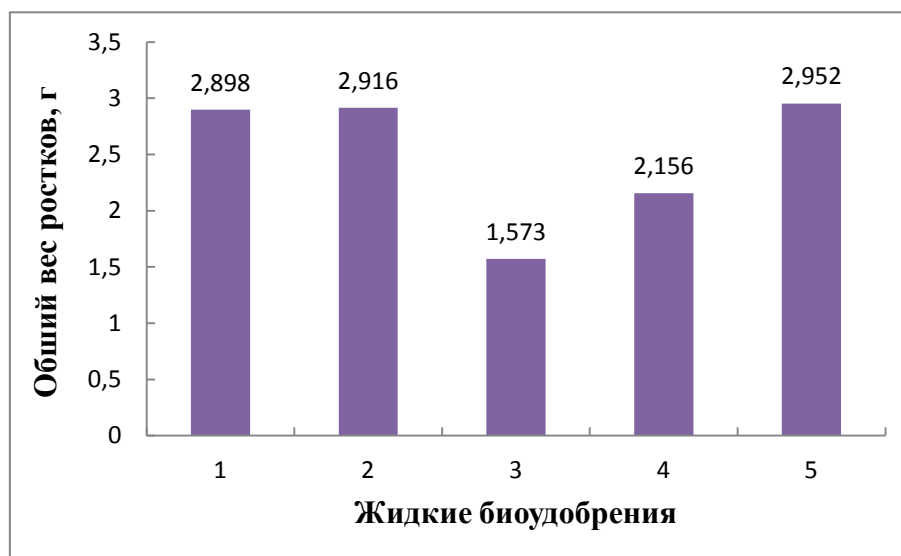


Рисунок 18 – Динамика общего веса ростков в емкостях с внесенным жидким биоудобрением

Исходя из представленных данных видно, что плотность ростков в опытных емкостях с внесенным жидким биоудобрением значительно выше (в среднем 2,499), чем в емкостях с внесенной «Жидкой органикой» (в среднем 0,579) и контроле (в среднем 1,300).

В целом, результаты эксперимента свидетельствуют о положительном влиянии жидких биоудобрений на продуктивные качества выращиваемой культуры.

На представленном ниже рисунке 19 показаны контрольные посевы и опытные посевы с использованием «Жидкой органики» и жидкого биоудобрения.

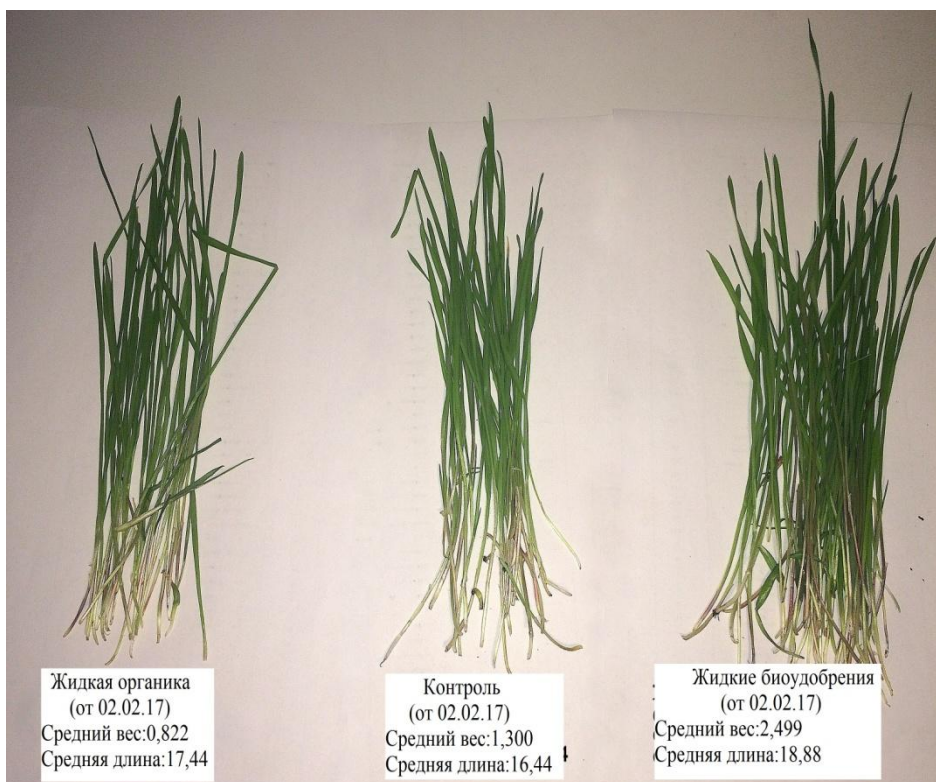


Рисунок 19 – Общие характеристики ростков ржи в контроле и опытных емкостях

Из представленного выше рисунка видно, что средний вес ростков ржи и их средняя длина при использовании жидкого биоудобрения значительно больше, чем у ростков ржи в контроле.

На рисунке 20 представлены растения ржи в контроле и опытных емкостях с использованием «Жидкой органики» и жидкого биоудобрения.



Рисунок 20 – Ростки ржи на 10-е сутки эксперимента:

1 – Жидкая органика; 2 – Контроль; 3 – Жидкие биоудобрения

Рожь на 10-е сутки эксперимента в контроле и в среде с добавлением «Жидкой органики» и жидкого биоудобрения показана на рисунке 21.

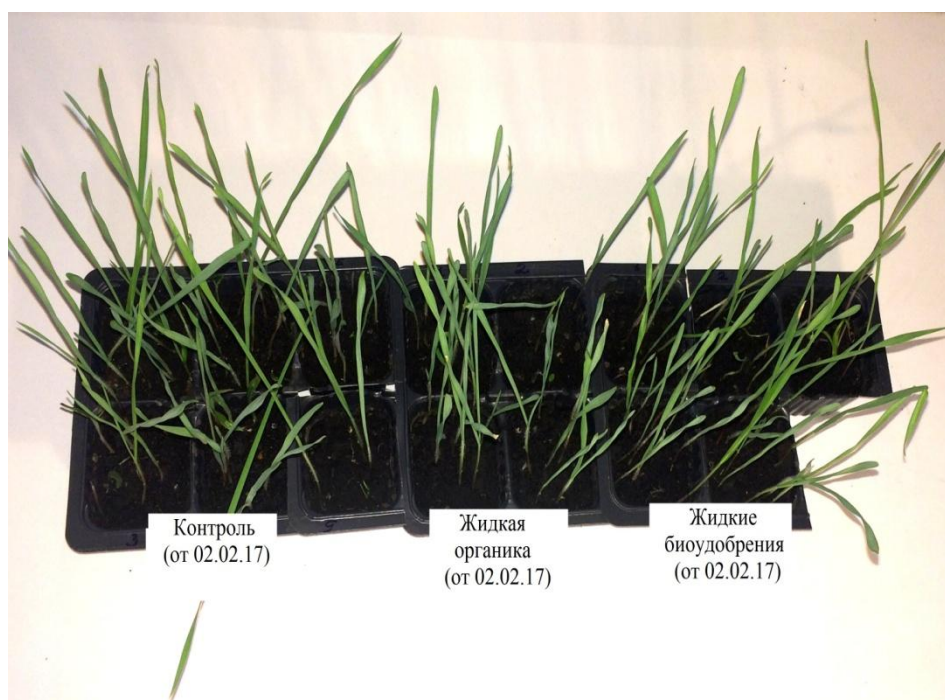


Рисунок 21 – Рожь на 10-е сутки эксперимента в контроле и в опытных емкостях с внесенными «Жидкой органикой» и жидким биоудобрением

В таблице 8 представлены результаты сравнения независимых выборок эксперимента по *t*-критерию.

Таблица 8 – Результаты проведения процедуры *t*-критерия для независимых выборок

| <i>t</i> -критерий для независимых выборок                          |                                      |                                      |                            |                                 |                                                     |                           |                           |                                           |                                           |                                              |                          |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| группа 1 и группа 2                                                 | ср.<br>арифметическая<br>группы<br>1 | ср.<br>арифметическая<br>группы<br>2 | <i>t</i> -<br>значе<br>ние | <i>df</i> –<br>диффере<br>нциал | <i>p</i> –<br>достигнуты<br>й уровень<br>значимости | объем<br>1<br>выборк<br>и | объем<br>2<br>выборк<br>и | стандартно<br>е<br>отклонение<br>1 группы | стандартно<br>е<br>отклонение<br>2 группы | <i>F</i> -<br>отношени<br>е<br>дисперси<br>й | <i>F</i> -тест<br>Фишера |
| Средняя длина<br>«Контроль» и «Жидкая<br>органика»                  | 16,446                               | 17,436                               | -0,538                     | 8                               | 0,605                                               | 5                         | 5                         | 1,555                                     | 3,812                                     | 6,009                                        | 0,110                    |
| <b>Средняя длина<br/>«Контроль» и «Жидкие<br/>биоудобрения»</b>     | <b>16,446</b>                        | <b>18,888</b>                        | <b>-3,022</b>              | <b>8</b>                        | <b>0,017</b>                                        | <b>5</b>                  | <b>5</b>                  | <b>1,555</b>                              | <b>0,919</b>                              | <b>2,859</b>                                 | <b>0,333</b>             |
| Число взошедших семян<br>«Контроль» и «Жидкая<br>органика»          | 11,800                               | 6,600                                | 2,105                      | 8                               | 0,068                                               | 5                         | 5                         | 4,438                                     | 3,286                                     | 1,824                                        | 0,575                    |
| Число взошедших семян<br>«Контроль» и «Жидкие<br>биоудобрения»      | 11.800                               | 15,800                               | -1,635                     | 8                               | 0,141                                               | 5                         | 5                         | 4,438                                     | 3,194                                     | 1,931                                        | 0,539                    |
| Общий вес ростков<br>«Контроль» и «Жидкая<br>органика»              | 1,300                                | 0,822                                | 1,620                      | 8                               | 0,144                                               | 5                         | 5                         | 0,539                                     | 0,380                                     | 2,015                                        | 0,514                    |
| <b>Общий вес ростков<br/>«Контроль» и «Жидкие<br/>биоудобрения»</b> | <b>1,300</b>                         | <b>2,499</b>                         | <b>-3,275</b>              | <b>8</b>                        | <b>0,011</b>                                        | <b>5</b>                  | <b>5</b>                  | <b>0,539</b>                              | <b>0,615</b>                              | <b>1,299</b>                                 | <b>0,806</b>             |

В соответствие с данными представленными в таблице 8 вероятность ошибки для  $F$ -теста Фишера  $P > 0,05$ , это значит, что дисперсии сравниваемых выборок не различаются, т.е. условия однородности дисперсий выполняются, следовательно, средние значения экспериментальных данных можно сравнить по  $t$ -критерию Стьюдента. Попарное сравнение средних величин показало, что достоверное различие наблюдается между вариантами (на уровне значимости  $P < 0,05$ ): общий вес ростков «Контроль» и «Жидкие биоудобрения»; средняя длина «Контроль» и «Жидкие биоудобрения», следовательно, проверяемую нулевую гипотезу можно отбросить. Достоверное различие не наблюдается в вариантах (на уровне значимости  $P > 0,05$ ): средняя длина «Контроль» и «Жидкая органика»; число взошедших семян «Контроль» и «Жидкая органика», число взошедших семян «Контроль» и «Жидкие биоудобрения», общий вес ростков «Контроль» и «Жидкая органика», следовательно, нулевую гипотезу в данных случаях отбросить нельзя.

Визуализация значений выборочных средних и стандартных отклонений экспериментальных данных показана на рисунке 22, 23, 24.

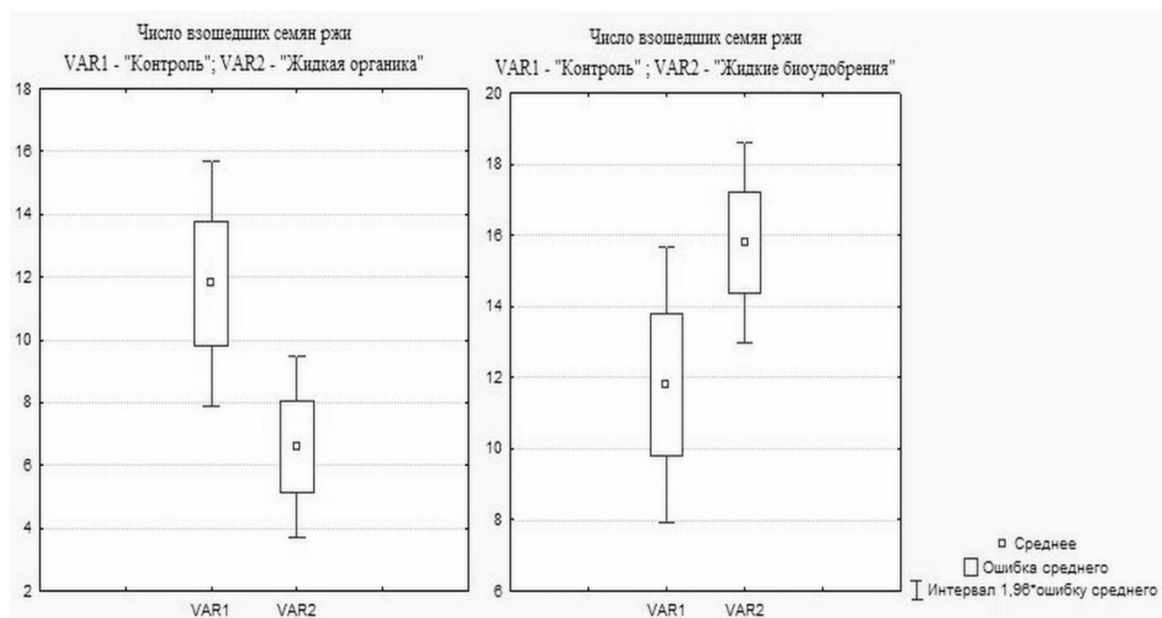


Рисунок 22 – Диаграмма размахов, построенная по данным о числе взошедших семян ржи в опытных емкостях и контроле

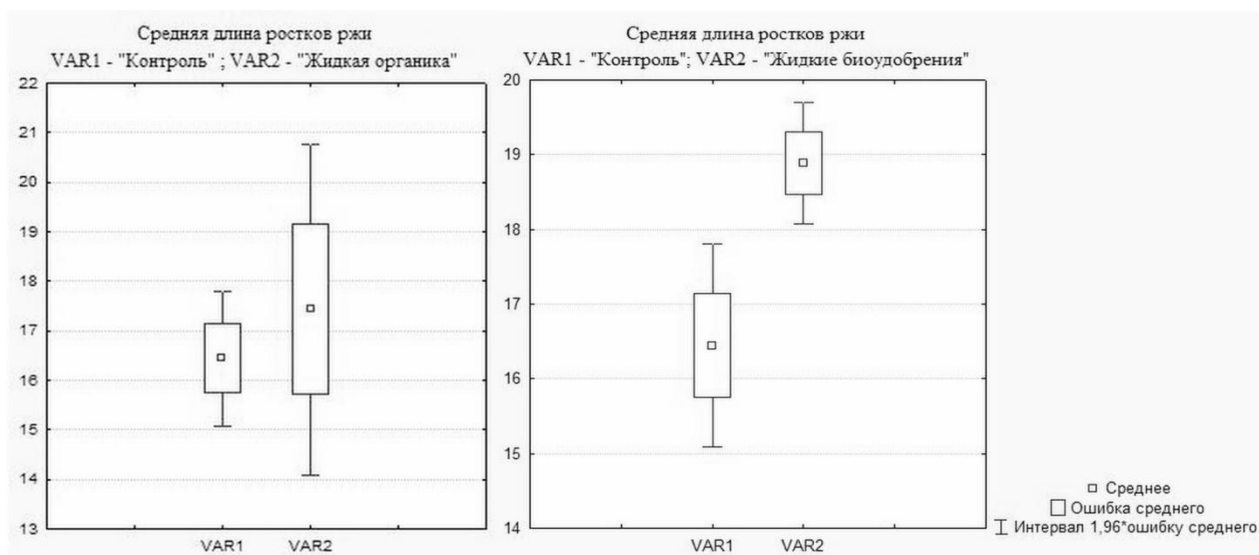


Рисунок 23 – Диаграмма размахов, построенная по данным о средней длине ростков ржи в опытных емкостях и контроле

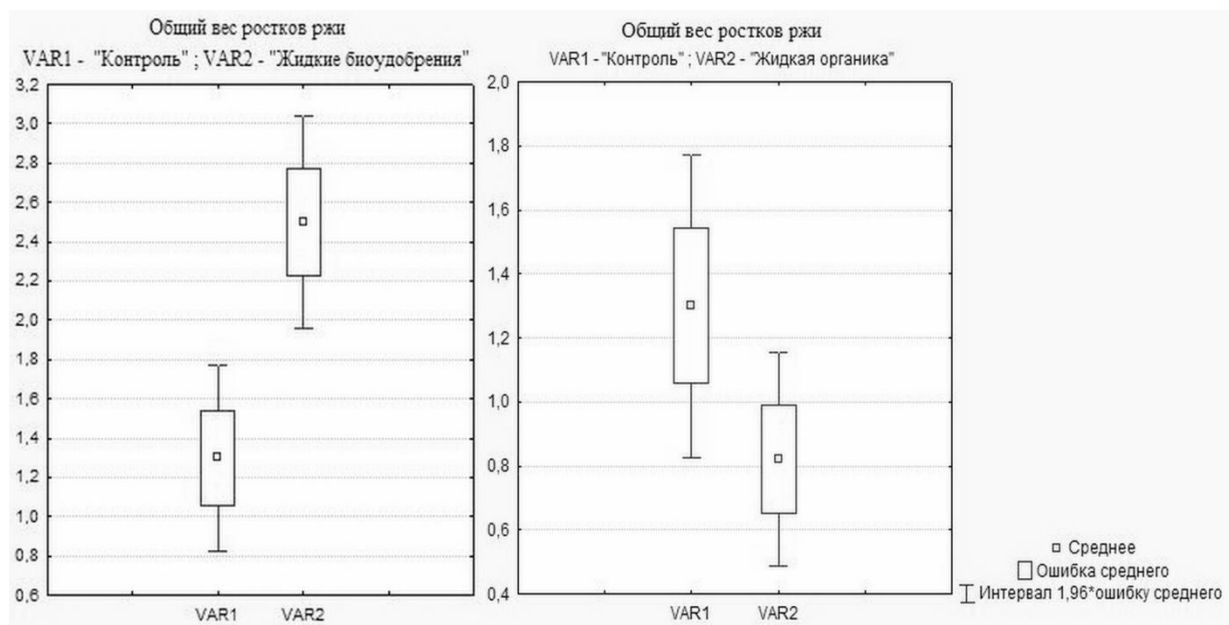


Рисунок 24 – Диаграмма размахов, построенная по данным об общем весе ростков ржи в опытных емкостях и контроле

Поскольку, в двух случаях (общий вес ростков «Контроль» и «Жидкие биоудобрения»; средняя длина «Контроль» и «Жидкие биоудобрения») наблюдаются статистически значимые различия между средними значениями сравниваемых выборок, то можно сделать вывод, о том, что именно жидкие биоудобрения оказывают статистически достоверное положительное влияние на характеристики роста ржи.

### **3.4. Рекомендации по использованию биоудобрений**

#### **3.4.1. Основные свойства и характеристика биоудобрений получаемых при термофильном сбраживании**

Применение исходного, свежего навоза в качестве удобрения, угнетает растения, поскольку в нем содержится большое количество азота, который может «обжечь» корневую систему растения. Свежий навоз содержит: семена сорняков, споры грибов, яйца гельминтов и различные бактерии, что свидетельствует тому, что использование свежих отходов животноводства в качестве удобрений, оказывает негативное воздействие на окружающую среду и заражает сельскохозяйственные культуры болезнетворными микроорганизмами.

Получаемые анаэробным сбраживанием биоудобрения принципиально отличаются от свежих отходов животноводства, органических и минеральных удобрений механизмом воздействия на почву и растительность. За счет богатой микрофлоры биоудобрения реализуют механизм по обеспечению растений питательными веществами.

При анаэробном сбраживании в термофильных условиях полностью погибают яйца гельминтов и патогенная микрофлора, семена сорняков теряют всхожесть, накапливаются высокоактивные биологические соединения класса ауксинов, кинины, гибберрелины, которые ускоряют образование необходимых структур (ферменты, хлорофилл), которые повышают образование зеленой массы растений. Накапливаются соединения необходимые для растений и околокорневой микрофлоры: фуливые и гуминовые кислоты и их соли, аминокислоты, витамины B12, B1, B6, B2.

В свою очередь живая микрофлора при попадании в почву, перерабатывает корневые остатки, тем самым способствуя повышению плодородия почв. Ризосферные микроорганизмы, содержащиеся в биоудобрениях, снабжают растения доступным азотом, витаминами, физиологически активными веществами.

В ходе микробиологического процесса в почве начинают развиваться микроорганизмы, которые вырабатывают антибиотические вещества, задерживающие размножение вредоносных бактерий, что способствует сокращению применения ядохимикатов.

Благодаря своим особенностям и составу, биоудобрения могут заменить такие удобрения как [36]:

- торф – представляет собой вещество, состоящее в основном из разложившихся или не до конца разложившихся растительных остатков, питательных элементов в нем не много. В значительном количестве, около 20 на тонну, в торфе содержится только азот, доля же остальных веществ очень мала;
- компосты животного происхождения – так называется удобрение, состоящее из органических веществ, разложившихся под влиянием микроорганизмов, приготовляемое из смеси животного происхождения;
- минеральные удобрения, вырабатываемые химической промышленностью.

В таблице 9 показано преимущество биоудобрений перед другими органическими удобрениями.

Таблица 9 – Преимущество биоудобрений перед органическими удобрениями

| Показатель                        | Органические удобрения                                                                                                                                                                          | Биоудобрения                                                                                                      |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отсутствие семян сорняков         | Большое количество семян сорняков обычно содержится в навозе КРС и свиней, а также в торфе.                                                                                                     | Отсутствие семян сорняков.                                                                                        |
| Отсутствие патогенной микрофлоры. | Распространяется большое количество возбудителей заболеваний растений. Навоз свиной имеет общую микробную загрязненность около $4,1 \cdot 10^{-9}$ , анаэробов спорных $10^{-20}$ – $10^{-4}$ . | Биоудобрения обеззараживаются от патогенной микрофлоры благодаря анаэробному сбраживанию в термофильных условиях. |

Продолжение таблицы 9

|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наличие активной микрофлоры, которая способствует интенсивному росту растений. | Не имеют или содержат минимальное количество. Навоз содержит около 109 колоний в 1 грамме различной микрофлоры, в том числе патогенной.                                                                                                                                   | Содержат около 1012–1014 колоний в 1 грамме микрофлоры, однако патогенная микрофлора полностью отсутствует.                                                                     |
| Отсутствие адаптационного периода.                                             | Любая органика перед внесением в почву, проходит длительную подготовку около 6–12 месяцев. Содержащиеся в них полезные вещества частично теряются, а оставшиеся в почве начинают действовать лишь на 2–4 год после внесения удобрения.                                    | Благодаря своему химическому составу и свойствам начинают эффективно воздействовать на почву и растения сразу после внесения.                                                   |
| Стойкость к вымыванию из почвы питательных элементов.                          | Около 80 % органических удобрений вымываются за сезон. В результате возникает необходимость вносить их ежегодно в больших количествах.                                                                                                                                    | До 15 % биоудобрений вымывается из почвы за сезон. Поля с внесенными биоудобрениями в небольшом количестве будут работать на 3–5 лет дольше, чем другие органические удобрения. |
| Максимальное накопление и сохранение азота.                                    | К снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур приводит низкое содержание азота в почве, также данный фактор приводит к замедлению роста растений, ослаблению их стойкости к болезням. Азотное голодание приводит к разрушению хлорофилла и гидролизу белков. | В биоудобрениях, содержание общего азота сохраняется полностью благодаря анаэробной ферментации, кроме того, количество растворимого азота возрастает на 10–15 %.               |
| Влияние на почву.                                                              | Непереработанные удобрения оказывают негативное воздействие на почву, загрязняя ее, а также грунтовые воды.                                                                                                                                                               | Не оказывают негативного воздействия на почву, поскольку являются экологически безопасными.                                                                                     |

Вырабатываемые химической промышленностью минеральные удобрения оказывают негативное воздействие на почву и здоровье человека, такие удобрения в виде растворов или гранул усваиваются лишь на 35–50 %, остальные откладываются в виде нитратов в грунтах, продуктах питания, такие продукты плохо сказываются на здоровье человека. Развитию раковых опухолей в желудочно-кишечном тракте содействуют нитраты, а также они

способствуют снижению белка и увеличению холестерина в крови животного и человека.

В свою очередь, биоудобрения благодаря биологическим свойствам и химическому составу, усваиваются растениями почти на 100 %, при этом количество нитратов в продуктах незначительное.

В общем можно заметить, что почвы с внесенными биоудобрениями по сравнению с минеральными и другими органическими удобрениями, характеризуются следующими признаками:

- активируются процессы азотообразования в почве, что в свою очередь приводит к увеличению роста общего и белкового азота, увеличению выделения углекислоты почвой;
- увеличивается поступление фосфора, амидных и аммиачных форм азота в растениях;
- возрастает подвижность грунтового фосфора;
- увеличивается концентрация алюминия, калия, однако снижается количество магния, т.е. гуматы оказывают на динамику и содержание грунтовых катионов значительное воздействие.

Гуминовые вещества принимают участия практически во всех процессах формирования грунтового плодородия и почвообразования, данные вещества образуются в результате разложения органического вещества. Основным показателем гумусного состояния почв является содержание органического вещества, поскольку оно улучшает химические, биологические и физические свойства почвы и увеличивает плодородие.

Биоудобрения в 15–20 раз эффективнее любого органического удобрения. Специфическая микрофлора и ферменты, которые содержатся в биоудобрениях, способны обеспечить все функции почвы и придать ее свойствам высокого плодородия. Эти ценные свойства биоудобрения сохраняют в течение 3–4 лет.

Ежегодно одновременно с урожаем выносится большое количество органического материала, уменьшается количество живых микроорганизмов, а в результате снижается активность гумусообразования. Для поддержания необходимого уровня гумуса в почвах чаще всего вносят органические удобрения (помет, торф), но содержание гуминовых веществ в такой органике совсем малое. Таким образом, для минимального обеспечения почвы необходимым содержанием гумуса необходимо использовать более эффективные удобрения [37]. При использовании биоудобрения достигается существенное повышение количества и качества урожая. Например, по разным источникам, озимая пшеница дает прибавку 15–20 %, сахарная свекла до 20 %, кукуруза 20–30 %, картофель – до 30 %.

Положительное воздействие биоудобрений на урожайность и грунтовое плодородие выражается комплексом взаимосвязанных процессов:

- процессы почвенного обмена увеличиваются: адсорбция биоудобрениями элементов питания почвы с повышением биологической активности и улучшение питательного режима развития растений. Как результат – повышение урожайности;

- улучшаются физические и физико-механические свойства почвы.

Наряду с перечисленными позитивными признаками биоудобрения обладают и другими свойствами, такими как: большая влагоемкость, влагостойкость, механическая прочность гранул, отсутствие семян, наличие большого содержания, а также большого спектра полезных микроорганизмов, антибиотиков, ферментов, необходимых гормонов для роста растений. Биоудобрения также обладают и стандартными качествами: регулируемая влажность; сыпучесть; безвредность для почвы; технологичность использования; предсказуемость действия на урожайность культур сельского хозяйства; хорошее взаимодействие с различными химическими и минеральными удобрениями. В сочетании со структурирующими и мелиоративными характеристиками почвы такое биоудобрение, полученное в

результате анаэробной ферментации в биогазовой установке, конкурентоспособнее любых других искусственных минеральных удобрений.

Таким образом, перечисленные выше характеристики и особенности биоудобрений, позволяют им выйти на совершенно новый качественный уровень, они не только могут заменить калийные, минеральные, азотно-фосфорные удобрения, но и значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, а также повысить и восстановить естественное плодородие почв. Азот, калий, фосфор полностью сохраняются в биоудобрениях, данные биоудобрения не содержат яиц гельминтов, патогенной микрофлоры, семян сорняков, нитратов и нитритов, а также специфических фекальных запахов. Биоудобрения безвредны для людей и животных, относятся к V классу опасности.

#### **3.4.2. Способы и нормы применения биоудобрений по периодам вегетации и видам сельскохозяйственных культур**

Эффект от применения биоудобрений достигается лишь при условии выполнения всех агротехнических мероприятий в оптимальные сроки. Удобрения являются важным фактором, но не единственным, в роли повышения урожайности сельскохозяйственных культур, они являются составным элементом всей системы агрохимических мероприятий.

Значение основных элементов питания биоудобрений на урожайность сельскохозяйственных культур Томской области представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Значение элементов питания в получении урожая Томской области

| Элементы питания | Формы нахождения в почве      | Усвояемые формы  | Роль в земледелии Томской области                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Азот             | Органические вещества (гумус) | Нитраты, аммоний | Необходим в первой половине вегетации для формирования зеленой массы листьев и стеблей, последующего синтеза белков. При недостатке – торможение роста, уменьшение числа и укорачивание стеблей, поверхности листьев, недостаток белков. |

Продолжение таблицы 10

|        |                       |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Фосфор | Соли фосфорных кислот | Водорастворимые фосфаты | Усиливает рост корней, ускоряет созревание, необходим для синтеза веществ – носителей биоэнергетики и наследственной информации, повышает заморозко- и засухоустойчивость, снижает содержание нитратов. При недостатке – приостановка роста, задержка созревания, снижение содержания сахара, крахмала, белка, избыток нитратов. |
| Калий  | Алюмосиликаты         | Катион K <sup>+</sup>   | Нормализует фотосинтез, повышает водоудерживающую силу, устойчивость к полеганию. При недостатке – ухудшается качество урожая.                                                                                                                                                                                                   |

Для снижения минимальных потерь азота при внесении биоудобрений на поля, необходимо использовать специальное оборудование, как для твердой так, и для жидкой фракции.

На эффективность внесения удобрений существенно влияют климатические условия, водный режим, который, в свою очередь, зависит от физических свойств почвы. При недостатке влаги эффективность удобрений снижается. В районах недостаточного увлажнения важно предусматривать глубину заложения удобрений и не всегда целесообразно проводить дополнительную подкормку сельскохозяйственных растений. В условиях достаточного увлажнения или при орошении биоудобрения необходимо вносить в большем количестве и подбирать эффективные способы внесения, чтобы предотвратить вымывание питательных веществ в нижние слои почвы.

В районах нечерноземной зоны биоудобрения следует вносить под вспашку или перепашку зяби. На супесчаных и песчаных почвах лучшие результаты дает биоудобрение, внесенное весной. В районах лесостепи и степи биоудобрения необходимо давать под вспашку осенью. В качестве временной меры допустимо повсеместное внесение биоудобрений навозоразбрасывателями по замерзшей почве и по снежному покрову глубиной

до 20 см, за исключением затопляемых участков и склонов, где возможен смыв биоудобрений талыми водами.

При разработке системы внесения биоудобрений в конкретном хозяйстве необходимо иметь в виду, что положительное влияние биоудобрений на растительность и почву во многом зависит от уровня агротехники. Относительно небольшие нормы внесения биоудобрений при высокой агротехнике могут дать высокий результат, а увеличенные нормы внесения биоудобрений при низкой агротехнике часто дают ожидаемый эффект. Высокий уровень агротехники является важным условием эффективного использования биоудобрений.

Чаще всего применяется комбинированное или прямоточное внесение биоудобрений. Технология прямоточного внесения осуществляется с использованием мобильных цистерн – разбрасывателей и включает следующие операции: загрузка массы, транспортировка и внесение по поверхности поля [38]. При необходимости, можно использовать дополнительное оборудование для внесения жидких биоудобрений в почву при выполнении операций подкормки и посева растений. Однако, жидкие биоудобрения лучше всего вносить специальными инжекторами, обеспечивая равномерное рассеивание. Это позволит своевременно подавать необходимые растениям питательные элементы непосредственно в вегетационную систему.

Внесение твердых фракций биоудобрений в почву разделяется на три вида: подкормка, основное, предпосевное. Основное внесение биоудобрений предусматривает внесение под основное возделывание почвы – пахоту и в предпосевную культивацию. Обычно так вносят все запланированное количество биоудобрений.

Доза внесения твердых видов биоудобрений на приусадебных участках составляет для:

- земляники – 150–200 г на лунку;
- цветочных, декоративных деревьев – 1,0–2,0 кг/м<sup>2</sup>;

- рассады овощных культур – 10–30 г на растение;
- фруктовых деревьев – 1,5–2,0 кг на посадочную яму;
- зеленых – 0,5 кг/м<sup>2</sup>.

Доза внесения твердых видов удобрений для восстановления плодородия истощенных почв составляет – 0,5 кг/м<sup>2</sup>.

Время основного внесения биоудобрений зависит от грунтовых, климатических условий, а также от условий увлажнения и механического состава почвы. В большинстве случаев биоудобрения вносят различными разбрасывателями в почву при пахоте или культивации.

Биоудобрение является главным источником питания роста растения, которое влияет на урожайность сельскохозяйственных культур не только в первый год внесения, но и в последующие 3–4 года.

Биоудобрение применяется для выращивания рассады, а также для полноценного питания садовых, огородных, полевых и декоративных культур. Применение биоудобрений обеспечивает высокий урожай с отличными вкусовыми качествами. Рассада, выращиваемая с использованием биоудобрения, получается хорошо развитой, очень выровненной. От избыточного накопления нитратов в продуктах предохраняет оптимальное соотношение элементов, которое обеспечивает не только прирост урожая, но и улучшает питательную ценность в продуктах и продукции. За 1–2 часа до внесения удобрения необходимо растения полить, промочив земляной ком [39].

Оптимальные периоды внесения жидких биоудобрений показаны на рисунке 25.

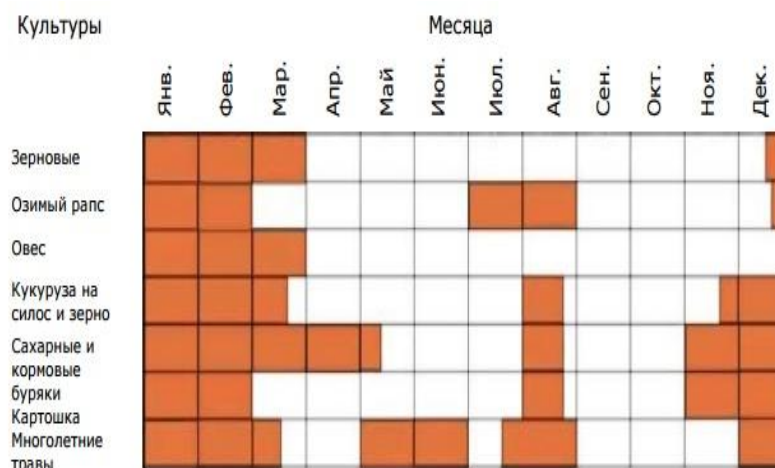


Рисунок 25 – Оптимальные периоды внесения жидких биоудобрений

Оптимальные периоды внесения твердой фракции биоудобрений показаны на рисунке 26.

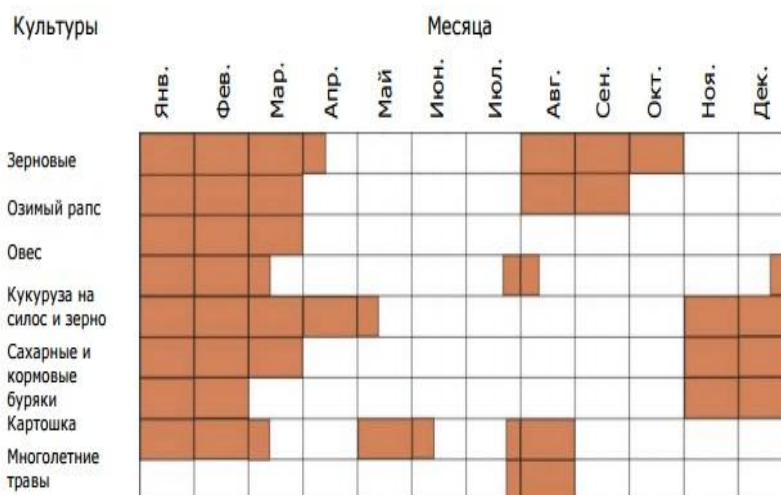


Рисунок 26 – Оптимальные периоды внесения твердой фракции биоудобрений

Биоудобрения целесообразно вносить одновременно перед вспашкой или разрыхлением почвы. Таким образом, они глубже проникают в почву, и не происходит потери питательных веществ в результате контакта биоудобрений с воздухом. Биоудобрения обычно вносятся 2 раза – до начала вегетации и в период кущения.

Перед посадкой семена растений можно вымочить в водном растворе в пропорции 1:10 до появления ростков. Зерновые перед посадкой необходимо увлажнить раствором 1:50. Клубни картофеля перед посадкой вымочить в растворе 1:50.

Технология применения жидкого биоудобрения представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Технология применения жидкого удобрения

| Культура                                                    | Доза применения удобрения                                                                     | Особенности применения                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Капуста<br>белокочанная                                     | Готовится раствор удобрения в воде при соотношении 1:20 (0,5 л на ведро воды – 10).           | Приготовленный раствор вносят через 10 дней после высадки рассады путем полива в дозе 0,5 л под одно растение.                                           |
| Капуста цветная                                             | Готовится раствор удобрения в воде при соотношении 1:20 (0,5 л на ведро воды – 10).           | Приготовленный раствор вносят через 10 дней после высадки рассады путем полива в дозе 0,5 л под одно растение. Периодичность подкормки 3–5 раз за сезон. |
| Морковь                                                     | Готовится раствор 1:40 (250 мл на ведро воды – 10 л).                                         | Готовятся бороздки, которые проливают приготовленным раствором. Периодичность подкормки 3–5 раз в сезон.                                                 |
| Лук репчатый                                                | Готовится раствор 1:40 (250 мл на ведро воды – 10 л).                                         | Приготовленным раствором поливают грядку. Периодичность подкормки 3–5 раз в сезон.                                                                       |
| Картофель                                                   | Готовится раствор 1:40 (250 мл на ведро воды – 10 л).                                         | Приготовленный раствор применяют при посадке в лунку, а также перед окучиванием производят прикорневую подкормку.                                        |
| Тепличные культуры<br>(томаты, огурцы,<br>болгарский перец) | Готовится раствор 1:40 (250 мл на ведро воды – 10 л).                                         | Приготовленный раствор вносят через 10 дней после высадки рассады путем полива в дозе 200 мл под растение. Периодичность подкормки 2–3 раза за сезон.    |
| Клубника                                                    | Готовится раствор 1:40 (250 мл на ведро воды – 10 л).                                         | Приготовленный раствор полива по 0,2 л под куст один раз в 10–15 дней. Периодичность подкормки 3–5 раз за сезон.                                         |
| Плодово–ягодные                                             | Готовится раствор удобрения в воде при соотношении 1:20 (0,5 л на ведро воды – 10).           | Приготовленный раствор вносят путем полива по 5–10 л под куст 2–3 раза в сезон.                                                                          |
| Комнатные цветы                                             | Для внекорневой подкормки разбавить удобрение 1:50, для прикорневой подкормки разбавить 1:30. | Опрыскивание раз в 15–20 дней. Полив – 1 раз в 10 дней.                                                                                                  |

При внесении биоудобрений минимизирована опасность передозировки. Оптимальное количество биоудобрений подбирается индивидуально под каждое сочетание типа почвы и выращиваемой культуры.

При внесении биоудобрений в почву активно подавляется развитие таких заболеваний растений, как парша картофеля, кила капусты, сосудистое увядание, корневая гниль, что способствует значительному увеличению урожайности, оздоровлению почвы и повышению качества продукции. Важным моментом при использовании биоудобрений является то, что в почву не требуется вносить различные агрохимикаты.

Действие биоудобрений отличается от действия минеральных удобрений. Они не только приносят в почву питательные вещества, но и вносят необходимую микрофлору, добавляет гумус, различные микроэлементы, витамины. Регулярно применяя биоудобрения на одном и том же участке каждый год, можно снизить ежегодную дозу внесения биоудобрений, потому что в почве остаются еще запасы с прошлого года [40].

Таким образом, от применения биоудобрений ожидаются следующие результаты:

- восстановление почвенного плодородия: увеличение содержания гумуса, улучшение структурного состояния почвы, снижение явления аллелопатической усталости в севообороте и под отдельными его культурами;
- получение экологически чистой продукции и реализации концепции «органического земледелия»;
- увеличение кормовых достоинств культур севооборота.

### **3.4.3. Использование биоудобрений в качестве кормовой добавки**

В мировой практике биоудобрения полученные при анаэробном сбраживании используют в качестве активных биодобавок для повышения эффективности кормов для животных. Анаэробная переработка сырья при использовании термофильного температурного режима позволяет

обеззараживать биоудобрения от патогенной микрофлоры. Переработанная биомасса также приобретает положительные с точки зрения кормопроизводства свойства – обогащается витаминами B12 и в ней повышается концентрация белка.

Нормальная деятельность организма животных возможна при регулярном поступлении пищи, однако пища должно содержать следующие питательные элементы: углеводы, белки, жиры, а также воду, витамины и минеральные соли. Питательные вещества необходимы организму животного, поскольку они являются источником энергии, покрывающим расходы организма, и строительным материалом, который используется для роста организма. Особое место среди питательных элементов необходимых животным занимают белки. Недостаток белка в организме сказывается на росте, и он приостанавливается. К полноценным белкам относятся белки животного происхождения, однако полноценные белки содержат также некоторые растения, такие как бобовые, картофель и др.

Роль регуляторов в обмене веществ играют витамины. В настоящее время изучено и выделено более 20 витаминов, которые необходимы организму животного. Для животных особую роль играет витамин B12, поскольку витаминная недостаточность может привести к нарушению роста, ухудшению усвояемости белка, анемии, жесткости волосяного покрова и воспалению кожи, у птицы она сказывается на смертности эмбрионов и вылупившихся цыплят. При длительном дефиците данного витамина ухудшается яйценоскость.

В настоящее время очень многие природные корма не отвечают требованиям по содержанию необходимых животным питательных веществ.

В качестве кормовых добавок можно использовать навоз переработанный в биогазовой установке, поскольку он содержит все незаменимые витамины, особенно группы B, и аминокислоты, и не содержит патогенной микрофлоры. В переработанном анаэробным способом навозе КРС количество аминокислот в 1 кг сухого вещества составляет при термофильном

и мезофильном режимах переработки соответственно 210 и 240 г/кг. Таким образом, навоз, переработанный анаэробным способом, является важным источником кормов богатых белком.

Украинским НИИ спиртовой промышленности и российским институтом биохимии им. А. Н. Баха разрабатывалась и рекомендовалась технология по получению кормового концентрата.

Технология основывается на биогазовой переработке экскрементов сельскохозяйственных животных, с дальнейшим отделением от переработанной биомассы крупных остатков и обезвоживанием осадка полученного удобрения, данный осадок высушивается при температуре 60–70°C и измельчается в муку. Хранить его необходимо в светонепроницаемой упаковке или таре, так он сохранит свои качества в течение длительного времени.

От 1 КРС в год по данной технологии можно получить до 0,3 тонн кормового концентрата, который будет содержать около 30 г чистого витамина В12. Согласно рекомендациям УкрНИИсельхоз необходимой дозой кормовой добавки является: на 1 кг сухого вещества корма необходимо 10–20 мкг витамина В12 [41].

Таким образом, корма для сельскохозяйственных животных должны содержать набор микроэлементов, витамины, питательные элементы в усваиваемой организмом форме, а также иметь определенное количество полноценного белка.

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Целью данного раздела является создание и проектирование конкурентоспособных технологий, разработок, которые отвечают современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

Задачами данного исследования являются:

- оценка перспективности проведения и коммерческого потенциала научных исследований с позиций ресурсосбережения и ресурсоэффективности;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение бюджетной, ресурсной, социальной, экономической и финансовой эффективности исследования.

В данном разделе будут оцениваться биогазовые технологии переработки сельскохозяйственных отходов в биоудобрения.

##### **4.1. Предпроектный анализ**

###### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевым рынком результатов исследования биоудобрений в Томской области являются сельскохозяйственные предприятия. По приведенным ниже признакам проведем сегментирование рынка и составим карту сегментирования. Карта сегментирования представлена на рисунке 27.

|                  | Объем применения органических удобрений в год, т |       |        |           |
|------------------|--------------------------------------------------|-------|--------|-----------|
|                  | 50                                               | 50–70 | 70–100 | более 100 |
| Мелкая компания  |                                                  |       |        |           |
| Средняя компания |                                                  |       |        |           |
| Крупная компания |                                                  |       |        |           |

Рисунок 27 – Карта сегментирования рынка по использованию органических удобрений

|                |                                 |                |
|----------------|---------------------------------|----------------|
| ЗАО «Овощевод» | ЗАО «Сибирская Аграрная группа» | ЗАО «Заречное» |
|                |                                 |                |

Учитывая, что объемы получения биоудобрений анаэробным способом в биогазовых установках Томской области на данный период времени небольшие, так как еще не существует стандартных методик, которыми можно было бы воспользоваться при термофильном сбраживании органических отходов в климатических условиях Западной Сибири, то на начальном этапе необходимо ориентироваться на поставку продуктов в основном мелким сельхозпредприятиям. Однако анализ потенциала Томской области по сельскохозяйственной биомассе свидетельствует о большом количестве сырьевых ресурсов, что перспективно для развития биогазовых технологий. Многие крупные агрокомпании проявляют все больший интерес к разработке промышленных биогазовых станций для получения экологически безопасных органических удобрений, поэтому в дальнейшем можно поставлять продукцию для средних и даже крупных сельскохозяйственных предприятий.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Исследование биоудобрений получаемых в процессе анаэробного сбраживания при термофильных условиях в биогазовой установке проводится с целью определения их влияния на продуктивные качества сельскохозяйственных культур. Однако, помимо биоудобрений получаемых при термофильном режиме сбраживания, есть и другие типы биоудобрений, которые также образуются в результате анаэробной ферментации сельскохозяйственных отходов, а именно: биоудобрения получаемые при психрофильном и мезофильном температурных режимах сбраживания.

Проведем оценку сравнительной эффективности биоудобрений получаемых при термофильном режиме сбраживания с помощью оценочной карты, которая представлена в таблице 12.

Позиция конкурентов и разработки оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная, веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений осуществляется по формуле (13):

$$K = \sum B_i B_i \quad (13)$$

Где:

$B_i$  – вес показателя (в долях);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя;

$K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

| Критерии оценки                                                       | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентоспособность |                 |                 |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                                                                       |              | Б <sub>Ф</sub> | Б <sub>К1</sub> | Б <sub>К2</sub> | К <sub>Ф</sub>        | К <sub>К1</sub> | К <sub>К2</sub> |
| 1                                                                     | 2            | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7               | 8               |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности                      |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1.Качество получаемых биоудобрений                                    | 0,2          | 5              | 3               | 2               | 1                     | 0,6             | 0,4             |
| 2.Наличие биогазовых установок адаптированных под температурный режим | 0,05         | 4              | 5               | 3               | 0,2                   | 0,25            | 0,15            |
| 3.Соответствует требованиям потребителей                              | 0,13         | 5              | 4               | 2               | 0,65                  | 0,52            | 0,26            |
| 4.Экологичность биоудобрений                                          | 0,2          | 5              | 3               | 3               | 1                     | 0,6             | 0,6             |
| Экономические критерии оценки эффективности                           |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 5.Конкурентоспособность продукта                                      | 0,08         | 5              | 4               | 3               | 0,4                   | 0,32            | 0,24            |
| 6.Перспективность исследования                                        | 0,16         | 4              | 4               | 3               | 0,64                  | 0,64            | 0,48            |
| 7.Финансирование научного исследования                                | 0,04         | 4              | 4               | 3               | 0,16                  | 0,16            | 0,12            |
| 8.Предполагаемый срок удобрительного действия                         | 0,14         | 5              | 3               | 3               | 0,7                   | 0,42            | 0,42            |
| Итого                                                                 | 1            |                |                 |                 | 4,75                  | 3,51            | 2,67            |

Где  $B_{K1}$  – биоудобрения получаемые при мезофильном режиме сбраживания,  $B_{K2}$  – биоудобрения получаемые при психрофильном режиме сбраживания.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия (14):

$$K_{kc} = \left( \frac{K_{\phi}}{K_{K1}} + \frac{K_{\phi}}{K_{K1}} \right) / 2 = (4,75 / 3,51 + 4,75 / 2,67) / 2 = 1,57 \quad (14)$$

$K_{kc} > 1$ , следовательно, биоудобрения конкурентоспособные.

Из данных представленных в таблице 12 можно сделать вывод, что биоудобрения получаемые при термофильном режиме сбраживания в анаэробных условиях являются конкурентоспособными, качество их соответствует стандартам, что гарантирует спрос на биоудобрения в сельском хозяйстве. Кроме того, получение биоудобрений с помощью биогазовых технологий, позволит решить проблему утилизации отходов животноводства.

#### **4.1.3. SWOT-анализ**

Проведем комплексный анализ научно-исследовательского проекта с целью исследования внутренней и внешней среды. Описание слабых и сильных сторон проекта, а также выявленных угроз и возможностей для реализации исследования особенностей биоудобрений, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Матрица SWOT

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Сильные стороны научно-исследовательского проекта:                                                                                                                                                                                                         | Слабые стороны научно-исследовательского проекта:                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>С1. Заявленная энергоэффективность и экономичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с иными биогазовыми технологиями</p> <p>С3. Экологичность технологии и продукта</p> <p>С4. Высокое качество продукции</p>     | <p>СЛ.1 Нехватка средств финансирования</p>                                                                                        |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Привлечение крупных сельскохозяйственных предприятий</p> <p>В2. Повышение спроса на мировом рынке на экологически безопасные биоудобрения</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных продуктов</p> <p>В4. Улучшение качества продукции</p>                                           | <p>В1С1С2С3С4 – появление большого количества потребителей</p> <p>В2С1С2С3С4 – поставка продукта на мировой рынок и реализация стратегии импортозамещения на российские рынки</p> <p>В3В4С1С2С3С4 – удержание продукта на рынке органических удобрений</p> | <p>В1В2В3СЛ.1 – потеря потребителей вследствие снижения объемов вырабатываемой продукции, связанной с нехваткой финансирования</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологии производства</p> <p>У2. Ужесточение государственных стандартов на биоудобрения, производимые на основе анаэробной переработке отходов животноводства</p> <p>У3. Введение дополнительных требований к сертификации продукции</p> <p>У4. Потеря клиентов</p> | <p>У1У2У3У4С2 – потеря потребителей из-за повышения стоимости производства технологии</p>                                                                                                                                                                  | <p>У1У2У3СЛ.1 – нехватка финансирования не позволит производить исследования в полном объеме</p>                                   |

#### 4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки полезно оценивать степень ее готовности к коммерциализации и выяснять уровень собственных знаний для ее проведения. Отразим в таблице 14 степень

проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 14 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

| № п/п        | Наименование                                                                      | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1            | Определен имеющийся научно-технический задел                                      | 5                                        | 4                                       |
| 2            | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела  | 4                                        | 3                                       |
| 3            | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке         | 5                                        | 5                                       |
| 4            | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок   | 5                                        | 5                                       |
| 5            | Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                   | 4                                        | 4                                       |
| 6            | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                         | 4                                        | 3                                       |
| 7            | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта                                 | 4                                        | 4                                       |
| 8            | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                        | 3                                        | 3                                       |
| 9            | Определены пути продвижения научной разработки на рынок                           | 5                                        | 4                                       |
| 10           | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                       | 5                                        | 5                                       |
| 11           | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок    | 5                                        | 5                                       |
| 12           | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 3                                        | 3                                       |
| 13           | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки            | 4                                        | 3                                       |
| 14           | Имеется команда для коммерциализации научной разработки                           | 5                                        | 5                                       |
| 15           | Проработан механизм реализации научного проекта                                   | 5                                        | 5                                       |
| Итого баллов |                                                                                   | 66                                       | 61                                      |

При проведении анализа по таблице 14 по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале.

Значение  $B_{\text{сум}}$  представленное в таблице 14 свидетельствует о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Поскольку значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 66 до 61, то данная разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточны для успешной ее коммерциализации.

Развитие биогазовых технологий с целью получения экологически безопасных биоудобрений одинаково значимо для всех сельскохозяйственных предпринимателей, которые располагают высококвалифицированными кадрами и мощной базой технологий. Однако каждому предприятию необходимо вкладывать значительные ресурсы во внедрение биогазовых технологий и также им не обойтись без участия государства в финансировании данного продукта разработки.

#### **4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Задачей данного раздела магистерской диссертации является выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

При коммерциализации научно-технических разработок владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности, преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить получаемый коммерческий эффект. В нашем случае, исследование выполняется на базе АНО «Томский центр ресурсосбережения и энергоэффективности», которая учреждена юридическими лицами и, следовательно, полученные средства с научно-технической разработки используются для продолжения научных исследований.

Для коммерциализации научных разработок выделяют следующие методы: передача ноу-хау, франчайзинг, торговля патентными лицензиями,

инжиниринг, организация собственного предприятия, организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия, передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия, организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Проанализировав перечисленные выше методы коммерциализации, сделали вывод, что инжиниринг является наиболее подходящим методом. В нашем случае консультантом выступает АНО «Томский центр ресурсосбережения и энергоэффективности», которая выполняет разработку биогазовых технологий и внедрение установки на предприятии заказчика, которая используется заказчиком в оптимальных режимах эксплуатации с целью получения экологически безопасных биоудобрений и биогаза, а также уменьшения отходов животноводства на территории сельскохозяйственного предприятия.

## 4.2. Инициация проекта

### 4.2.1. Цели и результат проекта

В данном разделе предоставим необходимую информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон                                                                                   |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Магистрант                       | Магистерская диссертация                                                                                           |
| Руководитель проекта             | Получения проекта биогазовой технологии переработки сельскохозяйственных отходов в высокоэффективные биоудобрения. |
| Сотрудники АНО ТЦРЭ              | Получение результатов о качестве биоудобрений получаемых на экспериментальной биогазовой установке                 |

В таблице 16 представим информацию об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 16 – Цели и результаты проекта

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цель проекта:                        | Изучение биогазовых технологий переработки сельскохозяйственных отходов III и IV классов опасности в биоудобрения и разработка рекомендаций по их использованию                                                                       |
| Ожидаемые результаты проекта:        | Получение биоудобрений в анаэробных условиях ферментации отходов животноводства с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, применения удобрений в качестве кормовых добавок и для выращивания различных культур. |
| Критерии приемки результата проекта: | Соответствие заданным характеристикам                                                                                                                                                                                                 |
| Требования к результату проекта      | Требования:                                                                                                                                                                                                                           |
|                                      | Свойства полученных биоудобрений:                                                                                                                                                                                                     |
|                                      | – анализ качества удобрений;                                                                                                                                                                                                          |
|                                      | – определение влияния биоудобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур.                                                                                                                                                    |
|                                      | Рекомендации по использованию биоудобрений                                                                                                                                                                                            |
|                                      | Оформленная магистерская диссертация                                                                                                                                                                                                  |

#### 4.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решаем следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте, данная информация представлена в таблице 17

Таблица 17 – Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность                               | Роль в проекте                 | Функции                                                                             | Трудозатраты, час. |
|-------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1     | Асипкина Л. А.<br>Инженер (Магистрант)<br>каф. ЭБЖ.                 | Исполнитель проекта            | Выполнение отдельных работ по проекту, выполнение расчетов, экспериментальных работ | 528                |
| 2     | Романенко С.В. зав.каф ЭБЖ, д.х.н., профессор, руководитель проекта | Отвечает за реализацию проекта | Координирует деятельность магистранта                                               | 30                 |

Продолжение таблицы 17

|       |                                                                                                                                              |                                                             |                                                                                         |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3     | Баннова К.А, ассистент кафедры менеджмента, к.э.н., консультант по разделу «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | Отвечает за реализацию раздела «финансовый менеджмент»      | Координирует деятельность магистранта при выполнении раздела финансовый менеджмент      | 8   |
| 4     | Сечин А.А., доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н, консультант по разделу «Социальная ответственность»                                                   | Отвечает за реализацию раздела «Социальная ответственность» | Координирует деятельность магистранта при выполнении раздела социальная ответственность | 8   |
| 5     | Плеханова М.В, доцент кафедры ИЯ ИСГТ, к.п.н, консультант по разделу на немецком языке                                                       | Отвечает за реализацию раздела на немецком языке            | Координирует деятельность магистранта при выполнении раздела на немецком языке          | 8   |
| Итого |                                                                                                                                              |                                                             |                                                                                         | 582 |

### 4.2.3. Ограничения и допущения проекта

Ограничения и допущения проекта представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Ограничения и допущения проекта

| Фактор                                     | Ограничения/допущения |
|--------------------------------------------|-----------------------|
| Источник финансирования                    | АНО «ТЦРЭ»            |
| Сроки проекта:                             |                       |
| Дата утверждения плана управления проектом | 01.10.16              |
| Дата завершения проекта                    | 31.05.2017            |
| Прочие ограничения/допущения               | —                     |

## 4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. Иерархическая структура работ по исследованию представлена на рисунке 28.

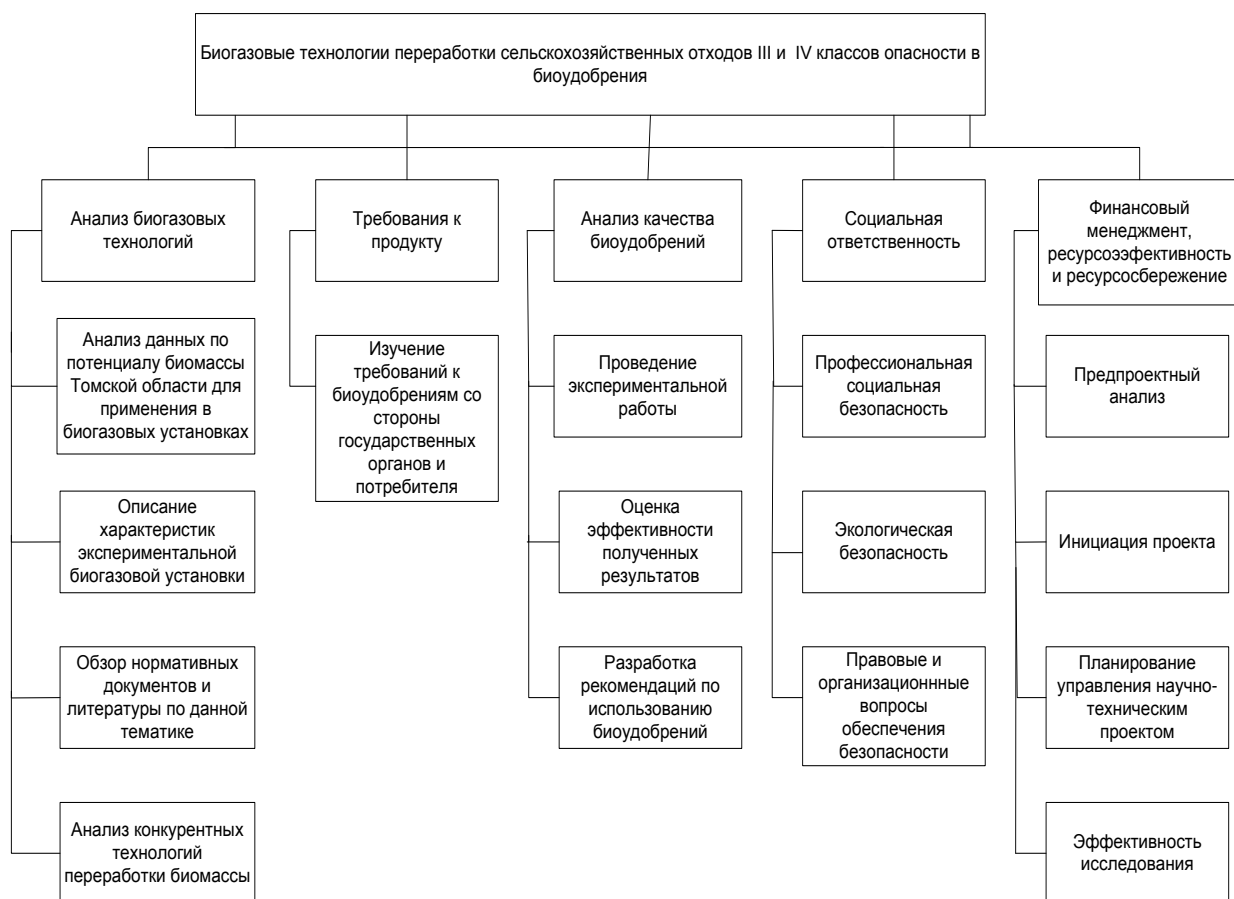


Рисунок 28 – Иерархическая структура работ по исследованию

#### 4.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определим ключевые события проекта, определим их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты, данная информация представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Контрольные события проекта

| № п/п | Контрольное событие                                              | Дата      | Результат                                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Разработка задания на выполнение магистерской диссертации        | 17.02.17  | Утвержденное задание                                                                                         |
| 2     | Анализ нормативных документов и литературы по теме исследования  | 17.03.17  | Собран теоретический материал существующих разработок                                                        |
| 3     | Проведение экспериментальных работ                               | 18.04.17  | Определено влияние жидких биоудобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур                        |
| 4     | Оценка эффективности полученных результатов                      | 24.04.17  | Биоудобрения оказывают достоверное положительное влияние на характеристики роста ржи                         |
| 5     | Разработка рекомендаций по использованию биоудобрений            | 6.05.2017 | Разработаны способы и нормы внесения биоудобрений по периодам вегетации и видам сельскохозяйственных культур |
| 6     | Сдача магистерской диссертации на проверку научному руководителю | 31.05.17  | Сформулированы выводы по исследованию и проработаны обозначенные разделы магистерской диссертации            |

#### 4.3.3. План проекта

В рамках планирования научного проекта построим календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Календарный план проекта

| Коды работ                                             | Название работ                                              | Длительность, дни | Дата начала работ | Дата окончания работ | Состав участников             |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1 этап. Разработка технического задания                |                                                             |                   |                   |                      |                               |
| 1                                                      | Составление и утверждение темы проекта                      | 4                 | 10.02.17          | 13.02.17             | Романенко С.В<br>Асипкина Л.А |
| 2                                                      | Выдача задания на выполнение магистерской диссертации       | 4                 | 14.02.17          | 17.02.17             | Романенко С.В                 |
| 2 этап. Выбор направления исследований                 |                                                             |                   |                   |                      |                               |
| 3                                                      | Выбор направления исследования                              | 2                 | 18.02.17          | 19.02.17             | Романенко С.В<br>Асипкина Л.А |
| 4                                                      | Постановка задач работы                                     | 3                 | 20.02.17          | 22.02.17             | Романенко С.В<br>Асипкина Л.А |
| 5                                                      | Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта      | 3                 | 23.02.17          | 25.02.17             | Романенко С.В<br>Асипкина Л.А |
| 3 этап. Теоретические и экспериментальные исследования |                                                             |                   |                   |                      |                               |
| 6                                                      | Подбор и изучение литературы по теме исследования           | 20                | 26.02.17          | 17.03.17             | Асипкина Л.А                  |
| 7                                                      | Изучение технологии получения биоудобрений                  | 9                 | 18.03.17          | 26.03.17             | Асипкина Л.А                  |
| 8                                                      | Проверка качества биоудобрений                              | 8                 | 27.03.17          | 03.04.17             | Асипкина Л.А                  |
| 9                                                      | Проведение экспериментов                                    | 15                | 4.04.17           | 18.04.17             | Асипкина Л.А                  |
| 10                                                     | Согласование полученных результатов с научным руководителем | 2                 | 19.04.17          | 20.04.17             | Романенко С.В<br>Асипкина Л.А |
| 11                                                     | Оценка эффективности полученных результатов                 | 4                 | 21.04.17          | 24.04.17             | Асипкина Л.А                  |
| 12                                                     | Разработка рекомендаций по использованию биоудобрений       | 12                | 25.04.17          | 06.05.17             | Асипкина Л.А                  |
| 4 этап. Оформление отчета по НИОКР                     |                                                             |                   |                   |                      |                               |
| 13                                                     | Оформление магистерской диссертации                         | 21                | 7.05.17           | 27.05.17             | Асипкина Л.А.                 |
| 14                                                     | Итоговая проверка работы                                    | 4                 | 28.05.17          | 31.05.17             | Романенко С.В                 |
| Итого                                                  |                                                             | 111               |                   |                      |                               |

По данным представленным в таблице 20, построим диаграмму Ганта, показанную на рисунке 29.

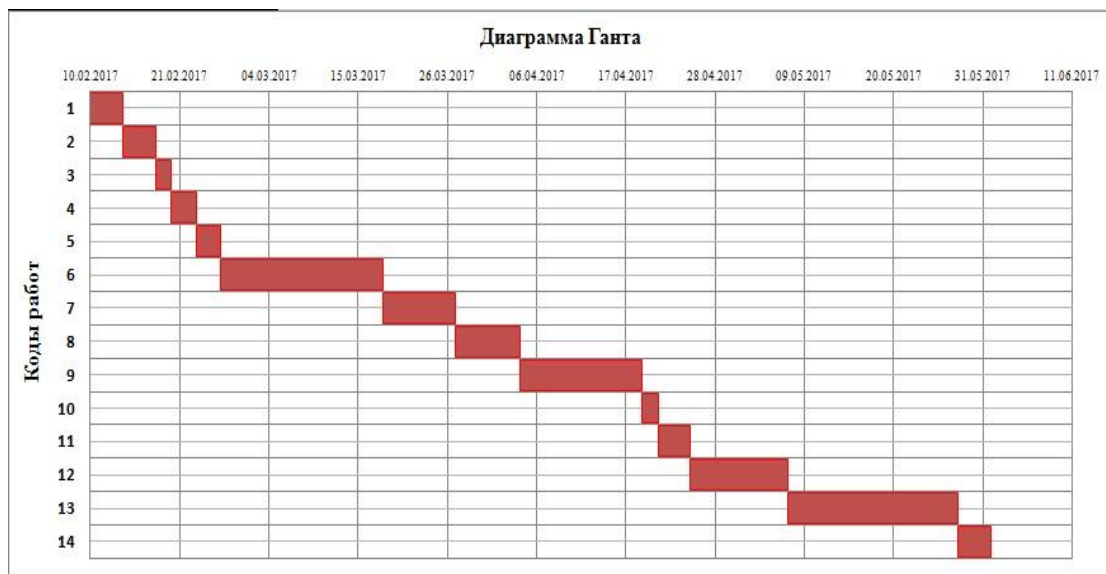


Рисунок 29 – Календарный план график выполнения НИОКР по теме исследования

#### 4.3.4. Бюджет научного исследования

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты. Данная статья включает затраты на приобретение всех видов материалов, используемых при исследовании биоудобрений (таблица 21).

Таблица 21 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

| Наименование                                | Ед. измерения | Кол-во | Цена за ед, руб. | Сумма, руб. |
|---------------------------------------------|---------------|--------|------------------|-------------|
| Активное органическое удобрение «БиоМастер» | л             | 1      | 80               | 80          |
| Грунт «Гарант»                              | л             | 1      | 50               | 50          |
| Семена озимой ржи                           | кг            | 1      | 110              | 110         |
| Кассеты для рассады                         | шт            | 1      | 61               | 61          |
| Ящик для рассады                            | шт            | 3      | 29               | 87          |
| Халат белый х/б                             | шт            | 1      | 500              | 500         |
| Медицинская марля                           | шт            | 1      | 40               | 40          |
| Перчатки                                    | шт            | 2      | 10               | 20          |
| Бумага                                      | пачка         | 1      | 220              | 220         |
| Линейка                                     | шт            | 1      | 30               | 30          |
| Ручка                                       | шт            | 1      | 60               | 60          |
| Папка                                       | шт            | 1      | 55               | 55          |
| Всего за материалы                          |               |        |                  | 1313        |
| Транспортно-заготовительные расходы         |               |        |                  | 65,65       |
| Итого по статье $C_m$                       |               |        |                  | 1378,65     |

Специальное оборудование для экспериментальных работ. Данная статья включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, которое необходимо для проведения экспериментальной работы по теме исследования. Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ» представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат на приобретения спецоборудования для проведения экспериментальных работ

| № п/п                              | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования | Цены единицы оборудования, руб. | Общая стоимость оборудования, руб. |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1                                  | Весы марки Веста ВМ 153   | 1                          | 19190                           | 19190                              |
| Всего по специальному оборудованию |                           |                            |                                 | 19190                              |
| Затраты по доставке и монтажу      |                           |                            |                                 | 2878,5                             |
| Итого:                             |                           |                            |                                 | 22068,5                            |

Основная заработная плата. Данная статья включает основную заработную плату работников, которые заняты выполнением исследования (15):

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (15)$$

Где:

$Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (10–15 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя и инженера рассчитывается по формуле (16):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (16)$$

Где:

$Z_{осн}$  – основная заработная плата работника;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. Продолжительность работ представлена в таблице 20.

Средняя заработная плата ( $З_{дн}$ ) рассчитывается по следующей формуле (17):

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} \quad (17)$$

Где:

$З_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$  – количество месяцев без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $М = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $М = 10,4$  месяца, 6-и дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней  $М = 9,6$ .

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. Действительный фон рабочего времени представлен в таблице 23.

Таблица 23 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала

| Показатели рабочего времени                                      | Руководитель | Инженер (магистрант) |
|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Календарное число дней                                           | 365          | 365                  |
| Количество нерабочих дней<br>– выходные дни<br>– праздничные дни | 118          | 118                  |
| Потери рабочего времени<br>– Отпуск<br>Невыходы по болезни       | 48           | 72                   |
| Действительный годовой фонд рабочего времени                     | 199          | 175                  |

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (18):

$$З_{м} = З_{б} \cdot (1 + k_{пп} + k_{д}) \cdot k_{р} \quad (18)$$

Где:

$З_{б}$  – базовый оклад работника в зависимости от занимаемой должности, руб.;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок – 0,3 (30 % от  $З_б$ );

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент примерно 0,2–0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, Для Томска равен 1,3.

Расчет основной заработной платы сведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители             | $З_б$ , руб. | $k_d$ | $k_{пр}$ | $k_p$ | $З_м$ , руб. | $З_{дн}$ , руб. | $З_{осн}$ , руб. |
|-------------------------|--------------|-------|----------|-------|--------------|-----------------|------------------|
| Руководитель            | 38 800       | 0,3   | 0,2      | 1,3   | 75 660       | 3954            | 86988            |
| Инженер<br>(магистрант) | 1750         | —     | —        | 1,3   | 2275         | 96              | 10656            |
| Итого:                  |              |       |          |       |              |                 | 97644            |

Дополнительная заработная плата. Расчет дополнительной заработной платы производится по следующей формуле (19):

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (19)$$

Где:

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

$З_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы. Расчет заработной платы представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Заработная плата исполнителей НТИ

| Заработная плата         | Основная зарплата | Дополнительная зарплата |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|
| Руководитель             | 86988             | 10438,56                |
| Инженер (магистрант)     | 10656             | 1278,72                 |
| Итого по статье $C_{зп}$ | 97644             | 11717,28                |

Отчисления на социальные нужды. Данная статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Размер отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле (20):

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (20)$$

Где:

$k_{ВНЕБ}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и др.).  $k_{ВНЕБ} = 0,271$  от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

$$C_{ВНЕБ} = 0,271 \cdot (97644 + 11717,28) = 29636,91$$

Накладные расходы. Данная статья включает затраты на управление и хозяйственное обслуживание, расходы по содержанию, ремонту и эксплуатации оборудования, зданий, сооружений, производственного инвентаря и инструмента и т.д.

Накладные расходы составляют 80–100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников. Накладные расходы рассчитываются по следующей формуле (21):

$$C_{НАКЛ} = k_{НАКЛ} \cdot (З_{ОСН} + З_{ДОП}) \quad (21)$$

Где:

$k_{НАКЛ}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{НАКЛ} = 0,8 \cdot (97644 + 11717,28) = 87489,02$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составим калькуляцию плановой себестоимости НТИ. Группировка затрат по статьям представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Группировка затрат по статьям

| Статьи                                             |                                                      |                       |                                 |                          |                   |                                 |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты | Специальное оборудование для экспериментальных работ | Осн. заработная плата | Дополнительная заработная плата | Отчисления на соц. нужды | Накладные расходы | Итоговая плановая себестоимость |
| 1378,65                                            | 22068,5                                              | 97644                 | 11717,28                        | 29636,91                 | 87489,02          | 249934,36                       |

#### 4.3.5. Организационная структура проекта

В качестве наиболее подходящей структуры магистерской диссертации выберем проектную структурную организацию. Организационная структура проекта представлена на рисунке 30.

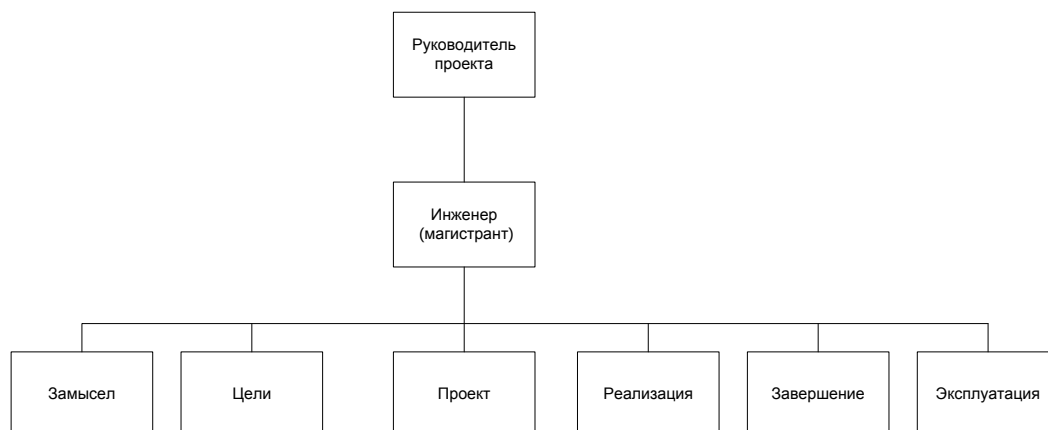


Рисунок 30 – Организационная структура проекта

#### 4.3.6. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Реестр рисков представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Реестр рисков

| № | Риск                                  | Потенциальное возд-е                                    | Вероятность наст-ия | Влияние риска | Уровень риска | Способы смягчения         | Условия наст-ия                                     |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 | Гибель растения после всхода          | Невозможность проведения экспериментальных исследований | 5                   | 5             | высокий       | Концентрация внимания     | Человеческий фактор; Физические факторы воздействия |
| 2 | Неисправность биогазовой установки    | Невозможность проведения экспериментальных исследований | 5                   | 5             | Высокий       | Плановый осмотр установки | Человеческий фактор                                 |
| 3 | Внеплановое отключение электроэнергии | Несохранение экспериментальных данных                   | 1                   | 4             | Средний       | Автосохранение данных     | Чрезвычайная ситуация                               |

#### **4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

##### **4.4.1. Определение социальной эффективности проекта**

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 28).

Таблица 28 – Критерии социальной эффективности

| До                                                                                                                  | После                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выброс парниковых газов, в частности метана, в результате размещения отходов животноводства в лагунах и на полях.   | Биогазовые технологии позволяют использовать свежие отходы животноводства без размещения в лагунах или на полях.                                                                                                                                                                            |
| Затрудненность доставки электроэнергии в удаленные места привычным способом.                                        | Строительство биогазовой установки является альтернативой строительства объектов традиционной энергетики в районах с высокой концентрацией сырья и отсутствием централизованной поставки энергоносителей, при автономной работе установки отсутствуют затраты на подключение к энергосетям. |
| Производимые химической промышленностью минеральные удобрения оказывают негативное воздействие на окружающую среду. | Биоудобрения производимые с помощью биогазовых технологий экологически безопасны, они могут заменить минеральные удобрения и тем самым снизить величину загрязнения всех компонентов окружающей среды.                                                                                      |
| Нехватка рабочих мест в сельской местности.                                                                         | Развитие биогазовых технологий, позволит решить проблему занятости в сельской местности.                                                                                                                                                                                                    |

##### **4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле (22):

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (22)$$

Где:

$I_{\Phi}^P$  – интегральный показатель исследования;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения.

Интегральный показатель данного проекта следующий:

$$I_{\Phi}^P = \frac{249934,36}{700000} = 0,4$$

Интегральный показатель конкурента-аналога следующий:

$$I_{\Phi}^P = \frac{400000}{700000} = 0,6$$

Исходя из максимальной стоимости возможного научно-технического исследования, наиболее дешевым будет способ, представленный в данном проекте, поскольку интегральный финансовый показатель у конкурирующего проекта больше.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется по следующим формулам (23), (24):

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad (23)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (24)$$

Где:

$I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го параметра;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, которая устанавливается экспертным путем;

$n$  – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

| Объект исследования<br>Критерии                    | Весовой<br>коэффициент<br>параметра | Исследуемый метод | Аналог |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|
| Качество получаемых<br>продуктов                   | 0,25                                | 5                 | 4      |
| Соответствие продуктов<br>требованиям потребителей | 0,25                                | 5                 | 5      |
| Воздействие на<br>окружающую среду                 | 0,25                                | 5                 | 3      |
| Конкурентоспособность                              | 0,15                                | 4                 | 4      |
| Стоимость                                          | 0,1                                 | 5                 | 4      |
| Итого                                              | 1                                   | 4,85              | 4      |

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяем по следующим формулам (25), (26):

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,85}{0,4} = 12,1 \quad (25)$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{4}{0,6} = 6,7 \quad (26)$$

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по следующей формуле (27):

$$\mathfrak{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} = \frac{12,1}{6,7} = 1,8 \quad (27)$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели                                              | Разработка | Аналог |
|-------|---------------------------------------------------------|------------|--------|
|       | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,4        | 0,6    |
|       | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,85       | 4      |
|       | Интегральный показатель эффективности                   | 12,1       | 6,7    |
|       | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 1,8        |        |

Вывод. В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены затраты научно-технического исследования, бюджет которых составил 242169,71. Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что используемая методика по получению и оценке качества биоудобрений наиболее эффективна по сравнению с методикой конкурирующего проекта с ресурсной и финансовой позиций эффективности.

#### 4.5. Расчет выделений загрязняющих веществ в атмосферу от навозохранилища свиного комплекса «Томский»

В качестве сырья для работы экспериментальной биогазовой установки, спроектированной в «АНО ТЦРЭ» используются отходы животноводства, образующиеся на свином комплексе «Томский», в сутки образуется 2958,9 тонн биомассы. Для размещения отходов имеется одна лагуна площадью 1000 м<sup>2</sup>.

Проведем расчет выделений загрязняющих веществ в атмосферу согласно [42,43].

Максимальное разовое выделение *i*-го ЗВ от навоза рассчитывается по формуле (28), (г/сек):

$$M_{ni} = K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 M_{жи} \quad (28)$$

где:

$K_5$  – коэффициент, учитывающий температуру средних слоев навоза в хранилище, при температуре навоза  $t_n = 10$ , коэффициент  $K_5 = 0,067$ ;

$K_6$  – коэффициент, учитывающий максимальный и минимальный возраст навоза в хранилище, если возраст навоза больше 120 суток, то  $K_6 = 99$ ;

$K_7$  – коэффициент, учитывающий применение подстилки, средневзвешенное значение равно 1,15;

$K_8$  – коэффициент укрытия навоза, максимальное значение  $K_8 = 1$ ;

$K_9$  – коэффициент, учитывающий способ содержания животных в помещении, при клеточном содержании животных  $K_9 = 1$ ;

$M_{\text{ж}i}$  – максимальное разовое выделение  $i$ -го ЗВ непосредственно от животных.

Максимальное разовое выделение  $i$ -го газообразного ЗВ непосредственно от животных рассчитывается по формуле (29), (г/сек):

$$M_{\text{ж}i} = K_{2T} g_i N q \cdot 10^{-6} \quad (29)$$

где:

$K_{2T}$  – коэффициент, учитывающий температурные условия содержания животных, для газообразных загрязняющих веществ при температуре воздуха в местах их содержания от 15 до 25°C и выше  $K_{2T} = 0,9$ ;

$g_i$  – удельное выделение  $i$ -го ЗВ (на 1 ц живой массы);

$N$  – максимальное количество животных, содержащихся в животноводческом комплексе, 108 тыс. голов;

$q$  – масса (в центнерах) одного животного, типовая масса животного равна 75 кг или 0,75 ц.

Максимальное разовое выделение микроорганизмов непосредственно от животных рассчитывается по формуле (30), (г/сек):

$$M_{\text{ж}i} = K_{2T} K_{2\text{сж}} g_i N q \cdot 10^{-6} \quad (30)$$

где:

$K_{2сж}$  – коэффициент, учитывающий состояние здоровья животных, для здорового животного  $K_{2сж} = 1$ ;

$g_i$  – удельное выделение i-го ЗВ (на 1 ц живой массы);

При расчете валовых выделений i-го ЗВ используются усредненные показатели коэффициентов  $K_{cp}$  за периоды года и длительность этих периодов года (31), (32):

$$G_{жи} = 3,6 \cdot 10^{-9} \sum_k T_k K_{2Tepk} g_i Nq \cdot 10^{-6} \quad (31)$$

где:

$G_{жи}$  – валовое выделение i-го ЗВ непосредственно от животных, (т/год);

$T_k$  – продолжительность k-го периода года, (час).

$$G_{ни} = 3,6 \cdot 10^{-3} \sum_k T_k K_{5cp} K_{6cp} K_{7cp} K_{8cp} K_{9cp} K_{2Tep} g_i Nq \cdot 10^{-6} \quad (32)$$

для микроорганизмов (33):

$$G_{ни} = 3,6 \cdot 10^{-3} \sum_k T_k K_{5cp} K_{6cp} K_{7cp} K_{8cp} K_{9cp} K_{2Tep} K_{2сзжср} g_i Nq \cdot 10^{-6} \quad (33)$$

где:

$G_{ни}$  – валовое выделение i-го ЗВ от навоза.

Результаты расчетов представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Перечень выбрасываемых веществ

| Код  | Наименование загрязняющего вещества | Удельный выброс [мкг/с*1ц ж.м.] | Максимально разовое выделение i-го ЗВ непосредственного от животных | Максимально -разовый выброс, г/с | Валовый выброс, т/год |
|------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 0303 | Аммиак                              | 10,2                            | 0,74358                                                             | 5,67199                          | 66,74325              |
| 0333 | Дигидросульфид                      | 0,4                             | 0,02916                                                             | 0,22243                          | 2,61738               |
| 0410 | Метан                               | 51,8                            | 3,77622                                                             | 28,80481                         | 338,951               |
| 1052 | Метанол                             | 1,12                            | 0,08165                                                             | 0,62281                          | 7,32867               |
| 1071 | Фенол                               | 0,11                            | 0,00802                                                             | 0,06117                          | 0,71978               |
| 1246 | Этилформиат                         | 0,9                             | 0,06561                                                             | 0,50047                          | 5,88911               |
| 1314 | Пропиональдегид                     | 0,45                            | 0,03281                                                             | 0,25023                          | 2,94456               |

Продолжение таблицы 31

|      |                    |      |         |         |          |
|------|--------------------|------|---------|---------|----------|
| 1531 | Гексановая кислота | 0,25 | 0,01823 | 0,13902 | 1,63584  |
| 1707 | Диметилсульфид     | 1,58 | 0,11528 | 0,87860 | 10,33866 |
| 1715 | Метантиол          | 0,45 | 0,03281 | 0,25023 | 2,94456  |
| 1849 | Метиламин          | 0,2  | 0,01458 | 0,11122 | 1,30869  |
| 2603 | Микроорганизмы     | 430  | 0,00003 | 0,00024 | 0,00225  |

#### 4.5.1. Определение платы за выбросы

Произведем расчет платы за негативное воздействие на атмосферный воздух.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов, определяется по следующей формуле (34):

$$P_{атм} = \sum (H_{i.атм} \cdot M_{i.атм}) \cdot K_{эк.с.} \cdot K_{инд} \cdot K_{доп.} \quad (34)$$

Где:

$H_{i.атм}$  – ставка платы за выброс  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов (руб.);

$M_{i.атм}$  – фактический выброс  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов (т);

$K_{эк.с.}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе, западно-сибирский экономический район РФ –  $K_{эк.с.} = 1,2$ ;

$K_{инд}$  – коэффициент индексации, учитывающий инфляцию;

$K_{доп.}$  – дополнительный коэффициент, принимаемый для предприятий находящихся в черте городов.

Расчет платы за загрязнение атмосферного воздуха представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Определение платы за выбросы в атмосферу

| №   | Наименование<br>вещества | Един.<br>измер. | Установлено |     | Фактический<br>выброс вредного<br>вещества, всего<br>т/год. | Ставка<br>платы,<br>руб./год. | к.<br>экологич. | доп.<br>Коэф | к. инд | Плата,<br>руб./год. |
|-----|--------------------------|-----------------|-------------|-----|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|--------|---------------------|
| п/п |                          |                 | ПДВ         | ВСВ |                                                             |                               |                 |              |        |                     |
| 1   | Аммиак                   | т               | 66,74325    | —   | 66,74325                                                    | 52                            | 1,2             | 1            | 2,56   | 10661,83            |
| 2   | Дигидросульфид           | т               | 2,61738     | —   | 2,61738                                                     | 257                           | 1,2             | 1            | 2,56   | 2066,43             |
| 3   | Метан                    | т               | 338,951     | —   | 338,951                                                     | 50                            | 1,2             | 1            | 2,07   | 42097,71            |
| 4   | Метанол                  | т               | 7,32867     | —   | 7,32867                                                     | 5                             | 1,2             | 1            | 2,56   | 112,57              |
| 5   | Фенол                    | т               | 0,71978     | —   | 0,71978                                                     | 683                           | 1,2             | 1            | 2,56   | 1510,23             |
| 6   | Этилформиат              | т               | 5,88911     | —   | 5,88911                                                     | —                             | 1,2             | 1            | —      | —                   |
| 7   | Пропанальдегид           | т               | 2,94456     | —   | 2,94456                                                     | 205                           | 1,2             | 1            | 2,56   | 1854,37             |
| 8   | Гексановая кислота       | т               | 1,63584     | —   | 1,63584                                                     | 410                           | 1,2             | 1            | 2,56   | 2060,37             |
| 9   | Диметилсульфид           | т               | 10,33866    | —   | 10,33866                                                    | 26                            | 1,2             | 1            | 2,56   | 825,77              |
| 10  | Метантиол                | т               | 2,94456     | —   | 2,94456                                                     | 20498                         | 1,2             | 1            |        | 185418,52           |
| 11  | Метиламин                | т               | 1,30869     | —   | 1,30869                                                     | 2050                          | 1,2             | 1            | 2,07   | 6664,11             |
| 12  | Микроорганизмы           | т               | 0,00225     | —   | 0,00225                                                     | —                             | 1,2             |              | —      | —                   |
|     | ВСЕГО:                   | т               | 441,42375   | х   | 441,42375                                                   | х                             | х               | х            | х      | 253271,91           |

От навозохранилища свиногомплекса «Томский» в атмосферу выделяются следующие вещества: аммиак, сероводород, метан (парниковый газ), метанол, фенол, этилформиат, пропаналь, гексановая кислота, диметилсульфид, метантиол, метиламин, микроорганизмы, фактический выброс которых составляет 441,42 т. Плата за выбросы загрязняющих веществ от свиногомплекса в атмосферный воздух составляет – 253271,91 руб./год.

Под навозохранилище свиногомплекса отводится 1000 м<sup>2</sup>, в результате чего происходит:

- окисление почв;
- загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, семенами сорняков, яйцами гельминтов;
- загрязнение грунтовых вод, в результате попадания жидких навозных стоков.

Таким образом, биогазовые технологии позволяют решить проблему утилизации навоза сельского хозяйства, снизить величину негативного воздействия на окружающую среду. Помимо этого, внедрение биогазовых технологий позволит снизить затраты свиногомплекса, за счет снижения платы за выбросы загрязняющих веществ, замены дорогих, не возобновляемых минеральных удобрений на экологически безопасные, возобновляемые биоудобрения. Также при переработке сельскохозяйственных отходов образуется биогаз, который можно использовать в качестве жидкого моторного топлива, и для преобразования электроэнергии в тепло, что позволит покрыть часть энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции за счет дешевых энергоресурсов.

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕСТВЕННОСТЬ**

Экспериментальные исследования при написании магистерской диссертации проводились на основании биоудобрений, получаемых в процессе работы биогазовой установки, с целью определения состава биоудобрений на содержание элементов питания, а также влияния биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур. Получаемые биоудобрения должны обладать высокой эффективностью, отличаться высоким содержанием питательных элементов, отсутствием патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, нитритов и нитратов.

Экспериментальные исследования проводились в аудитории № 256, которая расположена на втором этаже 8 учебного корпуса при ЭБЖ ТПУ. В данной аудитории расположены: 6 персональных компьютеров, 5 из которых имеют ЖК мониторы, а 1 – ЭЛТ, лабораторное оборудование, а также проектор и экран. Габариты помещения, следующие: 12·6,5·4м. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые. В аудитории 4 оконных проема размером 1,6·2,2 м, общая площадь которых равна 14,08 м<sup>2</sup>.

В данном разделе будут рассмотрены: рабочее место лаборанта в лаборатории, опасные и вредные факторы, влияние которых может испытать на себе работник.

### **5.1. Профессиональная социальная безопасность**

#### **5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования**

Биоудобрения – органические удобрения, полученные в результате анаэробного сбраживания отходов сельского хозяйства при использовании термофильного режима в биогазовой установке. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 [44] они относятся к малоопасным, практически не опасным веществам –

5 класс опасности. Обеззараживание и обезвреживание биоудобрений осуществляется непосредственно в процессе анаэробного сбраживания.

Биоудобрения используют в сельском хозяйстве, цветоводстве садоводстве, на приусадебных участках, городском и лесном хозяйствах, в целях повышения плодородия почв, качества продукции сельскохозяйственных культур, урожайности, благоустройства и озеленения территорий, в том числе рекреационных. При обработке и использовании, биоудобрения не могут создавать никаких вредных и опасных факторов для здоровья человека.

### **5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований**

Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении экспериментальных работ по определению качества биоудобрений и исследовании их свойств, представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Вредные и опасные факторы при проведении экспериментальных работ по определению качества биоудобрений и исследовании их свойств

| Источник фактора, наименование видов работ                                                                                                                                                                                                                           | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)                                                                                                                                                                               |                                            | Нормативные документы                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                      | Вредные                                                                                                                                                                                                     | Опасные                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1) определение состава биоудобрений;<br>2) исследование биологических свойств удобрений;<br>3) проведение эксперимента по определению влияния жидких биоудобрений на продуктивные качества сельскохозяйственных культур;<br>4) анализ полученных результатов на ПЭВМ | 1. Повышенный уровень шума;<br>2. Недостаточно е освещение рабочей зоны;<br>3. Неблагоприят ный микроклимат;<br>4. Статистическ ие физические нагрузки;<br>5. Повышенный уровень электромагнитных излучений | 1. опасность поражения электрическим током | СП 52.13330.2011;<br>СанПиН 2.2.2/2.4.1340 -03;<br>СН 2.2.4/2.1.8.562-96;<br>СанПиН 2.2.4.548–96;<br>ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ;<br>ГОСТ 33380-2015;<br>ГОСТ 12.1.007-76;<br>ГОСТ 12.1.004-91;<br>СН 245-71;<br>ГОСТ 12.2.032-78;<br>СН 181-70. |

### **5.1.3. Освещенность**

На рабочем месте в лаборатории, важным фактором является освещение. Освещение представляет собой получение, использование и распределение световой энергии, которое обеспечивает комфортные условия, снижает травматизм и утомление, сохраняет высокую работоспособность, а также безопасность и повышенную эффективность труда.

В зависимости от вида зрительных работ и назначения помещения, показатели освещенности нормируются, как естественное освещение и искусственное освещение. Освещенность помещения светом неба (отраженным или прямым), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях представляет собой естественное освещение. Искусственное освещение представляет собой наружное и внутреннее освещение с помощью осветительных приборов дальнего и ближнего действия, которое необходимо в тех случаях, когда отсутствует или недостаточно естественное освещение.

От степени освещенности рабочего места зависит работоспособность лаборанта, его психоэмоциональное и физическое состояние, а также здоровье глаз. Низкие уровни освещенности вызывают сонливость, апатию, а иногда и развитие чувства тревоги. Рабочее место должно быть освещено равномерно и достаточно, а также не должно образовывать резкие тени на рабочих местах и ослеплять.

Согласно СП 52.13330.2011 [45] «Свод правил. Естественное и искусственное освещение» зрительные работы лаборанта в лаборатории относятся к работам высокой точности – 3 разряд. В таблице 34 представлены требования к освещению, необходимые для проведения работ заданной точности.

Таблица 34 – Требования к искусственному и естественному освещению лабораторного помещения

| Характеристика зрительной работы | Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение                |           |                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------|-----------|------------------------------|
|                                  |                                                            |                          |                             |                          |                     | Освещенность, ЛК                       |           |                              |
|                                  |                                                            |                          |                             |                          |                     | При системе комбинированного освещения |           | При системе общего освещения |
|                                  |                                                            |                          |                             |                          |                     | всего                                  | От общего |                              |
| Высокой точности                 | От 0,3 до 0,5                                              | III                      | г                           | Средний большой          | Светлый, средний    | 400                                    | 200       | 200                          |

Поскольку обработка результатов или проведение экспериментов осуществляется на ПЭВМ, то для организации освещения рабочего места, могут быть использованы рекомендации, которые описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [46]:

- рабочие столы необходимо размещать так, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева;
- в лабораторных помещениях искусственное освещение при использовании ЭВМ должно осуществляться системой равномерного освещения;
- следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и т.д.), находящихся в поле зрения;
- следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и т.д.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочего места по отношению к источникам искусственного и естественного освещения;
- общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочего места, параллельно линии

зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

В аудитории № 256 ТПУ используется совмещенное освещение. При наличии оконных проемов, на потолке над рабочим местом в аудитории расположены люминесцентные светильники с зеркальными решетками, в которых установлено по 4 люминесцентные лампы, что позволяет осуществлять работу лаборанту не только в дневное время, когда для работы достаточно естественного освещения, но и в сумеречное или темное время суток, при использовании равномерного искусственного освещения. Таким образом, освещенность данной аудитории в пределах нормы.

#### **5.1.4. Шум**

Шум представляет собой беспорядочные колебания различного физического происхождения, отличающиеся сложной спектральной и временной структурой.

Источниками шума в аудитории являются: работающее оборудование (ПЭМВ – шум от работы вентилятора), преобразователи напряжения, работающие осветительные приборы, а также проникающий шум извне (коридор, проходящая рядом со зданием автомобильная дорога и т.д.).

Повышенный уровень шума может привести к следующим последствиям:

- повышение утомляемости;
- снижение работоспособности;
- ухудшение координации и внимания;
- ухудшение зрения и слуха;
- возникновение расстройств нервной системы.

В соответствие с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [47] «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» в таблице 35 представлены допустимые уровни звукового давления при выполнении научно-исследовательской и аналитических работ в лаборатории.

Таблица 35 – Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука при выполнении научно-исследовательской и аналитических работ в лаборатории

| Вид трудовой деятельности, рабочее место                                                                                                     | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      | Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---------------------------------------------------|
|                                                                                                                                              | 31,5                                                                                     | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                                                   |
| Научная деятельность, конструирование и проектирование. Рабочие места в помещениях в лабораториях для теоретических работ и обработки данных | 86                                                                                       | 71 | 61  | 54  | 49  | 45   | 42   | 40   | 38   | 50                                                |
| Измерительные и аналитические работы в лаборатории                                                                                           | 93                                                                                       | 79 | 70  | 68  | 58  | 55   | 52   | 52   | 49   | 60                                                |

Для минимизации негативного воздействия шума используются средства коллективной и индивидуальной защиты. В качестве индивидуальных средств защиты используются: наушники, защитные костюмы, беруши, а средства коллективной защиты представляют собой: рациональную планировку лаборатории, изменение направления излучения шума, и использование звукоизоляции.

В соответствие с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» уровень шума на рабочем месте лаборанта с ПЭВМ при анализе экспериментальных работ не должен превышать 50 дБ. Согласно паспорту ПЭВМ уровень ее шумов не превышает 42 дБ, в связи с этим в аудитории № 256 никакие меры защиты от шума не требуются и не предусмотрены.

### 5.1.5. Микроклимат

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при систематическом и длительном воздействии на человека гарантируют сохранение адекватного функционирования состояния организма, создают условия теплового оптимума и являются основой для высокого уровня работоспособности.

В соответствие с СанПиН 2.2.4.548-96 [48] «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» на условия работы в помещении влияют такие параметры как:

- скорость движения воздуха ( $v$ , м/с);
- температура поверхностей ( $t$ , °C);
- относительная влажность воздуха ( $\phi$ , %);
- температура воздуха ( $t$ , °C).

Работа лаборанта относится к категории работ Ia, данные работы осуществляются с интенсивностью энергозатрат 120 ккал/ч (до 139 Вт), которые производятся сидя и сопровождаются некоторым физическим напряжением. В СанПиН 2.2.4.548-96 описаны допустимые параметры микроклимата, соответствующие данной категории работ, которые представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочем месте в лаборатории

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °C | Температура поверхности, °C | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха м/с |
|-------------|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Холодный    | Ia                                         | 22–24                   | 21–25                       | 40–60                              | 0,1                           |
| Теплый      | Ia                                         | 23–25                   | 22–26                       | 40–60                              | 0,1                           |

Для поддержания благоприятного микроклимата на рабочем месте, необходимо следовать следующему комплексу мероприятий:

- установить систему кондиционирования и вентиляции воздуха;

- использовать увлажнители воздуха;
- рационально разместить оборудование;
- использовать теплозащитные экраны;
- использовать тепловую изоляцию оборудования различными видами теплоизоляционных материалов.

В аудитории № 256 средняя температура зимнего периода составляет: 20–22°C, а летнего периода: 22–25°C. Относительная влажность воздуха в аудитории составляет примерно 55 %, скорость движения воздуха составляет: 0,1 м/с, следовательно, данные параметры микроклимата на рабочем месте соответствуют указанным в таблице 36 нормам. Оптимальные значения микроклимата в холодный период года в лаборатории обеспечиваются системой отопления, а в теплый период системой вентиляции. В случаях, отклонения от оптимальных показателей микроклимата в холодный период года в качестве средств индивидуальной защиты следует использовать специальную одежду.

#### **5.1.6. Психофизиологические факторы**

Работа по проведению экспериментальных исследований в лаборатории подразумевает длительное пребывание лаборанта в вынужденной рабочей позе, а также в длительном статическом напряжении отдельных групп мышц (к примеру: стоя или сидя с наклоненной головой, стоя или сидя с наклоненным туловищем).

При научно-исследовательской работе в лаборатории, основным видом нагрузки является длительное пребывание в одном и том же положении, в основном в неизменной позе при проведении экспериментальных исследований и обработке данных на ПЭВМ, что приводит к возникновению динамической перегрузке кистей рук и пальцев [49].

К перенапряжению мышц приводят неподходящие эргономические показатели рабочего места и его компонентов, а также отсутствие возможности

регулирования высоты рабочей поверхности, параметров стула, неправильное расположение дисплея и клавиатуры.

Для обеспечения безопасного рабочего места его необходимо оформлять согласно эргономическим требованиям, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Эргономические требования к оборудованию и организации рабочих мест с персональной ПЭВМ следующие:

- высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680–800 мм;
- рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм;
- конструкция рабочего стула должна обеспечивать:
  - 1) ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
  - 2) поверхность сиденья с закругленным передним краем;
  - 3) регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400–550 мм и углом наклона вперед до 15° и назад до 5°;
  - 4) высоту опорной поверхности спинки  $300 \pm 20$  мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;
  - 5) стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной – 50–70 мм;
  - 6) регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах  $230 \pm 30$  мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350–500 мм.
- рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм;

– клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

#### 5.1.7. Электромагнитное излучение

Источниками электромагнитных излучений в аудитории являются:

- дисплеи мобильного устройства, ПЭВМ;
- системный блок;
- блоки питания;
- устройства бесперебойного питания;
- сеть электропроводки.

Влияние электромагнитных излучений на организм человека носят необратимый характер и зависят от напряженности полей, частоты колебаний, потока энергии, размера облучаемого тела. В случаях, когда влияние данных излучений выше предельно допустимых норм, в организме человека развиваются нарушения пищеварения, нервной, кровеносной и половой систем.

Излучения, применяемые к дисплею современной ПЭВМ, делятся на следующие классы: переменные магнитные (5 Гц–400кГц) и электрические поля (5 Гц–400кГц).

В свою очередь, параметры допустимых уровней электромагнитного излучения описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и показаны в таблице 37.

Таблица 37 – Допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых на ПЭВМ

| Наименование параметров                |                                  | Допустимые значения |
|----------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Напряженность электрического поля      | в диапазоне частот 5 Гц–2кГц     | 25 В/м              |
|                                        | в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц | 2,5 В/м             |
| Плотность магнитного потока            | в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц    | 250 нТл             |
|                                        | в диапазоне частот 2кГц–400 кГц  | 25 нТл              |
| Напряженность электростатического поля |                                  | 15 кВ/м             |

Для защиты лаборанта от воздействия электромагнитных полей при проведении работ за ПЭВМ необходимо, чтобы эксплуатируемое оборудование удовлетворяло нормы и правила сертификации. При работе с ПЭВМ установлены регламентированные перерывы, а также предусмотрено использование фильтров и экранов в целях защиты лаборанта.

#### **5.1.8. Электробезопасность**

В процессе использования электрооборудования и электроприборов может возникнуть опасность поражения электрическим током.

Электробезопасность – система технических и организационных средств и мероприятий, которые обеспечивают защиту лаборанта от опасного и вредного воздействия электрической дуги, статистического электричества, электрического тока, а также электромагнитного поля.

На рабочем месте нормы электробезопасности устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [50] освещены требования к защите от поражения электрическим током.

Аудитория № 256, в которой расположено рабочее место лаборанта, в соответствии с классификацией правил устройства электроустановок относится к помещениям без повышенной опасности, поскольку в данной аудитории отсутствуют такие вредные факторы как: пыль токопроводящая, сырость, полы токопроводящие, температура высокая, а также возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, металлическим корпусам электрооборудования и механизмам. В лаборатории пол покрыт линолеумом и все приборы заземлены.

Для исключения опасности поражения электрическим током лаборанту следует соблюдать следующие правила электробезопасности: перед началом работы необходимо убедиться, что розетки и выключатели закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей; после окончания работы отключить все

электроприборы от сети и отключить подачу электроэнергии посредством выключения рубильника; при обнаружении неисправностей приборов и оборудования нужно, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить ответственному лицу за оборудование.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся галоши, резиновые или диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры. В целях коллективной защиты применяется защитное заземление, представляющее собой преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, при этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

К организационно-техническим мероприятиям относится первичный инструктаж по технике безопасности, прохождение которого отмечают в лабораторном журнале по технике безопасности, данная процедура является обязательной для допуска к работе в лаборатории.

Соблюдение правил и требований электробезопасности позволит максимально обеспечить защиту от поражения электрическим током лаборанта.

## **5.2. Экологическая безопасность**

### **5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Объектом исследования являются биоудобрения. Биоудобрения полученные путем безотходной переработки отходов сельского хозяйства в биогазовой установке не оказывают негативного воздействия на окружающую среду, согласно ГОСТ 12.1.007-76 они относятся к малоопасным, практически не опасным веществам – 5 класс опасности. Обеззараживание и обезвреживание биоудобрений осуществляется непосредственно в процессе анаэробного сбраживания.

### **5.2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

При проведении экспериментальных исследований по теме магистерской диссертации не происходят выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы в водные объекты, однако образуются твердые бытовые отходы, которые оказывают негативное воздействие на литосферу, такие как: емкости, поддон для выращивания рассады, ткани, перчатки, офисная бумага, различные канцелярские принадлежности. Все отходы выбрасываются в общий мусор.

При использовании ПЭВМ образуются отходы, такие как: микросхемы и платы, содержащие цветные металлы. При переработке вышедших из строя компьютеров их разбирают на шесть составных компонентов: штекеры, металлы, пластмассы, провода, стекло, батареи. Отработанные детали ПЭВМ нельзя использовать для повторной эксплуатации, поскольку нет гарантии их надежности, однако их можно использовать в качестве вторичного сырья для изготовления новых компьютеров. При вторичной переработке из составных компонентов ПЭВМ извлекаются драгоценные металлы. Переработка компонентов с целью извлечения драгоценных металлов регламентируется «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств ЭВМ».

Люминесцентные лампы, которые применяют для искусственного освещения рабочих мест, содержат ртуть в количестве от 10 до 70 мг (ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные – код отхода по ФККО 35330100 13 01 1, класс опасности – 1), поэтому данный вид отходов должен утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов. Отработанные люминесцентные лампы запрещается сваливать в общий мусор. Юридические лица должны вести паспорт данного вида отходов и обязаны сдавать их на переработку.

Переход к малоотходным и безотходным технологиям является активной формой защиты окружающей среды. Пассивными методами защиты

окружающей среды от отходов, образующихся в лаборатории, являются мероприятия по захоронению и утилизации отходов.

### **5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Согласно ГОСТ 33380-2015 [51] «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия» биоудобрения пожаровзрывобезопасны, таким образом, объект исследования не может инициировать чрезвычайные ситуации.

#### **5.3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований**

Пожар является наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может произойти при нарушении правил пожарной безопасности в лаборатории, в результате неисправности электрооборудования, электропроводки, а также возгорания устройств искусственного освещения.

#### **5.3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожар представляет собой неконтролируемое горение вне специального очага, которое приносит материальный ущерб.

Здание, в котором располагается аудитория № 256 в соответствии с ФЗ № 123 «Технический регламент по требованиям пожарной безопасности» по функциональной пожарной опасности относится к Ф 4.2 – здания образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования [52]. Данное здание построено из кирпича, который устойчив к воздействию пожара, и относится к зданиям второй степени огнестойкости.

В ГОСТ 12.1.004-91 [53] регламентируются следующие требования, обеспечивающие пожарную безопасность: проведение регулярных проверок пожарной сигнализации, а также средств пожаротушения; проведение

противопожарного инструктажа и тренировки по действиям в случае пожара; установка дымовых противопожарных извещателей; содержание лаборатории в чистоте, своевременное удаление образующихся отходов; соблюдение норм и правил при установке освещения и оборудования; использование оборудования в соответствии с техническим паспортом; своевременный профилактический осмотр, испытание и ремонт оборудования и освещения; запрещение курения в неустановленном месте.

При тушении пожара необходимо использовать: галогидрированные углеводороды, углекислый газ, а также воздушно-механическую пену. На втором этаже 8 корпуса ТПУ имеются углекислотные огнетушители ОУ-5 и порошковые огнетушители ОП-4, аудитория оснащена устройствами оповещения при пожаре и датчиками дыма.

Таким образом, аудитория, где была выполнена магистерская диссертация, соответствует требованиям пожарной безопасности и оснащена необходимыми противопожарными средствами.

#### **5.3.4. Действия при возникновении пожара**

В случае возникновения пожара лаборатория должна быть оснащена первичными средствами пожаротушения.

На случай возникновения пожара работник лаборатории должен:

- незамедлительно позвонить в пожарную охрану, при этом сообщив, свою фамилию и место возникновения пожара;
- по возможности принять меры по эвакуации людей;
- обесточить оборудование в помещении, где возник пожар;
- приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- вызвать к месту пожара своего руководителя или иное ответственное лицо;

– при общем сигнале опасности покинуть здание согласно «плану эвакуации».

План эвакуация из аудитории в случае возникновения пожара представлен на рисунке 31.



Рисунок 31 – План эвакуации из аудитории № 256 корпуса №8 ТПУ при возникновении пожара

#### **5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

##### **5.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Регулирование отношений между работодателем и работником, связанных с оплатой труда, трудового распорядка осуществляется законодательством Российской Федерации, а именно трудовым кодексом.

В соответствии с требованиями трудового законодательства продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но и не больше 40 часов в неделю.

Для сохранения здоровья и обеспечения работоспособности лаборанта, в течение рабочей смены при проведении работ на ПЭВМ должны быть установлены регламентированные перерывы.

Общее время, затрачиваемое на регламентированные перерывы, устанавливается исходя из зависимости категории трудовой деятельности и

уровня нагрузки, возлагаемой на сотрудника за полную рабочую смену при работе с ПЭВМ.

Продолжительность перерыва на обед устанавливается в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и трудовым законодательством.

Длительность непрерывной работы на ПЭВМ без регламентированного перерыва не может превышать 1 час. При выходе на работу в ночную смену (с 22 до 6 часов), в зависимости от категории или вида трудовой деятельности, продолжительность установленных перерывов необходимо увеличивать на 30 %.

При ситуациях, когда характер труда требует постоянного взаимодействия с персональным компьютером (ввод данных или набор текстов) с повышенной сосредоточенностью и напряжением внимания при невозможности временного переключения на другие виды деятельности, где не задействовано использование ПК, работодателю рекомендуется организовать трудящимся перерывы на 10–15 минут после каждых 45–60 минут работы с ПЭВМ.

Регламентированные перерывы рекомендуется использовать с целью выполнения комплексов упражнений, направленных на снижение напряжения нервного и эмоционального плана, снятие утомления с органов зрения, предотвращение позитонического утомления.

Законодательством Российской Федерации запрещен принудительный труд и дискриминация по любым признакам.

#### **5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

К организационным мероприятиям по компоновке рабочей зоны относятся мероприятия по организации рабочего места, которые позволяют наилучшим образом организовать деятельность работника, при этом делая его работу безопасной и комфортной.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [54]: рабочее место должно находиться в таком месте, чтобы естественное освещение падало преимущественно слева; рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество; рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте; рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам.

В СН 245-71 [55] описываются требования о необходимости в аудитории вентиляции или воздухообмена. Для улучшения воздухообмена необходимо выполнять следующие санитарно-гигиенические и технические требования: общий объем притока воздуха в аудитории должен соответствовать объему вытяжки, правильное размещение вытяжной и приточной вентиляции.

В СН 181-70 [56] описаны рекомендации по окраске помещений: стены – сплошные светло-голубые, пол – коричневый, темно-красный и темно-серый, потолок – светлый цветной или белый. Указанные палитры цветов способствуют уменьшению зрительного утомления, обусловлены успокаивающим воздействием на психику человека.

Вывод: в разделе «Социальная ответственность» был проведен анализ вредных факторов, таких как: повышенный уровень шума, недостаточное освещение рабочей зоны, неблагоприятный микроклимат, статистические физические нагрузки, повышенный уровень электромагнитных излучений, а также выявили опасные факторы: опасность поражения электрическим током. К чрезвычайной ситуации отнесли пожар.

Проведя анализ вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте в учебной аудитории № 256 учебного корпуса № 8, можно сделать вывод о том, что в данном помещении соблюдаются все требования нормативно-правовых документов, что является подтверждением безопасности данного места работы.

## ВЫВОДЫ

Значительную нагрузку на окружающую среду оказывают свежий навоз, который является токсичным и содержит патогенные микроорганизмы, большое количество семян сорных растений, и производимые химической промышленностью минеральные удобрения, снизить эту нагрузку можно только экологически безопасным удобрением, на его роль вполне подходит биоудобрение.

Биоудобрения обладают целым рядом преимуществ перед другими видами удобрений и могут быть рекомендованы для использования в сельском хозяйстве Томской области, в целом по Российской Федерации и за рубежом на территориях со схожими климатическими условиями, например в Финляндии, Эстонии, Канаде и т. д. Характеристики биоудобрений позволяют им выйти на новый качественный уровень, реализовываться на внутреннем рынке России и быть конкурентоспособными на мировом рынке.

Получение биоудобрений с помощью биогазовых технологий из сельскохозяйственных отходов позволит:

- уменьшить количество органических отходов и объемов их накопления, а, следовательно, и загрязнение окружающей среды;
- сократить территории, отводимые под захоронение и хранение отходов;
- повысить плодородие почвы или восстановить нарушенные земли;
- сократить срок утилизации сельскохозяйственных отходов;
- решить ряд санитарно-гигиенических задач, а именно улучшить эпидемиологическую обстановку в результате гибели патогенной микрофлоры, содержащейся в отходах, уменьшить неприятные запахи и т.д.

Развитие биогазовых технологий в России позволит повысить энергетическую и экологическую эффективность экономики, поскольку данная

технология способствует экономии природных ресурсов, снижению уровня экологического риска, негативного воздействия на окружающую среду и может быть положена в основу целевых программ федерального и регионального уровня, которые направлены на стабилизацию эколого-экономического развития отдельных регионов и государства в целом.

Биоудобрения представляют собой эффлюент, который получается в процессе анаэробного сбраживания сельскохозяйственных отходов в биогазовой установке. Азот, калий, фосфор полностью сохраняются в биоудобрениях, они не содержат патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семена сорняков, а также специфических фекальных запахов.

Результаты эксперимента с рожью показали, что в емкостях контроля основное количество 50 % ростков появилось на 4–6-е сутки, в емкостях с внесенным органическим удобрением количество 50 % ростков не появилось, а в емкостях с внесенным жидким биоудобрением количество 50 % ростков появилось на 4–5-е сутки, это свидетельствует о положительной роли жидкого биоудобрения по этому показателю. Количество проросших семян в емкостях с внесенным жидким биоудобрением составило в среднем 87,78 %, в контроле 65,54 %, а в емкостях с внесенной жидкой органикой количество проросших семян составило только 36,6 %. Ростки ржи на 10-е сутки в емкостях с внесенным жидким биоудобрением были длиной в среднем 18,88 см, в емкостях с внесенной жидкой органикой в среднем 17,44 см, а в контроле они достигли в среднем длины равной 16,44 см. Общий вес ростков ржи на 10-е сутки в емкостях с внесенным жидким биоудобрением составил в среднем 2,499 г, в емкостях с внесенной жидкой органикой 0,822 г, в контроле общий вес ростков в среднем составил 1,300 г.

Попарное сравнение средних величин (по t-критерию Стьюдента) показало, что достоверное различие наблюдается (на уровне значимости  $P < 0,05$ ) при использовании жидкого биоудобрения по биомассе и средней длине ростков. В целом проведенный эксперимент показал, что жидкие

биоудобрения оказывают статистически достоверное положительное влияние на характеристики роста ржи.

Использование отходов животноводства свиного комплекса «Томский» в качестве субстрата для получения биоудобрений, позволит сократить выбросы отходов на 441,42 тонны, и защитить от деградации и отчуждения 1000 м<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель. Укрепить экономическое положение комплекса за счет снижения выплат за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также продажи биоудобрений и биогаза, что позволит высвободить средства для развития и модернизации.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Асипкина Л. А. Биогазовые технологии утилизации биологических отходов III и IV классов опасности // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». – Том 3. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 32 с.
2. Асипкина Л. А. Перспективы использования термофильного режима в биогазовой технологии по переработке отходов сельского хозяйства // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения». – Том 1. – Юрга: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 32 с.
3. Асипкина Л. А., Романенко С. В. Биогазовая переработка сельскохозяйственных отходов при использовании термофильного режима для получения высококачественных биоудобрения // Материалы XXII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием «Проблемы экологической и промышленной безопасности современного мира». – Иркутск: Изд-во Иркутского национального исследовательского технического университета, 2017. – 367 с.
4. Асипкина Л. А., Романенко С. В., Купресова Е. А. Сравнение мезофильного и термофильного режима работы биогазовых установок в климатических условиях Западной Сибири // Материалы Первой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология и управление природопользованием». Вып. 1. – Томск: Изд-во Литературное бюро, 2017. – 59 с.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьев В. Н. Состояние и основные пути улучшения экологической ситуации // Сельскохозяйственные вести. – 2005. – № 6. – С. 12–13.
2. Федеральный классификационный каталог отходов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fkko.ru>.
3. КонсультантПлюс. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109).
4. Кощаев А. Г., Плутахин Г. А., Фисенко Г. В., Петенко А. И. Безотходная переработка подсолнечного шрота // Хранение и переработка сельхоз-сырья. – 2008. – № 3. – С. 66–68.
5. Сидоренко О. Д. Биологические технологии утилизации отходов животноводства: учеб. пособие. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 74 с.
6. Легонькова О. А. Экологическая безопасность: биотехнологические аспекты утилизации пищевых отходов // Хранение и переработка сельхоз-сырья. – 2008. – № 8. – С. 18–24.
7. Лысенко В. Перспективная технология переработки помета // Птицеводство. – 2011. – № 1. – С. 52–54.
8. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. РД – АПК 1.10.15.02.-08 / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – М., 2008. – 91с.
9. Ковалев Н. Г. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / Н.Г.Ковалев, И.К. Глазков. – М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.
10. Мельников С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов / С.В. Мельников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985 – 640 с.

11. Навозохранилище для ферм и комплексов крупного рогатого скота Республики Саха: метод. рекомендации / РАСХН. Сиб. отделение НПО «Якутское». – Якутск, 1993. – 12 с.
12. Лукьяненко И. И. Перспективные системы утилизации навоза (в хозяйствах Нечерноземья) / И.И. Лукьяненко. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 176 с.
13. Степанова В. Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях / В.Э. Степанова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 112 с.
14. Коваленко В. П. Механизация обработки бесподстилочного навоза / В.П. Коваленко. – М.: Колос, 1984. – 159 с.
15. Мишунин И. Ф. Этюды о биотехнологии / И.Ф. Мишунин, М.И. Шевченко. – М.: Наук. думка, 1989. – 152 с.
16. Никулин Н. Современные биогазовые технологии – перспективный метод решения экологических проблем агропромышленного комплекса // Главный агроном. – 2012. – № 9. – С. 67–69.
17. Схема биогазовой установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biteco-energy.com/biogazovye-ustanovki>.
18. Друзьянова В. П. Ресурсосберегающие технология утилизации бесподстилочного навоза крупного рогатого скота в условиях Республики Саха (Якутия): автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.П. Друзьянова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. – 2004. – 27 с.
19. Маккинерни М., Брайант М. Основные принципы анаэробной ферментации с образованием метана // Биомасса как источник энергии. – М.: Мир, 1985. – С. 244–249.
20. Курис Ю. В., Майстренко А. Ю., Ткаченко С. И. Определение технологических возможностей энергетического использования биомассы // Энергетика и электрификация. – 2008. – №7. – С. 35–40.

21. Фрумкин Б. Е. Развитие биотехнологии для сельского хозяйства и сотрудничества стран-членов СЭВ в этой области // Достижения перспективы. – 1984 – № 35 – С. 12–15.
22. Производство биогаза в Республике Беларусь и Швеции. Обмен опытом: отч. о выполнении проекта. – CSD Uppsala Centre for Sustainable Development, 2012.
23. Бурга Г. Биогаз на основе возобновляемого сырья: Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/443824>.
24. Ostergaard N. Influence of monensine on biogas production from cow manure / N. Ostergaard // Bioenergy 84. – London, 1985. – Vol. 3. – P. 427-430.
25. Руководящий документ. Испытание сельскохозяйственной техники. Установки для метанового сбраживания навоза. Программа и методы испытаний. РД 10.20.1 – 87. – 1987. – 217 с.
26. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива: показатели по территориям. – М.: «ИАЦ Энергия», 2007. – 272 с.
27. Биогазовые установки БУГ-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://poland.zol.ru/Drugoe/Biogazovye-ustanovki-bug-1\\_semena\\_1516090.html](http://poland.zol.ru/Drugoe/Biogazovye-ustanovki-bug-1_semena_1516090.html).
28. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcsx.ru>.
29. Миндрин А. С. Энергоемкость сельскохозяйственного производства: – М.: Изд-во ООО НИПКЦ «Восход-А», 2015. – 389 с.
30. Википедия. География Томской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/География\\_Томской\\_области](https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Томской_области).
31. Кузнецов К. А. Почвы правобережья р. Оби // Вопросы географии Сибири. – 2002. – № 2. – С. 10–11.

32. Отчет о реализации Мероприятия 2.8.3. «Проведение прединвестиционных исследований по использованию возобновляемых источников энергии в Томской области» // в части создания геоинформационной системы по возобновляемым природным и энергетическим ресурсам Томской области Государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Томской области на 2010–2012 годы и на перспективу до 2020 года», 2010. – С. 101–115.

33. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

34. ГОСТ 2.106–96. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы.

35. ГОСТ 33380–2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия.

36. Мерзлая Г. Е. Нетрадиционные органические удобрения // Плодородие. – 2005. – № 2. – С. 23 – 25.

37. Тарасова С. И. Технические требования к традиционным и новым видам органических удобрений / С.И. Тарасов, Г.Е. Мерзлая // Агрохимический вестник. – 2003. – № 1. – С. 9 – 10.

38. Kuratorium fur Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Verwertung Von Wirtschafts und Sekundarrohstoffdunger in der Landwirtschaft: – HRSG.: AID-Informdienst e.V. – 2005. – № 13. – S. 271–272.

39. Laber H. Kalkulation der N-Dündung im ökologischen gemüsebau. Schriftenreihe der Sächsischen landesanstal fur Landwirtschaft. – 2002. – S. 68-77.

40. Лозановская И. Н., Попов П. Д. Теория и практика использования органических удобрений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 95с.

41. Дубровский В., Виестур У. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов, Рига – 1988. С. 204–205.

42. Методика расчета выделений (выбросов) в атмосферу от животноводческих комплексов и звероферм (по величинам удельных показателей), Санкт-Петербург – 1999. С. 4–5.

43. Методическое письмо НИИ Атмосфера исх. № 147/33-07 от 28.02.01 г. «об особенностях расчета выбросов ЗВ от объектов животноводства».

44. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.

45. СП 52.13330.2011. Свод правил естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион России, 2011. – 6 с.

46. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минздрав России, 2003. – 32 с.

47. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав России, 1997. – 5 с.

48. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 3 с.

49. Опасные и вредные факторы при работе с ПЭВМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://rgrtu-640.ru>.

50. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.

51. ГОСТ 33380-2015. Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 9 с.

52. КонсультантПлюс. Федеральный закон «Технический регламент по требованиям пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document>.

53. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006. – 32 с.

54. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 3 с.

55. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – 21 с.

56. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – 5 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Раздел 1 Литературный обзор Literaturüberblick

Студент:

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 1ЕМ51  | Асипкина Людмила Анатольевна |         |      |

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ИСГТ

| Должность | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Плеханова М.В. | к.п.н.                 |         |      |

Консультант кафедры ЭБЖ

| Должность           | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Заведующий кафедрой | Романенко С.В. | д.х.н.                 |         |      |

# **1. LITERATURÜBERBLICK**

## **1.1. Klassifizierung von landwirtschaftlichen Abfällen und deren Auswirkungen auf die Umwelt**

Die Intensivierung der Landwirtschaft, sowie die erweiterte Flächen von dem Ackerland führen zu einer Erhöhung von Abfallmengen und deren Auswirkungen auf die Umweltkomponenten.

Die Verschmutzung der Umwelt erfolgt durch verschiedene Arten von landwirtschaftlichen Abfällen: organische Abfälle vom Ackerbau, Viehzucht, Abfälle aus der Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produktion und in der Feldarbeit eingesetzte Insektiziden und Düngemitteln [1].

Die Tierzucht produziert eine große Menge an Abfall in der Form von Jauche, Gülle und Geflügelmist und die größte Menge am organischen Abfall in der Agrarwirtschaft erzeugen Getreidepflanzen.

Landwirtschaftliche Abfälle können nach den folgenden Kriterien klassifiziert werden, nach dem Bundes-Klassifikationskatalog [2]:

- Nach der Erzeugnisquelle: pflanzlich – Stängel der technischen und Getreidekulturen, Sonnenblumenstiele und Körbe, Kartoffelbrei, Stäbe vom Maiskolben, Ölkuchen, Traubentrester, etc.; tierisch: Blut, Magermilch, Dünger, etc.

- Nach dem Aggregatzustand: fest – Sonnenblumenschalen, Stroh, Baumwolle Spelzen, Malzkeimlingen, Mais keim, Obst-/Gemüse – und Traubenkernen, Fetterzeugnisse, Knochen etc. Pastösen: Mist, Melasse; flüssig – Kartoffelsaft, Blut, Magermilch, Buttermilch usw. Sowie gasförmige Abfälle wie z.B. Kohlenstoff Fermentation.

- Nach der Richtung der späteren Verwendung:

- a) als Futter in der modifizierten oder Rohform – Halm und Stroh aus landwirtschaftlichen Pflanzen, Rübenschnitteln getrocknet oder roh, Mais- und Kartoffelbrei, Ölkuchen, Biertreberp usw.;

b) als Rohstoff für die Herstellung von technischen Produkten (als Rohstoff in den verwandten Branchen, und für die Weiterverarbeitung) – Stroh, Sonnenblumenschalen, Baumwolle Spelzen, Steinobst etc.;

c) als Dünger – Vogelkot, Mist, etc.;

d) in Bau – Halme vom Getreide, Baumwolle- und Sonnenblumenschalen etc;

e) als Brennstoff – pflanzliche Rückstände, Vogelkot, Mist, Sonnenblumenschalen, etc.

– Nach dem Grad der negativen Auswirkungen auf die Umwelt: ungefährlich und gefährlich.

Es gibt V Klassen von gefährlichen Abfällen [3]:

- extrem gefährlich – I Klasse;
- sehr gefährlich – II Klasse;
- mäßig gefährlich – III Klasse;
- gering gefährlich – IV Klasse;
- praktisch nicht gefährlich – V Klasse.

Zu den gefährlichen Abfällen zählt man Abfälle, die in ihren Eigenschaften im Prinzip nicht toxisch sind, sie können jedoch mit der Umwelt interagieren, was zu negativen Auswirkungen auf die Umwelt führt. Beispiel für solche gefährlichen Abfälle kann z.B. Futterhefestaub sein, welches zu den Erkrankungen der mikrobiologischen Natur führt, wenn sie in die Atemwege eines Menschen gelangt; Kohlendioxid, welches während der Fermentation gebildet wird und die Zusammensetzung der Umgebungsluft verändert; Getreidestaub, welches während der Lagerung explodiert usw.

Zur sicheren oder praktisch ungefährlichen Abfällen gehören: Rübenschnitzeln, Melasse, Presskuchen und Ölkuchen, Kartoffelschlempe usw. [4].

Diese Klassifizierung ist aber nur oberflächlich zu betrachten, weil für eine genaue Betrachtung von Abfällen müssen alle Aufzeichnungen betrachtet werden.

Die Gefahrenklassen von tierischen Abfälle haben folgende Einteilung:

- III Klasse – Vogelkot, gilt als giftige Abfallprodukte, frische Gülle von Schweinen;
- IV Klasse – frische Rindergülle, verrottete Gülle aus Schweinen (Lagerung für mindestens ein Jahr);
- V Klasse – verrottete Dünger von Rindern (Lagerung für mindestens sechs Monate).

Eine Vielzahl von Tierhaltungstechnologien, Methoden zum Entfernen der Gülle aus Ställen, Arten von Tierhaltungsbetrieben und landwirtschaftlichen Betrieben und klimatische Bedingungen führt zur Bildung von verschiedenen Arten der Gülle.

Das gewonnen Dünger von Nutztieren wird in folgende Kategorien unterteilt:

- Streu (Dünger durch Futterreste und Streu);
- Ohne Streu (Dünger ohne Streu, ohne Wasser oder ihr Zusatz).

Gülle ohne Streu wird in folgende Gruppen aufgeteilt [5]:

1. Die halbflüssige Gülle, die nicht weniger als 8 % der Trockenmasse enthält;
2. Die Gülle, die etwa 3–8 % der Trockenmasse enthält;
3. Abflüsse vom Dünger, die mindestens 3 % Trockensubstanz enthalten.

Geflügelabfälle werden hauptsächlich in Form von Mist auch in flüssiger Form erzeugt.

Zu den gefährlichsten und weit verbreiteten Abfällen in ökologischer Hinsicht gehören frische Schweinegülle, Abfall der Tier- und Vögelhaltung sowie frischer Vogelkot. Während biochemischen Prozesse bei der Verarbeitung und Lagerung von Kot und Gülle entstehen Schadstoffe wie Nitrate, Ammoniak, Amine usw.

Langzeitlagerung von Geflügelmist auf den Bodenflächen hat einen negativen Einfluss auf Grundwasser, Oberflächenwasser und Erde [6].

Unzureichend ausgereifte Technologien für Geflügel und Vieh-Komplexe führen zur biologischen und chemischen Luftkontamination.

Weiden, biologische Teiche, Düngerlager, Filterfelder sowie die Lagerbecken sind Quellen der Luftverschmutzung. Im Bereich von Tierhaltung und Geflügelfarmen ist die Luft mit Staub, Ammoniak, Mikroorganismen und tierischen Abfällen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen verschmutzt, die oft unangenehme Gerüche haben.

Somit hängt die Klassifizierung von landwirtschaftlichen Abfällen von physikalisch-chemischen Eigenschaften und Merkmalen von dem betrachteten Abfall. Die Auswirkungen von Abfällen auf die Umwelt, hängen von ihrer qualitativen und quantitativen Zusammensetzung ab, weil die landwirtschaftlichen Abfälle homogen in ihrer chemischen Zusammensetzung sind, komplexe Mehrkomponentengemische von Substanzen haben, die eine Vielzahl von physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen, ist es notwendig, effiziente Wege zu suchen, die Umweltschäden für die Umwelt reduzieren.

## **1.2. Methoden der Verarbeitung und der Nutzung von landwirtschaftlichen Abfällen**

### **1.2.1. Technologien der Verarbeitung vom Geflügelmist**

Die vielversprechendste Technologie zur praktischen Anwendung der heimischen landwirtschaftlichen Vorbereitung vom Mist erweist sich die Technologie – schnelle Kompostierung.

„Agronavigator“ lieferte für ZAO „Aksay Geflügel“ eine Vogel Kot Kompostierungssystem Salmat, die eine geschlossene Produktionsfläche und ein spezielles Ausstattungspaket umfasst. Auf dem Boden des Raumes befinden sich auf jeder Seite drei Betonrinnen, auf welchen wurden beidseitig Gleise angebracht, um die Kompostieranlage zu bewegen. Kompostieranlage hat ein Rahmen mit einer Vorrichtung auf Schienen um die Anlage zu bewegen, Trommeln mit Schaufeln und Förderband. Leistung der Anlage beträgt 11 kW, Masse 3800 kg. Aus den Zellenbatterien wird der Kot mit einer Feuchtigkeit von 70–75 % in dem vorderen Abschnitt des ersten Grabens geladen die eine Schulterhöhe von 1,5–2 m hat, die

Anlage ist auf 18 Tonnen Kot Masse pro Tag ausgelegt. Während der langsamen Fortbewegung auf Schienen wird der Kot durch ein vorgegebenes Programm mit der Luft vermischt und mit Hilfe vom Förderband, bewegt sie sich allmählich zu dem entgegengesetzten Ende des Grabens. Währenddessen wird der Platz für die nächste Ladung frei. Nach dem der erste Graben vollständig gefüllt ist wird es mit Hilfe einer Montagewinde zu dem nächsten Graben bewegt und den Vorgang wiederholt sich neu. In Abhängigkeit von der anfänglichen Zusammensetzung von der Kot Maße beträgt die Häufigkeit ihrer Verarbeitung in den Gräben einmal alle drei Tage. Die Tagesproduktion von Fertigkompost beträgt etwa 6,3 Tonnen pro Tag und die Anlage ermöglicht eine Produktion von 2.300 Tonnen organischer Dünger pro Jahr [7].

Um das Gewicht der Kotmenge zu reduzieren und um ein umweltverträgliches Dünger zu produzieren welches sich leicht verpacken und transportieren lässt wird die Vakuumtrocknung verwendet.

In Vakuumvolumen verläuft ein Technologischer Prozess Vakuumtrocknung vom Kot. Für die primäre Energiequelle verwendet man Erdgas, Elektrizität, warmes Wasser, Abdampf und ein Gas, das durch entstandene biologische Prozesse erhalten wird. In den letzten Jahren hat sich die Richtung der Verarbeitung von Geflügelmist entwickelt um Energie zu produzieren. Es wurden Methoden zur Trocknung vom Geflügelkot und anschließender Verbrennung der erzeugten Maße entwickelt um eine thermische und elektrische Energie zu erhalten [8].

Streukot kann als alternative erneuerbare Biokraftstoffe dienen, welches für den Eigenbedarf von Geflügelfarmen mit dem Ersatz von Erdgas oder einem anderen Art von natürlichem Brennstoff verwendet wird.

Wirtschaftliche Vorteile der vorgeschlagenen Methode zur Beseitigung von Streukot sind:

- Produktion zu den niedrigsten Kosten von ständig genutzter elektrischer oder thermischer Energie;
- Vollständige und schnelle Beseitigung von Abfällen der Gefährdungsklasse III ohne Vorbereitung;

– Anpassung an bestehende Systeme der Wärmespeicher und Energieversorgung von Geflügelfarmen [9].

### **1.2.2. Technologien zur Verarbeitung von halbflüssigem und festem Mist**

Melnikov S. V. schreibt in seiner Arbeit [10], dass das schwierigste das Problem der Entsorgung der Dünger ist, da die Lösung dieses Problems verschiedenen Zweigen der wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse benötigt. (Zoologie, Biologie, Tiermedizin, Rückgewinnung, Agronomie, Physik, Medizin, Mechanisierung, Chemie und andere). Eine effektive und umfassende Lösung für das Problem der Entsorgung von Gülle erfordert einen sorgfältigen systematischen Ansatz unter Berücksichtigung der Beziehungen von Produktion aller Produktionslinien, dazu müssen die Umwelanforderungen eingehalten werden und es müssen die notwendigen sanitäre und hygienische Bedingungen berücksichtigt werden [11].

Expresskompostierung ist eine Technologie für die Verarbeitung von halb flüssigen und streu Mist, dieser Prozess hat einen natürlichen Ursprung und basiert auf der Zersetzung von speziellen Gruppen aeroben Mikroorganismen, die in verschiedenen organischen Materialien und Substanz der Kompostmischung enthalten sind.

Technologien der periodischen Wirkung treten schnelle Kompostierungstechnik in Moduleinheiten, Biograben und Biofermentatoren auf [12].

Die Technologie zur Herstellung von Mehrzweck-Kompost in Biofragmentator. Der Plan zur Konstruktion eines Biofragmentator sieht folgenden Abmessungen vor: eine Breite von 5 · 10 m und eine Höhe von 4,5 m. An der Außenseite eines Biofragmentators wird ein Ventilator angebracht, mit dessen Hilfe die Luft durch eine Verbindungshülse in der Luftleitung befördert wird und die Luft weiter durch Luftrohre dem organischen Gemisch zugeführt wird. Die organischen Bestandteile werden vorgemischt, vor dem Laden werden sie bereits 2–3-mal

durchgeschlagen und werden gleichmäßig mit Hilfe von Miststreuer in den Biofragmentator geladen. Nach dem Laden der Kompostmischung wird der Sauerstoffgehalt mit Hilfe von Gasanalysator gemessen, um die Menge an Sauerstoff in der Masse festzulegen, und den Sauerstoffgehalt auf Dauer mit Hilfe von dem Ventilator im Bereich von 5–12 % zu halten. Beim optimalen Verlauf von Biofermentation Prozess erhöht sich die Temperatur der Kompostmischung in den ersten 10–12 Stunden auf 40–50°C (vor dem Beginn – 10°C) und dann steigt es auf 60–75°C. Das Ende von Fermentationsprozess erfolgt bei einer Mischungstemperatur von etwa 30–40°C. Die Dauer des Kompostierungsprozesses unter optimalen Bedingungen beträgt 6–7 Stunden.

Die Technologie der Herstellung von Mehrzweckkompost in Biograben wurde entwickelt, um das Volumen der Verarbeitung von Rohstoffen deutlich zu erhöhen, Einsparung von Rohstoffen und die Verwendung von Komponenten mit erhöhter Feuchtigkeit.

Biograben besteht aus einer Fahrbahn, Empfangsgraben und Fermenter.

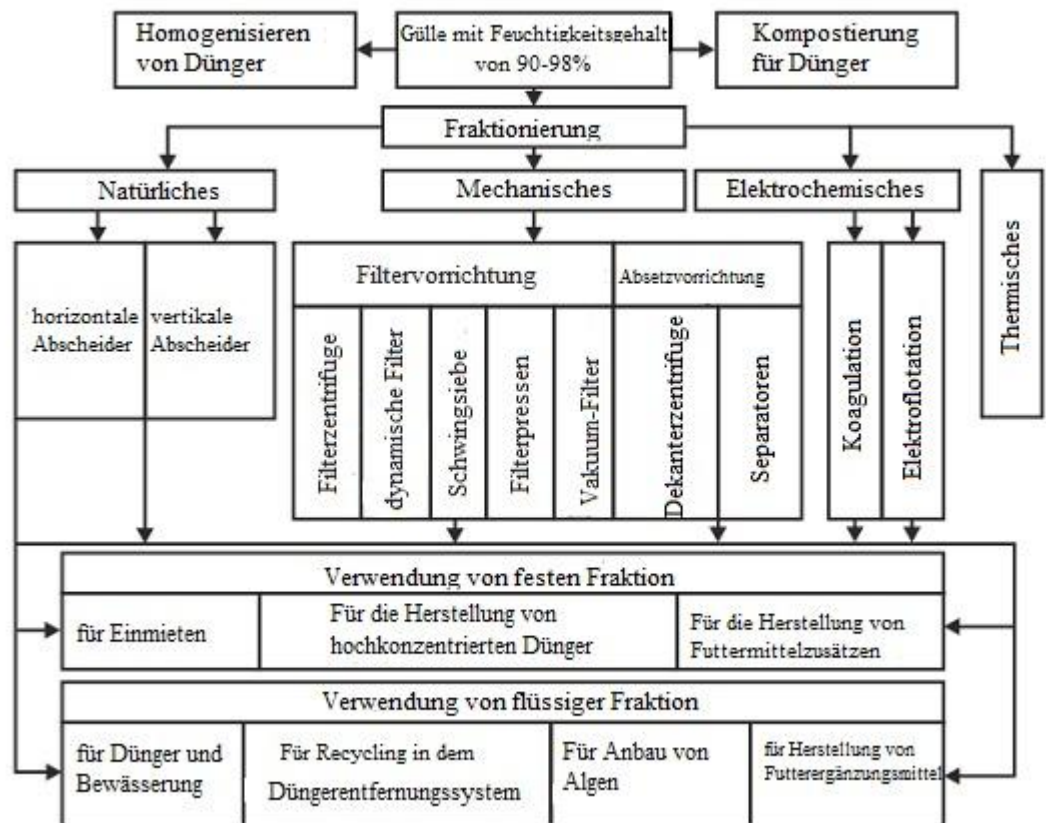
Der technologische Prozess von der Verarbeitung der Biomischung wird wie folgt realisiert. Auf die Plattform zur Herstellung von Rohstoffen werden die Rohstoffe Torf, Sägemehl, gehacktes Stroh, Mist) über eine Straße geliefert. Die Empfang Grube wird mit Torf, Späne oder zerkleinerte Stroh gefüllt mit einer Schichtdicke von bis zu 40 cm, danach wird die Grube mit Dünger gefüllt mit einer Schicht von 10–40 cm. Mit einem Gabelstapler wird das organische Gemisch gleichzeitig gerührt und in Fermenter geladen, bis es vollständig gefüllt ist, anschließend wird es von oben mit dem bereit fertigen Organischen Dünger zugedeckt. Die Schichtdicke beträgt 10–20 cm. Die organische Mischung mit einem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 70–75 % wird 5–7 Tage kompostiert. Durch die Verarbeitung von organischem Material in Biograben wird es ermöglicht, größeres Anfangsmaterial mit erhöhtem Feuchtigkeitsgehalt zu verwenden, und die Platzierung des Fermenters unter dem Dach ermöglicht die Arbeit von solchen Strukturen vor allem in Regionen mit starkem Niederschlag.

Vermiculture (eng.). Die Verwendung der Technologie „Vermiculture“ empfiehlt sich für die Herstellung von organischen Düngemitteln mit verbesserten Eigenschaften. Das Hauptelement dieser Technologie ist der Mist Wurm, und die resultierende der Herstellung von Kompost in sauber verarbeitetem organischem Dünger ist – Vermicompost. Vermicompost enthält eine ausgewogene Kombination aus einem Komplex von essentiellen Spurenelementen und Nährstoffen wie Enzymen, Boden Antibiotika, Vitaminen und Hormonen für das Pflanzenwachstum und deren Entwicklung [13]. Für die Verarbeitung der Kompostmischung können rote kalifornische Würmer verwendet werden aber auch die Würmer aus der heimischen Zucht.

In Anbetracht von besonderen klimatischen Merkmalen Russlands, wird es empfohlen Vermiculture in geschlossenen Räumen mit der Bereitstellung aller erforderlichen Parameter des Mikroklimas für die ganzjährige Produktion von Vermicompost durchzuführen. Es ist ratsam, Vermiculture unter Verwendung der Methode „aktiven Beet“ zu verwenden, das Verfahren gibt vor die Würmer auf einer Seite des Beets zu füttern, und die Einsammlung des Endprodukts auf der anderen Seite durchzuführen. Diese Anwendung kann die Kosten der menschlichen Arbeit für der Trennung von Vermiculture und Vermicompost deutlich senken. Zur Herstellung des Ausgangssubstrats wird empfohlen, Mischwagen zu verwenden.

### **1.2.3. Technologie der Verarbeitung von flüssiger Gülle**

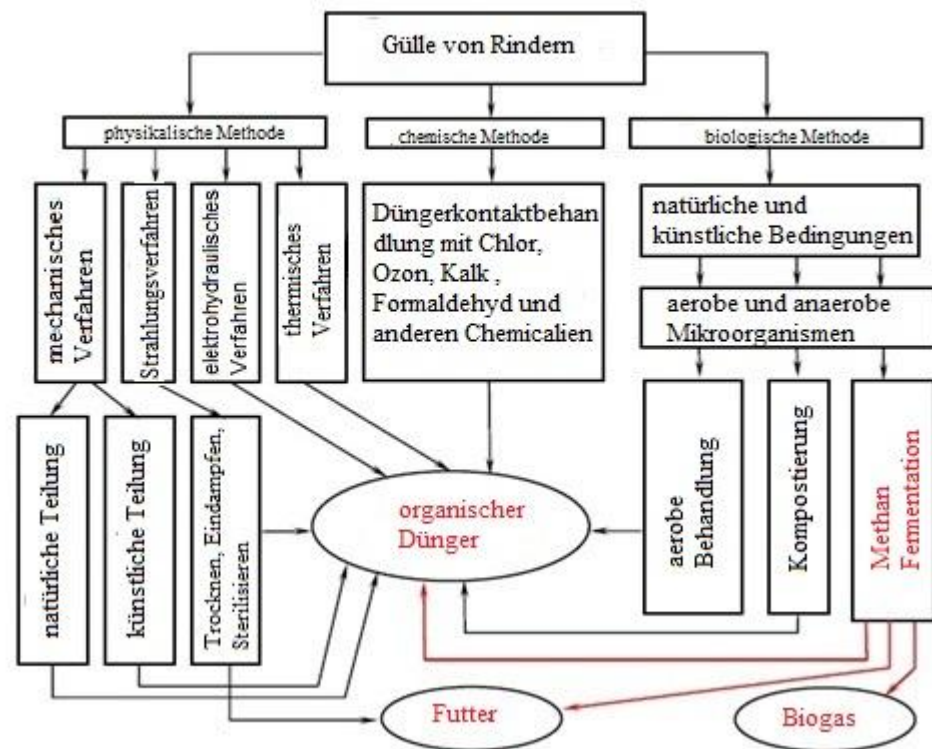
Als flüssige Gülle wird die Gülle mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 92–93 % bezeichnet, die Verwendung und Verarbeitung wird nach der Klassifikation durchgeführt die in den späten 80-er Jahren des XX Jahrhunderts durch die V.V. Kalyuga entwickelt worden ist. Die Zeichnung 1 zeigt die Klassifizierung von Methoden der Verarbeitung von der Gülle.



Zeichnung 1 – Klassifizierung von Methoden der Verarbeitung von Gülle

Nach der obigen Klassifizierung wurden folgende Haupttypen der Verarbeitung von Gülle festgelegt: Homogenisieren, Kompostierung und Trennung in Fraktionen. Jede der drei Methoden setzt Verwendung verschiedener komplexe Geräte voraus [14].

Es gibt auch eine aktualisierte Klassifikation der bestehenden Methoden der Verarbeitung und Entsorgung der Gülle. Moderne Techniken und Verfahren für die Verarbeitung von Gülle werden auf der Zeichnung 2 aufgeführt.



Zeichnung 2 – Methoden und Techniken von Düngerverarbeitung

Wenn man anaeroben Aufschlussmethoden mit den anderen Methoden vergleicht, die in der Zeichnung 2 dargestellt werden, ermöglicht dieses Verfahren bei der Verarbeitung von Dünger die Gewinnung von drei hochwertigen Produkten und zwar einem alternativen Kraftstoff, Futterergänzungsmittel für Tier- und Biodünger Fütterung.

Recycling der Gülle in Biogasanlagen verhindert Nährstoffverlust. Es wird auch die Grundvoraussetzung für den effektiven Einsatz von Dünger erfüllt – eine einheitliche Verteilung der Gülle auf den Boden in einem halb fließendem Zustand, welches einer biologische Reifung unterzogen worden ist. Der resultierende umweltfreundliche Dünger speichert den Stickstoff vollständig in Form von Ammonium, der am leichtesten von Pflanzen verarbeitet werden kann [15].

So wird es von den landwirtschaftlichen Betriebe neben der weit verbreiteten natürlichen Dekontamination Lagunen mit dem Abtransport auf die Felder, Kompostierung und Wurmkompostierung, beschleunigte Fermentation,

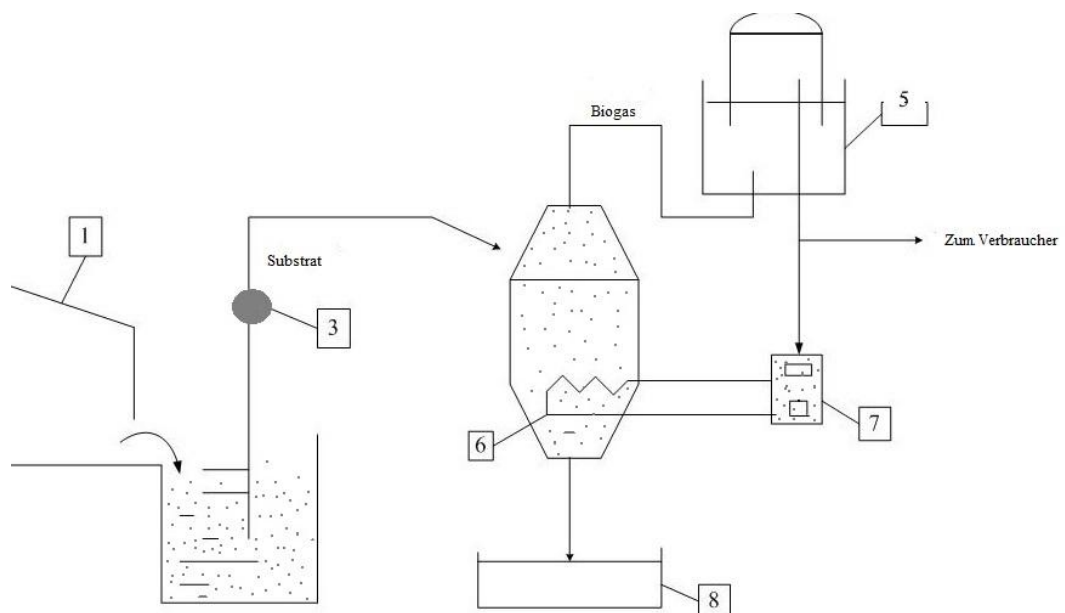
biothermische Desinfektion und andere Möglichkeiten des Recyclings verwendet. Allerdings hat die Untersuchung des Problems gezeigt, dass keine dieser Technologien in vollem Umfang die wesentlichen Anforderungen erfüllt [16]:

1. Sicherstellung der vollständigen Nutzung von Abfällen als wirksame organische Dünger.
2. Gewinnung von zusätzlichen Energieressourcen bei der Verarbeitung, so dass die traditionellen Quellen ersetzt werden können, die Kosten für die Umwandlung von Gülle kompensiert werden und ein zusätzliches Einkommen ermöglicht wird.

Den geforderten Aufgaben entspricht am ehesten die Methode der anaeroben Vergärung von Gülle.

### 1.3. Anaerobe Verwertung von landwirtschaftlichen Rückständen in Biogasanlagen

Anaerobe Verwertung von landwirtschaftlichen Abfällen wird in Biogasanlagen durchgeführt. Biogasanlagen bestehen aus den Grundelementen die auf der Zeichnung 3 gezeigt werden.

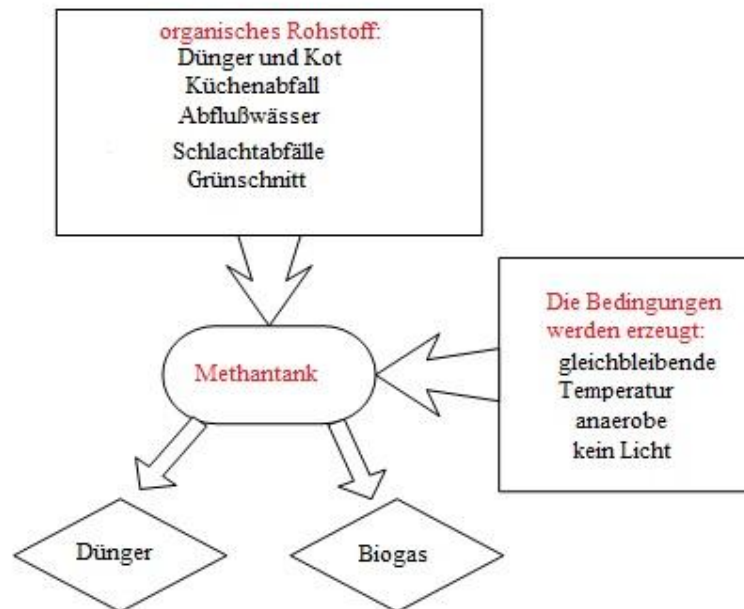


Zeichnung 3 – schematisches Blockdiagramm einer Biogasanlage:

- 1 – Farm, 2 – Aufnahmetrichter, 3 – Pumpe, 4 – Kocher, 5 – Gasometer, 6 – Wärmetauscher, 7 – KWK-Anlage, 8 – Biodünger Speicher

Die Haupteinheit einer Biogasanlage ist der Fermenter, wo die Zersetzung der Biomasse mit Hilfe von methanogenen Bakterien und unter bestimmten Temperatur der anaeroben Vergärung durchgeführt wird [17].

Der Prozess der anaeroben Vergärung wird unten auf der Zeichnung 4 aufgeführt.



Zeichnung 4 – vereinfachtes Diagramm eines Verfahrens zur anaeroben Vergärung

Nach GOST 52808 für die Optimierung der anaeroben Vergärung Prozess gibt es drei Heizstufen:

1. Psychrophiler Zustand. Im psychrophilen Zustand beträgt eine optimale Gärtemperatur im Fermenter 15–20°C, kann aber auch niedriger sein. In diesem Zustand wird der Abfall innerhalb von 30–40 Tagen verarbeitet werden.
2. Mesophiler Zustand. Im mesophilen Zustand wird der organische Abfall bei einer Temperatur von 30–40°C ca. 20–30 Tage behandelt.
3. Thermophiler Zustand. Im thermophilen Zustand wird der organische Abfall bei einer Temperatur von 52–56°C ca. 5–10 Tage behandelt.

Die Zurzeit verwendeten Biogasanlagen sind alle automatisiert und können im psychrophilen, mesophilen und thermophilen Betrieb arbeiten.

In der Praxis werden am häufigsten psychrophiler und mesophiler Zustand verwendet, aber bei der Verwendung von thermophiler Zustand reduziert sich die Fermentierungszeit auf 5–7 Tage, was zu einer erheblichen Verringerung des Volumens von Strukturen führt und eine erhöhte Ausbeute an Biogas ermöglicht aufgrund der hohen Effizienz der Zersetzung organischer Substanzen.

Bei psychrophilen Temperaturen wird die Gärungsgeschwindigkeit der Biomasse durch einen einfachen Aufbau und Verwendung vom Kocher kompensiert.

Die Arbeit von [18] zeigt, dass die Ausgangsparameter von Biogas und der Grad der Aufspaltung des Quellensubstrats im psychrophilen Zustand der Biogasanlage auf dem gleichen Niveau liegen wie bei mesophilen Zustand jedoch nimmt die Fermentation Zeit des Substrat zu.

In thermophilen Bedingungen anaeroben Vergärung verlieren Unkrautsamen ihre Keimung, Würmer Eier und pathogene Mikroflora sterben und es erfolgt eine Ansammlung von hochaktiven biologischen Verbindungen der Klassen Auxin, Kinin, pflanzliche Wachstumshormone die die Bildung der Grünmasse der Pflanzen verbessern. Es sammeln sich die notwendigen Verbindungen für die Pflanzen und deren Wurzelsystem: Fol- und Huminsäuren, Salze und Aminosäuren, Vitamine B1, B2, B6, B12, usw. Die Aufgezählten Eigenschaften der Dünger für andere Temperaturen sind deutlich niedriger, dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass aufgrund der niedrigen Temperaturen der anaeroben Vergärung nicht dekontaminierter Dünger produziert wird [19].

Traditioneller Rohstoff für die anaerobe Vergärung von Biomasse ist: Tierdünger, Abfälle aus der Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung, Schlachtereien, Deponieabfällen, sowie einige Energiepflanzen und Produkten.

Organische Abfälle, die nicht als Rohstoff für eine Biogasanlage geeignet sind:

- Abwasser mit synthetischem Waschmittel gehalt;
- Material, welches sich in dem aeroben Fermentation Verfahren befindet;
- Stroh und Holz wegen des hohen Lignin Gehalt;

- Rohstoffe die eine geringe Menge an organischer Trockensubstanz enthalten, das heißt, der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt des Substrats sollte nicht 94 % überschreiten;
- schimmeliges Wasser.

Die Spaltung von organischen Substanzen in der Methanogenese erfolgt unter dem Einfluss verschiedener Gruppen von Mikroorganismen, wie ein mehrstufiges Verfahren [20].

Es gibt folgende Phasen der anaeroben Umwandlung von komplexen organischen Stoffen in Biogas:

1. Hydrolyse Phase von komplexen biopolymeren Molekülen (Polysaccharides, Lipide, Proteine, etc.).
2. Fermentationphase, in der die sich ergebene Monomere zu einfacheren Substanzen, wie niedere Alkohole und Säuren spalten.
3. Acetogene Phase, bei dem sich Wasserstoff, Kohlendioxid, Acetat und Vorläufer von Methan bilden.
4. Methanogene Phase, in der sich das Endprodukt der komplexen Spaltung von organischen Stoffen, Methan bildet.

In jeder Phase erfolgt zugleich eine Reihe von verschiedenen Reaktionen. Das Mengenverhältnis dieser Reaktionen hängt von Bakterien die in diesem Stadium beteiligt sind, von der Art des Ausgangsmaterials sowie einer großen Anzahl anderen Faktoren. In dieser Hinsicht ist es praktisch unmöglich, die Art der Reaktion und die quantitative Indikatoren am Ende genau vorherzusagen. Das Hauptprodukt der anaeroben Vergärung sind organische Düngemittel, Düngemittel welche ohne Vorbereitung eingesetzt werden können, haben einen größeren Wert als das erzeugte Biogas.

Somit kann die ordnungsgemäße Verwendung aller Ausgangsprodukte der anaeroben Vergärung, die Amortisationszeit einer Biogasanlage im Vergleich zu der anderen alternativen Energie Geräte reduzieren.

#### **1.4. Biogastechnik im Ausland**

Die Entwicklung der Gesellschaft, setzt vor allem eine gesicherte Energiebasis voraus, so macht die mögliche Gefahr einer Energiekrise die rationelle Nutzung aller verfügbaren Ressourcen der Welt unter anderem auch die Nutzung der erneuerbaren Energie, zu aktuellem Problem. In dieser Hinsicht nutzen viele Länder aktiv die erneuerbare Energie. Zum Beispiel in Ländern wie Dänemark, Deutschland, Frankreich, USA, Schweden, Japan, Indien und China gibt es Förderprogramme im Bereich der alternativen Energieerzeugung. Auch die Probleme beim Umweltschutz ist ein wichtiger Faktor, der die Notwendigkeit für die Entwicklung alternativer Energie bestimmt [21].

Seit den 60er Jahren haben kommunale Kläranlagen in Schweden begonnen, Biogas zu produzieren. Die Ölkrise in den 70-er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts, hat die Haltung zu den fossilen Brennstoffen verändert, sie legte auch die Grundlage für die Forschung und Entwicklung von Biogas-Technologien, um die Abhängigkeit von Öl und die ökologische Belastung zu reduzieren. Als erstes wurde die Industrie aktiv. In den 1970er und 1980er Jahren haben Cellulose und Zuckerfabriken die anaerobe Vergärung für die Abwasserbehandlung eingeführt. Zu dieser Zeit, wurden auf Bauernhöfen ein paar kleine Fabriken zur anaeroben Vergärung von Gülle gebaut.

Derzeit gibt es in Schweden eine Klassifizierung, die auf einem Einsatzmaterial basiert, aus dem das Biogas entsteht:

- Klärgas, dieses Gas wird aus Gülle, Klärschlamm, Lebensmittelabfällen und Abfällen aus der Landwirtschaft erhalten. Klärgas, der durch die Vergärung verschiedener Arten von Substraten erhalten wird, unterscheidet sich manchmal von dem Gas, dass aus nur einem Art von Rohmaterial erhalten wird, – dem Klärschlamm;
- Gas der gemeinsame Vergärung, stellt Biogas dar, der durch gleichzeitige Fermentation von verschiedenen Substraten erhalten wird, beispielsweise Klärschlamm zusammen mit den Schlachtabfällen und Gülle;

- Deponiegas, ist ein Gas, das einen geringen Gehalt von etwa 44–55 % Methan hat und wird aus Polygonen erhalten. Herstellung von Methan aus Deponiemasse, ist ein langwieriger Prozess, der in dem Bereich von 30–50 Jahren passiert;

- Entflammbares verflüssigtes Biogas. Verflüssigtes brennbares Gas wird durch Kühlen und Kondensation von Methan erhalten.

Die Gesamtzahl der Anlagen die Biogas produzieren hat sich zwischen den Jahren 2006–2008 um 12 % erhöht. Der Anstieg erfolgt vor allem durch Biogasanlagen, Industrieanlagen und den gemeinsamen Vergärung. Teil des erzeugten Biogas in den Biogasanlagen wird gereinigt und als Treibstoff für Fahrzeuge verwendet. Reinigung und Anreicherung von Biogas für Kraftstoffe steigt stetig. Schweden im Vergleich mit dem Rest der Welt, hat einen sehr hohen Anteil des Gases, welches für Kraftfahrzeuge verwendet wird [22].

Deutschland ist Marktführer in der Produktion von Biogas in Europa. Das Land verringert stufenweise die Nutzung von Kernkraft und versucht Kohlendioxid-Emissionen um 40 % zu reduzieren. Der Regierungsbeschluss der die Strategie zur Reduzierung der Emissionen festlegt, legt auch die nationale Ziele für die Erzeugung von Biogas fest – 6 Milliarden Kubikmeter Gas pro Jahr bis 2020 und 10 Mrd. m<sup>3</sup> pro Jahr bis zum Jahr 2030. Bis Ende 2011 wurden mehr als 8.792 neue Biogasanlagen, inklusive Klär-, Deponie und Landwirtschaftlichen Anlagen in Betrieb genommen. Biologische und Siedlungsabfälle werden von 92 Fabriken verarbeitet. Rund 1700 Fabriken arbeiten mit Kläranlagen.

Die Biogasproduktion in Dänemark begann im Jahr 1973, unmittelbar nach der Ölkrise. Im Jahr 2009 gab es etwa 20 kommunalen Fermentation Anlagen verschiedener Größen, 60 Biogasanlagen auf Bauernhöfen und auch 60 Einheiten in Kläranlagen.

Dünger welcher durch den betrieb der Biogasanlage erzeugt wird, wird in der Landwirtschaft verwendet. Ende 2009 betrug die Anzahl der Anlagen 167 Einheiten [23].

In Norwegen wird Biogas von folgenden Betrieben erzeugt: 6 Betriebe die zur Erzeugung von Biogas Hausmüll verwenden, 23 Kläranlagen und eine große Biogasanlage zur Verarbeitung von Gülle, Biogas wird auch auf 41 Felder eingesammelt. 61 % des Biogases wird zur Stromerzeugung genutzt. In Finnland gibt es etwa 76 Biogasanlagen, insgesamt generieren sie 139 Millionen m<sup>3</sup> Biogas, es dominieren die städtische Mülldeponien und Kläranlagen. Während des Zeitraumes von 2005 bis 2020 ist das Hauptziel der finnischen Regierung eine Erhöhung der Produktion von Biogas um 1 Bln. KW Stunden und insbesondere eine Erhöhung von Biogasproduktion für den Kraftstoff.

In Schweden, produzieren Scania- und Volvo Werke Busse mit Motoren, die mit Biogas betrieben werden, diese Buse werden in den Städten Basel, Genf, Bern, Lausanne und Luzern aktiv genutzt. Bis Ende 2010 werden in Schweden 10 % der Fahrzeuge mit Biogas Kraftstoff betrieben. Im Frühjahr 2009 hat Gemeinde Oslo 80 Stadtbusse auf Biogas betrieb umgebaut [24].

Das jährliche Volumen von Biogasproduktion in USA beträgt 500 Mill.-m<sup>3</sup>, Biogas wird hauptsächlich in Strom umgewandelt. Anlagen die auf dem Biogasbetrieb laufen erzeugen zusammen eine elektrische Leistung in Höhe von etwa 200 MW.

Das jährliche Volumen der Biogasproduktion in Großbritannien beträgt 200 Mill. m<sup>3</sup> Die Anlagen erzeugten zusammen eine Leistung von etwa 80 MW.

In den späten 1990er zählte man in China mehr als 10 Millionen Biogasanlagen. Derzeit werden in China, 60 Tausend Menschen in der Biogasbranche eingesetzt.

Somit hat uns die Analyse der führenden europäischen Länder in der Biogasbranche gezeigt, dass die am besten entwickelten Nationen der Welt jedes Jahr den Bau von Biogasanlagen steigern. Doch aufgrund ihrer sozioökonomischen Merkmale, zielt ihre Technologie letztlich auf eine zusätzliche Energiequelle – Biogas, das dann in Strom umgewandelt wird.