

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(Национальный исследовательский университет)  
Политехнический институт. Заочный факультет.  
Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

ПРОВЕРЕНО  
Рецензент

\_\_\_\_\_ Р.Ж. Низамутдинов  
(подпись, место для печати)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующая кафедрой

\_\_\_\_\_ И.М. Кирпичникова  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Энергообеспечение автономных потребителей с использованием биоресурсов  
на примере ООО «Равис - птицефабрика Сосновская»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ О.С. Пташкина-Гирина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор  
Студент группы ПЗ-388

\_\_\_\_\_ Я.А. Трифонов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Аверина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Южно-Уральский государственный университет»  
 (Национальный исследовательский университет)  
 Политехнический институт. Заочный факультет.  
 Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ  
 Заведующая кафедрой

\_\_\_\_\_ И.М. Кирпичникова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу студента  
 Трифонова Якова Александровича

(Фамилия, имя, отчество полностью)

Группа ПЗ-388

1 Тема работы: Энергообеспечение автономных потребителей с использованием биоресурсов на примере ООО «Равис - птицефабрика Сосновская»

утверждена приказом по университету от 25.12.2018г. № 2361, \_\_\_\_\_

2 Срок сдачи студентом законченной работы 09.01.2019 г.

3 Исходные данные к работе

Постоянное число птиц на ООО «Равис - птицефабрика Сосновская»

План здания

Нормативно-правовые акты

СТО ЮУрГУ 04-2008

Научно-техническая литература

Каталоги когенерационного оборудования

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разраб.		Трифонов			Энергообеспечение автономных потребителей с использованием биоресурсов на примере ООО «Равис – птицефабрика Сосновская»	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Пташкина-Гирина				В	К	Р
Н. контр.		Аверина				2		
Утв.		Кирпичникова				67		
					ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «ЭССиСЭ»			



5 Перечень графического материала с точным указанием обязательных чертежей.

- 1 Титульный лист
- 2 Объект, предмет и цель исследования
- 3 Задачи исследования
- 4 Актуальность
- 5 Схема биогазовой установки
- 6 Условия работы биогазовой установки
- 7 Схема получения тепловой и электроэнергии
- 8 Метантенк компании «Zorg»
- 9 Когенерационная установка «Cento L230».
- 10 Методы обеззараживания шлама
- 11 Обеззараживание в кавитационном поле
- 12 Итоги экономических расчетов
- 13 Вывод

Всего 13 листов

6. Дата выдачи задания « 09 » ноября 2016 г.

Руководитель \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Трифонов Я.А. Энергообеспечение автономных потребителей с использованием биоресурсов на примере ООО «Равис - птицефабрика Сосновская». – Челябинск, ЮУрГУ, ПЗ; 2019, 67 с, 7 ил., 6 табл., библиогр. список – 50 наим.

Объектом исследования являются биоресурсы. Предмет исследования – возможность утилизации отходов птицефабрики в условиях исследуемого региона.

Цель выпускной квалификационной работы (ВКР) – на примере ООО «Равис - птицефабрика Сосновская» показать возможность утилизации животноводческих отходов с получением источника тепловой и электрической энергии, а также, органического удобрения.

Для выполнения этой цели были выполнены следующие задачи:

- 1 Оценка потенциальных энергоресурсов отходов птицефабрики.
- 1 Разработка схемы утилизации отходов птицеводства с целью получения биогаза.
- 2 Разработка схемы получения тепловой и электроэнергии.
- 3 Техничко-экономическая оценка предлагаемого мероприятия

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 СОСТОЯНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ.....	
1.1 Характеристика ООО «Равис – птицефабрика Сосновская».....	
1.2 Проблема утилизации отходов .....	
2 СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА.....	
2.1 Компостирование.....	
2.2 Вермикомпостирование.....	
2.3 Пеллетирование.....	
2.4 Анаэробное сбраживание.....	
2.5 Способы утилизации отходов на птицефабрике ООО «Равис».....	
3 БИОГАЗ.....	
3.1 Биогазовая установка.....	
3.2 Расчет биогазовой установки для ООО «Равис – птицефабрика Сосновская».....	
3.3 Выбор и характеристика потребителя вырабатываемого биогаза.....	
4 ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ШЛАМА.....	
4.1 Методы обеззараживания шлама при получении биогаза.....	
4.2 Обеззараживание в кавитационном поле.....	
5 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	
6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	
7.1 Молниеотвод. Расчет молниеотвода.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день многочисленные отечественные предприятия стремительно разрабатывают и развивают производство биогазовых установок различной мощности и назначения.

Почти во всех странах мира биогазовые технологии стали стандартом очистки и использования муниципальных и промышленных сточных вод, а также переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов с целью производства биогаза для производства тепловой и электрической энергии и высокоэффективных органических удобрений.

Увеличение выбросов парниковых газов, увеличение потребления воды и ее загрязнения, снижение плодородия почв, неэффективная утилизация отходов и растущие проблемы загрязнения окружающей среды являются результатом нерационального использования природных ресурсов во всем мире. К 2023 году страны ЕС планируют увеличить вклад биомассы в общее потребление энергии в мире до 12%, а прогноз роста биомассы как источника возобновляемой энергии в мире предполагает достижение 23,8% к 2040 году [28].

Биогазовые технологии являются одним из важных компонентов в цепочке мер по борьбе с этими проблемами и обеспечивают прогнозы развития биоэнергетики.

По статистическим данным в России, общее количество органических отходов сельского хозяйства ежегодно составляет 773 млн т, из которых можно получить 66 млрд м<sup>3</sup> биогаза или около 110 млрд кВт-ч электроэнергии [28]. При этом ежегодный ущерб от отходов агропромышленного комплекса оценивается в 450 млрд рублей, например, загрязнение рек и озер сточными водами. К тому же в России большая часть почв - это малоурожайные почвы, требующие интенсивного внесения удобрений.

Развитие биогазовой промышленности должно идти в двух направлениях: создание крупных биоэнергетических станций и создание фермерских биогазовых установок, что должно стимулировать развитие биогазовых технологий.

Использование новых технологий позволит решить в сельской местности:

- проблему отходов;
- помочь в энергообеспечении и энергосбережении;
- повысить плодородность почв, а соответственно, и урожая, что значительно увеличит рентабельность установок и сократит сроки окупаемости.

Энергообеспечение автономных потребителей с использованием биоресурсов гарантирует эффективную переработку животноводческих отходов, что обуславливает актуальность темы исследования.

Цель исследования - на примере ООО «Равис - птицефабрика Сосновская» показать возможность утилизации животноводческих отходов с получением источника тепловой и электрической энергии, а также, органического удобрения.

Объектом исследования являются биоресурсы.

									Лист
									7
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ				

Предмет исследования – возможность утилизации отходов птицефабрики в условиях исследуемого региона.

Задачи исследования:

- 1 Оценка потенциальных энергоресурсов отходов птицефабрики.
- 2 Разработка схемы утилизации отходов птицеводства с целью получения биогаза.
- 3 Разработка схемы получения тепловой и электроэнергии.
- 4 Техничко-экономическая оценка предлагаемого мероприятия.

В качестве методов исследования использовались обобщение теоретических знаний российских и зарубежных исследователей, методы инвестиционного анализа.

Информационной основой данной работы послужили статистические материалы, учебные пособия, материалы периодических изданий, источники интернет ресурсов по теме исследования.

Практическая значимость исследования заключается в том, что содержащиеся в исследовании предложения могут быть использованы в ходе практической работы ООО «Равис - птицефабрика Сосновская».

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		8



# 1 СОСТОЯНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ

## 1.1 Характеристика ООО «Равис – птицефабрика Сосновская»

Промышленное птицеводство во многих странах является ведущей отраслью животноводства, благодаря возможности получения диетической и легко усвояемой продукции. Куриное яйцо служит эталоном полноценного продукта питания, в котором содержатся основные компоненты, необходимые для организма человека [32]. Ассортимент производимой продукции переработки мяса бройлеров на некоторых птицефабриках составляет свыше 150 наименований.

ООО «Равис - птицефабрика Сосновская» - крупный агрохолдинг, один из лидеров мясной промышленности Уральского федерального округа, входит в число крупнейших производителей и переработчиков мяса птицы в России [49]. Фабрика была основана в 1981 году и успешно работает на рынке продуктов питания в течение 35 лет.

ООО «Равис» - это предприятие замкнутого цикла, которое включает выращивание племенных яиц, кормопроизводство, производство и переработку мяса бройлеров, свинины, говядины и дальнейшую продажу продуктов через фирменные магазины и другие розничные сети [49]. Политика производства продукции из собственного сырья лежит в основе динамики развития холдинга. Принцип полевого учета позволяет обеспечить высокое качество и свежесть продуктов, осуществлять поставки в срок и контролировать цены.

10 мая 1977 года Совет Министров СССР принял Постановление № 360 о строительстве «Промышленной» птицефабрики на 10 тысяч тонн цыплят-бройлеров [49]. В дальнейшем для строительства птицефабрики Сосновского райисполкома был выделен земельный участок площадью 366,8 га.

Ввод в действие мощности новой птицефабрики планировалось тремя пусковыми комплексами. Масштаб будущего производства - более 14 тысяч тонн мяса в живом весе - многим показался невероятным. Первый пусковой комплекс для 3 миллионов бройлеров был представлен в декабре 1981 года. Стартовый комплекс включал в себя:

- инкубаторий на 8 инкубаторов ИКП-90;
- три птичника на 27 тысяч голов каждый;
- два птичника для молодняка на 60 тысяч голов каждый;
- девять бройлерных домов по 72,2 тысячи голов каждая;
- цех убоя и переработки со складом чистых и грязных контейнеров с комнатой санитарного контроля для упаковки яичной птицы;
- убойно-санитарный пункт;
- гараж на 72 машины;
- ветеринарная лаборатория;
- медицинский склад;
- склад оборудования.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		9

В 1988 году компания вышла на проектную мощность по производству мяса птицы, выпустив 14 500 тонн в живом весе. Наряду с развитием птицеводства большое внимание было уделено организации подсобного хозяйства. В апреле 1985 года был выбран участок для строительства помещений для крупного рогатого скота, началось строительство свинокомплекса [49]. Все это было воплощено в жизнь: были построены помещения, закуплен скот, укомплектован состав рабочих.

С 2011 по 2015 годы компания продолжает модернизацию производства в рамках федеральной программы по увеличению производства продукции птицеводства отечественного производства. В рамках инвестиционного проекта развивается третий производитель песка, строится комбикормовый завод на участке Еткуль, молочный завод.

Практически каждая вторая птица, купленная в Челябинской области, носит известное имя «Равис». Под брендом «Равис» выпускается более 200 наименований продукции, соответствующей наиболее высоким стандартам. Наряду с традиционным ассортиментом: цыплята-бройлеры, полуфабрикаты и субпродукты, компания производит колбасы и копчености, кулинарные полуфабрикаты, а также уникальные продукты Халяль. Кроме мяса птицы, на сегодняшний день ООО «Равис» стремительно занимается выращиванием зерновых и овощных культур, а также осваивает производство молока, говядины и свинины. Компания развивает производство молока, говядины и свинины, активно выращивает зерновые и овощные культуры.

В 2015 году агрохолдинг становится лидером отрасли птицеводства в регионе, производя более 60 тысяч тонн мяса птицы. Компания имеет один из лучших показателей в области животноводства и растениеводства.

Инвестиции в село, его собственная сырьевая база, современное кормопроизводство, грамотная зерновая и ценовая политика, собственная сеть фирменной торговли позволяют «Равису» производить и предлагать высококачественные и вкусные продукты из мяса птицы, свинины и говядины [49].

Успешно завершив полную модернизацию производства, компания уверенно лидирует в отрасли по многим производственным и финансовым показателям. ООО «Равис» является одним из крупнейших агрохолдингов в Уральском федеральном округе. Компания полностью внедрила и освоила замкнутый производственный цикл. Агрохолдинг «берет под крыло» несколько совхозов, тем самым спасая их от банкротства. Ежегодно 120 тысяч гектаров земли в Сосновском, Еткульском, Троицком, Варненском, Уйском и Каслинском районах засеяны пшеницей, ячменем, рапсом и кукурузой [49]. Собственное производство комбикормов составляет 160 тысяч тонн в год, свинины - более 1500 тонн, молока - 20 тысяч тонн. Таким образом, холдинг полностью самодостаточен в сырье.

Политика производства продукции из собственного сырья лежит в основе динамики развития холдинга. Принцип полевого учета позволяет обеспечить высокое качество и свежесть продуктов, осуществлять поставки в срок и контролировать цены [49]. Ведь 80% стоимости мяса - это корма, которые компания произво-

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		10

дит самостоятельно. Таким образом, себестоимость производства собственной свинины на 30% ниже рыночной цены. Компания ушла от демпинговых продаж, большая часть продукции реализуется без посредников. Все это позволяет устанавливать доступные цены без ущерба для качества продукции.

В 2015 году ООО «Равис» стал лучшей птицефабрикой в Челябинской области. Компания расширяет географию продаж, количество ферменных торговых точек в Свердловской, Тюменской, Курганской областях и Республике Башкортостан значительно увеличивается. К середине следующего года в Уральском федеральном округе будет около 300 фирменных магазинов «Равис» [49]. Торговая сеть компании считается самой развитой среди всех птицефабрик России.

В продуктовой линейке агрохолдинга «Равис» более 200 наименований. Это охлажденные продукты, полуфабрикаты, готовые продукты и деликатесы.

Основным принципом работы команды ООО «Равис» является ответственный подход к оптимизации расходов. Это позволяет специалистам объективно анализировать ситуацию и правильно выстраивать производственный процесс.

Сегодня агрохолдинг объединяет 10 сельскохозяйственных предприятий (площадка для откорма бройлеров, племенных производителей, свиноводческих и сельскохозяйственных предприятий региона) [49]. Ежегодно поля в Сосновском, Эткульском, Троицком, Варненском, Уйском и Каслинском районах засеяны пшеницей, ячменем, рапсом и кукурузой.

Философия компании - зарабатывать на обороте. Поэтому большинство товаров продается через магазины фирменной торговли. В корпоративной торговой сети сегодня около 300 магазинов. На сегодняшний день это самая развитая торговая сеть среди всех птицефабрик России. Продукция поставляется во все уголки Челябинской области, а также в Свердловскую, Тюменскую, Курганскую области, Уфимский, Оренбургский и другие регионы страны [49]. География продаж сегодня - от Москвы до Хабаровска с выходом на международный рынок.

Сегодня ООО «Равис» - одна из самых передовых, технически оснащенных компаний в России. Все производственные процессы осуществляются на современном оборудовании в соответствии с международными стандартами. Передовые технологии включают компьютерное управление системами микроклимата и минимизацию человеческого фактора.

Птицефабрика ООО «Равис» оснащена оборудованием мировых производителей «Big Dutchman» и «Roxsell». Открыт третий этап инкубатора, с мощностью 20 миллионов яиц в год. На нем установлено оборудование бельгийской компании «Peterstime» - надежное оборудование, аналогичное тому, что успешно зарекомендовало себя в предыдущих инкубационных этапах. Это позволит компании инкубировать более 50 миллионов яиц в год.

Наряду с напольным содержанием бройлеров освоена технология выращивания с использованием клеточного оборудования, крупнейших европейских производителей, это дает возможность увеличить поголовье птицы на тех же производственных площадях и получать в 3 раза больше мяса птицы [49].

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		11

Инженерные и производственные службы постоянно адаптируют оборудование к оптимальным характеристикам для достижения наилучших результатов. Гордостью компании является первая очередь нового бройлерного участка, запущенного в сентябре 2010 года. Этот участок был впервые реконструирован в 2004 году и производил более 5,5 тыс. Тонн мяса птицы в год. Сегодня инновационные технологии позволяют производить более 14 тысяч тонн высококачественного мяса птицы в год. В то же время потребление корма будет значительно снижено, а стоимость производства снизится.

Технологический процесс уоя и мяса птицы также осуществляется на современных линиях голландской фирмы «Stork» общей производительностью 12 тысяч голов в час [49]. Он оснащен специальными устройствами для автоматического подвешивания туш с конвейера на конвейер и их упаковки в стретч-пакеты на полуавтоматической линии «МОВА».

На птицефабрике стремительно вводятся новейшие технологии, регулярно приобретается современное спецоборудование, увеличиваются объемы производства, находят решение проблемы энергосбережения. Среди последних новинок холдинга - открытие нового современного цеха глубокой переработки, установка камеры шоковой заморозки. В планах на будущее объединение нескольких этапов производства в единый комплекс, запуск линии по разливу молока.

В настоящее время птицефабрика имеет следующие производственные помещения:

1) 28 птичников - цех № 1 размером 24 \* 96 м, из них 13 птичников на 8 батареях с оборудованием БКМ-ЗБ (Пятигорксельмаш) на 60 тысяч цыплят каждый, 8 птичников напольного содержания с оборудованием фирмы «Big Dutchman», 4 птичника с оборудованием для содержания клеток компании «Большой голландец», 3 птичника с оборудованием для содержания клеток компании «Farmer Automatic» [49];

2) 8 птичников цеха № 2 размером 72 \* 96 м с трехсекционной системой, в том числе 1 птичник на 140 тысяч бройлеров с оборудованием «Big Dutchman», 7 птичников на 140 тысяч бройлеров на каждом этаже с оборудованием «Roxel1»;

3) 4 птичника цеха № 4 размером 72 \* 96 м с трехуровневой системой на 115 тысяч цыплят-бройлеров с оборудованием «Big Dutchman» и «Shore-Time»;

4) инкубаторий с современным импортным оборудованием («PETERSIME», Бельгия) с пропускной способностью 38 млн. штук яиц в год.

В подсобном хозяйстве имеется 10 свиноккомплексов:

1) 2 помещения размером 12 \* 70 по разведению свиней вместимостью 600 голов;

2) 2 свинарника размером 12 \* 90 вместимостью 250 голов (свиноматки, кабаны, реммолодок);

3) родильное отделение 1 - размер 12 \* 90 на 71 голову свиноматок и 710 поросят;

4) родильное отделение 2 - размером 12 \* 90 и вместимостью 81 свиноматку и 810 поросят;

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		12

5) 3 помещения -поросята для откорма размером 24 \* 90 вместимостью 550 животных каждый;

6) помещение для 1-летних поросят размером 40 \* 45 с вместимостью 550 животных;

7) бойня с современной линией убоя птицы (производства «STORK», Нидерланды) с производительностью 6 тысяч голов в час. Он включает в себя склад чистых и грязных контейнеров с санитарно-гигиеническим кабинетом для упаковки яичной птицы, холодильные камеры на 100 тонн. В апреле 2017 года ввели в эксплуатацию вторую линию по убою птицы (производства «STORK», Нидерланды) с пропускной способностью 6 тысяч голов в час.

8) комбикормовый завод с кормозаготовительным оборудованием с производительностью 30 тонн корма в час.

Количество цыплят-бройлеров, которые в настоящее время содержатся на птицефабрике, превышает 2,5 миллиона. Помимо домашней птицы на птицефабрике «Равис» разводится более 1000 свиней и более 500 голов крупного рогатого скота. В месяц птицефабрика производит более 7 тысяч тонн кормов, в год более 30 тысяч тонн мяса птицы.

Из всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что ООО «Равис – птицефабрика Сосновская, специализирующаяся на переработке продукции животноводства, по объемам производимой и реализуемой сельскохозяйственной продукции является ведущим и основополагающим предприятием региона, а также одним из передовых, технически оснащенных компаний России.

## 1.2 Проблема утилизации отходов

Сельское хозяйство создает большее воздействие на природную среду, чем любой другой сектор национальной экономики. Загрязнение окружающей среды птицеводческими и животноводческими предприятиями чаще всего происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств, несоблюдения установленных экологических требований.

При длительном хранении отходов на грунтовых площадках происходит загрязнение почвы, грунтовых и поверхностных вод. В поверхностном слое почвы таких площадей по высоте 0,4 м содержится до 4950 кг/га минерального азота, в том числе 2500 кг/га нитратного, что в 17 раз выше по сравнению с незагрязнённой почвой [37]. В грунтовых водах на площадках хранения отходов, где накапливаются атмосферные осадки, содержание (мл/л) нитратного азота превышает содержание его в дренажных водах с поля в 2 раза, аммиачного азота - в 8 раз, фосфора - в 11 раз, калия - в 10 раз. Эрозия почв, смыв удобрений и органических отходов приводят к сильнейшему загрязнению рек и озер.

Неудовлетворительное хранение и неиспользование помета не только наносит существенный вред окружающей среде, но и приводит к потерям огромного количества необходимого для сельскохозяйственных угодий качественного органического удобрения [37].

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		13

Самым простым способом снижения негативного воздействия на природу является модернизация и обновление технологического оборудования в подразделениях, внесение изменений в организацию хозяйственной деятельности, отвечающей современным экологическим стандартам.

Это возможно благодаря внедрению малоотходных и безотходных технологий, основанных на включении в хозяйственный оборот всего сырья, которое постоянно формируется и накапливается в хозяйствах [37]. Сокращая количество органических отходов, выбросов газа и пыли, потребления воды и удаления сточных вод, можно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Проблема рационального использования сырья многогранна и во многом обусловлена спецификой перерабатывающей промышленности. Крупнейшим резервом экономии материальных ресурсов, расширения ассортимента и увеличения выпуска продукции, повышения эффективности работы обогатительной фабрики является комплексное использование сырья [37].

Большинство побочных продуктов и отходов производства, образующихся после переработки сельскохозяйственного сырья, характеризуются ценным химическим составом и могут использоваться для производства различных ценных и необходимых для народного хозяйства продуктов.

В сельском хозяйстве, как и в других сферах экономики, существуют свои экологические проблемы. В современных условиях производства продукции птицеводства на промышленной основе, когда крупные птицеводческие комплексы возрождаются, функционируют и развиваются во всех регионах России, перед специалистами фермерских хозяйств встают новые и сложные задачи, качество реализации которых предопределяет как экономические, так и экологические перспективы их развития [37].

Очень знакомой, но не менее актуальной является проблема утилизации сельскохозяйственных отходов. Сельскохозяйственное производство дает отходов в год до 250 миллионов тонн, из которых 150 миллионов тонн приходится на животноводство и птицеводство, 100 миллионов тонн - на растениеводство.

Особое внимание следует уделить проблеме переработки отходов от птицефабрик и ферм, значительная часть которых составляет мусор. Огромное количество птицефабрик производит до 700 тонн мусора в день. Своевременное принятие обязательных профилактических мер по утилизации этих отходов привело к тому, что многие птицефабрики, расположенные вблизи крупных городов, начали оказывать негативное влияние на санитарно-экологическое состояние окружающей среды [37]. Произошло заметное загрязнение рельефа почв, водохранилищ, лесов и пастбищ, прилегающих к птицефабрикам. В итоге серьезный экономический, экологический и социальный ущерб наносится не только сельскохозяйственным угодьям, но и жителям близлежащих населенных пунктов.

Сегодня животноводческие и птицеводческие фермы, наряду с промышленными предприятиями, представляют опасность для людей и окружающей среды. Ежегодно страна производит сотни миллионов тонн навоза. В среднем на одну

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		14

голову на свиноферме приходится 4,5 кг навоза в день. Суточный выход экскрементов у взрослой птицы в среднем составляет 170 г.

Учитывая всю Россию, от свиней в день сбрасывается только 105 750 тонн навоза и 38 598 750 тонн в год. Птицеводческие предприятия производят 94 622 тонн мусора в день и 34 537 030 тонн в год.

Количество отходов животноводства и птицеводства, образующихся в сельском хозяйстве, их химический и микробиологический состав позволяют считать животноводческие хозяйства и птицефабрики опасными для окружающей среде. Отходы скота и птицы, с одной стороны, являются ценным органическим удобрением, в которое входят практически все необходимые компоненты минерального питания, микроэлементы, доступные растениям, а с другой стороны, являются потенциальными источниками распространения возбудителей болезней, семян сорняков [45].

Как известно, птичий помет является источником патогенной микрофлоры, так как органические вещества разлагаются, аммиак, метан, сероводород, угарный газ и другие вещества выделяются из навозной массы.

В птичьем помете находятся препараты, используемые для дезинфекции птичников, эти компоненты опасны для жизни и здоровья человека и окружающей среды, поэтому птичий помет требует особого подхода к утилизации и переработке отходов.

Птичий помет характеризуется более высоким содержанием азота, фосфора и калия по сравнению с навозом.

Он состоит из микроэлементов. В 100 г сухого навоза содержится 1 538 мг Mn; 1 239 мг Zn; 1,01,3 мг Co; 0,5 мг Cu; 367 900 мг Fe.

К сожалению, в России технология утилизации отходов практически не изменилась на протяжении нескольких десятилетий. Подстилка выводится из птичников и хранится в ямах, где она хранится в течение определенного времени для обеспечения процесса компостирования, а затем вывозится на поля и разбрасывается с последующим внесением в почву. Но его удобрения в большинстве случаев теряются, поскольку птичий помет представляет собой среду, способствующую сохранению разнообразных микроорганизмов.

В птичьем помете, полученном на птицефабриках, неблагоприятных для инфекционных заболеваний, зачастую появляются возбудители патогенов. В зависимости от стабильности вида, времени года, климатических, метеорологических и многих других факторов они могут выживать в этой среде от нескольких часов до нескольких лет.

Таким образом, в процессе хранения отходов и использования его в качестве удобрения происходит загрязнение окружающей среды.

Переработка отходов птицефабрик является одним из фундаментальных направлений развития современных биотехнологий. Биodeградация отходов птицефабрик - наиболее безопасный и перспективный подход к их утилизации. Использование термофильных протеолитических микроорганизмов позволяет легко контролировать процесс переработки и проводить его с высокой скоростью [45].

Безопасная и энергоэффективная утилизация отходов птицеводства выступает одной из важнейших задач для компаний пищевой промышленности. Проблема утилизации отходов имеет особое значение, как для животноводства в целом, так и птицеводства в частности. В процессе убоя птицы и ее переработки образуется большое количество белковых отходов.

Куриный помет относится к третьему классу токсичности: в помете развивается патогенная микрофлора, отходы по-прежнему остаются одним из основных факторов распространения инфекционных заболеваний.

На сегодняшний день существует довольно много способов утилизации и переработки отходов, но лишь немногие из них получили более или менее широкое распространение, к ним относятся: компостирование, вермикомпостирование, гранулирование, анаэробное сбраживание, более подробно рассмотрим их во 2 главе.

Выводы по разделу 1:

ООО «Равис – птицефабрика Сосновская, специализируется на переработке продукции животноводства, по объемам производимой и реализуемой сельскохозяйственной продукции является ведущим и основополагающим предприятием региона.

Проблема утилизации отходов имеет особое значение, как для животноводства в целом, так и птицеводства в частности, ведь загрязнение окружающей среды птицеводческими предприятиями чаще всего происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств, а также несоблюдения установленных экологических требований.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		16



## 2 СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА

### 2.1 Компостирование

Компостирование - это экзотермический процесс биологического окисления, при котором органический субстрат подвергается аэробной биодegradации. В процессе компостирования питательные вещества сохраняются до максимума (в основном азот), патогенные микроорганизмы, яйца и личинки гельминтов, а также семена сорняков погибают. Это простой и недорогой способ превращения органических материалов в смесь для улучшения качества почвы. Суть его заключается в том, что по окончании процесса получают качественное органическое удобрение без семян растений сорняков и яиц гельминтов, для внесения в почву.

Конечным продуктом компостирования является гуминовый компост. Этот компост содержит наиболее стабильные, частично увлажненные органические соединения, определенное количество низкомолекулярных продуктов разложения, биомассу погибших и ослабленных микроорганизмов, определенное количество живых представителей микро и микроорганизмов [27].

Применение органических удобрений способствует обогащению почвы различными компонентами минерального и органического питания. Благодаря полезным микроорганизмам, содержащимся в органических удобрениях, вытесняются фитопатогенные виды микроорганизмов, исцеляется почва и накапливаются в ней биологически активные вещества.

За рубежом компост из древесных отходов производится в больших масштабах (более 1 миллиона тонн в США, Канаде, 250-550 тысяч тонн в Федеративной Республике Германии и Японии).

Перед процессом компостирования навоз выливают на большую площадь в длинные сваи шириной до 6 метров и высотой до 3 метров. При разложении в результате жизнедеятельности бактерий образуется тепло, навоз достигает температуры 60 ° С. При этой температуре все семена растений, бактерии, вирусы и паразиты уничтожаются. Чтобы процесс разложения происходил быстрее, куча компоста требует большого количества кислорода. Чтобы сократить время компостирования, куча навоза должна регулярно смешиваться без измельчения с мешалкой, а микробиологический процесс должен контролироваться. Только при оптимальном доступе кислорода микроорганизмы получают пищу, разлагая органические отходы. Процесс компостирования заканчивается, когда компост перестает нагреваться. В результате мы получаем компост без запаха, который может легко восстановить истощенную почву, превратив ее в плодородную.

Основными условиями, обеспечивающими нормальный процесс компостирования, являются:

1) Влажность - максимально допустимая влажность для «волоконистых» влагопоглощающих материалов (солома, опилки) составляет 75-78%. Вода образуется

во время компостирования из-за жизнедеятельности микроорганизмов и теряется из-за испарения. В случае принудительной аэрации потери воды могут быть значительными, кроме того, летом поверхностный слой воротника из компостируемого материала высыхает, поэтому рекомендуется поливать его водным навозом или (если это предусмотрено технологией) для стимуляции навоза [27].

2) Кислотность - процессы микробиологического компостирования протекают в широком диапазоне средних реакций (рН от 5,5 до 7,8). При кислотности, близкой к нейтральной, микроорганизмы развиваются более активно.

3) Соотношение углерода и азота - избыточное содержание в компостной смеси не содержащих азота органических соединений замедляет его разложение, а избыток азота приводит к аммонизации смесей и к потере аммиачного азота. Наиболее благоприятное соотношение C/N для интенсивных микробиологических процессов составляет 25%. При производстве компостов, содержащих большое количество углерода (опилки, кора дерева, лигнин), содержание азота можно компенсировать добавлением 0,5-1% азотных удобрений, что ускоряет процесс компостирования.

4). Плотность смеси. Плотность смеси является показателем наличия в ней воздуха и, следовательно, кислорода. Чем свободнее укладка, тем лучше условия для ее аэрации. При плотности более 0,8 т / м<sup>3</sup> доступ воздуха (кислорода) затруднен и микробиологические процессы ослаблены. Когда высота укладки компоста превышает 2,5 м, нижний слой уплотняется, на котором микробиологические процессы приостанавливаются.

5) Равномерность перемешивания - при наличии «повреждений» от навоза (мусора) и влагопоглощающего материала в ошейнике микробиологические процессы протекают только в зоне контакта компонентов, а основная масса навоза в анаэробном состоянии [27].

6) Температура окружающей среды - наиболее активные микробиологические процессы происходят при положительных температурах окружающей среды. При стабильных минусовых температурах потеря тепла из пакета превышает выделение тепла из-за микробиологических процессов. Процесс компостирования затухает и останавливается, смесь замерзает и сохраняется. Для того, чтобы процесс компостирования продолжался в зимнее время, плечи должны быть покрыты слоем соломы или торфа толщиной 20-30 см, что, как правило, экономически не выгодно. Поэтому наиболее рациональным методом при работе в зимнее время является накопление смеси в одной стопке максимально возможной высоты. С наступлением положительных температур, после оттаивания, смесь зимней подготовки прерывается и свободно ложится в плечи для прохождения биотермического процесса [27].

7) Аэрация - кислород необходим для метаболизма аэробных микроорганизмов, участвующих в компостировании. Кроме того, воздушный поток удаляет углекислый газ и воду, образующиеся в течение жизни микроорганизмов, а также отводит тепло за счет испарительного теплообмена.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		18

Потребность в кислороде изменяется во время процесса: она низка на мезофильной стадии, возрастает до максимума на термофильной стадии и падает до нуля во время охлаждения и созревания. Чтобы обеспечить нормальные условия для поступления воздуха в компостируемую смесь, ее следует свободно укладывать в виде трапециевидных свай высотой от 1,5 до 2 м и шириной у основания от 2,5-3 м до 6 м.

К недостаткам компостирования относятся: запахи, потеря азота и других питательных веществ, медленное выделение доступных питательных веществ, достаточно большая площадь. Также погрузка и разгрузка навозных машин, оборудование для перемешивания, время обработки, тщательный контроль за компостом.

## 2.2 Вермикомпостирование

Вермикультура прошла испытание временем и широко распространена в мировом сельском хозяйстве, прежде всего в европейских странах: Франции, Италии, Германии, Нидерландах, Польше, Венгрии, Великобритании, а также в Японии и Китае, в США и Канаде. В Соединенных Штатах в 1979 году был принят закон, запрещающий вывоз калифорнийских червей и их коконов из страны. Однако к этому времени технология размножения вермикультуры калифорнийских червей уже широко распространилась по всей планете, и принятый в США закон не нанес никакого ущерба ее развитию.

Вермикомпостирование является одним из многообещающих способов утилизации сельскохозяйственных отходов, основанных на использовании дождевых червей, то есть переработке навоза с их помощью. Вермикомпостирование отходов животноводства одновременно решает три важные проблемы современной цивилизации: получение ценных удобрений, утилизация отходов животноводства и защита природной среды в районах крупных животноводческих комплексов [27].

Дождевые черви играют ключевую роль в биотической циркуляции питательных веществ в почве. В биотической циркуляции почвенные микроорганизмы и растения фиксируют химические элементы почвы в своих клетках, а дождевые черви и другие почвенные беспозвоночные удаляют эти элементы из органического вещества растений и микробной биомассы обратно в почву, обогащая ее азотом, фосфором и калием.

При переработке навоза, при его прохождении через тело червя в процессе вермикомпостирования семена сорняков теряют всхожесть, содержание *Escherichia* соли и других видов возбудителей значительно снижается. Кроме того, токсичность тяжелых металлов снижается, структура почвы и ее водно-физические свойства улучшаются. Когда биогумус вводится в почву, в него проникают дождевые черви, микроорганизмы и продукты их метаболизма, которые, в свою очередь, необходимы для его нормального функционирования [27]. При

внесении в почву навоза существует риск передозировки и повреждения будущей культуры, тогда как биогумус можно применять в любом количестве. Для получения высококачественного удобрения с высоким содержанием гумусовых веществ производится компостирование навоза.

Основной операцией вермикомпостирования является подготовка субстрата. Он заключается в доведении органических отходов до влажности 75–78% с последующей ферментацией, обеспечивающей превращение аммиачного азота в нитратные формы.

В Российской Федерации вермикультура получила широкое распространение, она активно развивается в Брянской, Владимирской, Самарской областях, в Республике Татарстан. Основные производители биогумуса в России расположены в европейской части: «Фарт» (Санкт-Петербург); ОАО "Плодопитомник" (Нижний Новгород); ООО «Русский Биогумус» (г. Москва); "Зеленый Пик" (Ковров, Владимирская область); ООО «Вермилюкс», ЗАО «Ягодное» (г. Киров); ООО Лука (Набережные Челны); "Рыльский биогумус" (Рыльск, Курская область); ООО "БиоАгроСервис" (Тольятти, Самарская область) [27].

Основные преимущества вермикомпостирования:

- переработка органических отходов может осуществляться непосредственно по месту их получения;
- нет потери питательных веществ;
- без запахов при утилизации отходов;
- не требуются разрыхляющие компоненты в отходы.

В отличие от компостирования, вермикомпостирование - это естественная, экологически чистая технология, в которой происходит взаимодействие между микроорганизмами и червями. Этот метод дает хороший результат и качественный биогумус. Он состоит в обработке птичьего помета с помощью дождевых червей, но он использует не обычных дождевых червей, а специальных красных калифорнийских червей. Черви измельчают субстрат и служат для него кондиционером. Но прежде чем пустить червей в работу, необходимо, чтобы навоз прошел стадию ферментации, так как свежий навоз содержит много вредных газов. Также не рекомендуется запускать червей в куче, которая пролежала более двух лет после процесса компостирования, так как в ней очень мало питательных веществ. Черви поглощают частицы навоза органическими веществами и выделяют копролиты. В течение дня он ест столько, сколько весит сам. И более половины того, что он производит, - это биогумус. Температура для червей очень важна, так как черви зимуют при 4 °С, и чем выше температура, тем больше питается червь, но не переносит температуру выше 42 °С. Оптимальная температура для червя - от 20 до 25 °С. Черви увеличивают количество органического субстрата, который легче подвергается воздействию микроорганизмов. Следовательно, процесс разложения и действия самих микроорганизмов протекают лучше.

К недостаткам вермикомпостирования относятся: неконтролируемость микробиологическими процессами, необходимость отделения червей от биогумуса, сезонность производства, требуются большие площади, происходят значительные

										Лист
										20
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ					

потери питательных веществ из-за улетучивания, необходим определенный уровень кислотности.

Таким образом, полученное удобрение содержит не только питательные вещества, но и физиологически активные, полезные для растений соединения.

### 2.3 Пеллетирование

Пеллетирование (гранулирование) - это превращение свежего навоза в гранулы или брикеты. Гранулы можно использовать в качестве биотоплива или в качестве органического удобрения. Дезинфицируется из-за высокой температуры прессования. Этот метод считается более правильным методом переработки отходов птицеводства и производства из них концентрированных удобрений.

При гранулировании возникают трудности, например, если содержание влаги велико, то навоз сушится в специальных сушильных аэродинамических машинах, и это является дополнительной стоимостью оборудования.

Существенным недостатком является то, что гранулирование является энергоемким процессом, для его реализации требуется оборудование, стоимость которого достаточно велика, а полезные свойства навоза после гранулирования значительно снижаются [27].

Менее энергоемкий метод переработки отходов птицеводства разработал М.В. Запевалов, сотрудник Южно-Уральского государственного аграрного университета. Он предложил обезвоживать птичий помет, так как влажность отходов на выходе из птичника составляет примерно 75%, такой мусор представляет собой сальную массу, которая прилипает к рабочим органам машин, что приводит к нарушению технологического процесса и невозможности его использования в качестве удобрения.

Технологический процесс переработки состоит из шести этапов.

На первом этапе происходит подготовка исходного сырья для процесса анаэробного сбраживания. Помет загружается в приемную емкость, объем которой равен суточной дозе загрузки биореактора, затем подогревается и выдерживается в течение суток. Подогрев исходного сырья осуществляется до температуры равной температуре сбраживания его в термофильном режиме. На этом этапе гетерогенная группа анаэробных бактерий «первичные анаэробы» подвергают ферментативному гидролизу сложные многоуглеродные вещества. Результатом деятельности этих микроорганизмов является подготовка помета к анаэробному сбраживанию.

На втором этапе подготовленное сырье подвергается «качественному» сбраживанию в анаэробных условиях. В процессе сбраживания выделяется биогаз, содержащий до 80% метана. Биогаз используют для получения электроэнергии или теплоносителя (горячей воды). Сброженный помет обеззаражен от патогенной микрофлоры, лишен резкого запаха, а семена сорных трав, находящиеся в нем, полностью лишены всхожести. Следует отметить, что во время метанового сбраживания помет обеззараживается от болезнетворной микрофлоры, семена сорных растений полностью теряют всхожесть, химические соединения минерализуются,

										Лист
										21
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ					

в результате чего в сброженном птичьем помете практически полностью сохраняются питательные вещества. Химические соединения азота, фосфора и калия переходят в более доступные и усвояемые формы для культурных сельскохозяйственных растений. Содержание питательных веществ в сброженном помете 15% влажности (по АСВ) составляет азота - 8...12%, фосфора - 8...10%, калия - 2...4%, также в нем содержится более 30 различных макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного развития растений.

Также в процессе анаэробного сбраживания в птичьем помете происходит развитие микроорганизмов р. *Bacillus* и *Staphylococcus*, для которых характерна способность продуцировать антибиотические вещества и подавлять рост фитопатогенных грибов и патогенных микроорганизмов. Так культуры *Bacillus pumilus* и *Staphylococcus hominis* подавляют фитопатогенные грибы рода *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp., *Sclerotinia* sp. более чем на 50...80%. Представители р. *Bacillus* развиваясь в ризосфере растений, используют корневые выделения, обеспечивая быструю хелатизацию минеральных солей, снимая «ионную блокаду» корня, возникающую в результате избытков ионов. Кроме того, бактерии р. *Bacillus* способны стимулировать рост и увеличивать урожай растений.

Деятельность бактерий метаногенной ассоциации, осуществляющих анаэробное сбраживание ведет к насыщению сброженного помета гумусовыми и гуминовыми веществами, синтезу витаминов В1, В2, В6, В12 и растительных гормонов - индолилуксусной кислоты, гиббереллина, зеатина и предшественника индолилуксусной кислоты - триптофана. В результате удобрительное действие сброженного птичьего помета выходит на совершенно новый качественный уровень.

На третьем этапе сброженный помёт разделяется на жидкую (влажностью 98...99%) и твердую (органика) фракции в две стадии. На первой стадии происходит выделение из сброженной массы около 70% жидкости, на второй стадии влажность твердой фракции доводят до 50...55%. Для этого были разработаны разделительные устройства, позволяющие достигать поставленной цели с наименьшими затратами энергии.

Четвертый этап - приготовление гранулированных органических удобрений. Для этого нами разработан и исследован способ влажного гранулирования. С этой целью используется шнековый пресс со сборной прессующей матрицей, состоящей из двух частей: прессующей и релаксационной. В результате проведенных исследований установлен оптимальный режим работы шнекового пресса и оптимизированы параметры сборной прессующей матрицы. Использование данного способа гранулирования позволяет получать гранулы из твердой фракции сброженного птичьего помета влажностью 55...60% со следующими физико-механическими характеристиками: прочность - не менее 1,68 МПа (17 кг/см<sup>2</sup>), плотность не менее 1255 кг/м<sup>3</sup>, крошимость не более 1%. Разработанный способ влажного гранулированного сброженного помета позволяет получать гранулы, которые по размеру, плотности, прочности и крошимости полностью удовлетворяют требованиям технических условий на гранулированные удобрения. Использование данного способа гранулирования не требует металлоемкого дорогостоя-

шего оборудования, также позволяет значительно снизить энергетические затраты идущие на процесс гранулирования.

Пятый этап - сушка гранулированных удобрений. В результате процесса гранулирования полученные гранулы нагреваются до температуры 70...80 0С, их влажность составляет 40...45%. Для доведения гранул до товарного вида (влажность 10...15%) нами разработан и исследован процесс низкотемпературной сушки гранул (процесс проходит при температуре 70...80 0С) за счет утилизации теплоты, выделяемой теплогенератором. Теплогенератор служит для поддержания оптимального температурного режима анаэробного сбраживания помета и работает на биогазе. Использование отходящих газов для сушки гранул позволит значительно сократить энергозатраты на сушку гранулированных удобрений.

Шестой этап - получение белково-витаминного концентрата. Жидкая фракция сброженного помета, полученная на этапе разделения помета на фракции богата бактериальным белком (бактерии метаногенной ассоциации). Эти бактерии характеризуются высоким содержанием животного белка (68...74%). На этом этапе переработки из жидкой фракции сброженного помета способом сепарирования выделяются бактерии метаногенной ассоциации.

Для того, чтобы предотвратить протекание нежелательных процессов в подстилке и повысить эффективность приготовления органических удобрений или выработки тепла и электроэнергии, целесообразно обезвоживать их с помощью микроволновой энергии, добавляя 15% торфа в подстилку от общего веса помета. Добавление торфа в подстилку приводит к образованию комков, что дает увеличение площади испарения.

В конце концов, обезвоженный птичий помет подается на приготовление органических удобрений или сжигание с получением электрической, тепловой энергии и золы, которая используется для приготовления органических удобрений.

## 2.4 Анаэробное сбраживание

Способ анаэробного сбраживания переработки птичьего помета заслуживает определенного внимания и широкого применения в сельском хозяйстве.

Анаэробное сбраживание представляет собой многоступенчатый процесс расщепления органических веществ, который происходит в бескислородных условиях, образуя смесь метана и углекислого газа (биогаз). Данная технология в отношении отходов животноводства и птицеводства имеет следующие преимущества: возможность получения высококачественных дезактивированных удобрений, лишенных жизнеспособных семян растений с полной минерализацией азота и фосфора; высокая эффективность (до 90%) преобразования энергии органических веществ в биогаз, теплотворная способность которого составляет 20-25 МДж / м<sup>3</sup> (56-70% СН<sub>4</sub>), что соответствует 0,7-0,8 кг эталонного топлива; способность получать ценные биологически активные соединения, например, витамин В12 [27].

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		23

В результате использования технологии анаэробного сбраживания, помимо санитарной утилизации отходов, остаются содержащиеся в них питательные вещества, которые определяют удобрительную ценность навоза и подстилки, что снижает долю минеральных удобрений, используемых в выращивании сельскохозяйственных культур [27]. Ежегодные отходы животноводства и птицеводства (250 млн. тонн в год) содержат 1,36 млн. тонн азота, что при применении к пахотным землям, соответствует в средней дозе внесения азота 11,5 кг азота / га, тогда как рекомендуемая норма внесения навоза на азот в среднем составляет 200 кг / га.

Другим важным преимуществом анаэробной биоконверсии органического вещества в навозе и подстилке является образование биогаза, который является возобновляемым источником энергии. По сравнению с другими источниками энергии биогаз имеет следующие преимущества:

- возобновляемость;
- снижение парникового эффекта;
- наличие местных источников сырья для производства топлива, что исключает транспортную составляющую;
- внедрение экологически закрытой энергетической системы, которая в настоящее время приобретает особую актуальность.

Другими словами, анаэробное сбраживание - это такая технология для производства высококачественных удобрений и экологически чистого топлива, благодаря бактериям.

Во время анаэробного сбраживания органических веществ горючий газ выделяется в результате анаэробного сбраживания (без доступа воздуха). Биогаз, выделяющийся при расщеплении метана, представляет собой смесь, состоящую из 55-65% метана, 30-45% диоксида углерода и примерно 1% водорода и сероводорода.

Для запуска процесса ферментации достаточно создать необходимые условия для бактерий, уже присутствующих в субстрате, для их жизнедеятельности. Чтобы создать такие условия, необходимо сбраживать органические отходы в специальных камерах брожения, где поддерживается строго анаэробная среда, а также в соответствующих температурных и кислотных (рН) условиях, давлении и других условиях, необходимых для бактерий [27]. Влажность должна занимать особое место в процессе получения необходимого биогаза. Перед загрузкой на завод сырье доводится до оптимальной влажности. Объем выхода биогаза, время обработки и степень его разложения зависят от содержания влаги в субстрате.

Характеристики отходов оказывают существенное влияние как на процесс сбраживания, так и на выход биогаза. Эти характеристики включают в себя:

- содержание и состав органического вещества;
- размер частицы;
- влажность;
- рН;
- наличие токсичных и разлагаемых веществ;



- и так далее.

Метод анаэробного сбраживания имеет несколько преимуществ:

- во-первых, образуется меньшее количество вторичных отходов по сравнению с аэробной утилизацией,

- во-вторых, происходит эффективная переработка влажных (60% и более) отходов, а также уничтожение патогенных организмов, особенно при использовании многоступенчатых реакторов или промежуточной стадии - пастеризации),

- в-третьих, существует возможность использования продуктов ферментации в качестве удобрения, тем самым образуется экологически чистое топливо – биогаз. Одним из главных параметров, отражающих эффективность переваривания субстрата, является количество выделяемого биогаза.

Также, преимуществом этого метода является то, что в течение довольно короткого периода времени количество патогенных организмов по сравнению с исходным субстратом значительно сокращается, и самое главное - его использование становится менее опасным для окружающей среды. В процессе анаэробного сбраживания образуется биогаз, который можно использовать круглогодично для компенсации собственных и энергетических потребностей станции.

Таким образом, использование технологии анаэробного сбраживания позволяет получать не только качественные минерализованные органические удобрения, но и биогаз - источник энергии. Кроме того, при использовании этой технологии управление отходами будет соответствовать экологическим требованиям, это позволит повысить плодородие почв, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, а самое главное - улучшить экологическую обстановку вокруг агрохолдинга.

## 2.5 Способы утилизации отходов на птицефабрике ООО «Равис»

Одной из основных экологических проблем птицефабрики «Равис» является проблема утилизации птичьего помета.

В настоящее время на птицефабрике «Равис» уже разработана безотходная технология производства органических удобрений методом биоферментации с использованием микробиологического препарата (используется метод компостирования).

Эта технология позволяет птицефабрике «Равис» решать задачи по переработке птичьего помета в высококачественное органическое удобрение «Грандем», способное восстанавливать плодородный слой земли за относительно короткий период времени [49].

Торговая марка «Грандем» и технология удобрений запатентованы птицефабрикой «Равис», специалистами компании разработаны и утверждены технические условия ТУ 9899–00121635441–2008 «Удобрение органическое Грандем». Данные технические условия являются действующим нормативным документом предприятия.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		25

Технология производства органических удобрений предусматривает подготовку и использование всех сортов навоза, его фракций и подстилки в качестве органических удобрений для сельскохозяйственных угодий и почв путем производства сложных органических или органоминеральных удобрений [49].

Результатом этой технологии является:

- сокращение времени компостирования;
- уничтожение патогенной микрофлоры;
- восстановление естественного плодородия почв;
- снижение нормы минеральных удобрений;
- повышение урожайности;
- предотвращение загрязнения окружающей среды.

Основным сырьем для производства органических удобрений является птичий (куриный) навоз для удобрений и приготовления компоста, одним из дополнительных компонентов является свиной навоз.

Конечным продуктом технологии является высококачественное органическое удобрение «Грандем», обогащенное агрономически полезными, эффективными микроорганизмами, с повышенным содержанием подвижных форм питательных веществ, которые находятся в легко доступной для растений форме. Благодаря технологии производства удобрений и установленной схеме ветеринарно-санитарных мероприятий, «Грандем» не заражен патогенной микрофлорой, личинками и яйцами гельминтов, семенами сорняков [49]. Это органическое удобрение позволяет улучшить свойства почвы: ее структуру, водный и воздушный режимы, тепловой баланс, физико-химические свойства, повысить поглотительную способность и степень насыщения почвы основаниями, снизить кислотность почвы.

Полезные микроорганизмы, содержащиеся в органических удобрениях, повышают биологическую активность почвы: они превращают почвенные микро- и макроэлементы в легко усваиваемые формы, ускоряют образование гумуса, препятствуют развитию почвенных патогенов и вредителей, восстанавливают плодородие почвы и биоценоз, активируют почву процессы [49].

Внесение органических удобрений в почву, полученное по технологии, разработанной специалистами «Равис», обогащает ее полезной микрофлорой и способствует улучшению и восстановлению плодородия, уменьшая потребность в минеральных удобрениях, нормализуя окружающую среду.

Использование органических удобрений «Грандем» обеспечивает улучшение условий жизни растений и способствует:

- ускорению прорастания семян;
- обеспечению дружных всходов;
- ускорению цветения, плодоношения и созревания плодов;
- повысить урожайность зерновых и овощных культур;
- повысить устойчивость растений к весенним и осенним морозам;
- улучшение качества плодов, повышение содержания в них витаминов;
- увеличить срок хранения фруктов и овощей.

										Лист
										26
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ					

«Грандем» - биостимулятор естественного роста. Результатом применения этого органического удобрения является производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции, выращенной без использования химикатов и минеральных удобрений.

На птицефабрике «Равис» удалось повысить плодородие земель и урожайность выращиваемых на них культур. Например, когда на поля птицефабрики «Равис» вносятся органические удобрения, урожай кукурузы увеличивается в 2,8 раза и составляет 280 центнеров с гектара зеленой массы, тогда как на некоторых участках он достигает 400 центнеров с гектара зеленой массы.

В 2015 году урожайность зерна агрохолдинга «Равис» составляла в среднем 21 центнер с гектара, а на полях, где производилось органическое удобрение на основе куриного и свиного навоза, - 33 центнера с гектара [49]. Для сравнения: средняя урожайность зерна в Челябинской области в 2015 году составила 11,8 ц / га.

Внедрение этой технологии для производства и использования органических удобрений является серьезной инвестицией. Птицефабрика «Равис» вложила в оборудование, согласно технологии, для обеспечения этого процесса около 38 миллионов рублей. (Это методика приготовления органического удобрения «Грандем», его транспортировки и применения на полях в рамках Технологической инструкции).

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что преимуществами технологии производства органических удобрений «Грандем» по методу птицефабрики «Равис» являются:

- 1) Экологичность.
- 2) Конечный продукт технологии в виде высококачественного органического удобрения, обогащенного агрономически полезными, эффективными микроорганизмами, с повышенным содержанием подвижных форм питательных веществ.
- 3) Использование полученного органического удобрения на полях позволяет экономить и рационально использовать сельскохозяйственные угодья, создавать условия для увеличения производства всех видов высококачественной экологически чистой сельскохозяйственной продукции [49].

Существуют также и недостатки, как показала практика, к переработке больших объемов массы помета (750 тонн в сутки) птицефабрика «Равис» оказалась не подготовлена, и, как следствие, птичий помет скапливается в непригодных местах, теряя свои ценные качества как сырье для производства органических удобрений, а во многих случаях и вовсе становится источником загрязнения рельефа почв, лесов, полей, водоемов.

Таким образом, большая часть органического сырья не перерабатывается, накапливается вблизи птицефабрики «Равис», образуя «пометные озера» без признаков жизни флоры и фауны. Большинство птичьего помета на птицефабрике «Равис», как удобрение, теряет свои ценные удобрительные свойства и представляет постоянную угрозу экологическому благополучию населению и соседним хозяйствам.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		27

Но, оснащенная суперсовременными технологиями птицефабрика «Равис» близка к тому, чтобы сделать производство едва ли не абсолютно безотходным, то, что уже сегодня оно отвечает современным экологическим стандартам, - это факт. Здесь одними из первых осознали важность проблем охраны окружающей среды и ищут подходы к экологически безопасному производству.

#### Выводы по разделу 2:

На сегодняшний день существует довольно много способов утилизации и переработки отходов, но лишь немногие из них получили более или менее широкое распространение, к ним относятся: компостирование, вермикомпостирование, гранулирование, анаэробное сбраживание.

Наиболее перспективный способ утилизации отходов - анаэробное сбраживание, его использование позволяет получать не только качественные минерализованные органические удобрения, но и биогаз - источник энергии. Кроме того, при использовании этой технологии управление отходами будет соответствовать экологическим требованиям, это позволит повысить плодородие почв, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, а самое главное - улучшить экологическую обстановку вокруг агрохолдинга.

Одной из основных экологических проблем птицефабрики «Равис» является проблема утилизации птичьего помета, на птицефабрике «Равис» разработана технология производства органических удобрений методом компостирования, но, к переработке больших объемов массы помета птицефабрика «Равис» оказалась не подготовлена - птичий помет скапливается в непригодных местах, теряя свои ценные качества как сырье для производства органических удобрений, а во многих случаях и вовсе становится источником загрязнения окружающей среды.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		28

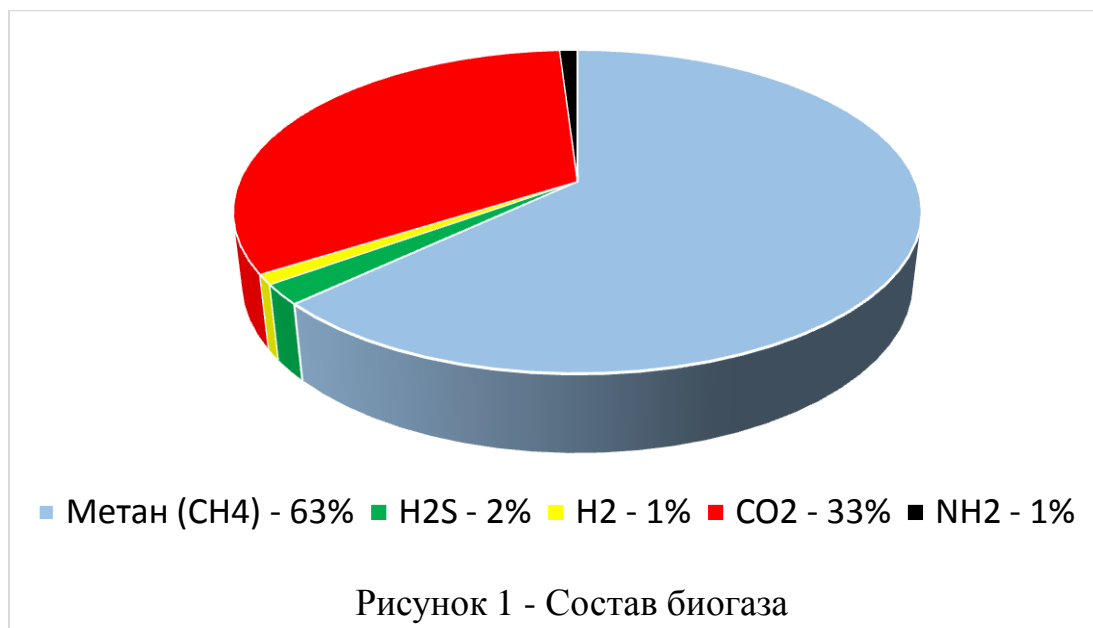
## 3 БИОГАЗ

### 3.1 Биогазовая установка

В настоящее время биогазовые установки хорошо развиты в Европе. Ведущие позиции ряда европейских стран в отношении использования возобновляемых источников энергии связаны, прежде всего, с систематической реализацией целенаправленной стратегии развития различных секторов альтернативной энергетики в этих странах [43]. Первыми, кто представил государственную программу перехода на возобновляемые источники энергии, стали страны Европейского Союза. Мировой рынок биогаза имеет сильную тенденцию к росту. США, Европейский Союз, Индия, Китай, Бразилия являются лидерами в производстве биогаза. Постепенно развивают деятельность в этом направлении соседних стран. С точки зрения использования биогаза в общем энергетическом балансе государства, мировое первенство принадлежит Дании, где около 20% энергопотребления страны обеспечивается за счет биометана. В России огромное количество сырья для производства энергии. Постепенно биогазовые установки начинают набирать популярность в нашей стране.

Биогаз представляет собой смесь газов, среди которых метан и углекислый газ составляют самый большой процент. Помимо этих газов в композиции присутствуют водород, сероводород и другие. Состав биогаза представлен на рисунке 1.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		29



Биогаз производится путем анаэробной (без кислорода) ферментации биомассы. В качестве биомассы могут выступать отходы домашнего скота (навоз) и сельского хозяйства, отходы свалок, отходы бойни, сточные воды и некоторые сельскохозяйственные культуры, такие как сахарная свекла, рапс [43]. В результате ферментации биомасса разлагается под воздействием трех типов бактерий: гидролизных, кислотообразующих и метанообразующих. В состав газа входит 55-65% метана, 30-45% углекислого газа и около 1% водорода и сероводорода.

В качестве источника энергии биогаз получают в специальных установках - резервуарах для метана (иногда используется термин «тэнк» или «метатанк») или в анаэробных колоннах. Они оборудованы на фермах, предприятиях, полигонах или в виде небольших (односемейных) биогазовых установок. Большие заводы также строятся.

Биогаз используется в качестве топлива для производства тепла или пара, электричества или в качестве моторного топлива. Использование биогаза особенно эффективно в масштабах крупных агропромышленных комплексов, где достигается полный экологический цикл. Производство биогаза является экологически чистым и экономически выгодным, особенно при переработке постоянного потока отходов, таких как сточные воды от животноводческих ферм, скотобоен или растительных отходов [43].

Биогазовая установка или резервуар, в котором происходит анаэробное сбраживание, называется биореактором, из которого следует, что в нем происходит реакция, которая приводит к биогазу. Процесс получения газа проходит в несколько этапов. В самом начале процесса сырье загружается в биореактор. После того как сырье подготовлено, гомогенизировано, нагрето и перемешано. С помощью специальных бактерий происходит процесс, называемый анаэробным (бескислородным) пищеварением, продуктом которого является биогаз. И сам биогаз

отправляется на дальнейшее использование, а отходы могут использоваться в качестве биоудобрений, которые содержат необходимые микроэлементы.

Схема биогазовой установки представлена на рисунке 2.

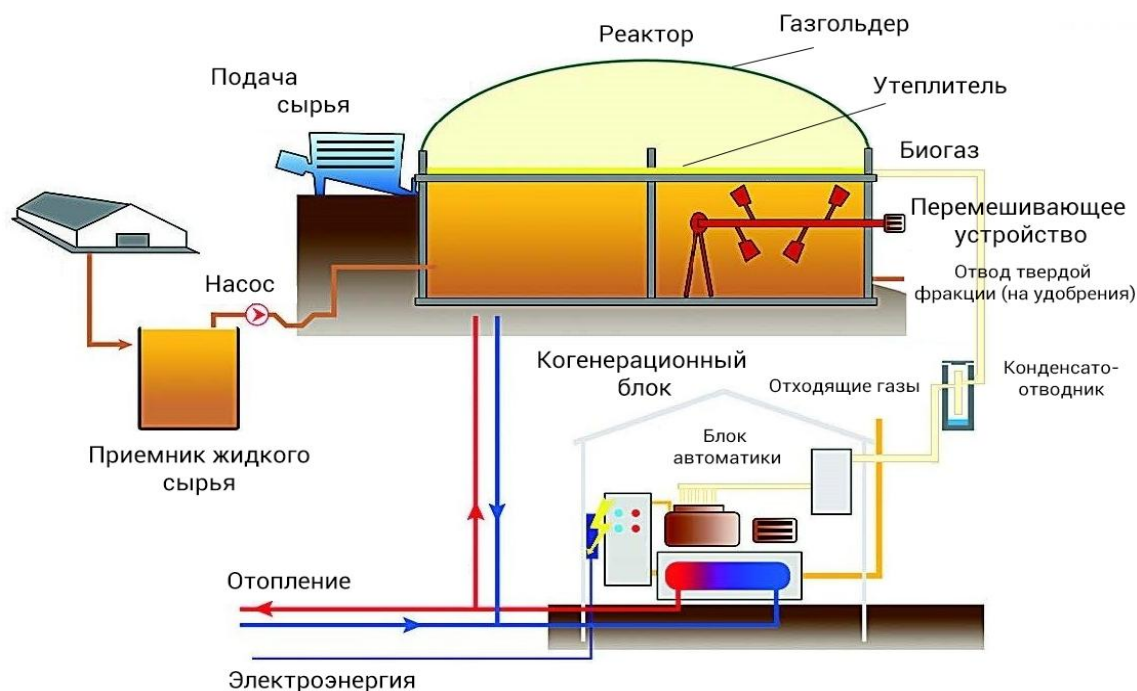


Рисунок 2 - Схема биогазовой установки

Биогазовые установки могут быть использованы в качестве очистных сооружений. Преимущество состоит в том, что, в дополнение к рециркуляции, он обеспечивает энергию, которая может использоваться для обогрева самой установки, подачи бытового газа, выработки электрической и тепловой энергии, и с увеличением доли метана в природном газе он может даже использоваться как топливо для автомашин [43].

Преимущества биогазовой установки заключаются в следующем:

- 1). Экологичность. Установка позволяет уменьшить санитарную зону предприятия в несколько раз. Сократить выбросы углекислого газа в атмосферу.
- 2). Энергетичность. При сжигании биогаза можно получать электричество и тепло.
- 3). Экономия. Строительство биогазовой установки позволит сэкономить на затратах по строительству очистных сооружений и утилизации отходов.
- 4). Установка может служить автономным источником энергии для наших отдаленных регионов. Так как во многих областях возникают перебои с поставкой электричества, дома отапливаются дровами. И монтаж таких биогазовых станций был бы выходом для жителей необеспеченных регионов.
- 5). Биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны.
- 6). Установки могут частично заменить региональные котельные, обеспечить теплом и электричеством поселки и небольшие города в округе.

Основные элементы биогазовой установки представлены на рисунке 2.

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

Лист

31

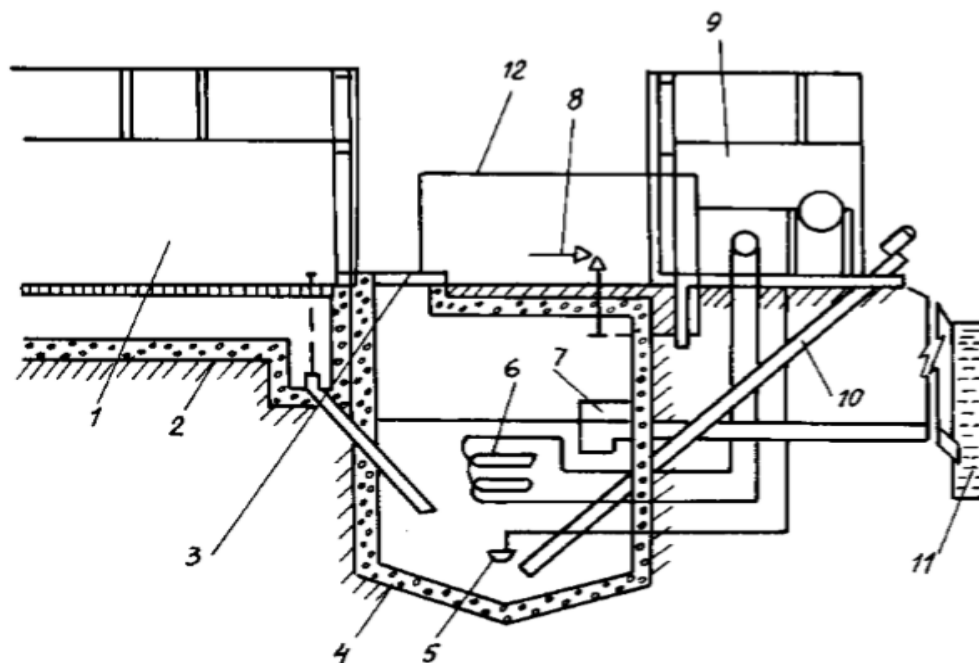


Рисунок 3 – Биогазовая установка: 1 - животноводческое помещение; 2 - канал для навозоудаления; 3 - смотровой люк; 4 - метантенк; 5 - датчик температуры; 6 - теплообменник; 7 - устройство для поддержания уровня; 8 - предохранительный клапан давления; 9 - помещение для технологического оборудования; 10 - транспортер для выгрузки густой фракции - штама; 11 - навозохранилище; 12 – газгольдер.

Рассмотрим каждую из составных частей биогазовой установки:

1) Метантек (биореактор). Корпус биореактора обычно изготавливается из бетона или стали, но возможно использование других строительных материалов.

Его отличительными чертами являются [43]:

- полная герметичность без какого-либо газообмена и утечки жидкости через стенки, чтобы сохранить весь объем произведенного биогаза;
- должна быть надежная теплоизоляция для эффективной работы установки и максимального выхода биогаза;
- устойчивость к коррозии для длительной эксплуатации установки, в то время как внутренняя часть камеры должна быть доступна для обслуживания, требуются простые устройства для загрузки камеры навозом и ее опорожнения (люки для работ по очистке и техобслуживанию и осмотра установки).

Биореакторы часто закапывают в землю, чтобы обеспечить хорошую теплоизоляцию и герметичность. В камерах брожения всегда предусмотрена возможность надежной вентиляции.

2) Нагревательное устройство. Без нагрева биореактор может производить биогаз только в психрофильном режиме, в конечном итоге объем добываемого газа будет меньше, а качество удобрений ухудшится. Чем в мезофильных и термофильных режимах, так как они более высокотемпературные. С помощью шлангов, труб и других теплообменников осуществляется нагрев в биореакторах, через которые пропускается горячая вода, тем самым нагревая подложку. Такие методы

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

Лист

32



желательны для небольших установок. Потому что такие нагревательные элементы просты в обслуживании. Температура воды в теплообменнике не должна превышать 60 ° С, поскольку при более высоких температурах частицы биомассы прилипают к поверхности теплообменника [43]. В зависимости от конструкции установки теплообменники подаются либо на паровой обогрев жилого дома, либо на автономный отопительный котел, работающий на биогазе, либо на когенерационную установку.

На промышленных предприятиях температура подложки также повышается за счет теплообменников. Они расположены внутри (трубы отопления перед стенкой резервуара) или снаружи реактора. Одновременный нагрев и перемешивание вновь загруженного субстрата устраняет твердые отложения на трубках теплообменника и нижней части реактора.

3) Устройство для смешивания. Для эффективной работы биореактора он обеспечивает смеситель для перемешивания сброженной массы и разрушения образующейся плавающей корки, что усложняет процесс выделения газа. Конструкции смесителей разнообразны. Например, ручные мешалки популярны, они подходят для небольших биореакторов.

Гидравлическое перемешивание осуществляется с помощью насоса. Таким образом, вы можете полностью перемешать подложку одновременно с загрузкой и разгрузкой.

Пневматическое перемешивание происходит за счет впрыска выделившегося газа обратно в реактор. Как правило, устройство расположено внизу и в результате закачки газа подложка плавно перемешивается.

4) Газгольдеры. Это резервуар для хранения добытого газа. Расположен либо над биореактором, либо отдельно стоящим, соединенным с камерой ферментации газопроводом.

По своей конструкции газовые цистерны представляют собой контейнеры, в которых хранится газ. Газ закачивается в них через компрессор. Газгольдер обычно оснащен автоматизированной газовой измерительной аппаратурой, аварийного отключения и сброса газа в атмосферу систем и запорной арматурой. Каждый металлический контейнер покрыт внутри и снаружи антикоррозийным защитным слоем.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что: во-первых, биоэнергетика оказывает существенную помощь в решении проблем энергосбережения (способна вырабатывать тепло- и электроэнергию), во-вторых, при применении биогазовой установки в разы уменьшается площадь, необходимая для навозохранилищ и площадок биотермического обеззараживания навоза, в-третьих, биогазовая установка осуществляет утилизацию отходов, тем самым сокращает выбросы в атмосферу и загрязнение окружающей среды.

Таким образом, наиболее перспективной технологией переработки органических отходов (навоз, помет) является технология с использованием биогазовых установок.

### 3.2 Расчет биогазовой установки для ООО «Равис - птицефабрика Сосновская»

Так как на птицефабрике уже предусмотрены площадки для хранения и переработки птичьего помета, рассчитаем биогазовую установку только для 10% птиц от общего стада.

10% от общего количества составляет 250000 голов птиц.

Условия работы установки:

- мезофильное брожение с температурой процесса 32°C;
- продолжительность процесса 50 суток;
- загрузка навоза - непрерывная с ежедневной заменой 1/50 сбрасываемой массы;
- метантенк бетонный, верхняя и нижняя части в виде усеченных конусов;
- толщина стенок метантенка - 0,15 м.
- теплоизоляция – шлакобетон (0,3 м), шлаковая засыпка (0,15 м) и земляной вал (1 м);
- шлак толщина - 0,8 м.

Сбрасываемая масса до температуры процесса нагревается за счет водяных теплообменников. Перемешивание массы механическое за счет электрического привода.

Вопросы автоматизации, конструктивных решений загрузки навоза, выгрузки шлама и исполнения газгольдера не рассматриваются.

Для решения поставленной задачи необходимо найти значения следующих показателей по методике определения параметров биогазовой установки []:

1) Суточный выход экскрементов ( $m_{\text{сутэк}}$ , кг):

$$m_{\text{сутэк}} = N_{\text{ж}} \cdot m_{\text{уд}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{ж}}$  – количество животных;

$m_{\text{уд}}$  – удельный выход экскрементов в сутки.

$$m_{\text{сутэк}} = 250000 \cdot 0,170 = 42500 \text{ кг.}$$

2) Масса сухого вещества ( $m_{\text{СВ}}$ , кг):

$$m_{\text{СВ}} = m_{\text{С}} \cdot \left(1 - \frac{w_{\text{эк}}}{100}\right), \quad (2)$$

где  $w_{\text{эк}}$  – влажность массы экскрементов. Влажность куриного помета составляет 68-75 %. Примем  $w_{\text{эк}} = 70$  %.

$$m_{\text{СВ}} = 42500 \cdot \left(1 - \frac{70}{100}\right) = 12750 \text{ кг.}$$

3) Объем метантенка ( $V_{\text{м}}$ , м<sup>3</sup>)

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		34

$$V_M = \frac{m_{св}}{n_v}, \quad (3)$$

где  $n_v$  – рекомендуемый объем загрузки сухого вещества в сутки, кг/м<sup>3</sup>. Для курнесушек - 1,5 кг/м<sup>3</sup>.

$$V_M = \frac{12750}{1.5} = 8500 \text{ м}^3,$$

4) Объем полной загрузки метантенка ( $V_{полз}$ , м<sup>3</sup>):

$$V_{полз} = \frac{m_{сутэк} \cdot t_{сут}}{\rho_H}, \quad (4)$$

где  $m_{сутэк}$  – суточная загрузка метантенка, кг/сутки;

$t_{сут}$  – продолжительность процесса брожения, сут;

$\rho_H$  – удельная плотность сбразиваемой массы, кг/м<sup>3</sup>;

Удельную плотность навоза можно считать равной удельной плотности воды, так как влажность навоза обычно более 90 %.

$$V_{полз} = \frac{42500 \cdot 50}{1000} = 2125 \text{ м}^3$$

Полученное значение  $V_{полз} / V_M = 0,25$  не соответствует рекомендуемым (0,7...0,9). Для повышения загрузки предлагается выбрать его объем повышая ежесуточную загрузку сухого вещества до 5 кг/м<sup>3</sup>.

$$V_M = \frac{12750}{5} = 2550 \text{ м}^3,$$

Тогда  $V_{полз} / V_M = 0,83$ , что удовлетворяет требованиям загрузки метантенка. Выбираем метантенк компании «Zorg» объемом 3100 м<sup>3</sup>.

5) Доля сухого органического вещества (СОВ) ( $m_{СОВ}$ , кг):

$$m_{СОВ} = m_{св} \cdot \frac{P_{СОВ}}{100}, \quad (5)$$

где  $P_{СОВ}$  – доля СОВ в сухом веществе навоза.

$$m_{СОВ} = 12750 \cdot \frac{76}{100} = 9690 \text{ кг/сутки}$$

6) Выход биогаза при полном разложении СОВ ( $V_{пол}$ , м<sup>3</sup>):

$$V_{пол} = m_{СОВ} \cdot n_{ЭК}, \quad (6)$$

где  $n_{ЭК}$  – выход биогаза из 1 кг СОВ различного исходного материала, м<sup>3</sup> /кг.

$$n_{ЭК} = 310 - 620 \text{ м}^3/\text{кг}$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		35

$$V_{\text{пол}} = 9690 \cdot 0,315 = 3052,35 \text{ м}^3$$

7) Выход биогаза при выбранной продолжительности брожения ( $V_6$ ,  $\text{м}^3$ ):

$$V_6 = V_{\text{пол}} \cdot \frac{n_t}{100}, \quad (7)$$

где  $n_t$  – доля выхода биогаза от исходного материала при данной продолжительности метанового процесса, 72 %

$$V_6 = 3052,35 \cdot \frac{72}{100} = 2197,7 \text{ м}^3$$

8) Количество теплоты, требуемое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки ( $Q_{\text{под}}$ , МДж/сутки):

$$Q_{\text{под}} = m_{\text{сутэк}} \cdot C_c (T_{\text{пр}} - T_{\text{заг}}) \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (8)$$

где  $C_c$  – средняя теплоемкость субстрата МДж/кг·°К;

$T_{\text{пр}}$  – температура процесса брожения, °К;

$T_{\text{заг}}$  – температура загружаемого субстрата, °К;

$\eta$  – КПД процесса.

Температура загружаемой массы зависит от способа загрузки навоза в метантенк: если масса поступает непосредственно из животноводческого помещения, то температура ее будет такой же, как внутри помещения; если массу берут из навозохранилища, то ее температура зависит от наружного воздуха.

Примем  $T_{\text{заг}} = 291$  °К,  $T_{\text{пр}} = 305$  °К, а среднюю теплоемкость навоза  $4,18 \cdot 10^{-3}$  МДж/кг·°К.

Тогда количество теплоты, требуемое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки, составит:

$$Q_{\text{под}} = 42500 \cdot 4,18 \cdot 10^{-3} \cdot (305 - 291) \cdot \frac{1}{0,7} = 4080 \text{ МДж/сутки}$$

9) Тепловые потери через стенки реактора в окружающую среду ( $Q_{\text{под } 1,2}$  Вт):

$$Q_{\text{под } 1,2} = k \cdot F(T_{\text{пр}} - T_0), \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·°К;

$T_0$  – температура окружающего воздуха, °К;

$F$  – площадь поверхности теплообмена метантенка, м<sup>2</sup>

Исходя из условий задачи и условий теплоизоляции, рассчитаем коэффициент теплоотдачи.

10) Коэффициент теплоотдачи ( $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°К):

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		36

$$k = \frac{1}{d \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha}}, \quad (10)$$

где  $\frac{1}{\alpha_1}$  и  $\frac{1}{\alpha_2}$  – термическое сопротивление теплоотдачи от субстрата к внутренней поверхности стенки метантенка и от внешней поверхности теплоизоляции метантенка к окружающей среде соответственно;

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  – суммарное термическое сопротивление теплопроводности материала стенок метантенка ( $\delta_{ст}/\lambda_{ст}$ ) и теплоизоляций ( $\delta_{из}/\lambda_{из}$ ).

$$k = \frac{1}{0,05 + \frac{0,15}{1,33} + \frac{0,3}{0,6} + \frac{1}{2} + \frac{0,15}{0,25} + 0,05} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°К})$$

Для точного расчета площади поверхности метантенка нужно знать все его геометрические размеры.

Для упрощенного расчета будем считать, что площадь наружной поверхности метантенка равна 1176,62 м<sup>2</sup>, высота - 15,42 м, радиус - 8 м.

(Метантенк цилиндрической формы, верхняя и нижняя части выполнены в виде усеченного конуса).

Тогда потери тепла в самый холодный период года ( $Q_{пот1}$ , Вт):

$$Q_{пот1} = 0,55 \cdot 1176,62(305 - 253) = 33651,33 \text{ Вт}$$

А в теплое время года ( $Q_{пот2}$ , Вт):

$$Q_{пот2} = 0,55 \cdot 1176,62(305 - 288) = 11001,39 \text{ Вт}$$

11) Потери тепловой энергии за сутки ( $Q_{пот}$ , МДж):

$$Q_{пот} = Q_{пот1,2} \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

$$\text{Зимой} - Q_{пот} = 33651,33 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 2907,47 \text{ МДж}$$

$$\text{Летом} - Q_{пот} = 11001,39 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 950,52 \text{ МДж}$$

Для приближенных расчетов можно считать, что тепловые потери в среднем за сутки равны среднеарифметическому этих величин.

Таким образом, потери тепловой энергии за сутки составят:

$$Q_{пот} = \frac{2907,47 + 950,52}{2} = 1928,99 \text{ МДж/сутки}$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		37

12) Потенциальные запасы энергии биогаза, вырабатываемого в течение суток (теплотворная способность газа  $22 \text{ МДж/м}^3$ ) ( $Q_{\text{выр}}$ , МДж):

$$Q_{\text{выр}} = V_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}}, \quad (12)$$

где  $C_{\text{б}}$  – теплотворная способность биогаза,  $\text{МДж/м}^3$

$$Q_{\text{выр}} = 2197,7 \cdot 22 = 48349,4 \text{ МДж}$$

13) Затраты на перемешивание ( $Q_{\text{мех}}$ , кВт · ч/сутки):

Потребляемую электроэнергию на механическое перемешивание сбраживаемой массы принимаем исходя из нагрузки на мешалки  $50 \text{ Вт/м}^3$ , при суммарной продолжительности работы в сутки восемь часов:

$$Q_{\text{мех}} = 0,05 \cdot 8 \cdot V_{\text{м}}, \quad (13)$$

$$Q_{\text{мех}} = 0,05 \cdot 8 \cdot 3100 = 1240 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки} \approx 4464 \text{ МДж/сутки}$$

14) Общие затраты энергии в сутки для поддержания процесса ( $Q_{\text{общ}}$ , МДж/сутки):

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{мех}}, \quad (14)$$

$$Q_{\text{общ}} = 4080 + 1928,99 + 4464 = 10472,99 \text{ МДж/сутки}$$

15) Полезная энергия от биогазовой установки ( $\mathcal{E}_{\text{б}}$ , МДж/сутки):

$$\mathcal{E}_{\text{б}} = Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}}, \quad (15)$$

$$\mathcal{E}_{\text{б}} = 48349,4 - 10472,99 = 37876,41 \text{ МДж/сутки}$$

16) Коэффициент товарности биогазовой установки ( $K_{\text{бгу}}$ , %):

$$K_{\text{бгу}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{б}}}{Q_{\text{выр}}} = \frac{Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{выр}}} \cdot 100\%, \quad (16)$$

$$K_{\text{бгу}} = \frac{37876,41}{48349,4} \cdot 100\% = 78\%$$

Расчет биогазовой установки для ООО «Равис - птицефабрика Сосновская» произведен. Таким образом, для 250000 голов птиц понадобится биогазовая установка с полным объемом загрузки метантенка  $2550 \text{ м}^3$ , выбираем метантенк компании «Zorg», который удовлетворяет нашим требованиям.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		38

### 3.3 Выбор и характеристика потребителя вырабатываемого биогаза

Газовая пароводогрейная котельная расположена на территории птицефабрики «Равис», предназначена для отопления, и для ГВС птицефабрики.

Здание котельной отдельно стоящее, площадью 553,5 м<sup>2</sup>.

Основным топливом является природный газ, который соответствует требованиям ГОСТ 5542-87.

Резервное топливо - дизельное топливо.

По надежности электроснабжения котельная относится ко II категории.

График температуры теплоносителя 70 - 95 °С. Для обеспечения тепловых нагрузок 4 котла ДКВР - 10 - 4,5 с паропроизводительностью 10 т / ч каждый с горелками ГМГ - 4 и 3 котла ПТВМ - 30 с теплопроизводительностью 30 МВт. Система отопления закрытая, двухтрубная. Котельная снабжается водой из существующего питьевого водоснабжения. Вода для подпитки тепловой сети подается в химически очищенную после существующей водоочистной станции, работающей по двухступенчатой схеме Na-катионирования с включением для регенерации по потреблению. Котельная работает с постоянным обслуживанием персонала.

Существующие котлы имеют достаточно большую мощность, поэтому необходимо установить когенерационную установку для выработки тепла и электроэнергии.

1) Подводимая мощность топлива ( $P_{\text{под}}$ , кВт):

$$P_{\text{под}} = \frac{Q_{\text{выр}}}{24 \cdot 3,6}, \quad (17)$$

$$P_{\text{под}} = \frac{48349,4}{24 \cdot 3,6} = 559,6 \text{ кВт}$$

Выбор когенерационной установки производим по подводимой мощности топлива. Устанавливаем когенерационную установку Cento L230. Подводимая мощность 580 кВт, тепловая мощность 269 кВт, электрическая мощность 235 кВт.

2) Товарная электрическая мощность ( $P_{\text{тов.эл}}$ , кВт):

$$P_{\text{тов.эл}} = P_{\text{э.кгу}} - \frac{Q_{\text{мех}}}{24}, \quad (18)$$

где  $P_{\text{э.кгу}}$  – электрическая мощность когенерационной установки, кВт

$$P_{\text{тов.эл}} = 235 - 51,7 = 183,3 \text{ кВт}$$

3) Товарная тепловая мощность ( $P_{\text{тов.т}}$ , кВт):

$$P_{\text{тов.т}} = P_{\text{т.кгу}} - \frac{Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}}}{24}, \quad (19)$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		39

где  $P_{т.кгу}$  – тепловая мощность когенерационной установки, кВт

$$P_{тов.т} = 269 - 71,6 = 197,4 \text{ кВт}$$

### 3.4 Когенерационная установка Cento

По сравнению с классическими электростанциями, где тепло, вырабатываемое при производстве электроэнергии, неиспользованное выделяется в окружающее пространство, когенерационные установки используют его для отопления и, таким образом, экономят как топливные, так и финансовые ресурсы, необходимые для его приобретения.

Установки серии Cento спроектированы таким образом, что их отдельные части примыкают друг к другу как части конструктора. Мотор-генератор, комплект теплообменников, электрический распределительный щит и другие необходимые элементы работающей когенерационной установки расположены на раме. Тепловой модуль с масляной системой размещен в нижней части установки. Вверху расположен сам двигатель-генератор с системой впуска воздуха. Передняя часть представляет собой распределительный щит - именно его присутствие непосредственно на раме установки является типичной особенностью концепции TEDOM Cento [41].

Преимущества серии CENTO

- более низкое содержание NOx в выбросах
- усовершенствованная автоматическая регуляция насыщенности смеси

Разные режимы работы ГПУ

- параллельно с сетью, аварийный, автономный, комбинированный

Сборная система и доступность к отдельным узлам установки

- удобство в обслуживании, экономия времени, стандартизация узлов и снижение стоимости установки

Удалённое управление

- подключение к центральной диспетчерской, обслуживание из удалённого компьютера, контроль работы посредством SMS

Низкий уровень шума

- при размещении в шумозащитном кожухе или контейнере

Подробно представлено на рисунке 4.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		40



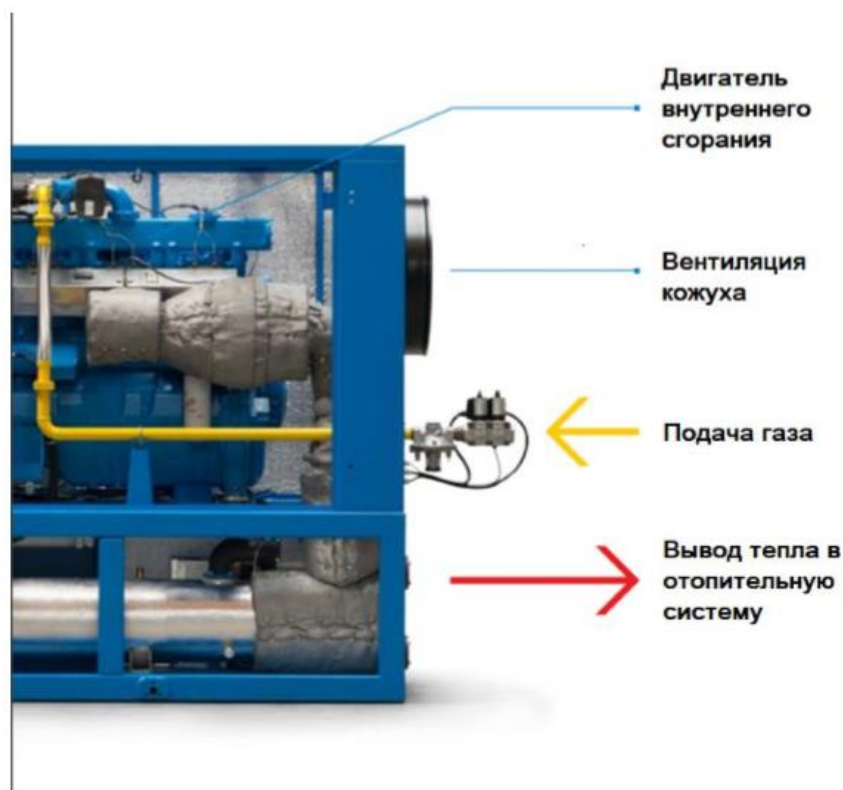


Рисунок 4 – Конструкция когенерационной установки

Когенерация, совместное производство электроэнергии и тепла, отличается высокой степенью полезного использования энергии, содержащейся в топливе, которая может составлять около 95% [41]. Из-за рационального использования тепла, получаемого в результате производства электроэнергии, это тепло не требуется для получения дополнительного источника. Таким образом, топливо и деньги на его покупку экономятся.

Для когенерационных установок Sento чаще всего используются двигатели TEDOM, разработанные и изготовленные на моторном заводе Jablonec nad Nisou. Для установок большей мощности используются швейцарские двигатели Liebherr, а на самых маленьких устанавливаются немецкие двигатели MAN.

Когенерационные установки предназначены для работы на природном газе или биогазе. В случае необходимости установки могут быть подготовлены для совместной работы как на биогазе, так и на природном газе. При необходимости для максимизации эффективности могут быть использованы в когенерационных установках конденсационных теплообменников отработавших газов, так называемые экономайзеры. Примером использования агрегатов Sento является производство электроэнергии из биогаза, в результате ферментации сельскохозяйственных отходов животного и растительного происхождения в последние годы была очень популярна. Когенерационные установки TEDOM эксплуатируются на сотнях биогазовых станций в ряде стран мира.

На рисунке 5 представлена когенерационная установка Sento.

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

Лист

41



Рисунок 5 – Когенерационная установка Cento

Наряду с производством тепла при сжигании биогаза, например, в котлах, когенерация предлагает и возможность производства электрической энергии, которая может быть использована для собственных нужд объекта или может продаваться в общую распределительную сеть [41]. Производство электроэнергии для собственных нужд так приходится значительно дешевле по сравнению с покупкой ее из сети. Поскольку биогаз является сопроводительным продуктом при переработке органических отходов, затраты по эксплуатации установки будут связаны только с отчислениями на оборудование и на сервисное обслуживание. Доходы будут составлять как сэкономленные средства за тепло и электроэнергию, так средства за продажу электричества в сеть.

Таким образом, когенерационные установки представляют собой оборудование для комбинированного производства тепла и электроэнергии. Главным топливом выступает природный газ, но все чаще применяются и альтернативные виды топлива, прежде всего различные виды биогаза. Биогаз можно использовать из биогазовых станций, сооруженных около птицеводческого производства.

Выводы по разделу 3:

Внедрение биогазовой установки на ООО «Равис – птицефабрика Сосновская» позволит:

- при использовании биоудобрений увеличить урожайность сельскохозяйственных культур;

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

- улучшить качество сельскохозяйственной продукции - производство экологически чистых продуктов.
- уменьшить выбросы в окружающую среду;
- также, переработка отходов улучшит санитарные и гигиенические условия жизни населения.

#### 4 ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ШЛАМА

##### 4.1 Методы обеззараживания шлама при получении биогаза

Анаэробная очистка сточных вод от животноводческих предприятий является наиболее перспективной. Но при обработке в мезофильном режиме происходит только частичное обеззараживание навоза и в нем остаются патогенные микроорганизмы. Поэтому существует необходимость в разработке устройства с наименьшими капитальными и энергетическими затратами для дезинфекции сточных

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		43

вод после обработки навоза на биогазовых установках. Во избежание загрязнения окружающей среды и внесения животных отходов в почву в качестве удобрения.

На сегодняшний день очистку и обеззараживание отходов животноводства осуществляют физическими, биологическими и химическими методами.

1. Биологический метод обеззараживания - предусматривает длительное выдерживание, биотермическую обработку, анаэробное сбраживание и аэробное окисление.

Один из самых распространённых биологических методов обеззараживания отходов с животноводческих и птицеводческих хозяйств от яиц гельминтов является их хранение в течение 1 года в навозохранилищах (лагунах) [34]. Однако длительное хранение навоза часто полностью не соблюдается. Часто бывают случаи, когда сточные воды не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» и требуют дополнительной дезинфекции.

Для гидроизоляции лагун используются геомембраны толщиной не менее 1,5 мм. Но хотя геомембрана является довольно долговечным материалом, нет никаких гарантий от механических повреждений, это может быть разрыв в сборе навоза или от механических воздействий во время смешивания, в случае нарушения технологии производства работ. Когда покрытие лагуны повреждено, размер повреждения не так важен, поскольку, когда жидкий навоз попадает под геомембрану, органические вещества разлагаются, выделяются газы, образуется воздушный пузырь и происходит разрушение лагуны.

Также популярен препарат «Бингети», изготовленный из сушеных проростков картофеля. При добавлении этого препарата в количестве одного литра на 100 концентрированных животноводческих стоков при интенсивном перемешивании вызывает обеззараживание [34]. Удельные затраты на очистку сточных вод составляют 14-19 руб / м. В то же время эффективность обеззараживания от яиц гельминтов достигает 97,8%. О.А. Суржко, Л.Ф. Гримайло, Е.П. Хроменкова О.А. Грибова Н.С. Серпокровлов исследовал препараты растительного происхождения. При пересчете на промышленные объемы стоков, запаса первый препарат можно использовать в дозировке 1,0-0,1 г на 1 м<sup>3</sup> с последующим добавлением через 3 дня препарата из проростков тыквы при норме расхода 0,001 г на 1 м<sup>3</sup>. В течение 2 дней после их совместного действия происходит дегельминтизация отходов животноводства.

К недостаткам использования вышеперечисленных препаратов относятся сложность распределения и обеспечение интенсивного перемешивания в большом объеме сточных вод (лагун). Возникает необходимость в оснащении дорогостоящими установками дозирования и эффективного перемешивания.

2. Химический метод обеззараживания основан на окислении ферментов бактериальных клеток. Многие химические реагенты обладают дезинфицирующим эффектом, наиболее распространенными из которых являются аммиак, формалин, хлорсодержащие вещества. Использование химических веществ для обеззаражи-

вания навоза помогает предотвратить возможное распространение возбудителей инфекционных и инвазивных заболеваний животных [34].

Наиболее распространенными из химических методов обеззараживания навозных стоков в настоящее время являются: хлорирование и озонирование.

При химическом окислении эффективность обеззараживания зависит от природы окислителя, его концентрации, продолжительности контакта и качества обеззараженных сточных вод. Исследования процессов химической дезинфекции посвящены работам В.Л. Драгинский В.Г. Самойлович, Л.П. Алексеева, Н.Ф. Петренко, А.В. Мокиенко.

Процесс химического обеззараживания сточных вод, содержащих крупные дисперсные частицы, значительно усложняется из-за необходимости длительного контакта и не обеспечивает необходимой эффективности их дезинфекции. Это обстоятельство затрудняет применение химического метода в качестве основного средства обеззараживания сточных вод, зараженных патогенными микроорганизмами. Также использование этого метода связано с повышением риска загрязнения воды химическими веществами, которые имеют канцерогенные и мутагенные побочные продукты обеззараживания воды сильными окислителями.

Самое простое технологическое решение - обеззараживание сточных вод с помощью хлора. Но в результате хлорирования возможно несколько десятков высокотоксичных веществ, в том числе канцерогенных, мутагенных, со значениями ПДК на уровне сотых и тысячных мг / л [34]. Появление таких веществ после хлорирования ужесточает условия сброса в водоем. Так как он содержит большие концентрации хлора.

Использование озона на крупных очистных сооружениях может быть полезным, поскольку образуется гораздо меньше новых вредных веществ, в основном альдегидов и кетонов, которые не являются высокотоксичными. Озон как сильный окислитель обеспечивает дезинфекцию. Сложность получения озона, связанная с расходом большого количества высокочастотного электричества и высокого напряжения, не способствует широкому распространению этого метода очистки воды. Помимо того, что озono-воздушная смесь, которая содержит более 10% озона, является взрывоопасной, сам озон является токсичным. Озон также обладает повышенной коррозионной активностью, что сокращает срок службы установок и трубопроводов.

3. Физический метод обеззараживания отходов животного происхождения - к ним относятся ультрафиолетовое излучение, ультразвук, ионизирующее излучение, электрогидравлический метод и обработка в электромагнитном поле постоянного и переменного тока разных частот.

Горящие отходы является наиболее надежной мерой борьбы с инфекцией, так как возбудитель инфекции уничтожается вместе с ней. Однако ряд недостатков уменьшает возможность использования этого метода.

К физическим методам относятся: ультрафиолетовое облучение (УФ) и их сочетание. Кроме того, такие технологии, как гамма-излучение, электроимпульсный разряд, виброакустический, термический, кавитационный и другие методы, раз-

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		45

рабатываются и существуют. Обеззараживание воды также происходит с помощью ультрафиолетового излучения. Эта методика не требует использования дезинфицирующих растворов и реагентов.

Метод основан на воздействии ультрафиолетовых лучей бактерицидной области (с длиной волны 200-300 нм) на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы микробных клеток. Эффективность этого метода зависит от количества подаваемой бактерицидной энергии, наличия суспензии, количества микроорганизмов и их морфофизиологических характеристик, а также от способности воды поглощать излучение [34]. Но его нельзя использовать для дезинфекции воды с повышенной мутностью и цветом. Поэтому этот метод не подходит для сточных вод. В то же время вода, очищаемая в таких установках, не меняет своих физико-химических свойств, а затраты на облучение не превышают затрат на хлорирование.

Также для обеззараживания стока навоза рекомендуется использовать переменный электрический ток при напряжении на электродах 450 - 500 В. Это позволяет довести температуру до 95 ° С. При плотности тока 0,27 А / см, нагрев обрабатываемой массы 329 кал, время выдержки 108 сек., рН рабочей среды 6,4, обеспечивается полное разогревание жидкости.

Особый интерес в настоящее время представляет кавитационный метод воздействия на навозные стоки. Этот метод может найти широкое применение благодаря различным методам возбуждения эффектов кавитации, а также простоте используемой конструкции.

До настоящего времени из литературных источников промышленного использования метод кавитации для обеззараживания свиней и отходов птицеводства не обнаружен. Но авторы О.Г. Дубовской, А.С. Криволицкий доказано наличие дезинфицирующего эффекта на примере кишечной палочки и золотистого стафилококка в питьевой воде.

Из всего вышесказанного, можно заключить, что: биологические методы обеззараживания предусматривают длительное выдерживание, биотермическую обработку, анаэробное сбраживание, а также аэробное окисление; химические методы основаны на обеззараживании жидкого навоза, но, прежде всего, его разделяют на твердую и жидкую фракцию; физические методы используют при обеззараживании стоков животноводческих ферм и сточных вод.

#### 4.2 Обеззараживание в кавитационном поле

Метод кавитационного обеззараживания эффективно используют при очистке сточных вод на предприятиях, городских очистных сооружениях, санации воды бассейнов, регенерации охлаждающих жидкостей и других жидкостей, с которыми человек контактирует или осуществляется сливание их в окружающую среду.

В случае кавитации разрушаются коллоиды и частицы суспензий, на поверхности и внутри которых могут быть обнаружены бактерии и вирусы, что лишает их защиты от химических и физических факторов [30]. При поступлении сырья

через гидродинамический теплогенератор-деструктор (трубку Вентури), который сначала сужает поток, а затем более плавно расширяется, возникает кавитация.

То есть при сужении давление падает, а скорость увеличивается. Абсолютное давление близко к значению, равному давлению насыщенного пара или давлению, при котором начинается выделение растворенных газов из него, затем в этот момент в потоке начинается интенсивное испарение (кипение) и выделение газов [30]. В расширяющейся части, наоборот, давление возрастает, скорость падает, и выброс паров прекращается. Таким нарушением непрерывности потока является кавитация. По мере движения жидкости пузырьки лопаются, давление и температура растут точечно, что приводит к гибели микроорганизмов.

При кавитационной обработке в воде возникают короткоживущие парогазовые "каверны". Скорость их "схлопывания" очень высока, в микроокрестности этих точек возникают экстремальные параметры - огромные температура и давление. Вода, обработанная вышеупомянутым способом, обладает рядом положительных свойств, относящихся к разделу медицины и физиологии. Под влиянием происходящих в установке процессов структурная сетка водородных связей разрушается, молекулы воды обретают дополнительные степени свободы, что облегчает усвоение такой воды клетками живых организмов и ускоряет удаление биологических шлаков.

Если трубку Вентури включить в схему биогазовой установки перед биореактором, в ее полости создается эффект кавитации, который придает исходному сырью однородную консистенцию [30]. Благодаря кавитации в биологическом сырье нарушаются сложные связи органических волокон на молекулярном уровне.

В результате этого процесса дисперсность сырья увеличивается во много раз, а его частицы уменьшаются в размерах. Таким образом, для бактерий, вовлеченных в процесс образования биогаза, создаются более благоприятные условия для разложения биогенных материалов за счет разрушения неоднородности их структуры и, соответственно, увеличения площади охвата биологического сырья.

На рисунке 6 представлена установка для выработки биогаза с трубкой Вентури.

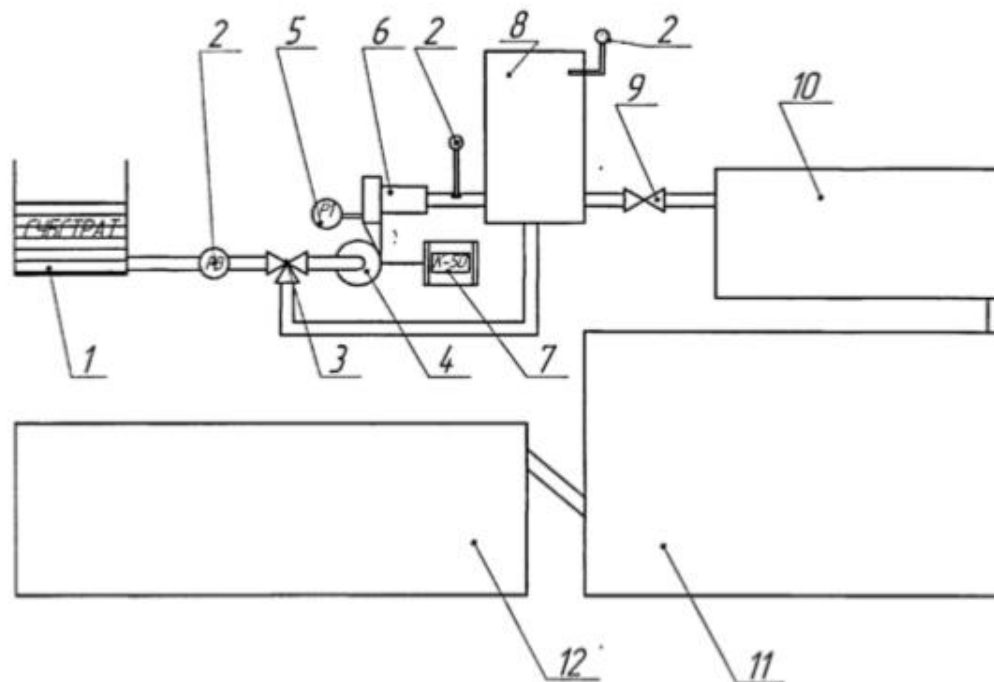


Рисунок 6 – Схема биогазовой установки с трубкой Вентури: 1 - загрузочный бункер; 2 - расходомер; 3 - трехходовой кран; 4 - центробежный насос; 5 - манометр; 6 - гидродинамический теплогенератор-деструктор (трубка Вентури); 7 - комплект измерительный; 8 - резервуар; 9 - вентиль; 10 - биореактор; 11 - метантенк; 12 - емкость для выгрузки.

Отличительной особенностью данной биогазовой установки, является наличие специальной емкости для подготовки сырья, откуда оно подается при помощи компрессора в бункер загрузки, а затем с помощью сжатого биогаза - в реактор установки. Для работы системы обогрева используется часть вырабатываемого биогаза. Наличие системы обогрева позволяет эксплуатировать биогазовую установку во всех режимах сбраживания.

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ



## 5 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Исходя из формулы (13), потребляемая электроэнергия на механическое перемешивание сбрасываемой массы за 8 часов работы в сутки составляет 51,7 кВт. Соответственно за 1 час работы 6,46 кВт.

Выбираем двигатель ближайший по мощности. Взрывозащищенный электродвигатель АИМУ 160S8. Его технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики электродвигателя АИМУ 160S8

Тип	Мощность, кВт	Частота вращ., об/мин	Ип/Ин	кпд, %	cos φ	Скольжение, %	Момент инерции ротора, Н·м <sup>2</sup>	Вес, кг
160S8	7,5	750	6	85,5	0,73	4,5	1,19370	173

Электродвигатели АИМУ имеют маркировку взрывозащиты 1 Ex d IIВ Т4 и предназначены для эксплуатации во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, относящихся к категориям ПА, ПВ, и группам самовоспламенения Т1, Т2, Т3 и Т4.

Цена данного электродвигателя - 54390,00 рублей.

1) Выбор сечения кабеля для электродвигателя АИМУ 160S8 (F, мм<sup>2</sup>):

$$F = \frac{P \cdot L \cdot 100}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{а,доп}} \cdot U_{\text{н}}^2},$$

(20)

где P - активная мощность на участке линии, Вт;

L - длина расчетного участка ВЛ, км;

$\gamma$  - удельная проводимость, для алюминиевого кабеля  $\gamma = 32 \cdot 10^{-3}$  км/Ом·мм<sup>2</sup>

$\Delta U_{\text{а,доп}}$  - активная составляющая допустимой потери напряжения;

$U_{\text{н}}$  - номинальное напряжение, В (номинальное напряжение составляет 380 В).

2) Допустимые потери напряжения в активных составляющих ( $\Delta U_{\text{а,доп}}$ , %):

$$\Delta U_{\text{а,доп}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{р}}, \quad (21)$$

где  $\Delta U_{\text{доп}}$  - допустимая потеря напряжения. Для внутренних сетей  $\Delta U_{\text{доп}} = 8\%$

$\Delta U_{\text{р}}$  - допустимые потери напряжения в реактивных составляющих.

3) Допустимые потери напряжения в реактивных составляющих ( $\Delta U_{\text{р}}$ , %):

$$\Delta U_{\text{р}} = \frac{X_0 \cdot L \cdot Q}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\%, \quad (22)$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		49

где  $X_0$  - удельное активное сопротивление кабеля, принимаем равным 0,08 Ом/км;

$Q$  - реактивная мощность на участке линии, кВАр.

4) Реактивная мощность, кВАр

Реактивную мощность можно определить из формулы полной мощности:

$$S = \sqrt{Q^2 + P^2}, \quad (23)$$

Реактивная мощность, кВАр:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (24)$$

1) Полная мощность ( $S$ , кВА):

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}, \quad (25)$$

$$S = \frac{7,5}{0,73} = 10,27$$

Тогда,  $Q = \sqrt{10,27^2 - 7,5^2} = 7,01$  кВАр;

$$\Delta U_p = \frac{0,08 \cdot 0,02 \cdot 7010}{380^2} \cdot 100\% = 0,0077\%;$$

$$\Delta U_{a, \text{доп}} = 8 - 0,0077 = 7,9923\%;$$

$$F = \frac{7500 \cdot 0,02 \cdot 100}{32 \cdot 10^{-3} \cdot 7,9923 \cdot 380^2} = 0,4 \text{ мм}^2$$

Из условия механической прочности выбираем кабель ВВГнг 4х1,5 [43]. Допустимая токовая нагрузка для кабеля ВВГнг 4х1,5 равна 19 А.

Теперь необходимо проверить провод по нагреву.

2) Ток рабочий максимальный ( $I_{p, \text{max}}$ , А):

$$I_{p, \text{max}} = \frac{S}{\sqrt{3} U_n}, \quad (26)$$

$$I_{p, \text{max}} = \frac{10270}{\sqrt{3} \cdot 380} = 15,6$$

$$I_{p, \text{max}} \leq I_{\text{доп}}$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		50

$$15,6 \leq 19$$

Условие выполняется, таким образом, выбираем кабель ВВГнг 4х1,5. Далее, выбираем пускозащитную аппаратуру.

Автоматический выключатель выбирается по номинальному току выключателя и расцепителя.

3) Ток расцепителя ( $I_{расцеп}$ , А):

Так как автомат устанавливается в шкафу, то  $K_T = 0,85$

$$I_{расцеп} = \frac{I_H}{K_T}, \quad (27)$$

где  $K_T$  - тепловой коэффициент, который учитывает условия установки автоматического выключателя.

$I_H$  - номинальный ток, А.

8) Номинальный ток ( $I_H$ , А):

$$I_H = \frac{P}{\sqrt{3} U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (28)$$
$$I_H = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,855 \cdot 0,73} = 18,2$$

Тогда,  $I_{расцеп} = \frac{18,2}{0,85} = 21,41$

По току расцепителя выбираем автомат: ВА 51-25;  $I_H = 25$  А,  $I_{расцеп} = 25$  А.

Проверка:

$$I_{мгн.ср} \geq K \cdot I_{кр},$$

где  $I_{мгн.ср}$  - ток мгновенного срабатывания, А

$K$  - коэффициент, который учитывает неточность определения  $I_{кр}$ ,  $K = 1,4$ ;

$I_{кр}$  - максимальный кратковременный ток, А.

9) Ток мгновенного срабатывания ( $I_{мгн.ср}$ , А):

$$I_{мгн.ср} = 7 \cdot I_{расцеп}, \quad (29)$$

$$I_{мгн.ср} = 7 \cdot 25 = 175$$

10) Максимальный кратковременный ток ( $I_{кр}$ , А):

$$I_{кр} = K_i \cdot I_H, \quad (30)$$

где  $K_i$  - кратность пускового момента ( $K_i = 6$ )

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		51

$$I_{кр} = 6 \cdot 18,2 = 109$$

$$175 \geq 1,4 \cdot 109$$

$$175 \geq 152$$

Неравенство выполняется, следовательно, автомат выбран верно.

Исходя из характеристик двигателя, выбираем преобразователь частоты ES025-04-0170F/U 380В, рассчитанный для электродвигателей мощностью 7,5 кВт [45].

Тепловое реле выбирается по току, так как  $I_n = 18,2$  А, то допустимый максимальный ток теплового реле 22,75 А (125% от  $I_n$ ).

Согласно каталогу нам подходит РТЛ-1022-2 с регулируемым диапазоном 17-25 А [46].

Выбор магнитного пускателя осуществляется по пусковому току двигателя.  $I_n = 18,2$  А;  $I_{п} = 18,2 \cdot 6 = 109$  А.

Выберем пускатель ПМЛ-2100 с номинальным током 25 А [47]. Данный прибор обеспечивает запуск при шестикратном превышении его номинального тока. Поэтому  $I_{маx.к} = 6 \cdot I_n$ .

Проверяем, подходит ли пусковое устройство с  $I_n = 25$  А, где максимальный ток контактора должен быть больше пускового тока электродвигателя  $I_{маx.к} > I_{п}$ .

Условие выбора соблюдается, магнитный пускатель выбран верно.

Таким образом, биогазовая установка обеспечит переработку органических отходов в биогаз с преобразованием его в тепловую и электрическую энергии.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		52

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Основные затраты на оборудование биогазовой установки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Затраты на оборудование биогазовой установки

Наименование оборудования	Цена (руб.)
Реактор	35000000
Газгольдер	200000,00
Влагоотделитель	1500,00
Осушитель шлама	10000,00
Когенерационная установка Cento L230	6300000,00
Электродвигатель АИМУ 160S8	54390,00
Система подогрева	1830000,00
Капитальные затраты	41752390,00

Произведем расчет затрат на эксплуатацию (в год).

1) Эксплуатационные затраты,  $\mathcal{E}_3$ , руб:

$$\mathcal{E}_3 = M + A + OT + П, \quad (31)$$

где М - материальные затраты, руб.

А - амортизация, руб. ОТ – оплата труда, руб.

П - прочие затраты, руб.

2) Материальные затраты (М, руб.).

Материальные затраты включают в себя:

- затраты на сырье;

- затраты на ремонт;

- обслуживание установки. Обслуживание установки рассчитывается как 80% от амортизации.

Затрат на сырье в нашем случае нет, т.к. используются производственные отходы. Затраты на электро- и теплоэнергию обеспечиваются биогазовой установкой.

3) Амортизация (А, руб.):

$$A = \frac{C}{T}, \quad (32)$$

где С - цена приобретения, руб.

T - ожидаемый срок эксплуатации установки, лет.

Амортизация для биореактора:

$$A_6 = \frac{35000000 + 1830000}{25} = 2132000 \text{ руб.}$$

Амортизация для когенерационной установки:

$$A_k = \frac{6300000}{5} = 1260000 \text{ руб.}$$

Тогда,  $A = 2132000 + 1260000 = 3392000$  руб.

$$M = 80\% \cdot 3392000 = 2713600 \text{ руб.}$$

4) Оплата труда (OT, руб.):

$$OT = 12 \cdot ЗП + 30,2\% \cdot (12 \cdot ЗП), \quad (33)$$

где ЗП – заработная плата рабочих (2 человека по 25000 рублей).

$$OT = 12 \cdot 50000 + 30,2\% \cdot (12 \cdot 50000) = 781200 \text{ руб.}$$

5) Прочие затраты, (П, руб.) - это 5% от суммы всех затрат.

$$П = 5\% \cdot (2713600 + 3392000 + 781200) = 5\% \cdot 6886800 = 344340 \text{ руб.}$$

Тогда,  $\mathcal{E}_3 = 2713600 + 3392000 + 781200 + 344340 = 7231140$  руб.

Эксплуатационные затраты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Эксплуатационные затраты

Состав затрат	Стоимость затрат, руб.
Материальные затраты	2713600
Амортизация	3392000
Оплата труда	781200
Прочие затраты	344340
Итого:	7231140

Биогазовая установка для птицефабрики Равис – это многопродуктовое устройство: продукты на выходе – это электроэнергия, тепловая энергия и удобрения. Поэтому эффект от биогазовой установки будет трехкомпонентным. Суточный выход биогаза 3052,35 м<sup>3</sup>, а P<sub>тов.эл</sub> = 183,4 кВт, P<sub>тов.т</sub> = 197,4 кВт

б) Эффект от мероприятия (Э, руб):

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3, \quad (34)$$

где  $\mathcal{E}_1$  - годовая прибыль от реализации удобрений, руб.

$\mathcal{E}_2$  - годовая прибыль от использования электроэнергии, руб.

$\mathcal{E}_3$  - годовая прибыль от использования тепловой энергии, руб.

7) Годовая прибыль от реализации удобрений,  $\mathcal{E}_1$ , руб.

Суточный выход жидких удобрений 285 кг. Для реализации удобрений нужно понизить влажность биогумуса до 60 %. Остается 171 кг удобрений, которые можно продавать.

В среднем 1 кг биоудобрений стоит 72 рубля, соответственно в сутки от продаж получаем 12312 рублей или 4493880 в год. Затраты на производство одного вида продукции скалькулируем в равных долях.

$$\mathcal{E}_1 = B - 33\% \cdot \mathcal{E}_3, \quad (35)$$

где  $B$  – выручка от реализации удобрений, руб.

$$\mathcal{E}_1 = 4493880 - 2386276,2 = 2107603,8$$

8) Годовая прибыль от использования электроэнергии,  $\mathcal{E}_2$ , руб.

$$\mathcal{E}_2 = P_{\text{тов.эл}} \cdot 24 \cdot 365 \cdot T_э - 33\% \cdot \mathcal{E}_3, \quad (36)$$

где  $T_э$  – тариф на электричество, руб./кВт·ч

$$\mathcal{E}_2 = 183,4 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 4,1 - 2386276,2 = 4200718,2$$

Тогда себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $C_э$ , руб:

$$C_э = \frac{2386276,2}{1606584} = 1,48$$

9) Годовая прибыль от использования тепловой энергии,  $\mathcal{E}_3$ , руб. Отопительный сезон длится 8 месяцев, исходя из этого условия, получим:

$$\mathcal{E}_3 = P_{\text{т.к}} \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30 \cdot T_т - 33\% \cdot \mathcal{E}_3, \quad (37)$$

где  $T_т$  – тариф на тепловую энергию, Гкал

$P_{\text{т.к}}$  – тепловая мощность когенерационной установки, кВт

$$P_{\text{т.к}} = 197,4 \text{ кВт} = 0,2313 \text{ Гкал/ч}$$

$$\mathcal{E}_3 = 0,2313 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 2279,92 - 2386276,2 = 615233,86$$

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		55

Тогда себестоимость 1 Гкал тепловой энергии ( $C_T$ , руб):

$$C_T = \frac{2386276,2}{0,2313 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 30} = 1791,1$$

Получим:

$$\mathcal{E} = 2107603,8 + 4200718,2 + 615233,86 = 6923555,06 \text{ руб.}$$

10) Чистая прибыль,  $\mathcal{E}_q$ , руб.

Каждое с/х предприятие обязано платить единый сельскохозяйственный налог в размере 6% от прибыли.

$$\mathcal{E}_q = \mathcal{E} \cdot 94\%, \quad (38)$$

$$\mathcal{E}_q = 6923555,06 \cdot 94\% = 6508141,76$$

11) Срок окупаемости,  $T_o$ , лет.

$$T_o = \frac{K}{\mathcal{E}_q}, \quad (39)$$

где  $K$  – капитальные затраты, руб.

$$T_o = \frac{41752390}{6508141,76} = 7,4$$

Так как срок окупаемости получился больше одного года, то необходимо рассчитать дисконтированный срок окупаемости, учитывающий ежегодную инфляцию, которая уменьшает часть экономии.

12) Коэффициент дисконтирования ( $\alpha_m$ ):

$$\alpha_m = \frac{1}{(1+E)^{tm}}, \quad (40)$$

где  $E$  – ставка дисконтирования, примем равной ставке рефинансирования ЦБ. Ставка рефинансирования на с 26 марта по 29 июля 2018 года составляет 7,75% годовых [48].

$tm$  – срок окупаемости установки (берем срок на 10 лет).

13) Чистый дисконтированный доход (ЧДД, руб):

$$\text{ЧДД} = \sum \mathcal{E}_m \cdot \alpha_m, \quad (41)$$

где  $\mathcal{E}_m$  – уровень экономии в проекте (примем одинаковый на все 10 лет).

Расчеты дисконтирования сведем в таблицу 4.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		56



Таблица 4 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Коэффициент дисконтирования	Дисконтированный доход, руб/год	Суммарная экономия нарастающим итогом, руб
0	0,928	6508141,76	6508141,8
1	0,865	6039555,55	12547697
2	0,805	5629542,62	18177240
3	0,749	5239054,12	23416294
4	0,697	4874598,18	28290892
5	0,648	4536174,81	32827067
6	0,603	4217275,86	37044343
7	0,561	3924409,48	40968752
8	0,522	3651067,53	<b>44619820</b>
9	0,485	3397250	48017070

Сумма общих затрат на биогазовую установку составляет 41 752 390 рублей. Из таблицы видно, что данная сумма будет достигнута через семь с половиной лет. Дальнейшее использование установки будет приносить прибыль.

Итоги экономических расчетов подведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Итоги экономических расчетов.

Наименование показателей	Значение
Капитальные затраты на установку БГУ, руб.	41752390
Эксплуатационные затраты, руб.	7231140
Себестоимость 1 кВтч электроэнергии, руб.	1,48
Себестоимость 1 Гкал тепловой энергии, руб.	1791,1
Эффект от мероприятия, руб.	6923555
Срок окупаемости, лет	7,4
Дисконтированный срок окупаемости, лет	7,5

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Эксплуатация биогазовых установок должна быть организована таким образом, чтобы сырье для них - отходы животных и растениеводства, сточные воды и промышленные водные отложения - не загрязняли водные ресурсы.

При организации работы биогазовых установок следует исключить хранение отходов на открытом воздухе, что позволит снизить выбросы метана (парниковых газов) и загрязнение воздуха азотистыми соединениями с неприятным запахом [10].

Установки для производства биогаза в некоторых случаях могут быть источником опасности:

1). При вдыхании концентрированного биогаза и удержании его в организме в течение определенного времени может привести к смерти из-за отравления или удушья. Биогаз, не очищенный от серы, обладает сильным токсическим действием.

2). Биогаз, очищенный от серы, также может привести к смерти через удушье из-за недостатка кислорода. Биогаз легче воздуха (особая плотность = 1,2 кг / м<sup>3</sup>), но склонен к расслаиванию. В этом случае тяжелый углекислый газ собирается (особая плотность = 1,85 кг / м<sup>3</sup>) в нижней части, а более легкий метан (особая плотность = 0,72 кг / м<sup>3</sup>) поднимается вверх.

3). Биогаз, смешанный с воздухом, когда его концентрация составляет от 6 до 12%, а источник тепла составляет более 700 ° С, является взрывоопасным, и опасность взрыва возникает, когда концентрация биогаза в воздухе составляет более 12% (без источника возгорания).

4). Опасность при эксплуатации биогазовых установок может исходить от электрических приборов, вращающихся частей установки, трубопроводов и сосудов под давлением.

Как отмечено выше, биогаз содержит сероводород (H<sub>2</sub>S), углекислый газ (CO<sub>2</sub>) и метан. Метан, входящий в состав биогаза, практически не ядовит. Он легче воздуха и довольно легко воспламеняется. Смешивание с воздухом или кислородом (5-15% метана) образует взрывоопасную смесь. В случае утечки при наличии вентиляции газ легко испаряется без последствий.

Сероводород представляет опасность для здоровья человека, но его можно найти в небольших количествах и довольно легко обнаружить по его неприятному запаху. Поскольку сероводород тяжелее воздуха, необходимо следить за тем, чтобы сероводород не мог накапливаться в углублениях во время утечки.

При высокой концентрации сероводорода притупляется восприятие запаха, что во многих отношениях затрудняет его обнаружение и, как следствие, может привести к смертельному отравлению. Но еще раз можно отметить, что доля сероводорода в биогазе очень мала и составляет не более 1%. Углекислый газ

									Лист
									58
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ				

(CO<sub>2</sub>), который является частью биогаза, также может накапливаться в углублениях, поскольку он тяжелее воздуха и, если в установке нет плотности, и в результате утечки он вызывает опасность удушья.

Роспотребнадзор регламентирует, к какому классу относятся определенные виды отходов от выращивания животных и производства продуктов животноводства и птицеводства. Все отходы производства и потребления подразделяются на 4 класса опасности: 1 - чрезвычайно опасный, 2 - высоко опасный, 3 - умеренно опасный и 4 - малоопасный.

Органы Федеральной налоговой службы, проводящие плановые проверки объектов хозяйственной и иной деятельности независимо от их форм собственности, с целью государственного экологического контроля принимают решения о вычетах и об уплате экологического налога. Несмотря на то, что экологический налог не может считаться обременительным и не оказывает существенного влияния на конкурентоспособность отечественной продукции животноводства, для определенных категорий товаропроизводителей (птицеводческие заводы и животноводческие комплексы) экологический налог является одним из основных видов обязательных платежей государству.

В помещении, где расположен метантенк, согласно ГОСТ Р 53790-2010 должно быть:

- комплект противопожарной техники;
- диэлектрические перчатки и ковры на блоках управления электроустановками;
- газоанализаторы или детекторы газа;
- средства индивидуальной защиты;
- взрывозащищенные аккумуляторные фонарики;
- аптечка первой помощи.

Должны быть приняты меры предосторожности для предотвращения обслуживания обслуживающего персонала биогазовой установки от патогенной микрофлоры, содержащейся в осадке сточных вод и сельскохозяйственных отходах. Не рекомендуется принимать пищу рядом с биогазовыми установками. Запрещается находиться рабочим и выполнять любые работы в помещении метантенка, когда вентиляция не работает.

Электрооборудование и служебные помещения метантенка должны быть оснащены резервным источником питания, чтобы обеспечить непрерывную работу вентиляторов с необходимой скоростью воздухообмена. Контроль концентрации газов в воздухе помещения варочного котла осуществляется с помощью газоанализаторов. В комнате обслуживания метантенка электроосвещение, электродвигатели, пусковые и токоподводящие устройства и оборудование должны быть выполнены во взрывозащищенном исполнении в соответствии с классом взрывоопасной зоны (категория помещения) и заземлены.

Удаление газа из метантенка, устройство и эксплуатация газгольдеров и газовой сети метантенка должны осуществляться в соответствии с требованиями

Правил безопасности в газовой промышленности и Правил проектирования и безопасной эксплуатации сосудов высокого давления.

Для проведения ремонта после сброса сырья с биогазовой установки необходимо проветривать метантенк, так как существует опасность взрыва смеси биогаза и воздуха.

Биогазовые установки устанавливаются, собираются и эксплуатируются в соответствии с эксплуатационными документами.

В соответствии с эксплуатационными документами должны быть соблюдены требования к дозе и частоте загрузки сырья. Состояние и работа смесительных устройств должны ежедневно контролироваться. Также необходимо ежедневно проверять уровень сырья и состояние отверстий установки, чтобы предотвратить засорение отверстий варочного котла, повысить давление внутри него и засорение газовой трубы.

Газовые трубы должны регулярно проверяться на герметичность и защищаться от повреждений. Операции по контролю должны проводиться регулярно. Необходимо проверять водяные затворы, проверять герметичность, обновлять газовые фильтры, проверять от повреждения газовые трубы под давлением, делать ревизию клапанов давления, делать ревизию системам смешивания.

Также должны проводиться ежегодные операции по обслуживанию биогазовой установки. Они состоят в полной проверке метантенка и всей установки на герметичность и выдерживание давления, проверку металлических частей установки на наличие ржавчины, проверку герметичности газовых труб под давлением (часто утечки газа незаметны во время работы установки, так как они компенсируются объемом рабочего биогаза).

При работе с биогазовой установкой обслуживающий персонал должен быть защищен от поражения электрическим током. Типы систем токонесущих проводников и систем заземления должны устанавливаться в соответствии с ГОСТ Р 50571.1. Требования к заземляющим устройствам и защитным проводникам должны соответствовать ГОСТ Р 50571.10. Заземляющие знаки должны быть изготовлены в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0.

Проверку газовой сети и газовых устройств, оборудования и устройств биогазовой установки следует проводить ежедневно. Необходимо следить за состоянием противопожарного оборудования (при эксплуатации биогазовой установки необходимо выделить команду из не менее двух работников).

Стандартные требования безопасности включают в себя:

- надежное основание, хорошая доступность и достаточная устойчивость заземляющих частей установки;
- избежать разности потенциалов, подключив все электропроводящие компоненты установки через выравнивающую проводку и общую землю;
- теплоизоляция бродильных камер должна быть как минимум на уровне средней воспламеняемости (В2), а в радиусе 1 м от утечки биогаза не должно быть легковоспламеняющихся материалов (В1);

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		60

- для электрических приборов внутри бродильного резервуара необходимо использовать взрывозащищенный материал;

- газгольдеры должны, в соответствии с требованиями, быть герметичными, устойчивыми к воздействию давления, ультрафиолетового излучения, температуры. Нестабильные в форме пленочные накопители должны быть защищены защитной пленкой от неблагоприятных погодных условий.

Таким образом, правила и нормы безопасности при работе с биогазовым оборудованием содержат подробные инструкции по безопасной эксплуатации отдельных компонентов биогазовых установок, правильной организации зон повышенного риска (опасных зон), предотвращению несчастных случаев и безопасности травм.

### 7.1 Молниезащита. Расчет молниезащиты

Под молниезащитой понимается специальная система защиты от поражения молнией, воздействие которой способно нанести непоправимый ущерб любому жилому зданию или сооружению. Она состоит из ряда конструктивных элементов, каждый из которых выполняет свою вполне определенную функцию. Расчет молниезащиты вследствие этого сводится к вычислению параметров всех составляющих системы, определяемых согласно стандартным методикам.

На различных промышленных и бытовых объектах необходимым требованием является заземление. Поэтому молниезащита устанавливается. Молниезащита - это устройство, которое принимает удар молнии и отводит его ток на землю. По своей конструкции молниезащиты подразделяются на два основных класса: монтируемые непосредственно на здании или на крыше, и отдельно стоящие. Тип молниезащиты выбирается исходя из характеристик объекта, который должен быть защищен от условий местности. Выбор в пользу отдельной молниезащиты обычно происходит из-за невозможности закрепления молниезащиты на самом защищаемом объекте. А для отдельно стоящей мачты чаще всего основой служит железобетонный фундамент. Опора прикреплена болтовыми соединениями через закладные детали в монолитном железобетонном основании.

Теоретически вероятность поражения объектов, расположенных в пределах зоны защиты стержневых и тросовых молниезащит, все же составляет около 1%.

В зависимости от типа, количества и взаимного расположения молниезащит зоны защиты могут иметь самые разнообразные геометрические формы.

Так как на территории ООО «Равис - птицефабрика Сосновская» расположен метантенк, газгольдер и когенерационная установка, то устанавливаем стержневой молниезащитой. Объект считается защищенным, если он полностью находится в защитной зоне устройства перехвата. В этом случае стандартной защитной зоной является круглый конус с вершиной, которая совпадает с вертикальной осью громоотвода. В этом случае размеры зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса  $h_0$  и радиусом его основания  $r_0$ .

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		61

В таблице 6 указаны их значения в зависимости от требуемой надежности защиты для молниеотводов высотой до 150 м от уровня земли.

Таблица 6 – Параметры для расчета зоны защиты молниеотвод

Надежность защиты $P_z$	Высота молниеотвода $h$ , м	Высота конуса $h_0$ , м	Радиус конуса $r_0$ , м
0,9	От 0 до 100	$0,85 \cdot h$	$1,2 \cdot h$
	От 100 до 150	$0,85 \cdot h$	$1,1 \cdot h$

Для того чтобы определить попадают ли наши объекты в зону защиты. Будем отталкиваться от метантенка, потому что это самый высокий объект.

Высота метантенка составляет 15,45 м. Рассчитаем для него радиус горизонтального сечения  $r_x$  на высоте  $h_x$  и отложим его от оси молниеприемника до крайней точки объекта. Где  $r_x$  – граница зоны защиты на уровне земли, м;  $r_0$  – граница зоны защиты на уровне  $h_x$ , м;  $h_x$  – зона защиты для объекта, м;  $h_0$  – высота конуса, м.

За  $h_x$  принимаем самую верхнюю точку метантенка равную 15,45 м. За  $r_x$  принимаем диаметр метантенка 16 м.

$$r_x = r_0 \frac{h_0 - h_x}{h_0}, \quad (42)$$

Далее найдем  $h$ , где  $h$  – высота молниеотвода, м.

$$r_x = 1,2 \cdot h \frac{0,85 \cdot h - h_x}{0,85 \cdot h}$$

$$r_x = \frac{1,02 \cdot h^2 - 0,85 \cdot h \cdot h_x}{0,85h}$$

$$r_x = \frac{1,02 \cdot h - 0,85 \cdot h_x}{0,85}$$

$$h = \frac{0,85 \cdot r_x + 0,85 \cdot h_x}{1,02}$$

$$h = \frac{0,85 \cdot 16 + 0,85 \cdot 15,45}{1,02} = 26,2$$

Таким образом, высота молниеотвода равна 26,2 м.

Схема установки молниеотвода представлена на рисунке 7.

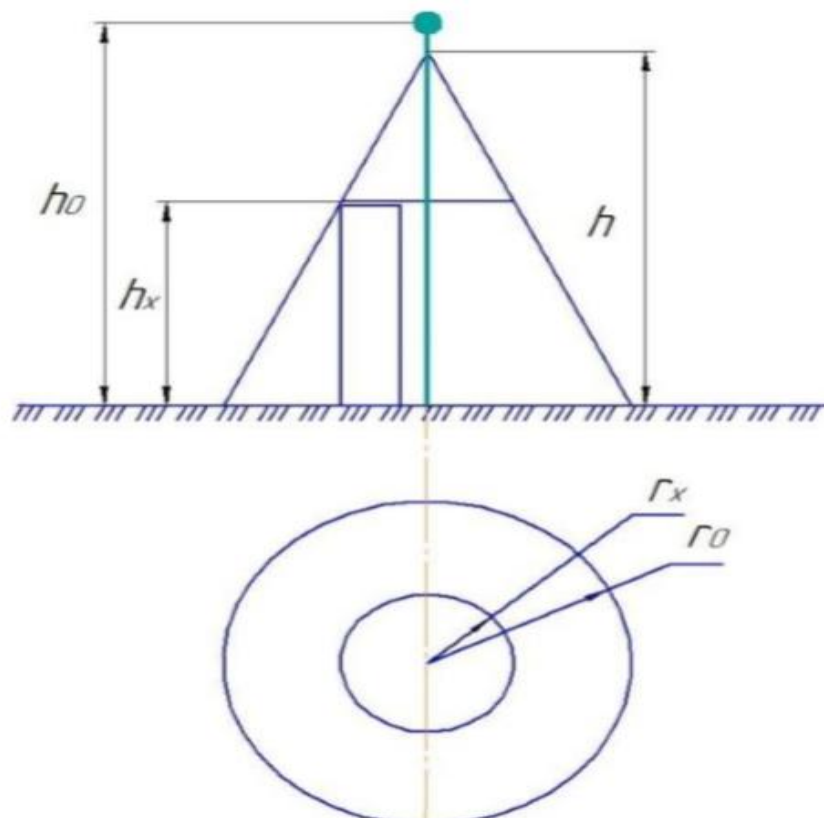


Рисунок 7 - Одиночный стержневой молниеотвод и его защитная зона

Таким образом, выбор места установки молниеотвода произведен с таким расчетом, что зона защиты молниеотвода перекрывает габарит защищаемого здания при данной высоте молниеотвода.

Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата

13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ

Лист

63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ООО «Равис – птицефабрика Сосновская», специализирующаяся на переработке продукции животноводства, по объемам производимой и реализуемой сельскохозяйственной продукции является ведущим и основополагающим предприятием региона. Одной из основных проблем птицефабрики «Равис» является проблема утилизации птичьего помета.

В настоящее время на птицефабрике разработана технология производства органических удобрений методом биоферментации с использованием микробиологического препарата (используется метод компостирования).

Оценив потенциальные энергоресурсы отходов птицефабрики «Равис», был сделан вывод о том, что к переработке больших объемов массы помета (750 тонн в сутки) птицефабрика «Равис» оказалась не подготовлена, и, как следствие, птичий помет скапливается в непригодных местах, теряя свои ценные качества как сырье, а во многих случаях и вовсе становится источником загрязнения окружающей среды.

При решении задачи, заключающейся в разработке схемы утилизации отходов птицеводства с целью получения биогаза, наиболее перспективным способом утилизации отходов является анаэробное сбраживание, данный способ позволяет получать не только качественные минерализованные органические удобрения, но и биогаз - как источник энергии.

При решении задачи, заключающейся в разработке схемы получения тепловой и электроэнергии, для ООО «Равис – птицефабрика Сосновская» была рассчитана биогазовая установка для 10% птиц от общего стада. Суточный выход биогаза составил 2197,7 м<sup>3</sup>, суточный выход биошлама - 171 кг. В качестве способа обеззараживания, после мезофильного процесса ферментации предлагается кавитационный способ. Предложена биогазовая установка с когенерационной установкой.

Технико-экономическая оценка мероприятия

Экономический расчет показал, что сумма общих затрат на биогазовую установку составит 41 752 390 рублей, окупаемость с учетом дисконтирования составит семь с половиной лет.

Таким образом, внедрение биогазовой установки на ООО «Равис – птицефабрика Сосновская» позволит:

- при использовании биоудобрений увеличить урожайность сельскохозяйственных культур;
- улучшить качество сельскохозяйственной продукции - производство экологически чистых продуктов.
- уменьшить выбросы в окружающую среду;
- также, переработка отходов улучшит санитарные и гигиенические условия жизни населения.

					13.04.02.2019.573.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата		64



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ГОСТ Р 53790-2010 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам» – М.: Изд-во Стандартиформ, 2015. – 11 с.
- 2 ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК 364-5-54-80) «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники – М.: Изд-во Стандартиформ, 2015. – 16 с.
- 3 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: санитар.-эпидемиол. правила и нормативы : СанПиН 2.1.7.573-96 : утв. и введ. в действие постановлением Гл. гос. врача РФ № 46 от 31.10.96 / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. - Изд. офиц. - М.: Минздрав России, 2012. - 56 с.
- 4 Аверьянов, А.Г. Анализ существующих способов утилизации птичьего помета. / Аверьянов, А.Г. Старунов. М.: ИМЭМО РАН, 2014. – 82 с.
- 5 Алексеев, С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водоочистка - №2, 2015. – 23 с.
- 6 Андрюхин, Т. Я. Опыт анаэробного сбраживания птичьего помета при различных температурных режимах. / Т. Я. Андрюхин, В. С. Буренков // Биогаз 87 : тез. докл. совещ. по техн. Биоэнергетике. - Рига, 2013. – 73 с.
- 7 Андрюхин, Т.Я. Рециркуляционное анаэробное сбраживание отходов сельского хозяйства с выработкой биогаза. Биотехнология. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоиздат, 2014. - 320 с.
- 8 Архипченко, И. А. Оптимизация процесса компостирования и влияние биокомпостов на урожай / И. А. Архипченко, О. В. Орлова // Агрехимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 22-24.
- 9 Ахмедов, Р. Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р. Б. Ахмедов. – Москва : Знание, 2013. – 46 с.
- 10 Баадер, В. Биогаз: теория и практика. / В. Баадер, Е. Доне, Бренндерфер; пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного. – Москва: Колос, 2013. – 148 с.
- 11 Бакулов, И.А., Кокурин, В.А., Котляров, В.М. Передвижная установка для обеззараживания сточных вод. Покров, 2014. – 25 с.
- 12 Баротфи, И. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. / И. Баротфи, П. Рафай ; пер. с венг. Э. Шандора, А. И. Залепухина. – Москва : Агропромиздат, 2013. – 227 с.
- 13 Белоусова, Н. И. Биогаз универсальное топливо. Н. И. Белоусова, О. В. Егорова Мясная индустрия, - N 11. 2017. – 59 с.
- 14 Бобович, Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. Москва: Колос, 2013. – 78 с.
- 15 Васильев, В.А., Шершнева, А.А., Резваткина, Т.Г., Андрюхин, Т.Я., Гриднев П.И., Ковалев А.А. Влияние метанового сбраживания бесподстилочного на-

- воза на изменение химического состава и эффективности его как удобрения. *Агрохимия*, №9, 2015 г. – 203 с.
- 16 Глазков, И. К. Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета / Разраб.: Глазков, И. К., Ковалев, Н. Г., Максимовский, Н. С. и др. М., «Недра». – 2013 г., - 648 с.
  - 17 Голубев, И. Г. Рециклинг отходов в АПК: справочник / Голубев, И. Г., Шванская, И. А., Коноваленко, Л. Ю., Лопатников, М. В. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013 г. - 296 с.
  - 18 Дабаева, М.Д. Эколого-безопасная утилизация отходов: монография. М., «Недра», 2014 г. - 148 с.
  - 19 Друзьянова, В. П. Биогазовая установка для применения в частных животноводческих хозяйствах. / В. П. Друзьянова, Е. Н. Кобякова // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 80-летию образования ИрГСХА, (28-29 апр. 2014 г., г. Иркутск). - Иркутск, 2014. – 138 с.
  - 20 Друзьянова, В. П. К переработке и утилизации органических отходов сельского хозяйства. / В. П. Друзьянова, Д. С. Осипов, Я. С. Семенов // Химия под знаком Сигма: исследования, инновации, технологии : материалы Всерос. науч. молодеж. шк.-конф. - Омск, 2012. – 231 с.
  - 21 Запевалов, С.М. Дозирование и смешивание птичьего помета с минеральными компонентами при приготовлении органоминерального удобрения. / С.М. Запевалов, А.С. Саплинов. // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, – 2013г. 156 с.
  - 22 Запевалов, М.В. Обезвоживание птичьего помета перед его переработкой. / М.В. Запевалов, А.М. Бердышев, С.М. Запевалов. // Аграрный вестник Урала. — 2013. – № 1. 44 с.
  - 23 Караева, Ю. В. Биогазовые технологии: курс лекций / сост. Ю. В. Караева; Учр. Рос. Акад. Наук ; Казан. науч. центр. РАН; Исследоват. центр проблем энергетики. – Казань, 2013. – 61 с.
  - 24 Ковалёв, А.А. Научные основы построения расчёта технологических линий производства биогаза. Научные труды ВИЭСХ. Энергетика и электромеханизация сельского хозяйства. М., 2015 г. – 57 с.
  - 25 Ковалев, А. А. Перспективы применения анаэробного сбраживания для переработки навоза. / А. А. Ковалев, П. И. Гриднев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 8. – 2015 г. – 39 с.
  - 26 Ковалев, А. А. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок. / А. А. Ковалев. – Москва, ВИЭСХ, 2014 г. – 119 с.
  - 27 Ковалев, А. А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. / А. А. Ковалев. - Москва, ВИЭСХ, 2015 г. - 330 с.

- 28 Ковалев, А. А. Результаты исследований экспериментальной биогазовой установки / А. А. Ковалев, В. П. Лосяков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - № 11. – 2016 г. – 62 с.
- 29 Кокурин, В.А., Бакулов, И.А., Котляров, В.М. Передвижная установка для обеззараживания сточных вод. Покров, 2014. – 25 с.
- 30 Корнев, В. В. Биогазовая энергоустановка с оптимальными параметрами / В. В. Корнев // Газпромрегионгаз. – 2016 г. – 21 с.
- 31 Ковалев, А. А. Технологии и технико-энергетическое обоснование производства биогаза в системах утилизации навоза животноводческих ферм. / А. А. Ковалев. - Москва, ВИЭСХ, 2015 г. - 330 с.
- 32 Малофеев, В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды: Учебное пособие. М.: Издательство Арктос, 2014 г. – 134 с.
- 33 Мариненко, Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2013. - 100 с.
- 34 Осокин, В. Л. Семенов, Д. А. Дулепов, Д. Е. Сбитнев, Е. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии. Учебное пособие, Княгинино, УДК ББК - 2012. – 201 с.
- 35 Панцхава, Е.С. Биогазовые технологии – радикальное решение проблем экологии, энергетики и агрохимии / Е.С. Панцхава // Теплоэнергетика. – 2014 г. – 62 с.
- 36 Семенова, П. Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. / Семенова, П. Я., Кориат, Г., Бельке, М., Ведекинд П. - Москва : Колос, 2012. - 271 с.
- 37 Сбитнев, Е. А, Осокин, В. Л. Семенов, Д. А. Дулепов, Д. Е. Нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии. Учебное пособие, Княгинино, УДК ББК - 2012. – 201 с.
- 38 Стребков, Д.С., Ковалев А.А. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства. // Техника и оборудование для села – 2016. - №11. – 30 с.
- 39 Федоренко, И.Я. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве. Учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 304 с.
- 40 Хахалева, Л.В Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Пособие для проведения лабораторного практикума. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2017 – 21 с.
- 41 Чадова, Н.А., Чадов, А.Ю. Технологии производства биогаза и перспективы его применения в России // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://www.scienceforum.ru/2017/2203/28016> (дата обращения: 10.12.2018).
- 42 Четошникова, Л.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 69 с.

- 43 Шерьязов, С.К., Пташкина-Гирина, О.С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина. – Челябинск: ЧГАА, 2013.- 280 с.
- 44 Шерьязов, С.К. Анализ способов переработки навоза животных для получения биогаза / С.К. Шерьязов, Ж.Б. Телюбаев // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. // Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С. 667-670.
- 45 Шершнева, А.А., Васильев, В.А., Резваткина, Т.Г., Андрюхин, Т.Я., Гриднев П.И., Ковалев А.А. Влияние метанового сбраживания бесподстилочного навоза на изменение химического состава и эффективности его как удобрения. Агрохимия, №9, 2015 г. – 203 с.
- 46 Щербо, А. С. К вопросу об использовании биогаза в качестве источника энергии / А. С. Щербо // Сборник трудов молодых ученых первого международного экологического конгресса (третьей международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРПТ 2014», 20-23 сентября 2014 г. – Тольятти, 2014. – Т. II. – 433 с.
- 47 Эдер, Б., Биогазовые установки. Практическое пособие. Основы планирования. Строительство. Типы установок. Экономическая обоснованность. / Б. Эдер, Ш. Хайнц. – 2016 г., – 218 с.
- 48 Росстат. - <http://agromax.ru/novosti/rosstat-rossiya-v-yanvare-uvlechila-proizvodstvo-selhozprodukcii-na25/>
- 49 Официальный сайт ООО «Равис – птицефабрика Сосновская». - <http://ravisagro.ru/>
- 50 Экологическая обстановка на животноводческих комплексах, фермах, птицефабриках и прилегающих к ним территориях. - <http://pandia.ru/text/77/499/12471.php>