

В диссертационный совет Д 002.278.01  
на базе ФГБУН «Сибирский федеральный  
научный центр агробиотехнологий»  
Российской академии наук

### **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» Осмонова Орозмамата Мамасалиевича на диссертационную работу Бадмаева Юрия Цырендоржиевича «Совершенствование технологии анаэробной переработки навозных стоков свиноводства в условиях Республики Бурятия», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

#### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

В настоящее время, в связи с принятием Федерального закона «Об охране озера Байкал» и наложенных серьезных экологических ограничений на хозяйственную деятельность в агропромышленном комплексе Республики Бурятия, становится актуальной проблема эффективной переработки органических отходов животноводства, особенно навозных стоков свиноводства. При этом в условиях промышленного свиноводства используются гидравлические системы удаления навоза и в результате образуются громадные объемы навозных стоков, что предопределяет сложность и капиталоемкость их переработки. Кроме этого, образование огромного количества навозных стоков на относительно малых территориях приносят непоправимый ущерб природной среде, являются одной из причин распространения возбудителей инфекционных заболеваний.

Поэтому, мероприятия и работы направленные на решение проблемы эффективной переработки навозных стоков свиноводства путем их анаэробной ферментации в метантенках, несомненно, имеют практический и научный интерес и выбранная соискателем тема диссертации весьма актуальна.

Анаэробная ферментация навозных стоков в метантенках позволяет их эффективное обеззараживание и обеспечивает экологическую безопасность производства. Кроме этого, применение технологии анаэробной переработки навозных стоков позволит рационально использовать имеющийся в стоках

удобрительный и энергетический потенциал, дополнительно получая обеззараженные удобрения и энергоноситель в виде биогаза для нужд сельскохозяйственных предприятий.

## **2. Научная новизна экспериментальных исследований и полученных результатов**

Новизной исследований диссертационной работы является впервые разработанный автором биоэнергетический аппарат, который ускоряет процесс переработки органических стоков, путем применения усовершенствованного анаэробного биофильтра с иммобилизованными сообществами метанобразующих микроорганизмов на рабочих поверхностях носителей.

Достоверность и обоснованность научных положений в работе подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями, примененными аналитическими и экспериментальными методами исследования.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований автором разработаны динамическая и энергетическая модели для определения эффективности работы анаэробного биофильтра в метантенке при переработке навозных стоков свиноводства и установлены основные зависимости, характеризующие процесс переработки навозных стоков свиноводческих предприятий с применением анаэробного биофильтра с иммобилизованными сообществами метанобразующих микроорганизмов.

Полученная энергетическая модель биогазовой установки с биофильтром позволяет определить затраты энергоресурсов на нужды технологического процесса анаэробного сбраживания навозных стоков и товарность образующегося биогаза.

## **3. Практическая значимость и состояние внедрения результатов исследования**

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные автором методические рекомендации анаэробной переработки навозных стоков животноводства, позволяют установить технологические режимы работы биофильтра с иммобилизованными сообществами метанобразующих микроорганизмов в крупнотоннажной установке. Кроме того, следует отметить, что полученные результаты экспериментальных

исследований доведены до алгоритмов технологии, позволяющих использовать в качестве интенсивного способа утилизации животноводческих отходов в ресурсосберегающем режиме.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований интенсивной технологии анаэробного сбраживания животноводческих стоков с получением биогаза, удобрений и технически чистой воды внедрены в условиях нескольких животноводческих предприятий Республики Бурятия, в частности, при переработке навозных стоков свинофермы с содержанием 110 голов животных в сельскохозяйственном производственном кооперативе (СПК) «Тамча» Селенгинского района и ЗАО «Свиноводческий комплекс «Николаевский». Разработанная автором лабораторная биогазовая установка с анаэробным биофильтром и результаты теоретических и экспериментальных исследований используются в учебном процессе инженерного факультета Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова.

#### **4. Общая оценка диссертационной работы и ее завершенности**

Диссертация изложена на 151 страницах машинописного текста, включает 14 таблиц, 35 рисунков, 9 приложений. Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и библиографического списка из 145 наименований.

*Во введении* обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследований, описана научная новизна, практическая ценность работы и основные научные положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* диссертации проведен подробный анализ методов переработки навозных стоков в анаэробных условиях, определены основные направления совершенствования процесса метанового сбраживания, который основан на использовании биофильтров. На основе обзора литературных источников выявлены возможные способы интенсификации процесса метанового сбраживания навозных стоков, предложено конструктивное решение метантенка с анаэробным фильтром. В целом первая глава изложена в логической последовательности с проведением подробного анализа исследований в области биогазовых технологий, позволившего сделать выводы и составить задачи исследования.

*Во второй главе* посвященной рассмотрению теоретических предпосылок переработки навозных стоков свиноводства в метантенке с анаэробным биофильтром, автором обоснована математическая модель образования и роста метаногенной микрофлоры на носителях, которая была

положена в основу создания анаэробного биофильтра. Представленная в работе энергетическая модель биогазовой установки представляет значительный интерес для специалистов, занимающихся разработкой и созданием биоэнергетического оборудования по анаэробной биоконверсии органических отходов животноводства.

*В третьей главе* изложены программа и методика проведения экспериментальных исследований. При выполнении экспериментальных исследований количественная сторона технологического процесса сбраживания навозных стоков оценивалась скоростью образования биогаза, которая позволила оценить интенсивность переработки субстрата, а качественная сторона процесса сбраживания навозных стоков оценивалась содержанием в биогазе основного его горючего компонента – метана ( $\text{CH}_4$ ) и степенью разложения органического вещества. Проведенные лабораторные исследования позволили автору разработать и создать биоэнергетический аппарат-метантенк и биофильтр шарообразной формы, которые защищены авторским свидетельством на изобретение.

Полученные результаты не вызывают сомнений, обработка их осуществлялась в соответствии с общепринятыми методиками

*В четвертой главе* представлены результаты экспериментальных исследований по иммобилизации метанообразующих микроорганизмов на различных носителях и результаты испытаний экспериментальной биогазовой установки с анаэробным биофильтром и их анализ. Отмечается, что результаты исследований процесса накопления метанообразующих микроорганизмов на различных носителях показали преимущества полимерных материалов, которые на единицу массы материала способны поддерживать значительно больше бактериальных клеток, чем на металлических поверхностях.

На основе анализа результатов производственной проверки экспериментальной биогазовой установки с анаэробным биофильтром разработаны рекомендации для больших объемов переработки навозных стоков с применением анаэробного биофильтра и технологическая схема системы интенсивной технологии анаэробной переработки свиноводческих навозных стоков в биогаз и удобрение.

*В пятой главе* приведены результаты экономического расчета эффективности переработки навозных стоков свиноводства на биогазовой установке с анаэробным биофильтром. Расчеты экономической эффективности от внедрения интенсивной технологии анаэробной переработки навозных стоков на свиноферме СПК «Тамча» Селенгинского

района Республики Бурятия с содержанием животных 110 голов составил 723,3 тыс. руб/год, а срок окупаемости капитальных вложений 1,6 года.

Полученные автором результаты исследований и сделанные по ним выводы достоверны и соответствуют задачам исследований в диссертации.

Диссертационная работа по структуре, содержанию и объему проведенных исследований соответствует уровню кандидатской диссертации.

## **5. Замечания по диссертационной работе и рекомендации**

1. В первой главе диссертации (стр. 14) при рассмотрении теплотехнических свойств навоза утверждается, что при влажности навоза более 95% и температуре 32°C теплопроводность равен 0,0712 Н/м. Эти данные не совсем корректные, возможно опечатка при наборе текста.

2. Во второй главе диссертации (стр. 39, последний абзац) необходимо исправить грамматическую ошибку в тексте. Изложено: «... в условиях изменяющимися внешними воздействиями, обусловленных многочисленными ... факторами». Надо бы: «... в условиях изменяющихся внешних воздействий ...».

3. В расшифровке формулы (2.5) на стр. 42 диссертации дается объяснение про величину  $\mu_c$ , которая в самой формуле отсутствует.

4. Представленные на страницах 42, 43 диссертационной работы формулы (2.5) и (1.4) абсолютно одинаковые, но входящие в них величины при расшифровке формул почему-то трактуются неодинаково.

5. В аналитическом выражении 2.14 (стр. 48 диссертации) следует уточнить единицы измерения входящих величин, чтобы левая и правая сторона уравнения имели идентичные единицы измерения.

6. В расшифровке формулы 2.16 (стр. 49 диссертации) необходимо уточнить, что в данной формуле  $T_{OC}$  – не потери температуры в окружающую среду, а просто температура окружающей среды.

7. В списке использованной литературы представлено небольшое количество источников зарубежной научно-технической информации, отражающих результаты исследований по рассматриваемому в диссертации направлению.

## 6. Заключение

В целом, имеющиеся замечания носят рекомендательный характер, Ю.Ц. Бадмаевым выполнен большой объем работ по исследованию процессов иммобилизации метанообразующих микроорганизмов на носителях, а полученные данные достоверны, обоснованы на использовании современных методов проведения экспериментальных исследований. Диссертационная работа достаточно апробирована, представляет значительный интерес для специалистов и оценивается мною положительно.

Диссертационная работа Бадмаева Юрия Цырендоржиевича выполнена на высоком научно-техническом уровне, является законченной квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям и соответствует специальности 05.20.01 - технологии и средства механизации сельского хозяйства, а ее автор Бадмаев Юрий Цырендоржиевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Профессор кафедры теплотехники,  
гидравлики и энергообеспечения  
предприятий ФГБОУ ВО «Российский  
государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева»,  
доктор технических наук, доцент  
«19» ноября 2021г.

О.М. Осмонов

Ф.И.О. лица, представившего отзыв	Осмонов Орозмамат Мамасалиевич
Место работы	ФГБОУ ВО «РГАУ- МСХА имени К.А.Тимирязева», сайт: <a href="http://www.timacad.ru/">http://www.timacad.ru/</a> профессор кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»
Адрес	127550, г.Москва, ул. Тимирязевская, 49
E - mail	osm. rom2011@yandex.ru
Телефон	8(499) 976-15-76. Тел. Моб.: 8(926) 350-33-18

Подпись Осмонова О.М. заверяю:



Руководитель службы кадровой  
политики и приема персонала

О.Ю. Чуркина