УТВЕРЖДАЮ
Ректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)



_____ Нуриев Ильшат Габделфартович
«09» января 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ) на диссертационную работу Едисеева Олега Сергеевича на тему: **«Разработка способа утилизации свиного навоза путём применения рециркуляционной жидкости эффлюента»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, в диссертационный совет 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ).

Актуальность темы исследований

Тема диссертационной работы О.С. Едисеева посвящена решению важной научно-технической задачи – разработке безотходного способа утилизации свиного навоза на основе накопительной психрофильной биогазовой технологии с применением рециркуляционной жидкости эффлюента. Актуальность работы определяется необходимостью повышения экологической безопасности животноводческих объектов, особенно в условиях Республики Саха (Якутия) и других северных территорий, где традиционные методы сбора, хранения и вывоза навоза характеризуются высокой трудоёмкостью, значительными энергозатратами и недостаточной экологической эффективностью.

Свиной навоз относится к агрессивным видам отходов и представляет повышенную санитарно-эпидемиологическую опасность. Существующие биогазовые технологии позволяют получать эффлюент и биогаз, однако не решают в полной мере проблему большого объёма жидкого эффлюента, требующего специальных ёмкостей и площадей для хранения. В этой связи предложенное автором решение, основанное на разделении эффлюента на

фракции и возврате жидкой фракции – рециркулята, содержащего активную колонию метаногенных психрофильных бактерий, – для разбавления свежего навоза, является своевременным и практически значимым.

Актуальность работы также подтверждается ориентацией на получение четырёх видов товарных продуктов: жидкого эффлюента, биогаза, органоминерального гуминового удобрения (ОМГУ) и структурирующей добавки для асфальтобетона (СДА), что соответствует задачам ресурсосбережения, импортозамещения и организации замкнутых производственных циклов в АПК.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки в инженерной сфере АПК

Автором получены результаты, имеющие значение для развития инженерной сферы агропромышленного комплекса. Разработана и экспериментально проверена технологическая линия утилизации свиного навоза, включающая накопительный метантенк, узел разделения эффлюента, щелочной реактор для экстракции гуминовых веществ и узел получения ОМГУ и СДА. Показано, что применение рециркуляционной жидкости эффлюента интенсифицирует анаэробное разложение субстрата: биогаз появляется на третьи сутки, устойчивое горение достигается на шестые сутки, общий выход биогаза за 21 сутки составляет 23,46 м³ против 19,86 м³ при использовании водного субстрата, то есть в 1,47 раза больше. Скорость образования биогаза повышается в 2,3 раза, а период наиболее полного разложения субстрата сокращается с 26 до 21 суток.

Значимым для науки и практики является также предложенная автором динамическая модель процесса анаэробной утилизации субстрата, разжиженного рециркуляционной жидкостью эффлюента. Модель учитывает поступление и вынос метаногенов, динамику субстрата и образование биогаза; её адекватность подтверждена экспериментальными данными, в том числе с использованием F-критерия Фишера.

Научная новизна работы

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Разработана экономико-математическая модель эффективности нового способа утилизации свиного навоза на основе производственно-технологических и энергетических затрат.

2.Разработана динамическая модель, раскрывающая кинетику анаэробного разложения, когда навоз разбавляется рециркуляционной жидкостью от разделения эффлюента, вносящей в свежий отход активную колонию метанообразующих микроорганизмов.

Обоснован новый замкнутый безотходный способ утилизации свиного навоза, обеспечивающий получение четырёх товарных продуктов – эффлюента, биогаза, ОМГУ и СДА. Новизна технических решений подтверждена евразийским патентом на изобретение № 053350, патентом РФ

на изобретение № 2839275, свидетельствами о государственной регистрации базы данных № 2025621821 и программы для ЭВМ № 2024661576.

Теоретическая значимость Теоретическая значимость работы состоит в обосновании зависимостей, раскрывающих интенсификацию анаэробной переработки свиного навоза при замене технической воды жидким рециркулятом эффлюента. Полученные зависимости позволяют снизить расход чистой воды, уменьшить объём жидких отходов и повысить выход биогаза.

Практическая значимость подтверждается результатами апробации пилотной технологической линии, а также актами внедрения в ООО «Хатасский свинокомплекс», ЗАО «Гордормостстрой», СППК «Урдэл» и справкой об использовании материалов диссертации в учебном процессе ФГАОУ ВО СВФУ. Практический интерес представляют полученные параметры сепарации эффлюента: при разделении 1 т эффлюента образуется 129–134 кг твёрдой фракции влажностью 65–70 % и 866–871 кг жидкой фракции – рециркулята; из 1 т жидкого эффлюента при щелочной экстракции получается более 550 кг ОМГУ и более 109 кг сырья для СДА.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Разработанный способ может быть рекомендован для организации безотходной, ресурсосберегающей и замкнутой утилизации бесподстилочного свиного навоза на фермерских и малых свиноводческих предприятиях, в том числе в условиях Крайнего Севера. Целесообразно продолжить исследования в направлении масштабирования технологической линии, оптимизации режимов работы метантенков и сепарационного оборудования, а также расширения области применения СДА в дорожном строительстве, в частности при устройстве площадок хранения навоза.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом и замечания по ее оформлению

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 156 наименований, в том числе 13 – на иностранном языке, и приложений. Общий объём работы составляет 150 страниц машинописного текста, включает 29 рисунков и 39 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ современного состояния вопроса: рассмотрены характеристики животноводческих отходов, существующие способы утилизации свиного навоза, состояние свиноводческих предприятий Центральной Якутии, обоснована перспективность анаэробной биогазовой переработки.

Во второй главе приведено теоретическое обоснование процесса анаэробного сбраживания, выполнен патентный поиск, описана предлагаемая

технологическая схема, экономико-математическая модель и динамическая модель процесса с использованием рециркуляционной жидкости эффлюента.

В третьей главе изложены программа и методика экспериментальных исследований, описаны лабораторная биогазовая установка и пилотная технологическая линия, применяемые приборы и оборудование, методы исследования биогаза, эффлюента, ОМГУ, СДА, битумного вяжущего и асфальтобетона.

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований: параметры выхода биогаза на водном субстрате и субстрате с рециркулятом, результаты разделения эффлюента, щелочной экстракции, получения ОМГУ и СДА, а также результаты испытаний асфальтобетона со структурирующей добавкой.

В пятой главе приведено технико-экономическое обоснование предлагаемого способа. Капитальные затраты на изготовление технологической линии составляют 7 393 600 руб., годовой экономический эффект – 6 603 906,26 руб./год, срок окупаемости менее двух лет.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе используется несколько близких обозначений: «эффлюент», «жидкий эффлюент», «рециркулят», «рециркуляционная жидкость». Следовало бы строго оговорить, что понимается под каждым термином, и использовать единую терминологию по всему тексту.
2. В автореферате и диссертации имеются расхождения в параметрах динамической модели: в автореферате подача свежего субстрата указана Q=0,048 м³/сут (стр.10), в диссертации – Q=0,032 м³/сут (стр.56).
3. Динамическая модель учитывает поступление метаногенов с рециркулятом, однако в ней не отражено накопление в рециркуляционной жидкости солей, аммонийного азота, сульфидов, тяжёлых металлов и возможных ингибиторов метаногенеза. Для замкнутого цикла это принципиально важно, поскольку после нескольких циклов рециркуляции состав жидкой фазы может существенно измениться.
4. Утверждение об «активной колонии метаногенных бактерий» в рециркуляте в основном подтверждается косвенными показателями – ускорением выхода биогаза. Желательно было бы привести микробиологические данные: численность метаногенов, результаты микроскопии, или оценку жизнеспособности колонии после сепарации и хранения.
5. Психрофильный режим принят при температуре помещения 16–18 °С, однако для условий Республики Саха (Якутия) этого недостаточно. Не приведены тепловой баланс метантенка, оценка суточных и сезонных колебаний температуры, анализ риска снижения температуры ниже допустимого уровня и влияния этого на устойчивость метаногенеза.
6. В таблице состава биогаза указано содержание кислорода O_2=11,85%. Для анаэробного биогаза это высокое значение, которое может

свидетельствовать о подсосе воздуха или особенностях отбора пробы. Следовало бы пояснить методику отбора, повторность измерений и исключить влияние воздуха на результат.

7. При исследовании состава биогаза не приведены данные по сероводороду, аммиаку, влажности, стабильности состава во времени, для обоснования устойчивой работы газогенератора этих показателей недостаточно.

8. Для органоминерального гуминового удобрения следовало бы привести содержание гуминовых и фульвокислот, NPK, тяжёлых металлов, санитарно-микробиологические показатели, а также данные о стабильности при хранении.

9. По СДА и асфальтобетону с его добавлением преобладают лабораторные испытания. Для подтверждения долговечности желательны опытные участки, данные по морозостойкости, водостойкости после длительного водонасыщения, старению битумного вяжущего и сравнению с известными стабилизирующими добавками.

10. Экологическая часть работы недостаточно полна: не выполнена оценка выбросов аммиака, метана, сероводорода и запахов, не проанализирован риск загрязнения почв и грунтовых вод при использовании ОМГУ, не приведена оценка санитарной безопасности рециркулята после многократного оборота.

11. Работа в основном ориентирована на свиноводческие предприятия малой мощности. Следовало бы более чётко указать границы применимости предложенного способа: при каком поголовье, объёме навоза, температурном режиме и доступной инфраструктуре он сохраняет экономическую эффективность.

Завершенность и качество оформления диссертации

Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой с логически выверенной структурой и обоснованными выводами. В работе представлено значительное количество иллюстраций, наглядно доказывающих эффективность и полноту полученных автором результатов. Основные положения, научные результаты, выводы и рекомендации диссертации Едисеева О.С. обоснованы, имеют научную новизну и в полной мере соответствуют решению поставленных задач. Достоверность результатов подтверждена применением современных методик исследований, а также сертифицированных приборов. Полученные по результатам исследований выводы обоснованы и подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных исследований. Основные научные результаты, положения, выводы и рекомендации, разработанные в рамках диссертации Едисеева О.С., апробированы на международных и всероссийских научно-практических конференциях. По теме диссертационной работы автором опубликовано 13 научных работ, в том числе четыре – в изданиях, включённых в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата

наук»; получены евразийский патент на изобретение, патент РФ на изобретение, свидетельство о государственной регистрации базы данных РФ и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Диссертация и автореферат изложены технически грамотным языком.

Заключение

Диссертационная работа Едисеева Олега Сергеевича «Разработка способа утилизации свиного навоза путём применения рециркуляционной жидкости эффлюента» является самостоятельно выполненной завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании проведённых автором исследований разработаны и научно обоснованы технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития агропромышленного комплекса и технических наук.

По актуальности темы, степени научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, а также по объёму и уровню выполненных исследований диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Едисеев Олег Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы и отзыв ведущей организации на диссертационную работу рассмотрены на расширенном заседании кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского государственного аграрного университета (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ), протокол № 4 от 29 октября 2026 г.

Заведующий кафедрой
машин и оборудования в агробизнесе
ФГБОУ ВО Казанского ГАУ
к.т.н., доцент Д.Т. Халиуллин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)
420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 65.
Телефон: +7 (843) 598-40-50
E-mail: info@kazgau.com
Официальный сайт: https:// kazgau.ru/

ОТДЕЛ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА
ИНН 1655018875

Подпись
ЗАВЕРЯЮ : начальник отдела делопроизводства Казанского ГАУ
/ Насыбуллина Э.Т.