



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
стратегическому развитию
ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ

С.И. Коконов

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет» на диссертационную работу Цокур Екатерины Сергеевны на тему: «Параметры и режимы работы проточного электроактиватора водных растворов с озонированием для профилактической обработки ульев», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса в диссертационный совет 35.2.019.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

1. Актуальность темы диссертационной работы

В пчеловодстве большое внимание уделяется мероприятиям, направленным на поддержание пчелиных семей в здоровом, продуктивном состоянии. К сожалению, пчелы не могут побороть некоторые заболевания без помощи пчеловода. Также нужно учесть такое обстоятельство как адаптацию отдельных видов болезнетворных микробов к лечебным препаратам. Пчеловоды вынуждены периодически менять лечебные средства или увеличивать дозы внесения в растворы обработки. Такая ситуация приводит к неизбежности попадания лекарств в продукты пчеловодства, что снижает их качество и приводит к повышению вероятности заболевания человеком при потреблении. Токсичность отдельных препаратов очень высокая и часто пчеловоды при обработке ульев одевают специальную защитную одежду. В связи с этим пчеловоды ищут эффективные и нетоксичные способы борьбы с болезнями пчел. В качестве таковых стали использоваться активированные растворы, получаемые при электродиализе. Известно, что в анолите содержится много химических соединений с атомами хлора, которые обладают активными уничтожающими свойствами болезнетворных организмов. В научной литературе приводится много сведений по эффективной обработке ульев с помощью озона, обладающего высокой окислительной способностью. В анолите имеется некоторое со-

держание озона, получающегося в результате электролиза, но его очень мало. Таким образом становится актуальной разработка электроактиваторов, в которых процессы диафрагменного электролиза, активации и озонирования происходят одновременно. Необходимо учитывать, что со временем активность анолита падает. Требуется дополнительные исследования этих процессов если используется проточный электролизер. Разработка такой конструкции с необходимыми параметрами и режимами работы позволит получать пчеловодом эффективный активированный раствор непосредственно перед применением и в необходимом количестве.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Научную новизну работы составляют:

- математические модели: барботирования потока анолита озоном; тепловых процессов в электроактиваторе; обобщенная компьютерная модель для реализации в ПО Comsol Multiphysics;
- регрессионные зависимости влияния водородного показателя анолита насыщенного озоном и расхода воды через электроактиватор на выживаемость плесневых грибов;
- обоснованные параметры и режимы работы проточного электроактиватора для получения дезинфицирующего раствора анолита насыщенного озоном.

Новизна полученных автором результатов достоверна и заключается в определении параметров и режимов работы проточного электроактиватора водного раствора, с получением анолита насыщенного озоном для повышения эффективности дезинфекции пчелиных ульев и снижения количества применяемых химических препаратов при профилактических работах на пчелиной пасеке. По результатам выполненных исследования автором было получено три патента РФ на изобретения. Представленные результаты являются новыми научными знаниями в области электротехнологии.

3. Степень достоверности и обоснованности результатов исследований

Достоверность полученных Е.С. Цокур теоретических и экспериментальных данных подтверждается использованием в работе современных измерительных средств, программных продуктов и методик проведения исследований. Например, для моделирования процессов при работе электроактиватора, применялось ПО Comsol Multiphysics, планирование и обработка полученных экспериментальных данных – с помощью ПО STATISTICA. Исследования выполнены с применением вычислительной техники с высокими параметрами по оперативной памяти и скорости обработки данных. Научные положения диссертационной работы подтверждаются выводами, рекомендациями производству и перспективами использования.

4. Научная и практическая значимость исследований

Научная значимость работы включает: математические модели барботирования потока анолита озонем и теплофизических процессов в электроактиваторе, позволившие получить обобщённую компьютерную модель для реализации в ПО Comsol Multiphysics, которые выявляют связи температуры анолита и концентрации растворенного в нем озона с параметрами и режимами работы электроактиватора; регрессионная модель влияния параметров процесса получения озоносодержащего анолита на выживаемость плесневых грибов, которая позволяет обосновать рациональные режимы работы проточного электроактиватора водного раствора.

Практическая значимость включает: обоснованные параметры и режимы работы проточного электроактиватора для получения дезинфицирующего раствора анолита насыщенного озонем, позволяющие проектировать и изготовлять такое оборудование для проведения профилактических мероприятий на пасеке; разработанный и изготовленный проточный электроактиватор для получения дезинфицирующего раствора анолита насыщенного озонем, который повышает эффективность дезинфицирующего раствора, сокращает время на его получение и снижает риск попадания токсичных веществ в продукты пчеловодства.

Применение установки, представленной автором, позволит значительно снизить трудозатраты пчеловода и повысит эффективность работы в пчеловодстве. Системное и регулярное применение предлагаемого электроактиватора на пасеках приведет к снижению заболеваемости пчелиных семей и сократит использование химических препаратов.

5. Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 130 страниц машинописного текста, 54 рисунка, 15 таблиц, приложения и список литературы из 150 наименований. Структура диссертации построена в соответствии с поставленной целью и задачами исследования.

Во введении представлена актуальность темы исследования с формулировкой целей и задач исследования.

В главе 1 автором проведен анализ способов лечения наиболее распространенных болезней пчел, которые влияют на стабильность работы пасеки. Борьба с ними на протяжении многих десятилетий преимущественно ведется с помощью антибиотиков, которые при недобросовестном подходе к лечению зачастую попадают в мед и другие продукты пчеловодства. Актуален поиск экологически чистых способов профилактики и лечения заболеваний пчел. Одним из способов профилактических мероприятий на пасеке является дезинфекция пчелиных ульев, которую прово-

дят весной после зимнего периода, когда пчелиные ульи и рамки из-за обильного воздействия на них влаги подвергаются заражению плесневыми грибами, такими как *Penicillium*. Среди всех экологически чистых электротехнологических способов дезинфекции ульев наиболее перспективным является применение водных растворов анолита получаемых методом диафрагменного электролиза. Разработка непроточного электроактиватора, совмещающего технологии диафрагменного электролиза водных растворов и их озонирование проводилась в Кубанском ГАУ, но отсутствует электроактиватор позволяющий получать озоносодержащий анолит в потоке жидкости, проходящей через анодную камеру. Определена проблема, цель работы и сформулированы задачи исследования.

В главе 2 представлено математическое и компьютерное моделирование процесса барботирования потока анолита озоном в проточном электроактиваторе. Проводилось описание двумя взаимосвязанными моделями: первая – барботирования анолита озоном, которая включает в себя течение газа и водного раствора в электроактиваторе, массообмен пузырьков озона с анолитом и перенос массы растворенного газа в нем; вторая – теплофизических процессов с протеканием электрического тока через электроактиватор. Для получения обобщенной компьютерной математической модели основных процессов при работе проточного электроактиватора в ПО Comsol Multiphysics были задействованы соответствующие физические интерфейсы. В результате компьютерного моделирования были получены поля распределения концентраций озона в анолите и температур получаемого раствора. Получены вольт-амперные характеристики (ВАХ) электроактиватора при электролизе с разными значениями расхода воды через него. Установлено, что для получения одного и того же рН при расходе $Q = 2,5$ л/мин требуется в 2 раза больше мощности, чем при $Q = 1,5$ л/мин, что позволяет рекомендовать последний также и с точки зрения уменьшения энергетических затрат при проведении работ на пасеке. Обоснован способ насыщения потока анолита озоном в разработанной конструкции электроактиватора в виде замены смесителя на трубку Вентури, что позволило при расходе $Q = 1,5$ л/мин увеличить концентрацию озона в анолите на выходе из установки в 2 раза по сравнению с предыдущим результатом.

В главе 3 проведены экспериментальные исследования по подтверждения теоретических положений. Был изготовлен проточный электроактиватор водных с озонированием включающий: проточный диафрагменный электролизер воды и подключенную к входу его анодной камеры трубку Вентури для подачи озона. В состав лабораторной установки также входил озонатор и необходимые измерительные приборы. Проведенные экспериментальные исследования на установке показали, что при расходе

воды через электроактиватор 1,5 л/мин концентрация растворенного озона в анолите на выходе из анодной камеры не превышает 0,01 мг/л, что подтверждает результаты математического моделирования. Проведенные экспериментальные исследования по сопоставлению опытных данных с результатами моделирования показали следующее: относительная ошибка по температуре озоносодержащего анолита не более 6,7 %, по напряжению, подаваемому на электроды не более 9,1 %; проведенное статистическое сравнение теоретических и экспериментальных данных по U-критерию Манна-Уитни подтвердило отсутствия статистических различий между ними. Проведены экспериментальные исследования влияния параметров полученного озоносодержащего анолита на выживаемость плесневого гриба *Penicillium*. Определено, что наименьшая выживаемость тест-объекта – 40 % достигается при pH в диапазоне от 4,6 до 5 и расходе воды через электролизер 1,5 л/мин. Регрессионный анализ модели показал, ее высокое качество – скорректированный коэффициент детерминации равен 0,86, а также ее адекватность – табличное значение критерия Фишера при $p = 0,05$ $F_{табл} = 9,01$, что меньше расчетного $F_{расч} = 10,91$.

На основании полученных теоретических и экспериментальных результатов получен алгоритм работы электроактиватора в соответствии, с которым разработана принципиальная электрическая схема его управления на базе микроконтроллера.

Полевые испытания разработанного электроактиватора проводили в ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское». Для испытаний было отобрано 10 пчелиных ульев с максимально близкими по силе пчелиными семьями: 5 контрольных, и 5 опытных. Проведенные полевые испытания проточного электроактиватора для профилактической обработки ульев показали уменьшение заболеваемости пчел в опытных ульях, что в свою очередь позволило сократить количество используемых антибиотиков и повысить качество меда; снизить заклещенность пчел; повысить медопроизводство опытных ульев по сравнению с контрольными на 12 %.

Экономическая эффективность внедрения разработанного проточного электроактиватора воды для пасеки в 50 ульев рассчитывалась на основе данных, полученных при полевом эксперименте.

Положительно оценивая результаты выполненной работы, следует сделать **следующие замечания**:

1. Автором в обзоре литературы мало уделено внимания другим экологичным способам борьбы с заболеваниями пчелиных семей.
2. Автором не акцентировано внимание на дополнительные функциональные зависимости, полученные им и введенные в математические модели ПО.

3. В математической модели физических процессов в установке, отсутствует уточнение по форме постоянного тока – пульсирующее или сглаженное фильтрами.
4. В моделировании отсутствует обоснование объемов воздушных пузырьков и их зависимость от параметров озонатора.
5. Желательно указать каково влияние озонированного аналита на другие грибы, микробы, вирусы.
6. Не приводятся данные по возможному отрицательному действию аналита на корпусные детали улья, на восковые соты.

6. Публикация результатов диссертации, соответствие автореферата ее содержанию

По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России. Получено 3 патента РФ на изобретения. Практическая значимость результатов работы подтверждена актом о внедрении на предприятие ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское» (г. Краснодар).

Структура и содержание автореферата отражают основные положения диссертации и не содержат противоречий с диссертационной работой.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Необходимо использовать данную установку пчеловодам для снижения доз химических препаратов при лечении и профилактики пчелиных семей. Также применять не только для профилактической обработки ульев, но и для обработки пчелоинвентаря и помещений, где он хранится. Рекомендуются провести исследования по определению наиболее эффективного периода обработки аналитом, например на основе тестов на заболеваемость. Используя результаты диссертационного исследования установить нормы по применению озонированного аналита в сочетании с разными препаратами и в зависимости от объекта воздействия.

Заключение

Диссертационная работа Цокур Екатерины Сергеевны на тему: «Параметры и режимы работы проточного электроактиватора водных растворов с озонированием для профилактической обработки ульев», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса, имеет внутреннее единство, выполнена на достаточно высоком теоретическом и методическом уровне. Она является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, которая соответствует паспорту специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрообору-

дование и энергоснабжение агропромышленного комплекса. Автореферат полностью отражает основное содержание и положения диссертации. Выводы, полученные в результате исследований, достаточно аргументированы, обладают новизной и достоверностью.

Представленная работа по своей направленности, актуальности, методам исследований, достоверности полученных результатов, научной и практической значимости соответствует требованиям п.п. 9-11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, так как содержит научно обоснованные технические и технологические разработки, направленные на повышение эффективности профилактических мероприятий и снижения количества применяемых химических препаратов в пчеловодстве, имеющих существенное значение для развития страны, а ее автор Цокур Екатерина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

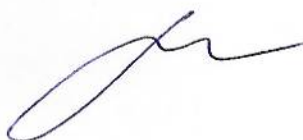
Диссертационная работа и отзыв на неё рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» (протокол № 6 от 10 апреля 2025 г.).

Доктор технических наук, профессор,
кафедра автоматизированного
электропривода



Кондратьева
Надежда Петровна

Заведующий кафедрой
автоматизированного
электропривода
к.ф.-м.н., доцент



Баранова
Ирина Андреевна

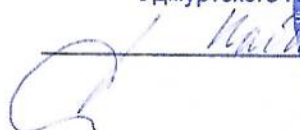
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет» (Удмуртский ГАУ)

426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11

Тел: 8(3412)589964

e-mail: nir@udsau.ru

Подпись заверяю
Начальник управления
кадрового делопроизводства
Удмуртского ГАУ



С отзывом ведущий
организации ознакомлена

12.05.25

Цокур Цокур Е. С.

Председателю диссертационного
совета 35.2.019.03,
созданного на базе ФГБОУ ВО
«Кубанский государственный
аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»
доктору технических наук,
профессору Оськину С.В.

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»
По диссертации Цокур Екатерины Сергеевны на тему: «Параметры и режимы работы проточного электроактиватора водных растворов с озонированием для профилактической обработки ульев» представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 - Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
Организационно-правовая форма	Государственное учреждение
Ведомственная принадлежность организации	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Почтовый индекс и адрес организации	426069, Россия, ПФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11
Адрес электронной почты организации	info@udsau.ru
Официальный сайт организации	https://udsau.ru
Телефон/факс	+7(3412)58-99-47
Сведения о структурном подразделении	Кафедра автоматизированного электропривода Тел.: +7 (3412) 77-16-54, Эл. почта: zykina_i@mail.ru

	Заведующая кафедрой Баранова Ирина Андреевна кандидат физико-математических наук, доцент
Основные публикации ведущей организации, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя	
1.	Корепанов, С. А. Энергетические характеристики конвективного индукционного водонагревателя / А. С. Корепанов, П. Л. Лекомцев, М. Л. Шавкунов, Р. И. Гаврилов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2(66). – С. 49-56.
2.	Осокина, С. А. Управление развитием личинок большой восковой моли (G. Mellonellal.) регулированием параметров микроклимата / А. С. Осокина, Н. П. Кондратьева, В. К. Ваштиев [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2(25). – С. 135-143.
3.	Кондратьева, Н. П. Разработка установки для реализации энергосберегающей световой технологии культивирования большой восковой моли в промышленных масштабах / Н. П. Кондратьева, А. С. Осокина, В. К. Ваштиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 3(63). – С. 72-78.
4.	Осокина, А. С. Перспектива применения природного адаптогена из личинок большой восковой моли в ветеринарии / А. С. Осокина, Е. А. Михеева, И. В. Масленников // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 1. – С. 71-79.
5.	Воробьева, С. Л. Влияние витаминно-минеральной кормовой добавки на продуктивность медоносных пчел (Apis mellifera) / С. Л. Воробьева, Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, М. Ю. Попкова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1(73). – С. 16-21.
6.	Пospelова, И. Г. Термическое обеззараживание почвосмеси ИК-излучением / И. Г. Пospelова, П. В. Дородов, Е. А. Михеева [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2024. – Т. 71, № 4(57). – С. 3-8.
7.	Воробьева, С. Л. Результаты зимовки пчелиных семей при использовании хелатных витаминно-минеральных подкормок / С. Л. Воробьева, Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, М. Ю. Попкова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4(80). – С. 114-121.
8.	Динамика силы пчелиных семей при использовании хелатных кормовых добавок / А. И. Любимов, С. Л. Воробьева, М. Ю. Попкова [и др.] // Пчеловодство. – 2024. – № 8. – С. 12-14.
9.	Роботизированная тележка для обеззараживания почвы и субстрата ик-излучением / И. Г. Пospelова, Т. А. Широбокова, Е. А. Михеева [и др.] // Сельский механизатор. – 2024. – № 4. – С. 36-37.
10.	Определение эффективности мойки оборудования из нержавеющей

стали при воздействии моющих и дезинфицирующих средств на биопленку / Е. А. Михеева, К. Л. Шкляев, Е. В. Куртеев [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4(80). – С. 127-133.

11. Обеззараживание почвы и субстрата ИК-излучением с автономной системой электроснабжения / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, А. М. Ниязов [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 1(46). – С. 79-83.

21.03.2025

Ректор ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
д-р. техн. наук



А.А. Брацихин