ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Болотина Владимира Леонидовича «Обоснование параметров работы электроозонаторов для повышения производительности установки выращивания микроводоросли», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – «Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса».

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время, в рамках обеспечения продовольственной безопасности страны, все чаще встают вопросы внедрения ресурсосберегающих технологий содержания и кормления животных. Одной из таких технологий является использование в рационе сельскохозяйственных животных хлореллы. Для повышения производительности роста микроводоросли на данный момент используется воздействие излучения мощных светодиодов, что значительно повышает энергоемкость процесса.

Поэтому перед производителями встает актуальная задача повышения продуктивности производства суспензии хлореллы, за счет разработки новых энергоэффективных электротехнологий.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Соискателем сформулированы 3 защищаемых положения, общие выводы представлены 5 пунктами.

Первое положение «Математическая модель тепловых электрических процессов электроразрядного блока озонатора, для условий работы в изолированной системе» рассмотрено во второй главе работы. Выводы по данному положению представлены во втором пункте заключения.

Второе положение «Результаты экспериментальных исследований, определяющие в зависимости от концентрации озона, продолжительность воздействия и периодичность обработки суспензии хлореллы, позволяющие увеличить концентрацию клеток и оптическую плотность раствора суспензии

хлореллы» рассмотрено в третьей главе работы. Выводы сформулированы в третьем пункте заключения.

Третье положение «Регрессионные модели влияния концентрации озона, времени обработки и количества обработок на концентрацию клеток и оптическую плотность раствора суспензии хлореллы» рассмотрено в 3 главе работы и подтверждено экспериментальными испытаниями, результаты которых показали, что максимальное увеличение прироста концентрации клеток микроводоросли хлореллы и оптической плотности, составило соответственно 73,5% и 70,6%. Выводы по данному положению представлены в третьем пункте заключения.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научную новизну работы составляют: математическая модель тепловых электрических процессов электроразрядного блока электроозонатора для условий работы в изолированной системе; эффективные параметры обработки при электроозонировании, позволяющие увеличить концентрацию и оптическую плотность раствора суспензии хлореллы; регрессионные модели влияния концентрации озона в озоновоздушной смеси, продолжительность воздействия, количества обработок на концентрацию клеток и оптическую плотность раствора суспензии хлореллы.

Основные научные положения диссертации и выводы достаточно корректно обоснованы с использованием теории электротехнологии, термодинамики, техники высоких напряжений, теорией планирования эксперимента, методами теории вероятности и математической статистики.

Достоверность полученных результатов обоснована адекватностью полученных теоретических и экспериментальных результатов.

Выводы и рекомендации по работе полностью отражают результаты, проведенного диссертационного исследования. Диссертационная работа содержит необходимые ссылки на литературные источники. Основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в 7 научных пуб-

ликациях автора, в том числе 3 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК, получен один патент на изобретение.

4. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемых источников и 2-х приложений. Работа содержит 129 страниц основного текста, 39 рисунков, 14 таблиц. Список используемых источников содержит 150 наименований. По стилю изложения и четкости формулировок работа удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

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

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» дана характеристика современных методов ускорения производства хлореллы, обосновано применение электротехнологического воздействия на суспензию хлореллы, а именно обработка озоно-воздушной смесью, рассмотрены существующие озоногенерирующие установки и их основные характеристики.

Во второй главе «Теоретические положения по электроозонированию суспензии хлореллы» проводится описание технологического процесса электроозонной обработки хлореллы, рассматривается математическая модель процессов, происходящих в газоразрядной ячейке озонатора при условии работы в изолированной системе и аэродинамический расчет подачи озоновоздушной смеси в емкость с суспензией.

В третьей главе «Экспериментальное исследование влияния электроозонирования на клетки микроводоросли хлореллы» описывается разработанная методика экспериментальных исследований, описание экспериментальной установки, полученные по результатам экспериментов уравнения регрессии, определяющие степень влияния концентрации озона, времени обработки и количества обработок на процесс стимулирования роста микроводо-

росли. Предложен режим обработки суспензии хлореллы, позволяющий увеличить в два раза производительность культиватора.

В четвертой главе «Технико-экономическое обоснование применения электроозонной технологии стимулирования микроводоросли хлореллы» проведена технико-экономическая оценка проекта по производству суспензии хлореллы в Краснодарском крае с применением электроозонной технологии, которая подтвердила эффективность предлагаемой технологии для стимулирования роста микроводоросли.

В заключении приведены основные итоги выполненной работы и рассматриваются перспективы дальнейшего применения.

5. Оформление диссертации и ее редактирование

Оформление диссертации соответствует требования, изложенным в нормативно-технических документах. Диссертация изложена аргументировано, логично и технически грамотно, что характеризует соискателя как сформированного высококвалифицированного специалиста. Материалы исследований сопровождаются рисунками и фотографиями,

Автореферат отображает основное содержание диссертации.

6. Замечания по содержанию и оформлению работы

1) Не приведено четкого обоснования выбора озона по сравнению с другими электрофизическими методами воздействия

2) Не указана величина воздухообмена, необходимая для удаления избыточного нагрева, газоразрядного блока (стр.44).

3) Отмечено, что для синтеза озона энтальпия $\Delta H = 142{,}3$ кДж/моль положительна, так как энергия требуется для разрыва связи в молекуле кислорода. При этом в выражении (2.6) стоит знак «минус», что может привести к неверной интерпретации результатов расчета.

4) В пояснениях графиков на рисунке 2.4 приведены две разные интерпретации кривых: для электрической мощности газового промежутка и скорости прохождения газа. Не обоснован выбор сочетания параметров.

5) Не обоснованы скорости прохождения газа 0,3 м/с и 0,5 м/с. Не приведена методика их расчета. При этом в выражениях (2.46)-(2.48) получены скорости движения воздуха 20,4 и 21,2 м/с.

6) Не приведены пояснения к рисунку 2.5. Не ясно, полученная концентрация озона достаточна или нет для технологического процесса.

7) Нет четкого обоснования выбора частоты импульсов в 500 Гц длительностью 57,6 мкс (стр.58).

8) Не приведены расчеты мощности единицы объема газоразрядного промежутка *Pp* по формуле (2.27), доказывающие, что они совпадают с расчетами, полученными по формуле (2.15).

9) Совершенно излишне приведена полная методика расчета коэффициента гидравлического трения для всего диапазона чисел Рейльнодса, с выходом на области доквадратичного и квадратичного сопротивления.

10) В выводе п.2 по второй главе диссертации характеристики питающего сигнала: 10 кВ, 500 Гц, 57,6 мкс привязаны к математической модели газоразрядной ячейки озонатора. Хотя в самой модели этих параметров нет.

11) Не раскрыто, как в экспериментах поддерживалась температура в пределах 28-30°С. В теоретической части неоднократно подчеркивалась важность этого параметра.

12) В экспериментальных данных в таблице 3.2 контроль составляет – $13{,}0 \cdot 10^6$ кл/мл, а в таблице 3.3 – $14{,}1 \cdot 10^6$ кл/мл. Чем вызвана эта разница?

13) Не приведена методика измерения оптической плотности фотоэлектрическим калориметром КФК-2. На рисунках 3.11-3.15 не указана единица измерения оптической плотности.

14) По тексту диссертации встречается орфографические и стилистические ошибки: в тексте диссертации указано, что озоно-воздушная смесь поступает в рассекатели, а на рисунке 2.1 они названы диффузорами; выражение мощности *Pp* (2.15) без необходимости продублировано в выражении (2.26); не для всех формул приведен анализ размерностей.

Указанные замечания по диссертационной работе не снижают значимости представленных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

7 Заключение

Диссертация Болотина Владимира Леонидовича на тему «Обоснование параметров работы электроозонаторов для повышения производительности установки выращивания микроводоросли» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке электротехнологии ускорения роста суспензии хлореллы за счет обработки озоновоздушной смесью и соответствует требованиям п.9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Болотин В.Л. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Энергетики и электротехнологии ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Лекомцев Петр Леонидович

426069, Россия, Удмуртская Республика,
г.Ижевск, ул. Студенческая, 11
тел.: +7 (3412) 58-99-47; e-mail: info@udsau.ru.
Официальный сайт: https://udsau.ru/

«29» 05 2026 г.

Подпись заверяю:
Начальник управления
кадрового делопроизводства
Удмуртского ГАУ