

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.029.03,**

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 14 февраля 2025 года № 2

О присуждении Сухановой Марине Владимировне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оптический метод и средство функциональной диагностики влагообеспеченности растений» по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, принята к защите 03 декабря 2024 года (протокол заседания № 13) диссертационным советом 99.2.029.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95), федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (308015, г. Белгород, ул. Победы, 85) приказом №1196/нк от 7 октября 2016 года (№889/нк от 25 сентября 2024 года).

Соискатель Суханова Марина Владимировна, родилась 07 ноября 1989 года, в 2014 году с отличием окончила Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс (в настоящее время Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева) с присвоением квалификации магистр и специального звания «магистр-инженер» по направлению подготовки «Приборостроение». В 2019 году окончила аспирантуру при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по направлению 12.06.01. Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Работала инженером лаборатории биофизических исследований на кафедре приборостроения, метрологии и сертификации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования



«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в настоящее время не работает (в отпуске по уходу за ребенком).

Диссертация выполнена на кафедре приборостроения, метрологии и сертификации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент Бондарева Людмила Александровна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», доцент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации.

**Официальные оппоненты:**

Мачихин Александр Сергеевич – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук», ведущий научный сотрудник лаборатории акустооптической спектроскопии;

Дивин Александр Георгиевич – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры мехатроники и технологических измерений

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург **в своём положительном отзыве**, подписанном Юлдашевым Зафаром Мухамедовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой биотехнических систем, Тарасовым Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой фотоники, утверждённом проректором по научной и инновационной деятельности Семеновым Александром Анатольевичем, доктором технических наук, доцентом, указала, что диссертационная работа Сухановой Марины Владимировны на тему «Оптический метод и средство функциональной диагностики влагообеспеченности растений» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития инструментальных средств оценки состояния растительных объектов, разработки водосберегающих технологий и обеспечения экологической безопасности. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке водосберегающих технологий орошения и полива растений, основанных на инструментальной оценке потребности самих растений в воде с целью выбора момента полива и его дозирования, а также в процессе оценки эффективности агротехнических мероприятий и при проведении экологического мониторинга. Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и требованиям паспорта специальности



2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки). Автор диссертации, Суханова Марина Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, общим объёмом 8,5 печатных листов, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 научных работ (7 печатных листов), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 (3,6 печатных листа, авторский вклад 70%); 2 патента на изобретение. Соискателем опубликовано 9 работ в материалах международных и всероссийских конференций (2,3 печатных листа, авторский вклад 75%).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

**Наиболее значимые статьи по теме диссертации:**

1. Суханова М.В. Измерительное устройство для определения уровня влагообеспеченности листовых растений / Суханова М.В., Бондарева Л.А. // Автоматизация в промышленности. – 2021. – № 2. – С. 15-19.

2. Суханова М.В. Обоснование оптимального выбора длины волны для проведения функциональной диагностики растений оптическим методом в условиях недостаточного влагообеспечения / Суханова М.В., Бондарева Л.А. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2020. – № 3 (341). – С. 146-153.

3. Суханова М.В. Аналитический обзор подходов к математическому моделированию взаимодействия оптического излучения с растительной тканью / Суханова М.В. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2020. – № 1 (339). – С. 127-139.

На автореферат поступили 7 отзывов из следующих организаций: Тульского государственного университета, подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой приборы и биотехнические системы Прохорцовым Алексеем Вячеславовичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. На рисунке 13, показывающем зависимость изменения зеркальной составляющей отраженного излучения от листьев растений, не показан момент полива; 2. На рисунке 14, где показаны моменты полива, остается не совсем понятной отсутствие реакции растений на первый полив); Рязанского государственного радиотехнического университета имени В.Ф. Уткина, подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой информационно-измерительной и биомедицинской техники Жулёвым Владимиром Ивановичем (Отзыв положительный. Замечание: в автореферате указаны только два вида растений (рисунок 15), к которым применялся представленный принцип классификации их состояний. Не совсем понятно, была ли проведена классификация состояний других, отличающихся от уже представленных, растений? Изменится ли при этом решающее правило?); Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва, подписан кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры диагностических информационных технологий Хвостовым Андреем Александровичем (Отзыв положительный. Замечание: из текста автореферата не совсем понятно, почему выбрана длина волны именно 860 нм, есть ли возможность



варьирования данного значения и насколько допустимы в данном случае отклонения?); Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, подписан доктором технических наук, профессором, профессором кафедры электронного приборостроения и менеджмента качества Солдаткиным Владимиром Михайловичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Не сформулирована задача научного исследования диссертации, а раскрываются только направления ее решения; 2. Используемый для оценки качества предложенного метода контроля состояния растительного объекта показатель «точность», равный 0,96 (стр. 18), целесообразно заменить на «объективность»; 3. То же относится к замене показателя «специфичность» – на «оригинальность» в таблице 2); Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, г. Москва, подписан кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией светотехники Смирновым Александром Анатольевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Не представлена принципиальная электрическая схема разработанного измерительного устройства; 2. Отсутствует расчет экономического эффекта от внедрения разработанного устройства диагностики функционального состояния растений; 3. По тексту встречаются орфографические ошибки, некоторые рисунки низкого качества, подпись к рисунку 3 не полная); Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина, подписан кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка и тракторов Севостьяновым Александром Леонидовичем (Отзыв положительный. Замечание: в работе не указаны виды растений, которые были использованы для получения спекл-картины (рисунок 2) и для построения профилограммы (таблица 1), также не всегда приводятся названия растительных объектов согласно латинской системе номенклатуры растений (рис. 5, 13, 14)); Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН, г. Ялта, подписан доктором биологических наук, главным научным сотрудником лаборатории фитомониторинга Ильницким Олегом Антоновичем (Отзыв положительный. Замечаний нет).

Все поступившие в совет отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается, что диссертационная работа выполнена на актуальную тему, на высоком научном уровне, отличается научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполнена лично соискателем и имеет завершённый характер, соответствует паспорту научной специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды и критериям, предъявляемым п.п.9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями и дополнениями) к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты характеризуются высокой степенью компетентности в области оптического приборостроения, методов и средств контроля и диагностики оптических характеристик объектов растительного происхождения, а также наличием публикаций за последние пять лет в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и



практическую ценность диссертации. Ведущая организация является передовым научно-исследовательским образовательным учреждением в области оптоэлектронных систем, лазерной техники, приемников оптического излучения, сбора и обработки информации о состоянии природной среды с помощью оптико-электронных средств дистанционного зондирования, обладает высококвалифицированными научными специалистами, известными в стране и за рубежом, специализирующимися в области проблематики диссертационной работы. Организация осуществляет научные разработки и подготовку кадров высшей квалификации по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*введен* интегральный критерий оценки влагообеспеченности растительных объектов, в качестве которого выступает наличие и уровень зеркальной составляющей смешанного инфракрасного излучения на длине волны 860 нм, отраженного от шероховатой поверхности листьев растений;

*разработан* неразрушающий метод функциональной диагностики растений, базирующийся на количественной оценке зеркальной составляющей отраженного излучения на длине волны 860 нм от поверхности листьев, позволяющий оценить влагообеспеченность растительного организма в режиме реального времени и обеспечивающий повышение объективности, точности и оперативности проводимой диагностики;

*предложена* математическая модель процесса формирования смешанного инфракрасного отражения от шероховатой поверхности листьев растений с выделением зеркальной и диффузной составляющих, базирующаяся на модели Дэвиса и отличающаяся уточнением коэффициента зеркальности и введением коэффициента диффузности, позволившими оценить динамику изменения каждой составляющей отраженного излучения и выделить группу параметров, определяющих этот процесс на поверхностях растительных объектов;

*доказана* взаимосвязь между зеркальной составляющей отраженного излучения от листьев и функциональным состоянием растительного организма, определяемым его влагообеспеченностью, установлено, что присутствие зеркальной составляющей (порядка 5-30%) свидетельствует о том, что растение находится в состоянии, которое не требует внешнего вмешательства со стороны человека; снижение или отсутствие зеркальной составляющей в отраженном излучении говорит об угнетении состояния растительных объектов и требует проведения мероприятий по уходу за ними.

*Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:*

*доказана* зависимость изменения зеркальной и диффузной составляющих отраженного излучения от параметров шероховатой поверхности листьев растений, состояние которых в связи с разной водообеспеченностью растения будет определяться разным тургором листьев. Диффузная составляющая присутствует в случае наличия шероховатостей на поверхности листа растения, что соответствует



сниженному тургору листовенной пластины и ее увяданию; зеркальная составляющая свидетельствует о состоянии, которое характеризуется наличием минимальных микронеровностей, высоким тургором поверхности листа и её блеском, указывающих на хорошее влагообеспечение всего растения в целом;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** положения корпускулярной и волновой теории света, законы геометрической оптики, методы геометрического и математического моделирования, методы математической статистики, а также методы экспериментальных исследований;

**изложен** новый подход по проведению функциональной диагностики растительного организма в целом путем оценки состояния его листьев, основанный на изменении оптических свойств листовой пластины при изменении параметров ее шероховатой поверхности из-за изменения влагообеспеченности всего растения;

**раскрыты** в соответствии с законами геометрической оптики особенности формирования зеркальной составляющей в отраженном излучении и показано, что её интенсивность определяется соотношением углов наклона микрограниц и падающего светового потока;

**изучены** в соответствии с законами волновой оптики сочетания возможных изменений размеров микронеровностей листовой пластины и угла падения излучения, способствующие формированию процесса дифракции для длины волны 860 нм и создающие условия для формирования зеркального отражения.

**проведена модернизация** метода классификации растений за счет использования современного программного обеспечения, позволившего как увеличить скорость работы классификатора, так и адаптировать его для решения задач по классификации состояний растений других видовых групп.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**создано** портативное, малогабаритное устройство контроля функционального состояния растений, позволяющее объективно оценивать потребность растения во влаге в режиме реального времени, как в лабораторных, так и в полевых условиях и дающее возможность оптимизировать процесс выращивания, а также способствующее внедрению водосберегающих технологий;

**представлена** методика оценки функционального состояния растений для определения их влагообеспеченности, основанная на неразрушающем методе контроля и не влияющая на дальнейшую жизнь растений, а также дающая возможность интегрировать предложенный подход в цифровые информационные технологии для обеспечения экологической безопасности окружающей среды;

**разработанные** метод и средство функциональной диагностики влагообеспеченности растений **внедрены** в учебный процесс Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева при подготовке студентов по направлениям 12.03.01 Приборостроение и 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, а также прошли апробацию в полевых условиях фермерского хозяйства (ООО «ПКФ «Ляна», г. Орёл), подтвердившую эффективность их применения для реализации наблюдения за функциональным состоянием растений;



*определены* перспективы практического применения предложенного метода функциональной диагностики растительных объектов, в основе которого лежит использование в качестве интегрального критерия функционального состояния растения зеркальной составляющей отраженного инфракрасного излучения от его листьев, позволяющего по состоянию поверхности листа судить о влагообеспеченности всего растения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*для экспериментальных работ* достоверность обоснована апробированием предложенного метода функциональной диагностики влагообеспеченности растений;

*теория* построена на известных законах геометрической и волновой оптики и не противоречит основным физическим принципам; все теоретические результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными, полученными в ходе экспериментальных исследований как в лабораторных, так и в полевых условиях;

*идея базируется* на том, что тургор, являясь показателем оводнённости растительных клеток, изменяется в соответствии с влагообеспеченностью растений. Изменение напряжённого состояния оболочек живых клеток приводит к изменению параметров шероховатой поверхности всего листа, что влияет на состав смешанного отраженного инфракрасного излучения. Определение зеркальной составляющей проводится за счет измерения смешанного и диффузного отражения и расчета разности измеренных величин;

*использованы* результаты опубликованных работ в области функциональной диагностики растений, оценки высот микронеровностей, характерных для поверхностей растительных объектов, для сравнения и подтверждения авторских результатов;

*установлено* качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках, по оценке высоты микронеровностей листьев и при реализации классификации растений;

*использованы* современные методики обработки полученных экспериментальных данных и современное программное обеспечение для проведения геометрического и математического моделирования, а также для реализации алгоритма работы классификатора;

*для экспериментальных результатов* показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях.

*Личный вклад соискателя* состоит в разработке оптического метода и средства функциональной диагностики влагообеспеченности растений, их апробации, а также в участии в научных экспериментах, обработке и интерпретации полученных экспериментальных данных.

Результаты работы могут быть использованы при разработке информационно-измерительных систем контроля состояния растительных объектов, основанных на инструментальной оценке потребности самих растений в воде, способствующих внедрению водосберегающих технологий орошения и полива.

В ходе защиты было высказано следующее критическое замечание: размеры измерительного окошка не ориентированы на небольшие листья (менее 10 мм), что



не позволяет охватить все видовое разнообразие растений, а также создает дополнительные трудности при выборе листа растения для проведения диагностики.

Соискатель Суханова Марина Владимировна исчерпывающе ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и высказанные замечания, обосновала, что в качестве интегрального критерия функциональной диагностики растений для определения их влагообеспеченности возможно использование зеркальной составляющей инфракрасного отраженного излучения от их листьев и привела собственную аргументацию подхода к функциональной диагностики влагообеспеченности растений с помощью разработанных неразрушающего метода и средства, которые могут быть использованы как при разработке водосберегающих технологий орошения и полива растений, основанных на инструментальной оценке потребности самих растений в воде, так и в процессе оценки эффективности агротехнических мероприятий и при проведении экологического мониторинга для увеличения эффективности водопользования в целях обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

На заседании 14 февраля 2025 года диссертационный совет принял решение: за успешное решение научно-технической задачи создания оптического неразрушающего метода и средства функциональной диагностики влагообеспеченности растительных объектов, обеспечивающих повышение объективности, точности и оперативности проводимой диагностики, способствующих ее автоматизации и интеграции в цифровые информационные технологии и имеющих важное значение для развития приборостроения и повышения экологической безопасности окружающей среды, присудить Сухановой Марине Владимировне учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования в удалённом интерактивном режиме диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали за – 15, против – нет, воздержались – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Учёный секретарь  
диссертационного совета

14 февраля 2025 года



Филист Сергей Алексеевич

Милостная Наталья Анатольевна