

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.12.2023 г. № 7
о присуждении Фомину Сергею Викторовичу, гражда-
нину Российской Федерации, ученой степени кандидата
физико-математических наук

Диссертация «Модели комплексной диэлектрической проницаемости ми-
неральных почв для радиоволновых методов исследования Земли» по спе-
циальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики принята к защи-
те 22.09.2023 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.1.228.02,
созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учре-
ждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), 660036,
Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки № 1514/НК от 25.11.2016.

Соискатель Фомин Сергей Викторович, «02» января 1979 года рождения,
в 2002 г. окончил Красноярский государственный технический университет по
специальности «Радиотехника».

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории радиофизики
дистанционного зондирования Института физики им. Л.В. Киренского Сибир-
ского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ
КНЦ СО РАН (ИФ СО РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории радиофизики дистанционного
зондирования ИФ СО РАН.

Научный руководитель – д. ф.-м. н., проф., член-корреспондент РАН *Миронов Валерий Леонидович*, ИФ СО РАН, лаборатория радиофизики дистанционного зондирования, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты: *Чимитдоржиев Тумэн Намжилович*, доктор технических наук, профессор, заведующий сектором оптико-микроволновой диагностики и обработки космической информации, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук; *Яценко Александр Сергеевич*, кандидат физико-математических наук, и.о. зав. лаб. радиофизического материаловедения и излучающих систем Института радиофизики и физической электроники Омского научного центра СО РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, советником при ректорате, заведующим кафедрой радиоэлектроники Григорием Ефимовичем Дунаевским, указала, что диссертация Фомина Сергея Викторовича является самостоятельным и законченным исследованием на актуальную тему. Работа соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Соискатель имеет 49 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ. Получено 2 патента РФ на изобретения. Сведения об опубликованных соискателем работах, виде, авторском вкладе и объеме научных изданий, указанные в диссертационной работе, являются достоверными. Наиболее значимые работы: 1) *Миронов, В. Л.* Метод создания спектроскопической базы данных диэлектрических свойств влажных почв в СВЧ диапазоне / В. Л. Миронов, Л. Г. Косолапова, С. В. Фомин // Изв вузов. Радиофизика. – 2007. – Т. 50, № 4. – С. 339–349. 2) *Mironov, V. L.* Physically and Mineralogically Based Spectroscopic Dielectric Model for Moist Soils / V. L. Mironov, L. G. Kosolapova, S.

V. Fomin // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2009. – Vol. 47, no. 7. – P. 2059–2070. 3) *Mironov, V. L.* Temperature and Mineralogy Dependable Model for Microwave Dielectric Spectra of Moist Soils / V. L. Mironov and S. V. Fomin // PIER Online. – 2009. – Vol. 5, no. 5, – P. 411–415. 4) *Mironov, V. L.* Multirelaxation Generalized Refractive Mixing Dielectric Model of Moist Soils / V. L. Mironov, P. P. Bobrov, S. V. Fomin // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2013. – Vol. 10, no. 3, – P. 603–606.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

Ведущая организация (ТГУ). Отзыв положительный. Отмечено, что научные результаты и выводы, полученные диссертантом, являются новыми и имеют значительную научную и практическую ценность. Замечания: 1) Автор во введении отмечает такое преимущество радиодиапазона, как возможность проводить зондирование на большую глубину проникновения волны. В самом диссертационном исследовании не уделено внимания вопросу влияния нижележащих почвенных горизонтов на результаты восстановления влажности поверхностного слоя. 2) В работе принимается модель Дебая для описания спектров почвенной влаги, как в связанном состоянии, так и в свободном. Не приведено убедительных доказательств правомерности применения модели Дебая для связанной воды. 3) Автор подчеркивает, что минералогически-зависимая модель для диэлектрической проницаемости влажных почв требует только одного гранулометрического параметра – содержания глинистой фракции. Вместе с тем, фактически параметров модели достаточно много и в работе не дано сравнения с другими моделями по количеству параметров. Остается непонятным, есть ли преимущество предложенных моделей в смысле уменьшения количества параметров. 4) В тексте работы используются неудачные выражения «диэлектрические измерения», «диэлектрическое поведение», «диэлектрические предсказания» (С. 23, 85, 99, 101 и др.), которые не вполне соответствуют научному стилю. 5) Автор использует многобуквенные аббревиатуры для обозначения своих моделей (ТЗ ОРДМС, МЗ ОРДМС, ОЧРДМС, ПДМС). Хотя для каждой из них своевременно даны расшифровки, частое применение аббревиатур затрудняет чтение и понимание текста.

Д.т.н., профессор Чимитдоржиев Тумэн Намжилович – официальный оппонент. Отзыв положительный. Отмечено, что работа имеет важное теоретическое и практическое значение. Замечания: 1) Почва — это сложная гетерогенная система, КДП которой зависит от многих факторов (плотность, влажность, гранулометрический и минеральный состав). Влияние первых трёх показано в диссертации, но не рассмотрено влияние минерального состава на КДП. 2) На стр. 97 приведена карта Австралии, где проведено восстановление влажности с использованием модели, предложенной в диссертации. Соответственно следовало оценить точность с указанием данных диэлектрических измерений грунтов для этого региона планеты. Также необходимо было указать ограничения при использовании предлагаемой модели. 3) В работе заявлено, что модели разработаны для практического применения в алгоритмах обработки спутниковых данных. Тогда следовало указать параметры, которые будут использоваться моделью. 4) В четвертой главе показано, что в двух релаксационной модели связанная вода обладает двумя релаксациями, свободная – одной, в трех релаксационной модели связанная вода обладает тремя релаксациями, свободная и переходная – одной. Вместе с тем следовало указать также способ определения количества релаксаций каждого вида почвенной воды. 5) При оформлении диссертации имеются опечатки.

К.ф.-м.н. Яценко Александр Сергеевич – официальный оппонент. Отзыв положительный. Отмечено, что диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы. Полученные результаты имеют международное признание, подтверждением чего является использование варианта обобщённой рефракционной модели влажных почв в алгоритме обработки радиометрических данных спутников SMAP и SMOS. Замечания: 1) Несмотря на то, что целью диссертационного исследования является разработка диэлектрических моделей влажных почв для нужд дистанционного зондирования Земли радиофизическими методами, описание физических принципов, лежащих в основе технологий спутниковой микроволновой радиометрии и радиолокации, приведено в недостаточном объёме. Так, в разделе 1.1 приведён лишь ряд формул, связывающих величины радиояркостной температуры и сечения обратного рассеяния с параметрами подстилающей поверхности. По этой причине не удаётся создать целост-

ное представление о структуре моделей излучения и рассеяния радиоволн подстилающей поверхностью, и месте, которое занимают диэлектрические модели влажных почв при решении обратной задачи дистанционного зондирования радиофизическими методами. 2) В пункте «Личный вклад» раздела «Введение», указывается, что автор занимался анализом экспериментальных данных, разработкой алгоритма извлечения из них значений параметров рефракционных моделей. При этом в пункте «Методология и методы исследования» указывается, что «Для разработки диэлектрических моделей талых почв в радиоволновом диапазоне частот применялись методы диэлектрической спектроскопии...». Исходя из чего можно сделать вывод о том, что автор использовал данные, полученные сторонними исследователями. Автору следовало бы указать, откуда взяты данные лабораторных измерений комплексной диэлектрической проницаемости почв и дать краткое описание использовавшегося метода диэлектрической спектроскопии. 3) Насколько можно понять из текста диссертационной работы, публикации автора, в которых приведены основные результаты по теме исследования, не приведены в виде отдельного списка, а содержатся в общем перечне литературных источников. Это затрудняет оценку личного вклада соискателя в проделанную работу и уровень опубликованных работ. 4) Автором используются термины не являющиеся устоявшимися и однозначно трактуемыми. Так, название раздела 1.3 звучит как «*Диэлектрическое поведение талых почв в микроволновом диапазоне*». Используется термин «*мегагерцовый диапазон*», «*гигагерцовый диапазон*», без указания конкретного диапазона частот или длин волн согласно общепринятой классификации (например, короткие волны, ультракороткие волны и т. д.), что наряду с имеющимися в тексте стилистическими ошибками создаёт затруднения для понимания физической сути представленных результатов исследования.

Д.ф.-м.н. Банах Виктор Арсентьевич. Отзыв положительный. Отмечено, что вынесенные на защиту научные положения характеризуются новизной, являются доказанными и достоверными, имеют высокую научную и практическую значимость. Принципиальных замечаний по автореферату нет.

К.ф.-м.н., доцент Кочеткова Татьяна Дмитриевна. Отзыв положительный. Отмечены актуальность, новизна и практическая значимость работы. За-

мечания: 1) На защиту выносятся три модели зависимости диэлектрической проницаемости почвы от влажности, частоты, температуры. По указанным параметрам (диапазон частот электромагнитных волн от 0,3 до 26 ГГц, содержание глинистой фракции от 0 до 76 %) Минералогически-зависимая модель из положения 1 отличается от температурно- и минералогически-зависимой модели из положения 2 только температурными рамками: 20 °С и диапазон температур от 10 до 40 °С, соответственно. В автореферате не отражено, является ли первая модель частным случаем второй и проводилась ли такая проверка. 2) В автореферате не подчеркнут личный вклад автора, хотя большой труд С.В. Фомина не вызывает сомнений, что подтверждает обширный список опубликованных масштабных работ. 3) В оформлении текста автореферата замечена некорректная расстановка запятых в одном месте (страница 13, абзац 1 сверху, предложение 1), отсутствие абзацного отступа на странице 9, отсутствие знаков препинания в оформлении формул 7–10.

Д.т.н. Романов Андрей Николаевич. Отзыв положительный. Отмечено, что представленные в автореферате научные результаты действительно являются достаточно важными для расчета диэлектрических характеристик почв и на этой основе интерпретации спутниковых данных микроволнового диапазона, в частности спутника SMOS. Замечания: 1) Рассматриваются разные модификации рефракционной модели, определяемой как квадратный корень КДП почвы равный сумме квадратных корней КДП составляющих почву компонент или все же это разные модели? Но тогда следует указать в чем их принципиальное отличие от общепринятой рефракционной модели. 2) Какой смысл автор вкладывает в слово «талые почвы»? Талые почвы и незамерзшие почвы в понимании автора – это разные понятия или одно и то же? Мерзлая почва, в которой лед растаял день, неделю, месяц назад – это талая почва или незамерзшая почва? Вопрос связан с тем, что, согласно общепринятому определению, талая почва – это почва, в которой тают содержащиеся в ней снег и лед. Как только они растают, почва будет продолжать оставаться талой почвой или будет относиться к категории незамерзшей почвы (то же самое, что и талая вода)? Автор измерял КДП почвы в процессе таяния в ней льда? 3) Также возникает вопрос по поводу «минеральных не засоленных почв». Видимо, автор использует деление почв на

минеральные (без органических веществ) и органоминеральные. В то же время этот термин можно интерпретировать как исследование разных минералов (раз модель минералогически-зависимая). В этом случае нелишне было бы уточнить, какие конкретно почвенные минералы исследовались автором в данной работе? Вопрос связан с тем, что токсичные соли, вызывающие почвенное засоление, тоже являются минералами (например, галит, тенардит, мирабилит, эпсомит и др.). Указывая, что исследовались минеральные не засоленные почвы, автор должен быть готов к вопросу - какие конкретно глинистые или песчаные минералы (силикаты, каолиниты, монтмориillonиты и т. д.) исследовались в данной работе? Однако в тексте реферата не упомянуто ни одного минерала. Из автореферата следует, что под минеральным составом почвы автор понимает процентное содержание песка, глины, то есть в большей степени исследуется гранулометрический состав почвы, но никак минералогический состав.

Далее автор ставит одной из задач диссертации следующую задачу (стр. 5): «Создать минералогически-зависимую, минералогически- и температурно-зависимую рефракционные диэлектрические модели талых минеральных почв на основе разработанной методики определения спектроскопических параметров». Но, в результате возникшей терминологической путаницы, поставленную в диссертации задачу следует считать невыполненной, так как влияние минералов на КДП не изучалось. Также непонятно, какая почва изучалась - талая или незамерзшая? У этих почв могут быть разные диэлектрические характеристики, за счет температурной дисперсии диэлектрических свойств связанной и свободной воды. Поэтому их следует различать.

По поводу научной новизны. Непонятно, какой смысл автор вкладывает в следующее утверждение: «Впервые установлены взаимосвязи между спектроскопическими параметрами рефракционной диэлектрической модели и гранулометрическим составом (весовое содержание глинистой фракции), положительной температурой большого набора естественных почв. Показано, что вариации спектроскопических параметров рефракционной диэлектрической модели в зависимости от различных типов минеральных почв могут быть описаны с использованием одного лишь параметра – содержания глинистой фракции по весу». Возможно, что автор имеет ввиду те параметры, которые он ввел допол-

нительно в модифицированную им рефракционную модель, в этом случае, с указанным тезисом следует согласиться. Но вообще-то влияние гранулометрического состава и температуры на диэлектрические характеристики почв, в том числе и в рамках общепринятой рефракционной модели, известно достаточно давно и не является чем-то новым.

Д.ф.-м.н., доцент Дамдинов Баир Батуевич. Отзыв положительный. Отмечено, что практическую значимость результатов работы Фомина С.В. характеризуют: факт принятия разработанных им моделей и алгоритмов восстановления влажности действующих спутников SMOS и SMAP; предлагаемая много-релаксационная модель может быть применена не только на существующих метеорологических спутниках, работающих в L-диапазоне частот, но и на перспективных разработках, таких как планируемый к запуску спутник BIOMASS, работающий в Р-диапазоне частот; наличие двух патентов на РФ изобретение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается опытом их работы, наличием публикаций и достижениями в области исследований соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложен способ нахождения спектроскопических параметров связанной и свободной почвенной воды (статическая диэлектрическая проницаемость, время релаксации, проводимость) на основе совместного регрессионного анализа всех измеренных спектров КДП исследуемого почвенного образца.

Показано, что зависимость параметров рефракционной модели от гранулометрического состава влажной почвы в основном обусловлено содержанием одной только глинистой фракции.

Предложена методика учета низкочастотных релаксаций почвенной воды непосредственно внутри самой рефракционной модели.

Разработанные на основе вышеназванных методик и зависимостей минералогические диэлектрические модели влажных почв обладают малым количеством входных параметров (частота эл.-маг. поля, влажность почвы, ее температура, и количество глинистой фракции), что значительно упрощает их практическое применение.

Теоретическая значимость исследования. Созданы новые методы обработки данных, на основе которых разработаны диэлектрические модели влажных почв, более простые в использовании и применимы к более широким условиям эксплуатации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: часть из представленных в работе моделей влажных почв благодаря малому количеству задаваемых входных параметров внедрена и успешно применяется в алгоритмах обработки информации реальных спутников, таких как SMOS (спутник Европейского космического агентства) и SMAP (спутник Национального аэрокосмического агентства США); другая часть (многорелаксационные модели) может найти применение в алгоритмах обработки информации как уже существующих спутников, работающих в ГГц диапазоне частот, так и в перспективных спутниковых радарных и радиометрических системах нового поколения с рабочими частотами в МГц-диапазоне.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием в качестве исходных данных экспериментальных измерений спектров КДП почв, выполненных независимыми авторами на различных диэлькометрических установках. При обработке данных и для разработки моделей применялись верифицированные алгоритмы регрессионного и статистического анализа. Точность представленных в работе моделей комплексной диэлектрической проницаемости влажных почв подтверждается сравнением экспериментальных значений КДП почв с результатами моделирования. Так же точность представленных в работе моделей сравнивалась с точностью моделей других авторов, широко используемых в задачах измерения влажности дистанционными методами зондирования. Проводимые сравнения, как самим диссертантом, так и сторонними авторами подтвердили высокую точность разработанных методик и основанных на них моделей.

Личный вклад соискателя заключается в анализе экспериментальных данных, разработке методов нахождения из них значений параметров моделей, получения функциональных зависимостей этих параметров с целью создания

универсальной и удобной в использовании минералогической диэлектрической модели влажных почв.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Фомин Сергей Викторович аргументировано ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и представленные замечания.

На заседании 08.12.2023 г. диссертационный совет сделал вывод о том, что диссертация представляет собой законченное исследование, содержит решение научной задачи, имеющей значение для разработки методов математической обработки экспериментальных результатов и моделирования физических явлений и процессов, соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принял решение присудить Фомину Сергею Викторовичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 21, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.1.228.02

д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.228.02

д.ф.-м.н., с.н.с.

08 декабря 2023 года



Шабанов Василий
Филиппович

Втюрин Александр
Николаевич