

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Фомина Сергея Викторовича **«Модели комплексной диэлектрической проницаемости минеральных почв для радиоволновых методов исследования Земли»**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. — приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа посвящена совершенствованию диэлектрических моделей влажных почв, используемых при решении прикладных задач радиофизики дистанционного зондирования. Физически обоснованная и формализованная в математическом виде взаимосвязь между комплексной диэлектрической проницаемостью и такими характеристиками почв как гранулометрический состав, объёмная доля влаги, количество органической компоненты, термодинамическая температура, содержание солей, является важным элементом алгоритма дистанционного определения характеристик подстилающей поверхности радиофизическими методами. Несмотря на то, что работы по изучению радиофизических характеристик подстилающей поверхности в СВЧ диапазоне волн были начаты ещё в 70-е годы прошлого века, исследования, направленные на совершенствование известных и разработку новых диэлектрических моделей влажных почв, являются **актуальными** до настоящего момента. Так, модели, рекомендованные ведущими мировыми сообществами для использования при оценке диэлектрической проницаемости подстилающей поверхности, были разработаны в результате обработки экспериментальных данных, полученных для относительно малого числа образцов в ограниченном диапазоне частот. Несмотря на это многие из них до сих пор находят применение при обработке данных дистанционного зондирования и анализе взаимодействия радиоволн с подстилающей поверхностью по причине отсутствия альтернатив, широко известных научному сообществу.

Вх. №287-03/6224/123
от 17.11.2023 г.

Научная новизна

В работе Сергея Викторовича представлены результаты обобщения и статистического анализа данных измерений комплексной диэлектрической проницаемости разных типов талых почв радиоволновыми методами в диапазоне частот от сотен (в отдельных случаях от десятков) мегагерц до десятков гигагерц при разных значениях объёмной влажности. При статистической обработке экспериментальных данных впервые были определены параметры обобщённой рефракционной модели, использующей в качестве входных параметров: содержание физической глины, объёмной влажности и температуры. Так же разработан вариант рефракционной модели, учитывающей как релаксационные процессы Максвелла-Вагнера (на частотах, относящихся к средне- и коротковолновому диапазону), так и молекулярную поляризацию Дебая, обусловленную поляризацией молекул воды в переменном электромагнитном поле. Во всех случаях учитывалось изменение подвижности молекул воды, обусловленное взаимодействием с элементами почвенного скелета, при изменении увлажнённости почв. Следует отметить, что результаты, представленные в диссертационной работе, были получены в рамках выполнения работ по грантам РФФИ и базовым бюджетным проектам СО РАН в период 2005-2018 гг., что свидетельствует о последовательном характере проводимых исследований. Результаты, полученные Сергеем Викторовичем, имеют международное признание, подтверждением чего является использование варианта обобщённой рефракционной модели влажных почв в алгоритме обработки радиометрических данных спутников SMAP и SMOS.

Практическая значимость

Разработанная Сергеем Викторовичем обобщённая рефракционная модель отличается большей, по сравнению с известными на данный момент моделями, точностью. Она может быть использована при обработке радиолокационных и радиометрических данных большинства запущенных на данный момент или планируемых к запуску спутников экологического

мониторинга подстилающей поверхности (как отечественными, так и зарубежными). Внедрение этой модели в алгоритм восстановления параметров подстилающей поверхности позволит оперативно создавать достоверные карты влажных почв, при наличии априорной информации о содержании физической глины в поверхностном слое почв и состоянии растительности. Кроме того, модель может найти применение при обработке данных, полученных датчиками влажности разных типов, георадарами и рефлектометрами.

Следует отметить ряд недостатков работы:

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 целостное 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.

Однако указанные недостатки являются не принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы. Обзор литературных источников приведён в объёме, достаточном для постановки цели и задач исследования. По материалам которой опубликовано 17 работ, из которых 9 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, а 8 публикаций приведены в материалах международных и всероссийских конференций.

Диссертационная работа Фомина Сергея Викторовича написана автором самостоятельно и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, а поэтому соответствует требованиям, приведённым в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями и дополнениями от 26 октября 2023 г.), а её автор присуждения учёной степени кандидата

физико-математических наук по специальности 1.3.2. — приборы и методы экспериментальной физики.

Я, Яценко Александр Сергеевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Старший научный сотрудник, и.о.
заведующего лабораторией
радиофизического материаловедения и
излучающих систем Института
радиофизики и физической электроники
Омского научного центра СО РАН,
кандидат физико-математических наук

 /Яценко А.С.

«15» ноября 2023 г.

Подпись А.С. Яценко удостоверяю,
ученый секретарь Омского научного
центра СО РАН, кандидат
экономических наук, доцент



 /Ковалева О.П.

2023 г.

Сведения об оппоненте

ФИО	Ященко Александр Сергеевич
Учёная степень	Кандидат физико-математических наук
Учёное звание	нет
Шифр специальности, по которой защищена диссертация	01.04.03 – Радиофизика
Полное наименование организации места работы	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (Омский научный центр СО РАН; ОНЦ СО РАН)
Структурное подразделение и должность	Лаборатория радиофизического материаловедения и излучающих систем Института радиофизики и физической электроники Омского научного центра СО РАН, старший научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией
Индекс, почтовый адрес организации места работы	644024, Омск, пр. Карла Маркса, 15
Телефон	+7 (913) 643-92-45 (личный), +7 (3812) 37-17-36 (рабочий)
Адрес электронной почты	x_rays1@mail.ru

Список опубликованных научных работ Ященко Александра Сергеевича за 2019-2023 гг. по теме диссертации Фомина Сергея Викторовича «Модели комплексной диэлектрической проницаемости минеральных почв для радиоволновых методов исследования Земли»

1. Yashchenko A.S. Testing the method for increasing the spatial resolution of satellite radiometric images in the L-band // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1499, International Conference "Actual Trends in Radiophysics" 1-4 October 2019, Tomsk, Russian Federation (2020) 012036

2. Krivaltsevich S.V., Yashchenko A.S., Maynenger K.A., Kudrin O.I. and Zubkov M.P. The influence of the underlying terrain on the directional characteristics of the HF-range antennas // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1499, International Conference "Actual Trends in Radiophysics" 1-4 October 2019, Tomsk, Russian Federation (2020) 012035
3. Yashchenko A.S. and Krivaltsevich S.V. The influence of a layered-inhomogeneous underlying surface on the antenna pattern // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1546, IV International Scientific and Technical Conference "Mechanical Science and Technology Update" (MSTU-2020) 17-19 March, 2020, Omsk, Russian Federation 1546 (2020) 012121
4. Krivaltsevich S.V., Yashchenko A.S., Maynenger K.A., Kudrin O.I. Influence of area dimensions with absorbing boundary conditions on the results of numerical modeling of HF antenna directivity diagram of HF range // 2019 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics): Conference Paper. Publisher: IEEE, 2019. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8944651>. DOI: 10.1109/Dynamics47113.2019.8944651.
5. Yashchenko A.S., Krivaltsevich S.V. The influence of a layered-inhomogeneous underlying surface on the antenna pattern // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1546 (2020), iss. 1. № 012121.
6. Yashchenko A.S., Krivaltsevich S.V. Comparative analysis of several methods for calculating the directional characteristics of radiating systems using an electric dipole as an example // 2020 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics): Conference Paper. Publisher: IEEE, 2020
7. Яценко А.С., Кривальцевич С.В. Об оценке эффективных значений диэлектрической проницаемости подстилающей поверхности // Радиотехника. 2020. №12. С. 121–126.
8. Яценко А.С., Кривальцевич С.В., Беляева Т.А. Анализ данных о диэлектрической проницаемости почв и их влияние на результат расчёта ослабления земной волны // Техника радиосвязи. 2020. Выпуск 2 (45). С. 48–58.
9. Suslov K.N., Yashchenko A.S. The features of organic soil dielectric characteristics in the Arctic region // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1901, V International Scientific and Technical Conference "Mechanical Science and Technology Update" (MSTU 2021), 16–17 March 2021, Omsk, Russia.
10. Yashchenko A. Compare of Satellite-based Soil Moisture Products and Western Siberia In-situ Data // 2021 13th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances (ISEMA). DOI: 10.1109/ISEMA49699.2021.9508294.
11. Суслов К.Н., Яценко А.С., Кривальцевич С.В. Диэлектрические характеристики почв Арктического региона // Радиотехника. 2021. Т. 85. № 9. С. 127–134.
12. Варнаков С.А., Суслов К.Н., Яценко А.С., Кривальцевич С.В. Диэлектрические характеристики образцов почв Арктики и юга Западной Сибири // Радиотехника. 2022. Т. 86. № 8. С. 37–44.

13. Ященко А.С., Немчанов К.В. Оценка направленных характеристик приповерхностного вертикального четвертьволнового монополя в ДКМВ диапазоне на разных этапах испарения почвенной влаги // Радиотехника. 2022. Т. 86. № 8. С. 45–50.

14. Varnakov S.A., Yashchenko A.S., Krivaltsevich S.V. "The Arctic and South Part of West Siberia Regions Soil's Radiophysics Characteristics" // 2022 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, 15-17 November 2022, DOI: 10.1109/Dynamics56256.2022.10014844.

15. Костычев Ю.А., Ященко А.С., Кривальцевич С.В. Возможности повышения достоверности определения значения постоянной распространения волны вдоль проводника стелющихся антенн ДКМВ диапазона // Электромагнитные волны и электронные системы. 2023. Т. 28. № 4. С. 15-27.

Старший научный сотрудник, и.о.

заведующего лабораторией

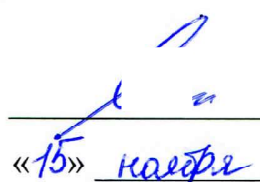
радиофизического материаловедения и

излучающих систем Института

радиофизики и физической электроники

Омского научного центра СО РАН,

кандидат физико-математических наук

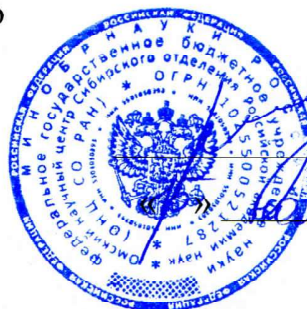
 /Ященко А.С.
«15» ноября 2023 г

Подпись А.С. Ященко удостоверяю,

ученый секретарь Омского научного

центра СО РАН, кандидат

экономических наук, доцент



/Ковалева О.П.

 2023 г