

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.01,  
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 11 сентября 2020 г. № 8

О присуждении Каравайскому Андрею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Диэлектрические модели минеральных почв, учитывающие фазовые переходы почвенной воды» по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» принята к защите 20.03.2020 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 003.075.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки №1513/НК от 25.11.2016 г.

Соискатель Каравайский Андрей Юрьевич 1987 года рождения. В 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный педагогический университет», присуждена степень магистра физико-математического образования по направлению «Физико-математическое образование». В 2013 г. окончил аспирантуру Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Работает младшим научным сотрудником в лаборатории радиофизики дистанционного зондирования Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского 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 Мионов Валерий Леонидович, ИФ СО РАН, лаборатория радиофизики дистанционного зондирования, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты: *Дамдинов Баир Батуевич*, д. ф.-м. н., доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский Федеральный университет», департамент подготовки кадров высшей квалификации, ведущий научный сотрудник; *Ретин Андрей Владимирович*, к. ф.-м. н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный педагогический университет», факультет математики, информатики, физики и технологии, кафедра физики и методики обучения физике, и. о. заведующего кафедрой. Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Григорий Ефимовичем Дунаевским, д. т. н., профессор, советник при ректорате, заведующий кафедрой радиоэлектроники указала, что диссертация Каравайского А.Ю. является самостоятельным и законченным исследованием на актуальную тему. Новые научные результаты имеют существенное значение для научного направления «теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 8 работ в рецензируемых научных изданиях. Объем 3.5 у.-и.л. Наиболее значимые публикации: 1) Mironov V.L. Temperature- and texture-dependent dielectric model for frozen and thawed mineral soils at a frequency of 1.4 GHz / V.L. Mironov, L.G. Kosolapova, Y.I. Lukin, A.Y. Karavaysky, I.P. Molostov // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 200. – P. 240-249. 2) Mironov V.L. Joint studies of water phase transitions in Na-bentonite clay by calorimetric and dielectric

methods / V.L. Mironov, A.Y. Karavayskiy, Y.I. Lukin, E.I. Pogoreltsev // Cold Regions Science and Technology. – 2018. – Vol. 153. – P. 172-180. 3) Mironov V.L. A dielectric model of thawed and frozen Arctic soils considering frequency, temperature, texture and dry density / V.L. Mironov, A.Y. Karavayskiy, Y.I. Lukin, I.P. Molostov // International Journal of Remote Sensing. – 2020. – Vol. 41. – № 10. – P. 3845-3865.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

*Ведущая организация.* Отзыв положительный. Замечания: 1) Первое защищаемое положение сформулировано невнятно. Какие компоненты воды испытывают фазовый переход? Не ясно, что является следствием, а что причиной? 2) Положение 3. В чем дискуссионность данного положения? Обладает большей точностью описания по сравнению с другими, принципиально новая? 3) В главе 4, предлагается новая модель для минеральных почв арктического региона, в отличие от модели предложенной в п. 3.2. В работе не обоснована необходимость разработки разных гранулометрически зависимых моделей, входным параметром которых является процентное содержание только одной глины. Не объяснено, какие еще особенности почв влияют на коэффициенты модели в формулах (54), (55), (61) – (67), и почему они различны для разных регионов. 4) При разработке спектроскопической модели КДП арктических минеральных талых и мерзлых почв в широком частотном диапазоне описываются спектры КДП почвенной воды с применением многорелаксационного уравнения Дебая. В работе не обоснован выбор именно модели Дебая. Рассматривался ли вопрос о применении модели Гаврильяка-Негами, например? 5. Измерения количества незамерзшей связанной воды в почве и теплоты плавления проведены для Набентонитовой глины, но затем эти выводы распространены на все минеральные почвы. Правомерно ли это? 6. В работе не проведена оценка погрешности определения влажности. *Д.ф.-м.н. Дамдинов Баир Батуевич* – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) Сложно воспринимаются формулировки: максимальное содержание связанной воды ... . Чем отличаются данные компоненты воды или это одни и те же компоненты? 2) В работе предлагается новый подход, позволяющий проводить одновременную аппроксимацию трех

исследуемых почв. Чем вызвана необходимость проведения такой аппроксимации? 3) Диэлектрическая модель разрабатывается для талого и мерзлого состояния, в связи с этим проверку необходимо проводить так же для талого и мерзлого состояния отдельно.

*К.ф.-м.н. Репин Андрей Владимирович* – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) Автором подробно описаны диэлектрические модели на частотах от 1 ГГц и выше, где на диэлектрическую проницаемость существенно влияет релаксация, обусловленная поляризацией молекул связанной и свободной воды. При построении спектроскопической модели в области частот от 50 МГц до 15 ГГц в главе 4 автор помимо высокочастотной релаксации, вводит еще две области релаксации, не объясняя физические механизмы их возникновения. 2) При описании моделей автором вводится множество параметров, которые порой содержат до четырех индексов, значения которых могут меняться, что затрудняет анализ модели ... 3) Проводя аппроксимацию данных, автор получает уравнения с численными коэффициентами, например, уравнение (72) на стр. 110, при этом не указана погрешность определения этих коэффициентов.

*Д.ф.-м.н. Бордонский Г. С.* Отзыв положительный. Замечание: в работе рассмотрен преимущественно процесс нагревания. Более сложный процесс ее замерзания не исследован. Эти два процесса различаются, однако в природной среде они встречаются одинаково часто. *Д.т.н. Чимитдоржиев Т. Н.* Отзыв

положительный. Замечание: остался не ясным вопрос, для всех ли типов почв применима диэлектрическая модель, разработанная в данной диссертации.

*К.ф.-м.н. Беляева Т.А.* Отзыв положительный. Замечание: в автореферате не представлены температурные зависимости КДП исследованных почв, без которых нет четкой ясности в вопросе о фазовых переходах. *Д.ф.-м.н. Логинов Ю.Ю.* Отзыв положительный. Замечание: не приводится толщина слоев связанной и несвязанной воды.

*К.ф.-м.н. Кочеткова Т.Д.* Отзыв положительный. Замечание: хотелось бы более детально прояснить, почему применение диэлектрических моделей привязано к конкретной местности?

*D.Sc., Mathematical Physics, Alexander Voronovich.* Отзыв положительный. Замечаний нет.

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

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Были изучены влажные минеральные почвы с содержанием глинистой фракции от 9,1 до 42 %, в диапазоне температур от  $-30$  до  $25$  °С и диапазоне частот от 50 МГц до 15 ГГц. На примере Na-бентонитовой глины были изучены фазовые переходы компонент воды в почве методами дифференциально сканирующей калориметрии и диэлектрической спектроскопии, в результате чего было доказано, что используемые методы позволяют исследовать фазовые переходы связанной воды в почве.

Впервые определены значения удельной теплоты плавления: при переходе льда в незамерзшую связанную почвенную воду ( $\lambda_{ti} = 291 \pm 11 \frac{\text{Дж}}{\text{Г}}$ ), и при переходе льда в жидкую несвязанную почвенную воду ( $\lambda_i = 368 \pm 22 \frac{\text{Дж}}{\text{Г}}$ ).

Были впервые разработаны модели комплексной диэлектрической проницаемости для группы минеральных почв из одного региона арктической тундры, полуострова Ямал, для талого и мерзлого состояния в МГц и ГГц диапазонах частот, учитывающие фазовые переходы почвенной воды.

*Теоретическая значимость работы* определяется тем, что проведенный анализ особенностей фазовых переходов почвенной воды в мерзлой почве закладывает основу для разработки моделей, описывающих комплексную диэлектрическую проницаемость мерзлых почв и грунтов.

*Значение полученных соискателем результатов исследования для практики* заключается в том, что результаты моделирования комплексной диэлектрической проницаемости смеси почва-вода могут служить основой для разработки алгоритмов дистанционного зондирования минеральных почв при восстановлении таких физических характеристик как температура и влажность верхнего слоя почвы в талом и мерзлом состоянии.

*Достоверность* результатов исследования обоснована использованием апробированных методов и подходов и подтверждается совпадением результатов измерения двумя различными методами: диэлектрическим и калориметрическим для максимального количества незамерзшей воды в образцах почвы, а также совпадением рассчитанных и измеренных значений комплексной диэлектрической проницаемости исследуемых почв.

*Личный вклад соискателя* заключается в постановке целей и задач, их решении, планировании и непосредственном проведении измерений и расчетов, обобщении и интерпретации полученных результатов, подготовке научных статей, представлении результатов исследования на научных конференциях.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принято решение присудить Каравайскому Андрею Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.11 «Физика магнитных явлений», 10 – по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», участвовавшие в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 18, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета Д 003.075.01  
д.ф.-м.н. академик РАН

Шабанов В.Ф.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 003.075.01  
д.ф.-м.н., с.н.с.

Втюрин А. Н.



14.09.2020 года