

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.111.02,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института радиотехники и электроники им.
В.А.Котельникова Российской академии наук, по диссертации на
соискание ученой степени доктора наук.

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 13 марта 2026 г., № 02

**О присуждении Гурулеву Александру Александровичу, гражданину
России ученой степени доктора физико-математических наук.**

Диссертация на тему «Аномальные радиофизические характеристики
различных фазовых состояний воды» принята к защите 10 октября 2025 г.,
протокол № 18, диссертационным советом 24.1.111.02, созданным на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Российской
академии наук (125009, Москва, ул. Моховая. Д.11. корп.7) (приказ
Рособрнадзора о создании совета № 2397–1958 от 21.12.2007 г.; приказ
Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 714/нк от
02.11.2012 г.).

Соискатель Гурулев Александр Александрович, 1975 года рождения, в
2005 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 01.04.03
«Радиофизика», выполненную в ФГБУН Институте природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН (ИПРЭК СО РАН). С 2007 года доцент по
специальности «Радиофизика». С 2009 года старший научный сотрудник
ИПРЭК СО РАН. Над темой диссертации, посвященной холодной воде начал
заниматься с 2006 года.

Работает старшим научным сотрудником с возложением обязанностей
заведующего лаборатории геофизики криогенеза Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Института природных
ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии
наук.

Диссертация выполнена в лаборатории геофизики криогенеза
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения
Российской академии наук.

Научный консультант: Бордонский Георгий Степанович, доктор
физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник
ФГБУН Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
заслуженный деятель науки Сибирского отделения Российской академии наук
(с нагрудным знаком «Золотая сигма»), награжден медалью ордена «За
заслуги перед Отечеством» II степени.

Официальные оппоненты:

Гайкович Константин Павлович, доктор физико-математических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник отдела физики полупроводников
Института физики микроструктур РАН – филиал Федерального
государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный

исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»,

Горбунов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией турбулентности и распространения волн, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,

Меньшиков Леонид Иеронимович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», подразделение – Курчатовский комплекс промышленной безопасности, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), в своем положительном отзыве, подписанном д.ф.-м.н., Д.М. Ермаковым, ведущим научным сотрудником, заведующим отделом «Исследования Земли из космоса» ФГБУН Института космических исследований РАН и к.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником, заведующим лабораторией «Спутникового мониторинга криосферы Земли» ФГБУН Института космических исследований РАН и утвержденном директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук д.ф.-м.н., академиком РАН А.А. Петруковичем, отметила, что в диссертации А.А. Гурулева представлены новые научные результаты в рамках актуальной и современной темы исследования электромагнитных характеристик воды, находящейся в условиях глубокого переохлаждения. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладает внутренним единством, грамотным представлением экспериментальных исследований, а также анализом полученных результатов.

По теме диссертации опубликовано 82 научные работы. Из них 81 статья опубликована в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов (Журнал технической физики, Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, Исследования Земли из космоса, Письма в журнал технической физики, Радиотехника и электроника, Водные ресурсы, приборы и техника эксперимента, Оптика и спектроскопия, Конденсированные среды и межфазные границы). В том числе 44 публикаций входят в библиографические и реферативные базы данных Web of Science и (или) Scopus. Исследования выполнялись в рамках государственного задания.

Общий объем опубликованных работ составляет. Из них:

1. Бордонский Г.С., Гурулев А.А., Крылов С.Д. Электромагнитные потери пресного льда в микроволновом диапазоне при 0°C // Радиотехника и электроника. 2014, т. 59, № 6, с. 587-592. (Bordonskii G.S., Gurulev A.A., Krylov S.D. Electromagnetic loss of fresh ice in microwave range at a temperature of 0°C // Journal of Communications Technology and Electronics. 2014, v. 59, No. 6., pp. 536-540.). Краткое описание: Измерено затухание микроволнового

излучения в миллиметровом диапазоне (на частотах 90 и 34 ГГц) в тающем пресном льду. Показано, что при 0°C во льду в некоторые моменты возникает уменьшение электромагнитных потерь до нескольких десятков процентов, связанное, очевидно, с возникновением течения среды под действием внутренних механических напряжений, или полное отсутствие потерь в различные стадии таяния льда.

2. Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Проявление автоволн пластического течения в пресном льду при микроволновых измерениях // ПЖТФ, 2019, т. 45, № 6, с. 40-42. (Bordonskii G.S., Gurulev A.A. Plastic Flow Autowaves in Freshwater Ice As Manifested by Microwave Reflection Measurements // Technical Physics Letters. 2019, v. 45, No. 3, pp. 285-287.). Краткое описание: Представлены результаты измерений коэффициента отражения микроволнового излучения от блока пресного льда, подвергающегося пластической деформации. Обнаружены сильные флуктуации фазы коэффициента отражения с экстремумом на длине волны электромагнитного излучения в среде 1.35 см. Эта длина волны соответствует области длин автоволн локализованного пластического течения в кристаллических средах.

3. Гурулев А.А., Орлов А.О. Проявление линии Видома при микроволновых измерениях увлажненных перекисью водорода сорбентов // ПЖТФ, 2022, Т. 48, № 2. С. 41-43. (Gurulev A A. Manifestation of the Widom line in microwave measurements of sorbents moistened with hydrogen peroxide / Gurulev A A, Orlov A O // Technical Physics Letters. 2022, v. 48, No. 1, pp. 81.). Краткое описание: Для глубоко переохлажденной объемной воды известны аномалии термодинамических величин вблизи линии Видома, локуса повышенных флуктуаций энтропии и плотности. Выполнено измерение отраженной мощности микроволнового излучения на частоте 18 GHz от образца силикатного сорбента, увлажненного раствором перекиси водорода. В эксперименте наблюдались вариации регистрируемой отраженной мощности излучения в интервале от -46°C до -47°C, определяемые структурными изменениями жидкости. Показано, что флуктуации параметров воды вблизи линии Видома проявляются в изменении не только термодинамических, но и электрофизических величин.

4. Гурулев А.А., Бордонский Г.С., Орлов А.О. Регистрация автоволн пластического течения в ледяных структурах при радиолокационных измерениях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023, т. 20, № 3. с. 222-229. Краткое описание: Рассмотрены особенности радиолокационной регистрации состояния ледяных структур при пластической деформации. Они основаны на определении повышения интенсивности рассеянного микроволнового излучения, особенно в спектральном интервале - на частотах 13-14 ГГц. Эффект определяется длиной автоволн пластического течения с характерным значением порядка одного сантиметра. Автоволны образуют во льду хаотически распределённые, изменяющиеся во времени под действием механических напряжений наборы дифракционных решёток. При анализе радарных

космоснимков ледяного покрова оз. Шакшинского (Забайкальский край), полученных со спутника Sentinel-1B, на одном из них было обнаружено повышенное значение коэффициента обратного рассеяния. Эффект связывается с проявлением автоволн пластического течения при сильных суточных изменениях термодинамической температуры ледяного покрова. Предложено использование метода радарной регистрации волн течения как предвестника схода пульсирующих ледников по усилению рассеянного излучения от объекта при сравнительных измерениях.

5. Бордонский Г.С., Крылов С.Д., Гурулев А.А. Лёд 0 в природной среде (экспериментальные данные и предполагаемые области его существования) // Лед и снег. – 2020. – Т. 60, №2. – С.263-273. Краткое описание: Приводятся сведения о недавно открытом льде 0. Эта кристаллическая модификация образуется из переохлаждённой воды при температурах ниже $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Лёд 0, представляя собой сегнетоэлектрик, характеризуется особыми физико-химическими свойствами. Его существование возможно в поровом пространстве искусственных сооружений и природных сред на Земле, холодных планетах и их спутниках.

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

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из:

– ФГБУН Института физического материаловедения СО РАН от д-ра техн. наук Чимитдоржиева Т.Н. (замеч.: заслуживает внимание вопросы об устойчивости предложенной феноменологической модели в терагерцовом диапазоне, количественных параметрах проводящих нанослоев льда 0 и физическом механизме, определяющем пространственный масштаб автоволн).

– ФГБОУ ВО «РГГМУ» от д-ра физ.-мат. наук Заболотских Е.В. (замеч. нет).

– ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» от канд. геогр. наук Алексеевой Т.А. (замеч: автор не исследовал солевые водоемы, в частности, морскую воду. Из-за наличия в ней солей температура фазовых переходов смещается в область более низких температур. Следовательно, возникает вопрос: как видоизменится шкала температур фазовых переходов для морской воды).

– ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» СО РАН от д-ра техн. наук Романова А.Н. (замеч.: «Считается, что структура воды в растворах близка к структуре чистой воды, а влияние ионов эквивалентно повышению давления в средах». Возможно, что это справедливо для разнообразных растворов, когда структура воды, не связанной в гидратных оболочка, действительно, имеет структуру чистого растворителя, но в высококонцентрированных растворах такое вряд ли возможно. Ваше мнение?).

– Муромский институт филиала ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» от д-ра техн. наук Булкина В.В. (замеч. нет).

– ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука» СО РАН от д-ра геол.-минерал. наук Оленченко В.В. (замеч.: возможность более четкой дифференциации вклада автора от обзора существующих исследований, а также целесообразность расширения раздела о перспективах практического применения результатов, особенно в контексте климатических исследований и мониторинга арктических регионов).

– ФГБУН «Омский научный центр» СО РАН от д-ра физ.-мат. наук Боброва П.П., канд. физ.-мат. наук Яценко А.С. (замеч.: 1) описание лабораторной установки (стр. 19 п. 2) не дает представление о том, как определялась температура образца в резонаторе и в волноводе. Известны работы, свидетельствующие о разнице температур образца в измерительной ячейке и окружающей среде; 2) при отсутствии данных о временном ходе абсолютных значений сечения обратного рассеяния, измеренных аппаратом Sentinel-1B, вызывает сомнение факт однократного экспериментального подтверждения существования автоволн пластической деформации в озерном льду (страница 25) за все время активной эксплуатации космического аппарата за период 2015 – 2021 г.; 3) на отдельных графиках отсутствуют данные о погрешности измерений. В частности, на стр. 7 указано, что точность измерений мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости увеличена в несколько раз. Однако на рисунке 26 стр. 23 приведены лишь значения мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости, измеренной в лабораторных условиях и рассчитанной по модели Дебая без указания абсолютной погрешности.

– ФГБУН «Институт физического материаловедения» СО РАН от канд. физ.-мат. наук Атутова Е.Б., от д-ра техн. наук Башкуева Ю.Б. (замеч.: 1) на стр.20 в четвертой строке приведена аббревиатура КСКГ. Это требует пояснения. Что это означает? Какое отношение имеет эти измерения в рамках данной работы? 2) на стр. 22 есть запись «...точность определения мнимой части диэлектрической проницаемости при температурах ниже – 20 °С была улучшена в несколько раз по сравнению существующими моделями...». Хотелось бы знать, каким образом это было достигнуто. Причем тут модели и способ измерения? 3) на стр. 24 пятая строка снизу «Следуя предположению о взаимосвязи жидкого и кристаллического состояний ...». О каких взаимосвязях в данном контексте идет речь? 4) в автореферате говорится о двух частотах релаксации, однако не приводится их численное значение и не дается погрешность их определения).

– ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет» от д-ра физ.-мат. наук Степанова Н.П. (замеч.: на стр. 30 второй абзац «По своим свойствам они похожи на мелкие металлические частицы. Это связано с известной особенностью возникновения тонкого слоя с высокой электропроводностью...» В тексте автореферата отсутствует описание физических процессов, объясняющих образование высокопроводящего слоя на контакте сегнетоэлектрического льда 0 и твердой мелкой частицей).

– ФГБУН «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева» ДВО РАН от д-ра физ.-мат. наук Митника Л.М. (замеч.: нет).

– Институт физики им. Л.В.Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН от канд. физ.-мат. наук Каравайского А.Ю. (замеч.: 1) в автореферате активно используются термины, которые можно отнести к профессиональному жаргону, такие как «микроволновые свойства», «микроволновые характеристики», «радиояркость». Хотя из контекста ясно, что автор подразумевает под ними свойства вещества в микроволновом диапазоне и радиояркостную температуру, в строгом академическом тексте предпочтительнее использовать более устоявшиеся словосочетания, например, «электромагнитные параметры в микроволновом диапазоне», «радиотепловое излучение», «радиояркостная температура»; 2) термин «двухчастотная модель Дебая», используемый в автореферате, с физической точки зрения было бы корректнее заменить на «двухрелаксационная модель Дебая», чтобы подчеркнуть наличие двух характерных времен релаксации поляризации, а не просто двух частот).

– ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН» от д-ра физ.-мат. наук Кубрякова А.А. (замеч.: работа сфокусирована преимущественно на диэлектрических свойствах пресной воды и льда. Для приложений спутниковой океанологии важным является учет влияния солености на процессы образования и свойства льда 0, а также на характеристики волн пластического течения в морских льдах. В диссертации лишь фрагментарно затронуты эксперименты с растворами NaCl, что оставляет большой пласт работы по адаптации полученных результатов к соленым морским системам).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: назначенные советом официальными оппонентами по диссертации А.А. Гурулева ученые широко известны своими достижениями в данной отрасли науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую ценность оппонируемой диссертации – доктор физико-математических наук, профессор **К.П. Гайкович** – известный специалист в области микроволновой подповерхностной голографии и томографии; доктор физико-математических наук, **М.Е. Горбунов** – один из ведущих в России специалистов в области изучения микроволновой радиометрии атмосферы; доктор физико-математических наук, профессор **Л.И. Меньшиков** – один из ведущих специалистов в физике конденсированного состояния вещества.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук, широко известно своими исследованиями в области дистанционного зондирования Земли и планет в широком диапазоне частот. Многочисленные работы её сотрудников в области оппонируемой диссертации свидетельствуют об их способности адекватно оценить результаты, представленные автором для защиты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

1. Холодная объемная вода обладает не только аномальными термодинамическими, но также и особыми электрофизическими, в том числе микроволновыми свойствами, что обосновывает ее выделение в особый объект гидросферы. Исследованные микроволновые характеристики холодной воды, в том числе находящейся в дисперсных средах, позволяют сформулировать новые задачи и осуществить дистанционное измерение параметров различных объектов земных оболочек, содержащих воду, при температурах $-70...+4$ °С.

2. Уточненная электродинамическая модель Дебая комплексной относительной диэлектрической проницаемости холодной воды, основанная на современных представлениях о микроскопическом строении воды в виде кластеров легкой (LDL – low density liquid) и тяжелой (HDL – high density liquid) воды, охватывает области температур до значения -70 °С в диапазоне $1...300$ ГГц с двумя частотами релаксации. Модель и усовершенствованная методика резонаторных измерений с использованием высших типов колебаний резонатора позволили повысить точность значений диэлектрической проницаемости холодной воды в несколько раз при температурах ниже -20 °С по сравнению с существующими моделями.

3. Ранее неизвестный фазовый переход холодной воды и существование второй критической точки, определенные с использованием радиофизических измерений, а именно: 1) образование метастабильного сегнетоэлектрического льда θ , при температурах ниже -23 °С; 2) микроволновые аномалии воды вблизи -45 °С и давлении $0,1$ МПа (на линии Видома) – локусе повышенных флуктуаций энтропии и плотности воды, определяемые ее второй критической точкой сосуществования двух жидкостей LDL и HDL. Фазовые превращения изменяют электрофизические характеристики мерзлых сред, что позволяет исследовать их электрическую структуру методами микроволновой спектроскопии.

4. Впервые обнаруженное динамическое явление – автоволны пластического течения в пресном льду с характерной длиной волны порядка одного сантиметра при температурной деформации льда в лабораторных и природных условиях по рассеянию поляризованного излучения вблизи 13 ГГц в полосе частот $0,5$ ГГц.

5. Новые методики спутниковой гидрологии и спектроскопии холодной воды в различных фазовых состояниях (жидком, твердом, в дисперсных средах) на основе регистрации рассеяния излучения на структурах из льда θ и волн течения, в облачных образованиях, ледниках, ледяных покровах: способ регистрации катастрофических явлений (подготовка схода горных ледников); методика изучения аномальных рассеяний излучения облачной атмосферы – мезосферных серебристых облаков из-за резонанса поверхностных плазмонных мод), определяемых малыми ледяными частицами со льдом θ ; методика радарного определения деформации ледяных покровов, вызванной механическими воздействиями, по рассеянию излучения волнами течения; методика диэлектрической спектроскопии

дисперсных сред при образовании структур с сегнетоэлектрическим льдом 0 и возникновении плазмонных резонансов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в результате расширены представления о воде, как особом объекте гидрофизики, на основе современных физико-химических теорий структуры и показана необходимость исследования ее радиофизических и термодинамических характеристик.

Большое значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- введено понятие нового объекта – «холодная вода», для которого можно ожидать проявлений особых электромагнитных характеристик увлажненных дисперсных сред;
- экспериментальные данные и полученные аналитические зависимости могут использоваться для расчетов микроволновых характеристик различных объектов, содержащих холодную воду;
- открытие метастабильного сегнетоэлектрического льда 0, достаточно устойчивого в природной среде, позволяет существенно продвинуться в понимании процессов фазовых превращений при низких температурах;
- возможность использования методов микроволновой спектроскопии для изучения фазовых превращений с участием воды, а также критических явлений вблизи линии Видома, на которой возможно ускорение криохимических превращений;
- плазмонный резонанс в дисперсной природной среде при фазовом переходе воды в лед 0 позволяет предложить новые методики дистанционного зондирования мезосферы и стратосферы;
- мониторинг волн пластического течения при спутниковой радиолокации позволит регистрировать подготовку горных ледников к образованию ледяных лавин и предупреждать о катастрофических явлениях, связанных с движением больших масс льда;
- новые данные об аномальных электромагнитных характеристиках льда и холодной воды могут использоваться при микроволновом зондировании Антарктиды, Луны, холодных планет Солнечной системы и их спутников, а также других космических объектов: комет, астероидов, пылевых образований.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты работы подтверждаются: соответствием современным теоретическим общефизическим представлениям о воде; достаточным объемом и воспроизводимостью экспериментальных данных; результатами лабораторных и полевых экспериментальных исследований, выполненных с применением современных методов анализа; использованием стандартных и специальных методик измерений микроволновых диэлектрических характеристик вещества; совпадением результатов с работами других исследователей, а также использованием современного аттестованного измерительного оборудования.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все использованные в

диссертации результаты получены автором лично или при его определяющем участии. Вклад соискателя в постановку и решение задач, проведение расчетов, анализ полученных результатов и написание текста статей в части, относящейся к теме диссертации, является основным.

В ходе защиты диссертации в рамках дискуссии членами диссертационного совета были дана высокая оценка уровню работы и отмечено, что работа существенно дополняет и обогащает знания о характере поведения электромагнитных характеристик холодной воды в области температур $-70\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Соискатель Гурулев А.А. дал исчерпывающие комментарии на вопросы и замечания оппонентов и ведущей организации. Согласился с замечаниями, касающимися оформления текста диссертации и автореферата.

Членами совета были заданы вопросы: о практической значимости диссертационного исследования; о физическом обоснования существования переохлажденной воды в облаках; о появления сегнетоэлектрического льда 0 в древесной растительности и о его влиянии на диэлектрические характеристики данной среды; о современных научных представлениях о воде и о ее фазовых состояниях. Соискатель дал ответы и необходимые пояснения, которые совет посчитал удовлетворительными.

Диссертационная работа Гурулева А.А. является законченной научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

На заседании 13 марта 2026 г. диссертационный совет за крупный вклад в решение научной проблемы исследования аномальных радиофизических характеристик фазовых состояний воды, имеющей значительное практическое значение, принял решение присудить Гурулеву А.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования участвующие в заседании члены диссертационного совета в количестве 14 человек, из которых 9 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из общего числа 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, академик РАН  Черепенин В.А.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, профессор РАН  Кузьмин Л.В.

13 марта 2026 г.

Подпись Черепенина В.А., Кузьмина Л.В. удостоверяю
ученый секретарь ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН  Чусов И.И.