

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 24.1.463.01, созданного на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физического материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.05.2025, № 12

О присуждении Базаровой Саяне Бимбаевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование дисперсии диэлектрических характеристик адсорбированной воды акустоэлектрическим методом» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 18.03.2025 (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.1.463.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26 января 2023, № 85/нк.

Соискатель Базарова Саяна Бимбаевна, «22» сентября 1990 года рождения. В 2020 году соискатель окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время Базарова С.Б. работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории физики молекулярных структур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института

физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории физики молекулярных структур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Симаков Иван Григорьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики молекулярных структур, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Аграфонов Юрий Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет», кафедра радиофизики и радиоэлектроники, профессор;

Недоспасов Илья Александрович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук, лаборатория акустоэлектронных процессов в твердотельных структурах, старший научный сотрудник,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Волковым Александром Александровичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником отдела субмиллиметровой спектроскопии Центра лазерной физики и фотоники и Чучупалом Сергеем Вячеславовичем, кандидатом физико-математических наук, научным сотрудником отдела

субмиллиметровой спектроскопии Центра лазерной физики и фотоники указала, что "Достоверность результатов диссертации определяется применением физически ясного и хорошо обоснованного подхода к организации и проведению экспериментального исследования, использованием современного экспериментального оборудования, применением отработанных методик измерений и обработки данных. Убедительность результатам придаёт опора С.Б. Базаровой на научную школу (многолетний опыт теоретических и экспериментальных разработок по теме ПАВ) руководителя соискательницы И.Г. Симакова. Результаты диссертации прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, представлены публикациями в журналах, из перечня ВАК, а также, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science". "Диссертация С.Б. Базаровой «Исследование дисперсии диэлектрических характеристик адсорбированной воды акустоэлектрическим методом» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2014 г., №842 (в редакции от 16 октября 2024 г.). Автор диссертации Базарова Саяна Бимбаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния»".

Соискатель имеет 35 публикаций по теме работы, в том числе: 6 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 6 статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Общий объем 10,26 п.л., личный вклад автора 3,24 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Базарова С.Б., Симаков И.Г., Гулгенов Ч.Ж., Очиров Т.Ч. Определение диэлектрических свойств воды в тонком слое // Химическая физика и мезоскопия. 2024. Т. 26. № 1. С. 85–94.

2. Симаков И.Г., Гулгенов Ч.Ж., Базарова С.Б., Очиров Т.Ч. Диэлектрическая релаксация воды, адсорбированной на поверхности ниобата лития // Известия ВУЗов. Физика. 2023. Т. 66. № 4. С. 93–100.

3. Симаков И.Г., Гулгенов Ч.Ж., Базарова С.Б. Акустоэлектрический метод определения диэлектрических характеристик жидкости в граничном слое // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 1. С. 11–16.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН Бордонского Г.С. Замечание: «в автореферате следовало указать на ограничение полученных результатов для конкретного материала подложки - сегнетоэлектрического ниобата лития».

2. д.ф.-м.н., доцента кафедры общей и теоретической физики ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова» Мантатова В.В. Замечаний нет.

3. д.ф.-м.н., профессора, заведующего лабораторией Саратовского филиала ФГБУН Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН Зайцева Б.Д. Замечание: «не совсем понятная формулировка пункта 6 заключения на стр.20, которое не влияет на общую оценку работы».

4. к.ф.-м.н., доцента, доцента кафедры общей физики ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Кобякова А.В. Замечания: «1. Выявлено расхождение в обозначении: в формуле 1 (стр. 8) относительное изменение скорости указано как $-\Delta V/V_0$ (с индексом «0»), тогда как в тексте на той же странице используется запись $\Delta V/V$ (стр.14) без индекса". Данное замечание не снижает ценности работы; 2. В автореферате не отмечено, какая вода использовалась для эксперимента, каков ее химический анализ; 3.

Желательно уточнить соответствие темы автореферата заявленной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния. Результаты, касающиеся свойств жидкости, получены с помощью поверхностных акустических волн на поверхности пьезоэлектрического звукопровода и сама жидкость – вода, имеет «межфазное» состояние, то есть не является водой в прямом смысле слова. Этого не хватает при прочтении результатов».

5. д.ф.-м.н., главного научного сотрудника Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН Анисимкина В. И. Замечания: «1) конец 4-го положения, выносимого на защиту, об уменьшении отличия релаксационных параметров адсорбированной воды от объемной воды по мере роста толщины адсорбционного слоя, представляется очевидным; 2) не ясно, является ли однозначным одновременное определение 3-х параметров – статической диэлектрической проницаемости, высокочастотной диэлектрической проницаемости и времени диэлектрической релаксации (с.9) - методом покоординатного спуска; 3) изолировались ли излучающий и приемный встречно-штыревые преобразователи в экспериментах при адсорбировании водяных паров поверхностью ниобата лития».

6. к.ф.-м.н., доцента, доцента кафедры теоретической физики Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Хамзина А.А. Замечание: «...полученные в работе результаты базируются на дебаевской модели диэлектрического отклика адсорбированной воды. Однако, как мне известно, например, в силикатных стеклах, диэлектрический отклик адсорбированной воды недебаевский, он уширен и асимметричен. Поэтому, следовало бы также рассмотреть возможность обобщения модели на диэлектрический отклик Гавриляка-Негами».

7. к.ф.-м.н., доцента кафедры электроснабжения и электротехники ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» Мухаевой Л.В. Замечаний нет.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях наук, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук имеет многолетний опыт исследований в области физики конденсированного состояния. В Институте имеются профильные отделы и сотрудники, специализирующиеся на изучении диэлектрических свойств воды в широком диапазоне частот, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы. Сотрудники Отдела субмиллиметровой спектроскопии Центра лазерной физики и фотоники ИОФ РАН ведут активные исследования релаксационных свойств воды. Многочисленные публикации в российских и зарубежных научных изданиях подтверждают компетентность специалистов ИОФ РАН в объективной оценке результатов, представленных автором для защиты.

Официальный оппонент д.ф.-м.н. Аграфонов Ю.В. – известный ученый, специалист в области теоретической физики, основное направление его научной деятельности связано с изучением микроскопических характеристик жидкостей, в частности, анализом поведения жидкостей вблизи твердых поверхностей. Официальный оппонент к.ф.-м.н. Недоспасов И.А. плодотворно занимается исследованиями акустоэлектронных процессов в твердотельных структурах. Оба оппонента – признанные специалисты, широко известные своими достижениями в области физики конденсированного состояния, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, изучению которой посвящена диссертационная работа.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработана** новая экспериментальная методика определения диэлектрических свойств адсорбированной воды с использованием акустоэлектрического метода, основанного на анализе изменений параметров поверхностных акустических волн (ПАВ) в слоистой

системе «пьезоэлектрик – тонкий слой жидкости», позволившая впервые измерить частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости адсорбированной воды в диапазоне толщин адсорбционного слоя от 2 до 13 нм и частот от 40 до 400 МГц; **предложен** нетрадиционный подход к изучению диэлектрических свойств адсорбированной воды, заключающийся в использовании дисперсии ПАВ как инструмента для оценки диэлектрической релаксации; **доказана** перспективность использования акустоэлектрического метода для исследования диэлектрических характеристик адсорбированной воды; **введены** новые представления о модификации диэлектрических свойств адсорбированной воды под влиянием поля поверхностных сил.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** положения и методики, вносящие вклад в расширение представлений об особенностях дебаевской релаксации межфазной воды; **применительно** к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых ПАВ-методов, а также разработанная автором методика, включающая численные методы и стандартные экспериментальные подходы; **изложены** аргументы о том, что нарушение линейной дисперсии ПАВ в системе «пьезоэлектрический звукопровод – слой адсорбированной воды» обусловлено изменением времени диэлектрической релаксации под влиянием твердой поверхности; **раскрыты** противоречия, существующие в исследованиях диэлектрических свойств межфазной воды; **изучены** связи диэлектрических свойств адсорбированной воды с другими явлениями, включая влияние толщины адсорбционного слоя, относительного давления пара и поверхностных сил на релаксационные процессы; **проведена** модернизация алгоритма подгонки параметров модели Дебая, что позволило определить статическую ϵ_s и высокочастотную ϵ_∞ диэлектрические проницаемости, а также время релаксации τ для различных толщин адсорбционного слоя.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработана** новая универсальная методика измерений диэлектрических свойств адсорбированной воды акустоэлектрическим методом; **определены** перспективы практического использования разработанной методики, в частности, для измерения диэлектрической проницаемости полярной жидкости в тонком слое на поверхности пьезоэлектрической подложки; **созданы** экспериментальная установка и измерительная ячейка с возможностью формирования адсорбционного слоя, определения его толщины и регистрации изменения параметров ПАВ; **представлены** рекомендации по практическому применению результатов работы при создании ПАВ-сенсоров, устройств электроники и интегральной техники. Кроме того, результаты исследования представляют интерес как учебный материал в курсе лекций дисциплины «Молекулярная акустика» на кафедре общей и теоретической физики ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова».

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **для экспериментальных работ** использовались высокоточные генератор высокой частоты и частотомер, обеспечивающие регистрацию малых изменений параметров поверхностных акустических волн (ПАВ), показана воспроизводимость результатов подтверждена многократными измерениями в различных условиях (разные толщины слоя от 2 до 13 нм, частотный диапазон 40–400 МГц, температура 293 К), что демонстрирует стабильность и надежность разработанной акустоэлектрической методики; **теоретическая основа** исследования построена на известных данных, включая модель Дебая; **идея базируется** на сравнении авторских данных с ранее опубликованными результатами, такими как исследования диэлектрических свойств межфазной воды в прослойке, показывает качественное совпадение в тенденциях изменения диэлектрической проницаемости и времени релаксации под влиянием поверхностных сил; **установлено** качественное совпадение авторских результатов с данными независимых источников; **использованы**

современные методики получения экспериментальных данных и вычислений искомых параметров.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии во всех этапах процесса, включая получение исходных данных и проведение научного эксперимента, личном участии в апробации результатов исследования, выполненных лично автором или при его участии, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Базарова Саяна Бимбаевна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела достаточную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 21 мая 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Базаровой Саяне Бимбаевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния за решение акустоэлектрическим методом научной задачи экспериментального исследования частотной зависимости диэлектрических свойств адсорбированной воды, в условиях влияния силового поля твердой поверхности, имеющей значение для развития физики конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 9, против - 0.

Председатель

диссертационного совета



 Номоев Андрей Валерьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

 Зеленая Анна Эдуардовна

21 мая 2025 года