

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и цифровому развитию Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского (СГУ)», д.ф.м.н., профессор



Короновский А.А.

« 17 » 02 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Агейкина Никиты Алексеевича** на тему «Влияние анизотропии пьезоэлектрических пластин на взаимодействие акустических волн различных типов с нагрузкой, расположенной на поверхности пластины», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Актуальность темы диссертации

В современных областях науки и техники одной из важных и актуальных задач является разработка новых устройств и методов для исследования характеристик различного типа жидкостей. Акустические устройства, работающие на поверхностных акустических волнах (ПАВ) и волнах в пластинах (АВП), позволяют исследовать жидкости при отсутствии контакта с электродами. Эти жидкости могут характеризоваться различными акустическими и электрофизическими свойствами из-за наличия в них твердых микровключений или различного химического состава. Известно, также, что акустоэлектронные датчики позволяют исследовать фазовый переход «вода-лёд». Использование набора акустических волн с различными физическими параметрами, которые

распространяются в разных направлениях одного и того же анизотропного материала, позволит получить расширенный набор данных об исследуемой жидкости. Такой подход позволит создать идентификаторы жидкости нового типа.

Диссертационная работа Агейкина Н.А. посвящена исследованию влияния анизотропии пьезоэлектрических пластин на взаимодействие акустических волн различных типов с расположенными на поверхности пластины: водой, водными растворами и суспензиями, а также льдом, возникающим в результате фазового перехода, «вода-лёд».

Структура и основное содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Она включает 118 страниц, 19 рисунков и 26 таблиц. Список литературы содержит 170 ссылок.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы. Описаны различные методы исследования свойств водных растворов, биологических жидкостей, суспензий, льда, и приведена проблематика этих методов. Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, научная и практическая ценность полученных результатов, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлены результаты теоретического исследования влияния пяти слабовязких, проводящих водных растворов (0.9%) таких веществ, как лимонная кислота, глюкоза, глутамат натрия, NaCl и настойки полыни на характеристики акустических волн, распространяющихся в анизотропной пластине $128^\circ YX$ - среза кристалла $LiNbO_3$ при углах $\Theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ и 90° с осью X . Для этих жидкостей автор ввел понятие «вкуса», под которым в работе подразумевается индивидуальный набор физических параметров жидкости, таких как плотность, вязкость, электропроводность, диэлектрическая проницаемость и модуль упругости. Автором теоретически показано, что в выбранных направлениях распространения затухание акустических волн обусловлено как электрическими, так и механическими параметрами жидко-

стей. Результаты экспериментального исследования подтвердили теоретические выводы. Для проведения исследований было изготовлено многомодовое многопараметрическое устройство в виде набора линий задержки акустических волн, возбуждаемых и принимаемых встречно-штыревыми преобразователями (ВШП) с различными ориентациями на кристаллической пластине. На основании полученных экспериментальных данных были построены ориентационные гистограммы изменения вносимых потерь (ΔS_{12}) в линиях задержки, которые позволили качественно и количественно различать исследуемые жидкости по форме, площади и положению экстремумов гистограмм.

Во второй главе приведены результаты исследования влияния анизотропии трех видов пьезоэлектрических пластин (YX- среза LiNbO_3 , 128°YX - среза LiNbO_3 , 36°YX - среза LiTaO_3) на особенности детектирования фазового перехода вода-лёд. В результате теоретического и экспериментального исследования было обнаружено, что существуют типы волн как чувствительные, так и не чувствительные к фазовому переходу. Так при образовании льда при -15°C на пьезоэлектрической пластине YX - среза LiNbO_3 под углом 30° к оси X наблюдалось почти полное затухание всех типов акустических волн кроме одной с горизонтальной поляризацией.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования влияния анизотропии пьезопластины 128°YX - среза LiNbO_3 на взаимодействие акустических волн с биологическими или вязкими суспензиями. Используя описанный в первой главе метод идентификации жидкостей по ориентационным гистограммам, были идентифицированы два различных вида бактериальных клеток в питательной среде Лурье-Бертрана (ЛБ). Поскольку различные типы акустических волн по-разному взаимодействуют с одной и той же жидкостью, то это позволило построить ориентационные гистограммы для исследуемых биологических жидкостей и доказать различие между физическими характеристиками питательной среды ЛБ, среды ЛБ с грамположительными бактериями и среды ЛБ с грамотрицательными бактериями. Также

была показана возможность идентификации загрязнения силиконового масла микрочастицами Fe и Fe₂O₃.

В четвертой главе экспериментально исследовано влияние дистиллированной воды на радиационные потери акустических волн Лэмба высших порядков в анизотропных пьезоэлектрических пластинах. Показано, что изменение вносимых потерь ΔS_{12} высокоскоростных волн Лэмба, контактирующих с дистиллированной водой, имеет сильную зависимость от нормальной компоненты акустического смещения на поверхности пластины и слабо зависит от разницы фазовых скоростей волн Лэмба и продольной объемной акустической волны в жидкости.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Научные положения, выносимые на защиту, сформулированы в виде трех доказанных теоретически и экспериментально явлений, возникающих при взаимодействии исследуемых жидкостей с акустическими волнами различных типов в пьезоэлектрических пластинах, и не вызывают возражений.

Научная новизна диссертационной работы

1. Теоретически и экспериментально доказано, что с помощью метода, основанного на использовании ориентационных гистограмм изменения вносимых потерь (ΔS_{12}) для акустических волн различных типов в пьезоэлектрических пластинах, контактирующих с жидкостью, можно идентифицировать слабовязкие водные растворы.

2. Показано, что в структуре «пластина – вода/лед» величина вносимых потерь S_{12} для акустических волн различных типов при фазовом переходе «вода-лед» зависит от анизотропии материала и типа волны.

3. Обнаружено, что в пластине YX-среза LiNbO₃ в направлении под углом 30° к оси X при переходе воды на ее поверхности в лед возникает почти полное поглощение всех акустических волн, за исключением одной горизонтально поляризованной волны.

4. Показана возможность идентификации различных типов микробиологических сред, при помощи разработанного многопараметрического многомерного акустоэлектронного устройства.

5. Показано, что при контакте пьезоэлектрической пластины с водой величина радиационных потерь акустических волн различных типов в пластине в большей степени зависит от структуры волны (соотношения нормальной и поперечной компонент механического смещения частиц), чем от разницы фазовых скоростей волн в пластине и воде.

Достоверность представленных в диссертации результатов обусловлена использованием-известных методов расчета характеристик акустических волн в слоистых структурах и их сравнения в предельных случаях с работами других авторов. При проведении экспериментальных исследований использовались стандартные методы измерения характеристик акустических сигналов. Достоверность в этом случае подтверждается их воспроизводимостью, надежностью примененных методов исследования и обработки данных.

Публикации и апробация результатов по теме диссертационной работы соответствуют требованиям ВАК. Основные результаты диссертации опубликованы в 6 научных работах, в том числе: в 4 статьях в журналах, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus, в Белый список, а также в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, в 2 докладах, опубликованных в трудах Всероссийских конференций.

Научная и практическая ценность работы заключается в описании неизвестных ранее закономерностей влияния анизотропии пьезоэлектрических пластин на взаимодействие акустических волн различных типов с водными растворами, биологическими и вязкими суспензиями, со льдом, возникающим в результате фазового перехода «вода–лёд», расположенными на поверхности пластины, а также на радиационные потери в различных материалах и в различных направлениях распространения. Полученные результаты

легли в основу разработки акустических методов, позволяющих решать прикладные задачи, связанные с контролем обледенения различных конструкций, улучшением прогнозирования ситуативных изменений агрегатного состояния жидкостей, что критически важно для предотвращения техногенных катастроф в климатически нестабильных регионах. Полученные результаты могут быть использованы для контроля качества водных растворов, биологических суспензий, смазочных материалов, масел и других промышленных и лабораторных жидкостей.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты и выводы диссертационной работы Агейкина Н.А. могут быть рекомендованы к использованию в организациях, связанных с санитарно-эпидемиологическим и экологическим контролем, а также в эксплуатирующих организациях авиационного и автомобильного транспорта.

Содержание диссертации соответствует требованиям специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. По направлениям 30 и 60 градусов с осью X углы отклонения потока энергии не равны нулю и различны для мод разного порядка. Остается не ясным, как влияет отклонение потока энергии волн Лэмба на анизотропной пластине ниобата лития на потери сигнала в структуре с 4-мя каналами, направленными не по акустической оси, когда ВШП не имеют наклонных штырей.

2. Не дано физическое объяснение наличию слабозатухающих акустических волн в пластине YX-среза LiNbO_3 в направлениях под углами 30° и 60° к оси X при фазовом переходе «вода-лед», в то время как другие волны при этом исчезают.

3. При фазовом переходе жидкости в лед изменяется угол отклонения потока энергии акустических волн в неосевых направлениях. Учитывалось ли это изменение?

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертации и показывают направления дальнейших исследований. Диссертационная работа Н.А. Агейкина представляет собой экспериментальное и теоретическое исследование, проведенное на высоком научном уровне. Полученные в ней результаты обладают значительной научной и практической значимостью.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям, предусмотренным п.25 «Положения о присуждении ученых степеней».

На основании изложенного можно заключить, что диссертация Агейкина Н.А. «Влияние анизотропии пьезоэлектрических пластин на взаимодействие акустических волн различных типов с нагрузкой, расположенной на поверхности пластины» представляет собой завершенное научное исследование, удовлетворяющее требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении степеней», утверждённого Правительством РФ от 24.03.2013г., № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям физико-математического профиля, а ее автор Агейкин Н.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Сучковым Сергеем Германовичем. Диссертационная работа прошла научную экспертизу. Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании семинара Научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника» СГУ 10.02.2026 г., протокол № 1

Доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник,
руководитель Научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника»
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского (СГУ)»
адрес 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83
Тел. +7-927-621-86-28, e-mail: suchkov.s.g@mail.ru

Сучков С.Г.



Сведения о ведущей организации

1.	Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»
2.	Сокращенное наименование организации	Саратовский университет, СГУ, ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»
3.	Ведомственная принадлежность	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
4.	Место нахождения	г. Саратов
5.	Почтовый индекс, адрес организации	410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
6.	Телефон с указанием кода города	+7 (8452) 26-16-96, +7 (8452) 27-85-29
7.	Адрес электронной почты	rector@sgu.ru , suchkov.s.g@mail.ru
8.	Адрес официального сайта в сети «Интернет»	https://www.sgu.ru
8.	Руководитель организации	Чумаченко Алексей Николаевич
9.	Уполномоченный	Сучков Сергей Германович
10.	Должность	Руководитель, Научно-технологический центр "Микро- и наноэлектроника"
11.	Ученая степень	Доктор физико-математических наук
12.	Ученое звание	Старший научный сотрудник
Публикации работников ведущей организации по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния		
1. Сучков С.Г., Никитов С.А. Исследования по созданию антиколлизийных радиочастотных идентификационных меток на поверхностных акустических волнах// Радиотехника и электроника, 2025, том 70, № 4, с. 62–68. 2. Сучков С.Г. В.А. Николаевцев, Д.С. Сучков. О возможности создания эффективных устройств на поверхностных акустических волнах на частотах выше 6 ГГц// Журнал радиоэлектроники. – 2024. - №. 6. 3. Сучков С.Г., В. Я. Явчуновский, А. И. Тимофеев, В. А. Николаевцев, Д. С. Сучков, В. В. Третинников. О генерации звука поездами метро при торможении и метод его подавления// Акустический журнал, 2023, том 69, № 3, с. 367–373. 4. Фонин А. А., Сучков С.Г., Николаевцев В. А., Михеев С. И. Математическое моделирование нового метода обработки сейсмосигнала на примере разреза Саратовского Правобережья. Часть 1.// Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2023, Том 9. № 1 (33). С. 92–106. 5. Фонин А. А., Сучков С.Г., Николаевцев В. А., Михеев С. И. Математическое моделирование нового метода обработки сейсмосигнала на примере разреза Саратовского Правобережья. Часть 2.// Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2023, Том 9. №2(34), С.139-152. 6. Slepchenkov, M.M. Electronic properties and behavior of carbon network based on graphene and single-walled carbon nanotubes in strong electrical fields: quantum molecular dynamics study / M.M. Slepchenkov, O.E. Glukhova // Nanotechnology. – 2022. – Vol. 33. – Electronic properties and behavior of carbon network based on graphene and single-walled		

carbon nanotubes in strong electrical fields. – № 28. – P. 285001. doi: 10.1088/1361-6528/ac652a.

7. Shunaev, V. Interaction of Co₃O₄ Nanocube with Graphene and Reduced Graphene Oxide: Adhesion and Quantum Capacitance / V. Shunaev, O. Glukhova // Lubricants. – 2022. – Vol. 10. – Interaction of Co₃O₄ Nanocube with Graphene and Reduced Graphene Oxide. – № 5. – P. 79. doi: 10.3390/lubricants10050079.

8. Gerasimenko A.Y., Kitsyuk E., Kurilova U.E., Suetina I.A., Russu L., Mezentseva M.V., Markov A., Narovlyansky A.N., Kravchenko S., Selishchev S.V., Glukhova O.E. Interfaces Based on Laser-Structured Arrays of Carbon Nanotubes with Albumin for Electrical Stimulation of Heart Cell Growth// Polymers. – 2022. – Vol. 14. – № 9. – P. 1866. doi: 10.3390/polym14091866.

9. Korznikova E.A., Shunaev V.V., Shepelev I.A., Glukhova O.E., Dmitriev S.V. Ab initio study of the propagation of a supersonic 2-crowdion in fcc Al // Computational Materials Science. – 2022. – Vol. 204. – P. 111125. doi: 10.1016/j.commatsci.2021.111125.