

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.080.03

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 03 июня 2021 г., протокол № 9/21

О присуждении Семёновой Марии Николаевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Свойства делокализованных нелинейных колебательных мод треугольной решетки Морзе и графена» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 24 марта 2021 г. (протокол заседания № 4/21) диссертационным советом Д 002.080.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ИПСМ РАН), адрес: 450001, г. Уфа, ул. Степана Халтурина, 39, приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета - № 785/нк от 10.07.2015 г.

Соискатель Семёнова Мария Николаевна, 1986 года рождения, в 2009 г. окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова» (ЯГУ) по специальности «Математика», в 2014 году окончила аспирантуру при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (СВФУ) по специальности 01.01.02 «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2019 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ).

Соискатель работает в Политехническом институте (филиале) СВФУ в г. Мирном на кафедре фундаментальной и прикладной математики в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре фундаментальной и прикладной математики Политехнического института (филиала) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном и в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова».

Научный руководитель – д.ф.-м.н., **Корзникова Елена Александровна**, ведущий научный сотрудник лаборатории 09 "Нелинейная физика и механика материалов" ИПСМ РАН.

Официальные оппоненты: **Косевич Юрий Арнольдович** – д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник лаборатории физики и механики полимеров Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова РАН и **Шепелев Игорь Александрович** - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики института физики Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» (БашГУ), г. Уфа в своем положительном заключении, составленном заведующим кафедры теоретической физики, д-р физ.-мат. наук, профессором **Вахитовым Робертом Миннисламовичем**, указала, что диссертационная работа Семеновой М.Н. выполнена на актуальную тему и представляет собой логически выстроенную и завершенную научно-исследовательскую работу, в которой содержится решение научных задач, имеющих существенное значение для развития физики конденсированного состояния, в области, связанной с исследованием стабильности и нелинейной динамики углеродных материалов в неравновесных

условиях. В отзыве содержатся замечания, которые не снижают ценности работы и не влияют на положительную оценку работы в целом.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются компетентными в данной отрасли науки, широко известны своими достижениями в данной области и способны определить научную и практическую ценность диссертации. В БашГУ имеются ученые, являющиеся безусловными специалистами в области физики конденсированного состояния и, в частности, работающие по тематике моделирования и нелинейной динамики, к которой относится диссертация (д-р физ.-мат. наук Вахитов Р.М., канд. физ.-мат. наук Закирьянов Ф.К. и др.).

Соискатель имеет по теме диссертации 13 опубликованных работ, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых зарубежных и отечественных журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 5 - в журналах, индексируемых в международных базах данных (БД) Scopus и Web of Science. Наиболее значимыми работами являются статьи, опубликованные в журналах European Physical Journal B (2019. V. 92. № 11. P. 249. DOI: 10.1140/epjb/e2019-100436-y), относящегося к квартилю Q2 в БД Scopus, и журнале Physics of the Solid State (2019. V. 61. Is. 11. P. 2139-2144. DOI: 10.21883/FTT.2019.11.48423.444), относящегося к квартилю Q3 в БД Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные данные об опубликованных соискателем научных работах.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов:

1. Доцента Высшей школы теоретической механики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, д-р физ.-мат. наук **Кузькина Виталия Андреевича**. В отзыве три замечания: «1) На странице 5 утверждается, что параметр альфа потенциала Морзе определяет жесткость межатомной связи. Следовало бы также добавить, что он также отвечает за ширину потенциальной ямы и скорость затухания потенциала на бесконечности. Далее автор фиксирует значение данного параметра. В таком случае не ясно, почему не использовался более простой потенциал Леннарда-Джонса? 2) Чем определяется величина порогового отклонения, при превышении которого мода становится неустойчивой? 3) Из автореферата

неясно, рассматривались поперечные колебания графенового листа. Если да, то каково влияние данных колебаний на рассмотренные делокализованные нелинейные колебательные моды?»).

2. Заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин имени проф. В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, д-р физ.-мат. наук **Громова Владимира Евгеньевича**. В отзыве есть 1 замечание: «Автором не приведено детального объяснения аномального скачка на зависимости амплитуды делокализованной моды № 6 от начального смещения атомов, представленного на рисунке №3».

3. Доцента кафедры «Теоретическая и общая электроника» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, канд. физ.-мат. наук **Охулкова Сергея Николаевича**. В отзыве есть 1 замечание: «Почему для изучения свойств делокализованных нелинейных колебательных мод был взят потенциал Морзе, а не какой-то другой парный потенциал?».

4. Заслуженного деятеля науки РФ, профессора, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина», д-р физ.-мат. наук **Федорова Виктора Александровича** (замечаний нет).

5. Начальника лаборатории металловедения акционерного общества «Научно-производственный центр «Полюс», канд. физ.-мат. наук **Кириллова Владимира Анатольевича** (замечаний нет).

6. Доцента кафедры Электроэнергетики и автоматизации промышленного производства Политехнического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова в г. Мирном, канд. физ.-мат. наук **Бибихова Юрия Владимировича** (замечаний нет).

7. Профессора кафедры прикладной механики и материаловедения Томского государственного архитектурно-строительного университета, д-р физ.-мат. наук, **Клопотова Анатолия Анатольевича** (замечаний нет).

В отзывах указано, что представленная работа имеет большое практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведен полный анализ зависимости устойчивости всех однокомпонентных делокализованных нелинейных колебательных мод от начальной амплитуды колебания в треугольной решетке с потенциалом взаимодействия Морзе;

обнаружено проявление отрицательного давления в процессе реализации некоторых двухкомпонентных мод в кристалле графена;

описана возможность реализации явления второй гармоники проявляющейся в процессе колебания атомов кристалла графена в паттерне некоторых двумерных делокализованных нелинейных колебательных мод;

описана динамика единственно возможной трехкомпонентной делокализованной нелинейной колебательной моды в кристалле графена.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений об поведении двумерных кристаллов в условиях далеких от равновесия;

рассчитан ряд важных характеристик делокализованных нелинейных колебательных мод в двумерных кристаллах, такие как, частота, энергия и механические напряжения в зависимости от амплитуды;

изложены основные закономерности развития неустойчивости однокомпонентных делокализованных нелинейных колебательных мод в кристалле с треугольной решеткой и потенциалом взаимодействия Морзе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

проанализированы амплитудно-частотные характеристики делокализованных мод, определены моды с частотой выше верхней границы фононного спектра, что позволяет определить возможные паттерны движения атомов для инициирования локализованных колебаний - дискретных бризеров на их основе;

систематизировано понимание влияния амплитуды делокализованной нелинейной колебательной моды на устойчивость двумерных кристаллов;

выявлены такие нетривиальные эффекты как генерация второй гармоники и появление отрицательного давления, связанных с особенностями паттерна движения мод, которые могут найти практическое применение в долгосрочной перспективе развития соответствующих технологий.

Результаты диссертации могут быть использованы в развитии теории устойчивости новых двумерных материалов, при испытании ими экстремальных воздействий, таких как лазерные воздействия, динамические нагрузки, а также в вузовских учебных курсах по нелинейной динамике материалов с пониженной размерностью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

в исследованиях использованы как стандартные программы пакета молекулярно-динамического моделирования, так и специально написанные вычислительные алгоритмы, а также классические методы молекулярной динамики с применением хорошо апробированных многочастичных межатомных потенциалов взаимодействия;

полученные результаты молекулярно-динамического моделирования не противоречат базовым физическим закономерностям;

паттерны движения делокализованных нелинейных колебательных мод, используемые в работе, были получены с использованием строгих математических теоретико-групповых методов.

Личный вклад соискателя заключается в выборе методов решения задач, разработке плана работ, подготовке и проведении численных расчетов, обработке и анализе полученных результатов, последующем их оформлении в виде научных публикаций. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились при активном участии соискателя.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, в соответствии с критериями, установленными п. 9 Положения о порядке присуждения ученых

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.080.03

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 03 июня 2021 г., протокол № 9/21

О присуждении Семёновой Марии Николаевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Свойства делокализованных нелинейных колебательных мод треугольной решетки Морзе и графена» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 24 марта 2021 г. (протокол заседания № 4/21) диссертационным советом Д 002.080.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ИПСМ РАН), адрес: 450001, г. Уфа, ул. Степана Халтурина, 39, приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета - № 785/нк от 10.07.2015 г.

Соискатель Семёнова Мария Николаевна, 1986 года рождения, в 2009 г. окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова» (ЯГУ) по специальности «Математика», в 2014 году окончила аспирантуру при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (СВФУ) по специальности 01.01.02 «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2019 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ).

Соискатель работает в Политехническом институте (филиале) СВФУ в г. Мирном на кафедре фундаментальной и прикладной математики в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре фундаментальной и прикладной математики Политехнического института (филиала) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном и в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова».

Научный руководитель – д.ф.-м.н., **Корзникова Елена Александровна**, ведущий научный сотрудник лаборатории 09 "Нелинейная физика и механика материалов" ИПСМ РАН.

Официальные оппоненты: **Косевич Юрий Арнольдович** – д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник лаборатории физики и механики полимеров Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова РАН и **Шепелев Игорь Александрович** - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики института физики Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» (БГУ), г. Уфа в своем положительном заключении, составленном заведующим кафедры теоретической физики, д-р физ.-мат. наук, профессором **Вахитовым Робертом Миннисламовичем**, указала, что диссертационная работа Семеновой М.Н. выполнена на актуальную тему и представляет собой логически выстроенную и завершенную научно-исследовательскую работу, в которой содержится решение научных задач, имеющих существенное значение для развития физики конденсированного состояния, в области, связанной с исследованием стабильности и нелинейной динамики углеродных материалов в неравновесных



условиях. В отзыве содержатся замечания, которые не снижают ценности работы и не влияют на положительную оценку работы в целом.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются компетентными в данной отрасли науки, широко известны своими достижениями в данной области и способны определить научную и практическую ценность диссертации. В БГУ имеются ученые, являющиеся безусловными специалистами в области физики конденсированного состояния и, в частности, работающие по тематике моделирования и нелинейной динамики, к которой относится диссертация (д-р физ.-мат. наук Вахитов Р.М., канд. физ.-мат. наук Закирьянов Ф.К. и др.).

Соискатель имеет по теме диссертации 13 опубликованных работ, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых зарубежных и отечественных журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 5 - в журналах, индексируемых в международных базах данных (БД) Scopus и Web of Science. Наиболее значимыми работами являются статьи, опубликованные в журналах European Physical Journal B (2019. V. 92. № 11. P. 249. DOI: 10.1140/epjb/e2019-100436-y), относящегося к квартилю Q2 в БД Scopus, и журнале Physics of the Solid State (2019. V. 61. Is. 11. P. 2139-2144. DOI: 10.21883/FTT.2019.11.48423.444), относящегося к квартилю Q3 в БД Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные данные об опубликованных соискателем научных работах.

На диссертацию и автореферат поступило 7 положительных отзывов:

1. Доцента Высшей школы теоретической механики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, д-р физ.-мат. наук **Кузькина Виталия Андреевича**. В отзыве три замечания: «1) На странице 5 утверждается, что параметр альфа потенциала Морзе определяет жесткость межатомной связи. Следовало бы также добавить, что он также отвечает за ширину потенциальной ямы и скорость затухания потенциала на бесконечности. Далее автор фиксирует значение данного параметра. В таком случае не ясно, почему не использовался более простой потенциал Леннарда-Джонса? 2) Чем определяется величина порогового отклонения, при превышении которого мода становится неустойчивой? 3) Из автореферата

неясно, рассматривались поперечные колебания графенового листа. Если да, то каково влияние данных колебаний на рассмотренные делокализованные нелинейные колебательные моды?»).

2. Заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин имени проф. В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, д-р физ.-мат. наук **Громова Владимира Евгеньевича**. В отзыве есть 1 замечание: «Автором не приведено детального объяснения аномального скачка на зависимости амплитуды делокализованной моды № 6 от начального смещения атомов, представленного на рисунке №3».

3. Доцента кафедры «Теоретическая и общая электроника» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, канд. физ.-мат. наук **Охулкова Сергея Николаевича**. В отзыве есть 1 замечание: «Почему для изучения свойств делокализованных нелинейных колебательных мод был взят потенциал Морзе, а не какой-то другой парный потенциал?».

4. Заслуженного деятеля науки РФ, профессора, профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина», д-р физ.-мат. наук **Федорова Виктора Александровича** (замечаний нет).

5. Начальника лаборатории металловедения акционерного общества «Научно-производственный центр «Полюс», канд. физ.-мат. наук **Кириллова Владимира Анатольевича** (замечаний нет).

6. Доцента кафедры Электроэнергетики и автоматизации промышленного производства Политехнического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова в г. Мирном, канд. физ.-мат. наук **Бибихова Юрия Владимировича** (замечаний нет).

7. Профессора кафедры прикладной механики и материаловедения Томского государственного архитектурно-строительного университета, д-р физ.-мат. наук, **Клопотова Анатолия Анатольевича** (замечаний нет).

В отзывах указано, что представленная работа имеет большое практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведен полный анализ зависимости устойчивости всех однокомпонентных делокализованных нелинейных колебательных мод от начальной амплитуды колебания в треугольной решетке с потенциалом взаимодействия Морзе;

обнаружено проявление отрицательного давления в процессе реализации некоторых двухкомпонентных мод в кристалле графена;

описана возможность реализации явления второй гармоники проявляющейся в процессе колебания атомов кристалла графена в паттерне некоторых двумерных делокализованных нелинейных колебательных мод;

описана динамика единственно возможной трехкомпонентной делокализованной нелинейной колебательной моды в кристалле графена.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений об поведении двумерных кристаллов в условиях далеких от равновесия;

рассчитан ряд важных характеристик делокализованных нелинейных колебательных мод в двумерных кристаллах, такие как, частота, энергия и механические напряжения в зависимости от амплитуды;

изложены основные закономерности развития неустойчивости однокомпонентных делокализованных нелинейных колебательных мод в кристалле с треугольной решеткой и потенциалом взаимодействия Морзе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

проанализированы амплитудно-частотные характеристики делокализованных мод, определены моды с частотой выше верхней границы фононного спектра, что позволяет определить возможные паттерны движения атомов для инициирования локализованных колебаний - дискретных бризеров на их основе;

систематизировано понимание влияния амплитуды делокализованной нелинейной колебательной моды на устойчивость двумерных кристаллов;

выявлены такие нетривиальные эффекты как генерация второй гармоники и появление отрицательного давления, связанных с особенностями паттерна движения мод, которые могут найти практическое применение в долгосрочной перспективе развития соответствующих технологий.

Результаты диссертации могут быть использованы в развитии теории устойчивости новых двумерных материалов, при испытании ими экстремальных воздействий, таких как лазерные воздействия, динамические нагрузки, а также в вузовских учебных курсах по нелинейной динамике материалов с пониженной размерностью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

в исследованиях использованы как стандартные программы пакета молекулярно-динамического моделирования, так и специально написанные вычислительные алгоритмы, а также классические методы молекулярной динамики с применением хорошо апробированных многочастичных межатомных потенциалов взаимодействия;

полученные результаты молекулярно-динамического моделирования не противоречат базовым физическим закономерностям;

паттерны движения делокализованных нелинейных колебательных мод, используемые в работе, были получены с использованием строгих математических теоретико-групповых методов.

Личный вклад соискателя заключается в выборе методов решения задач, разработке плана работ, подготовке и проведении численных расчетов, обработке и анализе полученных результатов, последующем их оформлении в виде научных публикаций. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились при активном участии соискателя.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, в соответствии с критериями, установленными п. 9 Положения о порядке присуждения ученых

степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, получены новые, научно обоснованные результаты изучения нелинейной динамики кристаллов с пониженной размерностью, имеющие значение для развития физики конденсированного состояния.

На заседании 3 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Семёновой М.Н. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,  
чл.-корр. РАН, проф., д-р физ.-мат. наук



*[Handwritten signature]*

Мулюков Радик Рафикович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
канд. техн. наук

*[Handwritten signature]*

Саркеева Айгуль Анваровна

04 июня 2021 г.

Заключение подготовила:

Председатель комиссии  
диссертационного совета,  
д-р физ.-мат. наук, проф. РАН

*[Handwritten signature]*

Баимова Юлия Айдаровна