

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 02.1.003.03 НА БАЗЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО РФ) ПО ДИССЕРТАЦИИ
ГЕРАСИМОВА ДЕНИСА НИКОЛАЕВИЧА «МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И
ИЗЛУЧЕНИЕ ПЛАЗМЫ В УЗКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАНАЛАХ» НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.04.2024, № 3

О присуждении ГЕРАСИМОВУ Денису Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Механика жидкости и излучение плазмы в узких диэлектрических каналах» по специальности 1.3.17. – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» принята к защите 21.12.2023, протокол № 6, диссертационным советом 02.1.003.03, созданным на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1 (утвержден Приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.).

Соискатель Герасимов Денис Николаевич, дата рождения: 3 июля 1974 года.

В 1997 году Герасимов Д.Н. окончил энергофизический факультет Московского энергетического института (технического университета) по специальности «Теплофизика». Диплом инженера с отличием выдан 19.02.1997 г., регистрационный номер 137550.

17 мая 2000 года на заседании диссертационного совета Объединенного института высоких температур РАН защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Гетерогенные среды в электрическом поле: свойства и процессы», специальность 01.04.08 – «Физика и химия плазмы» (диплом КТ № 032547).

Диссертационная работа Герасимова Д.Н. выполнена на кафедре инженерной теплофизики Национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ «МЭИ»).

В период работы над диссертацией Герасимов Д.Н. работал в должности заведующего кафедрой инженерной теплофизики НИУ «МЭИ».

Научный консультант: Синкевич Олег Арсеньевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика и химия плазмы», профессор кафедры инженерной теплофизики НИУ «МЭИ», г. Москва.

Официальные оппоненты:

- Деревич Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва;

- Дьячков Лев Гаврилович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва;

- Зудин Юрий Борисович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нестационарных процессов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева» Российской академии наук (ИНХС РАН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, и.о. заведующего лабораторией «Плазмохимии и физикохимии импульсных процессов» ИНХС РАН, главным научным сотрудником Лебедевым Ю.А. и утвержденном членом-корреспондентом РАН, доктором химических наук, директором ИНХС РАН Максимовым А.Л., указала, что представленная работа является актуальной и направлена на построение описания течения жидкости, базирующегося на проведенных экспериментах, теоретических исследованиях и моделировании.

В отзыве ведущей организации отмечен, что основной результат диссертации заключается в установлении трибоэлектрической природы гидродинамической люминесценции: вследствие электризации жидкости при протекании по каналу происходит пробой газа в пузырях и образование неравновесной плазмы, излучение которой и регистрируется.

Из наиболее важных научных результатов и достижений, обуславливающих научную новизну диссертационной работы, в отзыве ведущей организации отмечается:

- предложенный подход и численный метод описания аномальной диффузии;
- установлений физических закономерностей гидродинамической люминесценции различных жидкостей;
- выявление неравновесной плазмы внутри газовой фазы в жидкости, протекающей в узком канале, и установление ее параметров;
- новый подход к кинетике испарения, включающий в себя аналитические выражения, верифицированные численным моделированием, в рамках которого получены выражения для коэффициента испарения жидкости, зависимости количества испаряющихся частиц от температуры, и многих других параметров.

В конце отзыва ведущей организации резюмируется: «Диссертация Герасимова Д.Н. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены важные задачи, связанные с исследованием физических процессов, приводящих к возникновению свечения при протекании жидкости в узких каналах, с исследованием процессов диффузии жидкости в пористых материалах. Задачи и содержание работы отвечают паспорту специальности 1.3.17. – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. Диссертационная работа Герасимова Д.Н. отвечает критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17. – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.».

Соискатель имеет 36 публикаций по теме диссертации, в том числе 3 монографии, учебник и 32 статьи в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus, РИНЦ и в действующем Перечне ВАК:

1. Biryukov D.A, **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. Cavitation and Associated Phenomena. CRC Press, 2022. 380 p.
2. **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. Kinetics of Evaporation. Springer, 2018. 321 p.

3. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.** Triboluminescence of Liquid Dielectrics: on a Way to Discover the Nature of Sonoluminescence// book chapter in “Triboluminescence: Theory, Synthesis, and Application”, ed. D.O. Olawale, O.O.I. Okoli, R.S. Fontenot, W.A. Hollerman. Springer, 2016. 454 p.
4. Смирнов С.Н., **Герасимов Д.Н.** Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 326 с.
5. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.**, Morgunova S.B., Yurin E.I. Characterization of the electroluminescence of oil produced by an electric discharge// Anal. Lett. V. 56 (2023). P. 1102–1114.
6. Бирюков Д.А., **Герасимов Д.Н.**, Юрин Е.И. Спектр излучения баллистического геля после пролета пули// Письма в ЖТФ. Т. 48 (2022). С. 14–16.
7. **Gerasimov D.N.** The Nernst–Einstein equation for an anomalous diffusion at short spatial scales// Physica D. V. 419 (2021). 132851.
8. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.**, Ha Thi Thu Hoang, Yurin E.I. Non-equilibrium conditions in a luminescent medium during hydrodynamic luminescence of water// J. Lumin. V. 237 (2021). 118164.
9. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. The cavitation process in proximity to an ultrasonic waveguide// J. Phys.: Conf. Ser. V. 1683 (2020). 022016.
10. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. Molecular dynamics simulation of the Leidenfrost effect// J. Phys.: Conf. Ser. V. 1683 (2020). 022007.
11. Bocharov G.S., **Gerasimov D.N.**, Grigoriev I.S., Dedov A.V., Zverev A.V., Eletsii A.V. Thermal conductivity of phase changing materials doped with carbon nanotubes// J. Phys.: Conf. Ser. V. 1683 (2020). 032011.
12. **Gerasimov D.N.**, Morgunova S.B. Fast decomposition on proper vectors in multidimensional space// J. Phys.: Conf. Ser. V. 1683 (2020). 022015.
13. **Gerasimov D.N.**, Morgunova S.B. Detecting chaos in time series// J. Phys.: Conf. Ser. V. 1683 (2020). 022014.
14. Belyaev I.A., Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. On-off intermittency and hard turbulence in the flow of fluid in the magnetic field// Chaos. V. 29 (2019). 083119.
15. Biryukov D.A., **Gerasimov D.N.** Spectroscopic diagnostics of hydrodynamic luminescence// J. Mol. Liq. V. 266 (2018). P. 75–81.

16. Tukhbatullin A.A., Sharipov G.L., **Gerasimov D.N.** Luminescence of reaction products of mechanochemical decomposition for some gaseous hydrocarbons C_xH_y during tribodestruction of cerium and terbium salts// J. Lumin. V. 197 (2018). P. 335–338.
17. Бе́ляев И.А., Би́рюков Д.А., **Ге́расимов Д.Н.** Спектроскопия кавитирующей жидкости в оптическом и рентгеновском диапазоне// Оптика и спектроскопия. Т. 125 (2018). С. 39–45.
18. Би́рюков Д.А., Ва́льяно Г.Е., **Ге́расимов Д.Н.** Повреждения поверхности ультразвукового волновода при кавитации, сопровождавшейся сонолюминесценцией// Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2018. №2. С. 92–95.
19. **Ге́расимов Д.Н.**, Ю́рин Е.И. Плотности потоков массы и энергии на поверхности испаряющейся жидкости// ТВТ. Т. 56 (2018). С. 372–380.
20. **Gerasimov D.N.**, Yurin E.I. Potential energy distribution function and its application to the problem of evaporation// J. Phys.: Conf. Ser. V. 891 (2017). 012005.
21. Astafieva I.M., **Gerasimov D.N.**, Makseev R.E. Density measurement by radiometric method with gamma irradiation from sources of low activity// J. Phys.: Conf. Ser. V. 891 (2017). 012322.
22. Би́рюков Д.А., **Ге́расимов Д.Н.** Изменение температуры жидкости в процессе многопузырьковой сонолюминесценции// Тепловые процессы в технике. Т. 9 (2017). С. 113–117.
23. Би́рюков Д.А., **Ге́расимов Д.Н.**, Ю́рин Е.И. Вскипание жидкости при ее контакте с перегретой поверхностью// Тепловые процессы в технике. Т. 9 (2017). С. 397–404.
24. Би́рюков Д.А., **Ге́расимов Д.Н.** Динамика интенсивности многопузырьковой сонолюминесценции// Письма в ЖТФ. Т. 43 (2017). С. 40–45.
25. **Ге́расимов Д.Н.**, Ю́рин Е.И. Параметры, определяющие кинетические процессы на поверхности испарения// ТВТ. Т. 53 (2015). С. 530–537.
26. Би́рюков Д.А., **Ге́расимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Электризация жидкости при сонолюминесценции// Письма в ЖТФ. Т. 40 (2014). С. 90–94.
27. **Ге́расимов Д.Н.**, Ю́рин Е.И. Функция распределения атомов по скоростям при испарении жидкости// Т. 52 (2014). С. 377–384.

28. Бирюков Д.А., Власова М.И., **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Свечение жидкости в узком канале как триболоминесценция// Оптика и спектроскопия. Т. 114 (2013). С. 768–772.
29. Бирюков Д.А., Власова М.И., **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Электрическое поле внутри воздушного пузырька при гидродинамической люминесценции// ТВТ. Т. 51 (2013). С. 629–637.
30. Бирюков Д.А., **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Измерение и анализ спектра гидролюминесценции// Письма в ЖТФ. Т. 38 (2012). С. 53–57.
31. **Gerasimov D.N.**, Kondratieva V.A., Sinkevich O.A. An anomalous non-self-similar infiltration and fractional diffusion equation// Physica D. V. 239 (2010). P. 1593–1597.
32. **Герасимов Д.Н.**, Рудавина М.Н. Механизм вскипания жидкости в пузырьковой камере// ТВТ. Т. 46 (2008). С. 146–148.
33. **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Кипение: распределение пузырей по размерам, требуемое максимумом информации// ТВТ. Т. 42 (2004). С. 484–487.
34. Sinkevich O.A., **Gerasimov D.N.** Propagation of super-high-speed ionizing waves in long shielded tubes// J. Phys. D.: Appl. Phys. V. 33 (2000) P. 54–61.
35. **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Образование упорядоченных структур в термической пылевой плазме// ТВТ. Т. 37 (1999). С. 853–857.
36. **Герасимов Д.Н.**, Синкевич О.А. Фазовые переходы и понижения порога электрического пробоя в газах с конденсированной дисперсной фазой// ТВТ. Т. 36 (1998). С. 357–361.

По своему содержанию опубликованные работы посвящены комплексным исследованиям нестационарных процессов в гетерогенных системах, включая теоретическое описание кинетики на межфазной поверхности, исследование газовых разрядов и их излучения, применение фрактального математического описания к динамическим процессам в жидкости.

На автореферат поступило 4 отзыва. Все отзывы положительные:

1. Отзыв из Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, подписан Фриком П.Г., доктором физико-математических наук, профессором, заведующим отделом физической гидродинамики. Содержит замечание:

«Слово «механика» кажется в названии лишним, так как по методам решения задач работа не «механическая» (в смысле классической гидромеханики).».

2. Отзыв из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, подписан Сапожниковым С.З., доктором технических наук, профессором, директором НОЦ «Теплофизика в энергетике». Содержит замечания:

«Не обоснован выбор исследуемых сред и параметров физического эксперимента. Отсутствует оценка точности, с которой в опытах определены целевые величины. Материал изложен вязко, а местами многословно.».

3. Отзыв из Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Уфа, подписан Губайдуллиным И.М., доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией математической химии Института нефтехимии и катализа. Содержит замечания:

«На стр. 18 (рис. 9) приведен спектр гидролюминесценции, очевидно, в атмосфере аргона, с регистрацией основных эмиттеров свечения, однако в тексте отсутствует объяснение происхождения линий молекулярного азота.

На стр. 24 следовало бы пояснить, как с помощью источника УФ-излучения, но преимущественно с $\lambda_{\text{возб}} > 400$ нм (рис. 17) можно получить спектр с широкой частотой излучения от 320 до 470 нм (рис. 16) в существенно антистоксовой области по отношению к $\lambda_{\text{возб}}$?».

4. Отзыв из Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва, подписанный Храпаком А.Г., доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией Теоретического отдела. Содержит замечания:

«Из подписи к рис. 17 и текста не ясно чему соответствуют правый и левый рисунки.

На рис. 23 не указано, в каких единицах измеряется энергия.

На рис. 24 также не указано, в каких единицах измеряется энергия связи.».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

Деревич И.В. доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, является авторитетным специалистом

в области нелинейной динамики и стохастических процессов, а также в области исследования нестационарных тепловых явлений.

Дьячков Л.Г. доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва, является известным специалистом в области физики плазмы. Оппонент имеет значительный опыт в исследовании и теоретическом описании неравновесной плазмы.

Зудин Ю.Б. доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нестационарных процессов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва, является одним из ведущих отечественных специалистов в области исследования кинетических явлений и математического описания гетерогенных систем. Монографии Ю.Б. Зудина посвящены неравновесным процессам испарения и конденсации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, г. Москва, является ведущим научно-исследовательским центром в России по проблемам химической физики, физики электрических разрядов в жидкости и их спектроскопическим исследованиям.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем теоретических и экспериментальных исследований течения жидкости в узких каналах получены новые важные результаты, вносящие значительный вклад в развитие молекулярной физики неравновесных гетерогенных систем.

Наиболее существенные научные результаты, полученные соискателем, состоят в следующем:

– Установлена глобальная нелинейность в подклассе задач неавтономной аномальной диффузии, и реализовано ее описание с помощью уравнения конвекции-диффузии с дробной производной по времени переменного порядка.

– На основании полученных экспериментальных данных предложена физическая теория возникновения свечения при течении жидкости в узких каналах, установлены детальные механизмы гидродинамической люминесценции.

– Получены новые экспериментальные данные, на основании которых сопоставлены различные виды свечения: гидродинамическая люминесценция,

сонолюминесценция, фотолюминесценция и излучение электрического разряда в жидкости.

– На основе аналитических подходов найдены решения, описывающие динамику процессов тепло- и массопереноса внутри пузырьков.

– На основании аналитических решений и прямого численного моделирования методом молекулярной динамики вблизи фазовой границы «жидкость–пар» получены новые данные о детальных механизмах испарения и конденсации.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии подходов математического описания диффузионных процессов в средах с нерегулярной структурой, а также кинетики неравновесных процессов на межфазной поверхности.

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в создании интенсивно излучающей плазмы для систем очистки жидкостей без использования внешних электрических полей, в методах диагностики кавитирующих потоков и анализа состава неравновесной плазмы.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается значительным объемом экспериментальных исследований, результаты которых коррелируют с опытными данными других научных групп; совпадением результатов расчетов по аналитическим выражениям с данными численного моделирования; надежностью применяемых экспериментальных и расчетных методик, а также фундаментальным характером исходных закономерностей, используемых при теоретических построениях.

Следует отдельно отметить, что все новые результаты, представленные в диссертации, получены соискателем самостоятельно и опубликованы в ведущих научных журналах и монографиях, изданных в крупнейших международных издательствах.

В ходе защиты диссертации были заданы вопросы о компонентах спектра излучения, подходах к описанию аномальной диффузии, основанные на преобразовании пространственной и временной части уравнения Колмогорова, гидролюминесценции конкретного масла, всегда ли производная зависит от искомой функции влагосодержания, какой коронный разряд использовался для тестирования диагностических методов, можно ли использовать резонатор для усиления исследуемого излучения, наблюдаются ли выход нейтронов в исследуемых

процессах; почему было отдано предпочтение электрическому механизму свечения; какова связь рассмотренных процессов аномальной диффузии с излучением.

Д.Н. Герасимов на задаваемые ему в ходе заседания вопросы. Иные компоненты свечения не наблюдаются, что может быть связано с пределом измерений регистрирующей аппаратуры. Для описания аномальной диффузии можно использовать различные подходы, однако для учета неавтомоделного характера рассмотренного процесса применяемый в работе метод выглядит наиболее предпочтительным. Гидродинамическая люминесценция может наблюдаться в различных жидкостях, в том числе в различных маслах, при этом компоненты свечения могут быть различными. В работе приведено обобщенное описание аномальной диффузии, в частном случае может рассматриваться упрощенный вариант с постоянным порядком дифференцирования по времени. Для верификации расчетного кода, предназначенного для моделирования спектра, использовался одноэлектродный коронный разряд в воздухе. В работе непосредственно не рассматривалось использование резонатора, и сделать однозначное заключение представляется затруднительным. Выход нейтронов в экспериментах не наблюдался. Предпочтение электрическому, а не тепловому механизму высвечивания было отдано по совокупности исследования кинетики тепловых процессов на межфазной поверхности и анализу спектроскопических данных гидролюминесценции. В работе рассматривается как макроскопическое описание жидкости внутри неупорядоченной среды, так и микроскопические электрокинетические эффекты, возникающие в подобной среде.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Герасимова Д.Н. «Механика жидкости и излучение плазмы в узких диэлектрических каналах», представленная на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17. – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании 17 апреля 2024 г. диссертационный совет принял решение за создание научного направления, связанного с исследованием неравновесных гетерогенных систем, присудить Герасимову Денису Николаевичу учёную степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17. — «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек (в том числе присутствовали удаленно 5 человек), из них 8 докторов наук по специальности диссертации 1.3.17. – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества», из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение учёной степени – 20,

против присуждения учёной степени – 0,

не участвовали в голосовании – 0.

Протокол о результатах тайного электронного голосования утверждён открытым голосованием – единогласно.

Председатель диссертационного
совета, д.х.н., проф., чл.-корр. РАН

Ученый секретарь диссертационного
совета, к.ф.-м.н.

17.04.2024



С.Н. Чвалун

Т.Е. Григорьев