

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ



119991, ГСП-1, Москва
Ленинский проспект, 53 ФИАН
Телефон: (499) 135 1429
(499) 135 4264
Телефакс: (499) 135 7880
<http://www.lebedev.ru>

Дата 16.06.2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИАН
академик РАН, д.ф.-м.н.

Н.Н.Колачевский

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

Диссертация «Разрушение космической пыли за фронтами ударных волн в неоднородных средах» выполнена в Астрокосмическом центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (далее АКЦ ФИАН). В период подготовки диссертации соискатель Дедиков Святослав Юрьевич работал в АКЦ ФИАН в отделе теоретической астрофизики и космологии в должности ведущего инженера-программиста.

С.Ю. Дедиков в 2001 г. окончил Ростовский государственный университет по направлению «Физика» с отличием. Он обучался в заочной аспирантуре Ростовского государственного университета в период с 2001 по 2004 год. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по иностранному языку (французский) и специальной дисциплине 01.03.02 «Астрофизика и радиоастрономия» № 202.12.1/2161 выдано 16 декабря 2024 года Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южный федеральный университет».

С.Ю. Дедиков в 2025 г. прикреплен к Федеральному государственному бюджетному учреждению науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук в качестве соискателя для подготовки диссертации по научной специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия» на соискание ученой степени кандидата наук на срок до 16 сентября 2025 г. и сдачи кандидатских экзаменов (приказ №03/17-18лс от 17.03.2025). Справка о сдаче кандидатского экзамена по истории и философии науки № 06-25 выдана 09.06.2025 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук.

Научный руководитель: Васильев Евгений Олегович, доктор физико-математических наук, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник отдела теоретической астрофизики и космологии АКЦ ФИАН.

Рецензентом выступил: Алакоз Алексей Валерьевич, кандидат физико-математических наук, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории «Астрофизика

высокого разрешения» АКЦ ФИАН.

По итогам обсуждения диссертационной работы и рассмотрения диссертации на семинаре АКЦ ФИАН, а также на заседании Ученого совета АКЦ ФИАН 16 июня 2025 г. было принято следующее решение.

Актуальность темы. Соотношение между процессами разрушения и образования пыли в галактиках на сегодняшний день не вполне понятно. Оценки темпов разрушения и образования пыли в нашей Галактике и других галактиках демонстрируют существенное расхождение в пользу разрушения. Суммарный темп образования пыли в Галактике в планетарных туманностях, атмосферах красных гигантов и сверхгигантов, в ветрах углеродных звезд и выбросах сверхновых II типа оценивается как 0,005 масс Солнца в год, тогда как темп разрушения пыли – (0,1 – 0,01) масс Солнца в год. Такая значительная разница между темпами разрушения и образования межзвездной пыли требует рассмотрения любых возможностей для снижения эффективности разрушения пыли. Частицы пыли эффективно разрушаются за фронтами сильных ударных волн со скоростями ≥ 150 км/с и в горячем газе с температурой больше 10^6 К вследствие теплового и инерционного (кинетического) испарения, при взаимных столкновениях частиц пыли в среде с меньшей температурой. Приведенные оценки темпов разрушения пыли сделаны на основе исследования динамики сильных ударных волн остатков сверхновых в однородной среде. Важно рассмотреть вопрос о разрушении межзвездной пыли в более реалистичных условиях – при расширении остатка сверхновой в неоднородной (облачной) среде.

Целью диссертации является исследование динамики и разрушения межзвездной пыли за фронтами ударных волн в облачной среде, влияния неоднородностей окружающей среды на эффективность разрушения межзвездной пыли ударными волнами в остатках сверхновых, поиск наблюдательных проявлений, характерных для этих процессов. Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- 1) Изучение эффективности разрушения межзвездной пыли в остатке сверхновой в зависимости от степени неоднородности среды, в которой расширяется остаток.
- 2) Исследование тепловой эволюции остатка сверхновой, расширяющегося в неоднородной среде.
- 3) Исследование эмиссии остатка сверхновой в инфракрасном диапазоне с учетом разрушения нагретой пыли и определение наблюдательных проявлений влияния неоднородностей в среде, в которой расширяется остаток.
- 4) Исследование влияния особенностей расширения остатка сверхновой в неоднородной среде на соотношение между инфракрасной и рентгеновской светимостью.
- 5) Определение условий разрушения пыли и ее выноса из облаков при распространении ударных волн в облачной среде.

Научная новизна. Впервые определено влияние неоднородностей межзвездной среды, в которой расширяется остаток сверхновой, на эффективность разрушения пыли. Показано, что распределение пыли по тепловым фазам газа внутри остатка сверхновой зависит от степени неоднородности среды, в которой он расширяется. Показано, что неоднородность среды, в которой расширяется остаток сверхновой, существенно влияет на эмиссию остатка в инфракрасном диапазоне. Впервые показана зависимость отношения светимостей остатка сверхновой в инфракрасном и рентгеновском диапазонах (IRX) от прицельного параметра (расстояния между лучом зрения и направлением на центр остатка), степени неоднородности среды, возраста остатка. Найдено, что при взаимодействии радиационно охлаждающихся облаков с ударными волнами пылевые частицы не разрушаются и переносятся с веществом облака. При разрушении слабо охлаждающихся (адиабатических) облаков крупные пылевые частицы эффективно покидают родительское

облако, мелкие частицы остаются связанными с веществом разрушенного облака.

Достоверность полученных в этой работе результатов подтверждается использованием хорошо разработанных численных методов, сравнением тестовых расчетов с известными аналитическими и численными результатами. Достаточность выбранного пространственного разрешения вычислительной сетки в газодинамических расчетах проверена тестами. Достоверность обоснована апробацией основных результатов на научных конференциях и публикацией в российских и международных рецензируемых журналах.

Ценность и практическая значимость научных работ соискателя. Полученные оценки эффективности разрушения межзвездной пыли в остатках сверхновых в зависимости от степени неоднородности среды могут быть использованы для уточнения темпа разрушения пыли в галактиках. Проведенные расчеты эмиссии остатка сверхновой в неоднородных средах могут быть использованы для интерпретации и планирования наблюдений в дальнем инфракрасном, рентгеновском диапазонах с помощью существующих и проектируемых телескопов, например, «Миллиметрон», «Спектр-РГ» и др. Полученные оценки условий сохранения пыли внутри межзвездных и межгалактических облаков при взаимодействии с ударными волнами, условий сегрегации пыли по размерам, ее переноса из облаков в межоблачную среду могут быть использованы для уточнения содержания пыли в межзвездной и межгалактической средах.

Личный вклад. Соискатель внёс определяющий вклад во все результаты диссертационной работы, выносимые на защиту. Численные трехмерные многокомпонентные расчеты динамики газа и пыли выполнены лично автором диссертации. Пакет программ для обработки результатов этих расчетов создан автором. Соискатель активно участвовал в постановке задач, анализе и обсуждении результатов, самостоятельно выполнил обработку данных, полученных в численных расчетах.

Диссертация соответствует всем требованиям, установленным пунктами 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Диссертация соответствует специальности «Физика космоса, астрономия» по физико-математическим наукам (1.3.1). Материалы диссертации представлены соискателем в пяти научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Содержание диссертации изложено доступно, корректно и полно.

Диссертация Дедикова Святослава Юрьевича «Разрушение космической пыли за фронтами ударных волн в неоднородных средах» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика космоса, астрономия» (1.3.1).

Заключение принято на заседании Ученого совета АКЦ ФИАН. Присутствовало на заседании 11 чел. Результаты голосования: "за" - 11 чел., "против" - 0 чел., "воздержалось" - 0 чел., протокол № 3/25 от "16" июня 2025 г.

Руководитель АКЦ ФИАН,
д.ф.-м.н.

С. Ф. Лихачев