

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт

космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН,

д.ф.-м.н. С.А. Стародубцев



«12» *сентября* 2016 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера Сибирского отделения Российской академии наук (ИКФИА СО РАН)

Диссертация «Теория ускорения космических лучей в остатках сверхновых» выполнена в лаборатории теории космической плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Ксенофонтов Леонид Трофимович работал в лаборатории теории космической плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН на должностях от стажера-исследователя до ведущего научного сотрудника.

В 1990 г. окончил Якутский государственный университет по специальности «физик».

Диплом о присвоении ученой степени кандидата физико-математических наук выдан в 1996 г. Диссертационным советом Института космофизических исследований и аэронауки СО РАН.

Научный консультант – чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Бережко Евгений Григорьевич, директор ИКФИА СО РАН с 1997 г. по 2015 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Целью диссертационной работы является выполнение детального исследования процесса регулярного ускорения космических лучей в остатках сверхновых, которое позволило бы сделать обоснованное заключение о роли остатков сверхновых, как основного источника космических лучей в Галактике.

В своей диссертационной работе Л.Т. Ксенофонтов представил разработанный новый метод численного решения диффузионного уравнения переноса космических лучей совместно с системой газодинамических уравнений, позволяющий изучать процесс ускорения космических лучей в остатках сверхно-

вых, эволюцию остатков и свойств их нетеплового излучения. Результаты исследования процесса ускорения космических лучей в остатках сверхновых заключаются в следующем:

- Процесс ускорения космических лучей ударной волной от сверхновых характеризуется высокой эффективностью: энергосодержание ускоренных ударной волной от сверхновой космических лучей достаточно для восполнения потерь галактических космических лучей, связанных с их выходом из Галактики. При этом процесс ускорения сопровождается значительным усилением магнитного поля.
- Разработанная теория объясняет все наблюдаемые свойства нетеплового излучения остатков SN Тихо, SN 1987А, а в случае SN 1006, также и предсказала измеренный поток ТэВ-ного гамма-излучения, что является решающим подтверждением эффективного ускорения космических лучей в остатках сверхновых.
- Теория удовлетворительно воспроизводит наблюдаемый спектр и химический состав космических лучей в области энергий вплоть до  $\sim 10^{17}$  эВ. Установлено, что остатки сверхновых вносят значительный вклад в спектр вторичных космических лучей.
- На основе детального исследования процесса регулярного ускорения космических лучей в остатках сверхновых установлено, что остатки сверхновых являются основным источником галактических космических лучей вплоть до  $\sim 10^{17}$  эВ.

**Личный вклад автора.** Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Обсуждение и подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, при этом вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

**Достоверность** представленных результатов обусловлена применением адекватных теоретических моделей, апробированных численных методов, сопоставлением с измерениями и аналогичными результатами других авторов.

**Публикации.** Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы в 30-ти статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Всего же по теме исследования опубликовано около 90 печатных работ, индексированных в SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS), из них 58 в реферативной базе данных Web of Science.

Результаты работы прошли широкую **апробацию**: они были доложены на многих международных и всероссийских научных мероприятиях по направлению исследований.

**Научная новизна.** Развитый вариант теории регулярного ускорения космических лучей в остатках сверхновых является в настоящее время наиболее продвинутым и практически единственным, способным давать надежные предсказания ожидаемых характеристик космических лучей и порождаемого ими излучения из остатков сверхновых. В последнее время решение задачи ускорения космических лучей в остатках сверхновых было выполнено двумя

другими исследовательскими группами в аналогичной постановке. При этом отмечается хорошее согласие выполненных ими расчетов с полученными ранее результатами построенной теории.

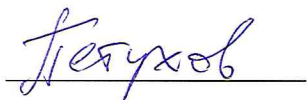
**Научная и практическая значимость.** Результаты, изложенные в диссертации, носят фундаментальный характер и представляют большой научный интерес с точки зрения решения проблемы происхождения космических лучей. Роль теории, способной давать надежные предсказания спектра ускоренных космических лучей, на основе которого непосредственно может быть рассчитан весь спектр нетеплового излучения, исключительно высока. Выбор источников, перспективных с точки зрения гамма-астрономии, а также интерпретация результатов измерений возможна только на основе детальных теоретических расчетов.

Проведенные исследования были поддержаны 13 грантами Российского фонда фундаментальных исследований, 5 грантами Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ и выполнялись в многолетнем сотрудничестве с Институтом Макса Планка ядерной физики (Гейдельберг, Германия)

Диссертация «Теория ускорения космических лучей в остатках сверхновых» Л.Т. Ксенофонтова рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Заключение принято на расширенном семинаре лаборатории теории космической плазмы ИКФИА СО РАН.

Присутствовало на семинаре 18 чел. Результаты голосования: «за»- 18 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось»- 0 чел., протокол №1 от 29 февраля 2016 г.



Петухов Станислав Иванович,  
д.ф.-м.н.,  
заведующий ЛТКП ИКФИА СО РАН

Заключение рассмотрено и утверждено на заседании Ученого совета ИКФИА СО РАН, протокол № 3 от 2 марта 2016 г.

Председатель Ученого совета,  
д.ф.-м.н.



С.А. Стародубцев

Ученый секретарь совета,  
к.ф.-м.н.



Г.А. Макаров

