

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора САО РАН

Г.Г. Валявин

«24» июля 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук

Диссертация «Исследование влияния магнитных полей белых карликов на их эволюцию», представляемая на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Аитов Виталий Наильевич работал в САО РАН в должности стажера-исследователя, затем в должности младшего научного сотрудника.

В 2018 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» по специальности «Астрономия» и ему присвоена квалификация «АСТРОНОМ. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ».

В период подготовки диссертации соискатель обучался по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре САО РАН по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия.

Научный руководитель — Валявин Геннадий Геннадьевич работает в САО РАН исполняющим обязанности директора, по совместительству в должности старшего научного сотрудника группы исследований экзопланет лаборатории исследования звездного магнетизма САО РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Многие из вопросов, связанных с эволюцией магнитных белых карликов (МБК) остаются не исследованы. Например, почему около 20% белых карликов имеют крупномасштабные магнитные поля в то время как подавляющее большинство звезд этого класса не обнаруживают признаков магнетизма, несмотря на многочисленные попытки их обнаружения даже на самых крупных телескопах мира? Также, в настоящее время не существует теории эволюционного остывания одиночных магнитных белых карликов с экстремально сильными магнитными полями. Исходя из этого, некоторые наблюдаемые особенности этих объектов остаются необъясненными до сих пор. Одним из таких эффектов является отмеченное рядом исследователей увеличение частоты встречаемости с возрастом этих объектов. Представленная диссертация ставит своей целью дать ответы на представленные вопросы.

Магнитные поля белых карликов могут достигать напряженностей более 1 МГс и выше, и при таких экстремально сильных магнитных полях белые карлики демонстрируют значительную поляризацию в континууме. Поэтому для поиска новых кандидатов в МБК можно проводить наблюдения круговой поляризации для последующего подтверждения спектральными методами. В САО РАН для контроля селекции выборки популяции МБК была проведена программа наблюдений на 1-м телескопе Цейсс-1000 на фотометре поляриметре ММРР. Каждый объект наблюдался в несколько различных ночей для того чтобы избежать магнитного кроссовера. Для наблюдения были отобраны 4 магнитных белых карлика для стандартизации и 15 белых карликов

с неизвестной магнитной природой. Среди последних были выделены три кандидата в магнитные - LP 240-30, WD1633+572, WD0245+541.

В CAO РАН начиная с 90-х годов проводятся различные наблюдения белых карликов. По результатам этих наблюдений, а также результатам других обсерваторий были приведены нижние оценки времен стабильности магнитосфер. Для анализа были отобраны 6 МБК, для них оценки времени стабильности составили от нескольких десятков до сотен и более лет. Таким образом, эти объекты можно будет использовать в дальнейшем как стандарты круговой поляризации. До сих пор в мировой практике астрономических наблюдений нет ни одного документированного стандарта круговой поляризации.

По данным разных авторов (Bagnulo&Landstreet (2021), Holberg et al. (2016), Kepler et al. (2013)) были построены наблюдаемые вероятностные распределения магнитного поля МБК от 10^3 до 10^9 Гс. Они хорошо сочетаются с аналогичным распределением построенным Фабрикой и Валявиным в 99-м (Fabrika&Valyavin 1999) и показывают степенную зависимость между вероятностью найти МБК с полем заданной напряженности и напряженностью магнитного поля. Однако, начиная с полей от 10^5 Гс и ниже эта зависимость нарушается. Показано, что данная наблюдательная селекция связана с нарушением глобальной симметрии магнитного поля динамическими процессами в атмосферах белых карликов.

Одной из особенностей магнитных белых карликов является отмеченное рядом авторов (Liebert&Sion 1979, Liebert et. al. 2003, Valyavin&Fabrika 1999, Fabrika&Valyavin 1999) увеличение частоты встречаемости таких объектов в холодной области распределения по температурам ($T_{\text{eff}} < 14000\text{K}$). Есть несколько вариантов объяснения этого эффекта, например, большие массы МБК (средняя масса $0.83 M_{\text{sun}}$) относительно обычных (средняя масса $0.6 M_{\text{sun}}$), усиление магнитного поля с возрастом и торможение конвективного переноса энергии магнитным полем, а также различные скорости звездообразования БК и МБК. Проведен ряд моделирований функции светимости БК и МБК. Показано, что введение в модель различных факторов – различных масс БК и МБК, подавление конвективного выноса энергии магнитным полем, а также различных скоростей звездообразования хорошо описывают имеющиеся наблюдательные данные в объеме радиусом 20 пк.

Для получения независимого подтверждения на качественном уровне замедления остывания МБК был проведен эксперимент по измерению скорости охлаждения магнитной жидкости совместно с коллегами (Zakinyan et. al. 2021) из Северо-Кавказского федерального университета. Жидкость находилась между двумя пластинами, нижняя нагревалась и передавала тепло жидкости, которая в свою очередь нагревала верхнюю пластину. Измерения проводились при отключенных электромагнитах (неподавленная конвекция) и при включенных (конвекция подавлена). Эксперимент показал значительное уменьшение скорости остывания в случае подавленной конвекции.

Научная новизна работы Аитова В.Н. заключается в получении новых наблюдательных данных по 4 известным магнитным и 15 белым карликам с неизвестными магнитными свойствами. Впервые представлены наблюдаемые оценки времен стабильности магнитосфер белых карликов, впервые представлено моделирование остывания белого карлика с подавленной конвекцией и построение функции светимости с различными скоростями звездообразования БК и МБК, обнаружен завал в вероятностном распределении белых карликов по напряженности магнитного поля и дано объяснение этому эффекту. Впервые представлены кандидаты в стандарты круговой поляризации по результатам оценки времени стабильности магнитосферы. Описанные соискателем эффекты имеют важное значение для понимания процессов эволюции магнитных белых карликов и могут быть использованы в построении теории остывания белых карликов с сильными магнитными полями. Новый наблюдательный материал опубликован и может быть использован для других исследований и создания первого списка стандартов круговой поляризации.

Научная и практическая значимость работы Аитова В.Н. состоит в том, что новый наблюдательный материал по белым карликам может быть использован для других исследований

и создания первого списка стандартов круговой поляризации. Уточненные версии наблюдаемых вероятностных распределений белых карликов по их поверхностным магнитным полям ответили на вопрос почему большинство белых карликов не обнаруживают признаков магнетизма. Магнитные поля есть у всех белых карликов, но для величин напряженностей менее нескольких десятков килोगаусс, глобальная симметрия таких полей нарушается и они становятся не наблюдаемыми поляриметрическими методами. Даны практические рекомендации к продолжению магнитометрических наблюдений белых карликов с такими слабыми магнитными полями. Построение функции светимости магнитных белых карликов позволит уточнить влияние различных процессов на их эволюцию. И в конечном итоге построить теорию остывания белых карликов в присутствии сильных магнитных полей. Результаты эксперимента по торможению конвекции можно использовать для уточнения строения звезд с сильными магнитными полями. Также изучение влияния на частоту встречаемости МБК скорости звездообразования магнитных звезд даёт возможность проследить историю магнитных свойств Галактики на протяжении времени жизни её диска. Кроме того они могут быть использованы в различных прикладных отраслях, таких как энергетика, системы охлаждения и т. д.

Личный вклад Аитова В.Н. заключается в выполнении большей части наблюдений и анализа наблюдательных данных при поиске новых магнитных белых карликов. Оценки характерного времени эволюции магнитных полей МБК были сделаны лично соискателем по собственным и представленным в литературе данным, соискателем были построены функции распределения магнитного поля МБК не опубликованных ранее. Кроме того, соискателем в равном вкладе с руководителем был проведен анализ этих функций, построены функции светимости и определены частоты встречаемости магнитных белых карликов. Наравне с соавторами соискатель принимал участие в анализе эксперимента по торможению конвекции магнитным полем.

Результаты представленные в работе обоснованы и были опубликованы в 7 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах списка ВАК, в пяти из этих работ соискатель является первым автором. Результаты работы докладывались на семинарах САО РАН и на следующих конференциях:

- «IV Межрегиональная междисциплинарная молодежная научнопрактическая конференция МНПК», 2019, 10-13 июня, база отдыха ФИЦ ИФ РАН «Варнавино», устный доклад, «Магнитные поля у белых карликов»;
- «Наземная астрономия в России. XXI век», 2020, 21 – 25 сентября, САО РАН, устный доклад, «Поиск одиночных магнитных белых карликов»;
- Всероссийская конференция «Физика звёзд: теория и наблюдения», 26-30 июня 2023 года, ГАИШ, постерный доклад «Наблюдения магнитных белых карликов с экстремально сильными магнитными полями»;
- Всероссийская конференция «Современные инструменты и методы в астрономии », 04-09 сентября 2023 г, САО РАН, устный доклад «Магнетизм белых карликов»;
- Всероссийская астрономическая конференция ВАК-2024 ««Современная астрономия: от ранней Вселенной до экзопланет и черных дыр», 25-31 августа 2024 г., постерный доклад «Наблюдения магнитных белых карликов в САО РАН».
- Всероссийская конференция с международным участием «Физика звёзд в эпоху многоволновых наблюдений», 22-26 сентября 2025 г., СПбГУ, устный доклад «Влияние различных факторов на частоту встречаемости одиночных магнитных белых карликов ».
- Конкурс-конференция научных, научно-технических и научно-популярных работ САО РАН, 6 февраля 2026 г., устный доклад «Моделирование функции светимости магнитных белых карликов»

По докладу Аитова В.Н. на Ученом совете САО РАН были заданы вопросы, на которые докладчик исчерпывающе ответил.

В выступлениях Балега Ю.Ю. обратил внимание, что экспериментальная часть не выносится на защиту. Галазутдинов Г.А. отметил многолетний опыт работы с Аитовым В.Н. и то, что

соискатель является сложившемся специалистом в спектроскопии высокого разрешения. Моисеев А.В. порекомендовал обозначить новизну работы в начале доклада и добавить комментарий по выборке популяции МБК. Профессиональный рост соискателя, большой объем наблюдательного материала, наличие экспериментальной части и высокий уровень работы в целом были отмечены Романюком И.И., Пустильником С.А., Моисеевым А.В., Сотниковой Ю.В., Малковым О.Ю.

Ученый совет пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой. Выполненная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, паспорту научной специальности, а соискатель заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование влияния магнитных полей белых карликов на их эволюцию» Аитова Виталия Наильевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия.

Заключение принято на заседании Ученого совета САО РАН 21 июля 2026 года.

Присутствовало на заседании 13 чел.

Результаты голосования: "за" - единогласно, протокол №447 от 21 июля 2026 г.

Председатель Ученого совета,
и.о. директор САО РАН,
доктор физ.-мат. наук

Ученый секретарь САО РАН
кандидат физ.-мат. наук



Г. Г. Валявин

Е. И. Кайсина