

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.032.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА АСТРОНОМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 30 июня 2026 г. № 52 о присуждении
Плаkitиной Каролине Владимировне, Российская Федерация,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Органические молекулы в горячих ядрах молекулярных облаков» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 28 апреля 2026г. (протокол заседания № 50) диссертационным советом 24.1.032.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 119017 Москва, ул. Пятницкая, д.48, состав совета утверждён приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1731/нк от 13.12.2022, частичные изменения состава внесены приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 846/нк от 20.04.2023, №36/нк от 26.01.2026.

Соискатель Плаkitина Каролина Владимировна, 25.04.1995 года рождения, в 2020 г. окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, и получила степень магистра по направлению подготовки «Прикладные математика и информатика»; с 01.10.2021 по 30.09.2025 обучалась в аспирантуре ФГБУН Института астрономии РАН (ИНАСАН),

г. Москва, по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена в отделе физики и эволюции звезд Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Кирсанова Мария Сергеевна, ведущий научный сотрудник отдела физики и эволюции звезд ИНАСАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования и компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертации. Компетентность подтверждается публикациями по схожей тематике оппонентов и сотрудников ведущей организации.

Официальные оппоненты:

д.ф.-м.н. **Пирогов Лев Евгеньевич**, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»;

к.ф.-м.н. **Шахворостова Надежда Николаевна**, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, – в своём **положительном отзыве**, составленном ведущим научным сотрудником отдела внегалактической астрономии Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова (ГАИШ МГУ) д.ф.-м.н. **Гусевым Александром Сергеевичем**, принятом на заседании координационного совета по астрофизике ГАИШ МГУ и утверждённом проректором МГУ имени М.В. Ломоносова д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН

Федяниным Андреем Анатольевичем, указала, что диссертационная работа «Органические молекулы в горячих ядрах молекулярных облаков» посвящена исследованию физических и химических параметров межзвёздной среды в области образования массивных звезд RCW 120, а также применению алгоритмов машинного обучения для выявления различных стадий эволюции молекулярных облаков. Диссертация вносит значительный вклад в понимание свойств межзвёздной среды, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, **Плаkitина Каролина Владимировна**, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 8 печатных научных работ. По теме диссертации опубликованы 5 работ в рецензируемых научных изданиях, из них 3 – в журналах, рекомендованных ВАК и входящих в российские и международные реферативные базы данных и системы цитирования (РИНЦ, WoS, Scopus). Все 3 работы опубликованы в журналах, отнесённых к категории К1, из них 2 статьи опубликованы в журнале, имеющем уровень в Белом списке, равный 2, и 1 статья – в журнале, имеющем уровень в Белом списке, равный 1. Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, в этих работах изложены полностью. Случаев заимствования материала без ссылки на автора не выявлено.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Плаkitина К.В., Кирсанова М.С., Каленский С.В., Салий С.В., Вибе Д.С. Химическое разнообразие и кинематика газа в области образования массивных звезд RCW 120 // **Астрофизический бюллетень**. – 2024. – т. 79, № 2. – с. 240-266

2. Плаkitина К.В., Кирсанова М.С., Вибе Д.З., Кочина О.В. Газофазная и поверхностная химия в области образования массивных звезд RCW 120 // **Астрофизический бюллетень**. – 2025. – т. 80, № 3. – с.362-382

3. Plakitina, K.V., Kirsanova M.S., Ostrovskii A.B., Salii S. V., Gimalieva A. D. Applying machine learning to astrochemical observational data // **Monthly**

Notices of the Royal Astronomical Society. – 2026. – Volume 547, Issue 3. – id. 373, 21 pp.

Дополнительных отзывов о диссертации и автореферате не поступало.

Работа посвящена исследованию ядер молекулярных облаков, включая собственные наблюдения линий излучения молекул и их последующий анализ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Проведены и обработаны радионаблюдения области RCW 120, отождествлены линии 35 молекул, из которых 24 молекулы обнаружены в этом облаке впервые.

– Восстановлены физические параметры молекулярных облаков в области RCW 120 с использованием метода вращательных диаграмм в ЛТР-приближении. При интерпретации результатов наблюдений с помощью астрохимического моделирования показано, что возможным механизмом, ответственным за повышенное содержание метанола в газовой фазе, является фотодесорбция из мантий пылинок.

– Впервые выявлено различие в содержании метанола между частями молекулярного облака RCW 120: в южной части облака его концентрация превышает показатели северной части на порядок величины. Проведённое моделирование позволило установить причину этого явления: в южной области более яркое ультрафиолетовое излучение, приводящее к активной фотодесорбции. В северной части облака вблизи M30 S2 доминирует тепловая десорбция.

– Методами машинного обучения проведена кластеризация и систематизация протозвездных объектов на основе их излучения в линиях молекул и в континууме из доступных наблюдательных каталогов, что позволило надёжно выделить 3 устойчивые группы: протозвезды с признаками УФ-излучения, протозвезды без УФ-излучения и области без активного звездообразования. Для более чем 500 объектов наиболее вероятная эволюционная стадия определена впервые. Обнаружено астрохимическое сходство облаков разных масс.

– Впервые показана значимость линий излучения молекул C₂H и N₂H⁺ как индикаторов разных эволюционных стадий в процессе машинного обучения.

Исследование имеет **теоретическую значимость** благодаря построению самосогласованной физико-химической модели межзвёздной среды в области RCW 120; обнаружению в этом объекте новых, в том числе сложных органических молекул; разработке схемы эволюционной классификации молекулярных облаков методами машинного обучения и выявлению молекул-маркеров для этой классификации.

Практическое значение заключается в том, что создан и успешно апробирован метод автоматической классификации молекулярных облаков с помощью машинного обучения; оценены физические параметры ядер RCW 120 и их химический состав, что может быть использовано другими исследователями для сравнения с параметрами других областей звездообразования в Галактике; определены пути формирования различных молекул в газовой фазе и на поверхности пыли, что важно для развития и уточнения химико-эволюционных моделей звездообразования.

Достоверность результатов подтверждается использованием данных астрономических наблюдений, полученных на телескопах мирового уровня (APEX, Herschel, Spitzer); применением хорошо известных стандартных методов анализа спектроскопических и фотометрических наблюдений, использованием надёжных программ, таких как apexOnlineCalibrator, CLASS (GILDAS), Astropy, APLpy; а также обсуждением полученных результатов на научных конференциях и семинарах.

Личный вклад соискателя. Соискатель лично участвовал в постановке задач, интерпретации и обсуждении полученных результатов, проводил обработку и анализ спектроскопических данных в миллиметровом диапазоне, выполнил ИК-фотометрию по архивным данным телескопа Spitzer. Соискателем написана большая часть текстов совместных статей.

В ходе защиты диссертации были **высказаны критические замечания, на которые соискатель дал ответы:**

Замечание: Отсутствует четкое определение классификационных типов (протозвезды; НШ и ФДО; без активного звездообразования). В первую очередь это касается границы разделения молекулярных облаков на протозвездные и с областями НШ. Все ли объекты, в которых присутствуют области НШ, будут отнесены методами машинного обучения к типу «НШ и ФДО»?

Ответ: Кластеризация проводится в пространстве признаков без учёта типа объекта, а метка кластеру присваивается постфактум: по преобладающему эволюционному типу объектов внутри кластера, согласно классификации Rathborne+ 2016, выполненной по ИК-излучению. Поэтому присутствие НШ-области у объекта не гарантирует его попадание в кластер «НШ и ФДО». Часть объектов с областями НШ оказывается в кластере «Протозвезды», из-за отсутствия чёткой границы между эволюционными стадиями. На переходных этапах объект может уже иметь признаки оболочки НШ, но по совокупности остальных параметров он ближе к кластеру, где преобладают протозвезды.

Замечание: Вероятности для ряда объектов, полученные моделью случайного леса и моделью градиентного бустинга, различаются на 0.20-0.45. В чем причина подобных расхождений?

Ответ: Разница в вероятностях возникает потому, что случайный лес и градиентный бустинг по-разному агрегируют деревья и по-разному калибруют уверенность. Random Forest усредняет независимые “голоса” деревьев и обычно даёт более сглаженные вероятности, а градиентный бустинг последовательно исправляет ошибки и может сильнее смещать оценки к уверенности. Поэтому для одного и того же объекта обе модели могут согласиться с определенным типом (>0.5), но заметно расходиться в степени уверенности.

Замечание: Представление о химико-тепловой структуре горячих ядер S1 и S2, напоминающей луковицу, может быть не единственным. На меньших масштабах ядра могут быть неоднородны и состоять из мелких фрагментов с различным химическим составом.

Ответ: Представление о химико-тепловой структуре МЗО S1 и S2, напоминающей луковицу, отражает картину, усреднённую по диаграмме направленности АРЕХ (~30"), в пределах которой различные молекулы излучают из областей с разной температуры. На меньших масштабах, недоступных одиночному телескопу, ядра могут быть неоднородными и состоять из фрагментов с различным химическим составом, что подтверждается результатами Figueira+ 2018, где в направлении МЗО S2 обнаружены пять компактных фрагментов с помощью ALMA. Сделанный в работе вывод о слоистой химической структуре не исключает наличия такой фрагментации, он отражает усреднённую структуру.

На заседании 30 июня 2026 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, имеющей значение для развития естественных наук, присудить Плакитиной К.В. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 0, действительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета
24.1.032.01, д.ф.-м.н.



Бисикало Дмитрий
Валерьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета
24.1.032.01, к.ф.-м.н.

Чупина Наталия
Викторовна