



УТВЕРЖДАЮ:

M. Satchkov

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
астрономии Российской академии наук
проф. РАН, д.ф.-м.н. Сачков М. Е.
«26» февраля 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, в которой выполнена диссертация

Выписка из протокола Астрофизического семинара Института астрономии Российской академии наук (ИНАСАН) от 26 февраля 2026 г. Присутствовали 22 научных сотрудника, в том числе:

к.ф.-м.н. В.В. Акимкин, д.ф.-м.н. М.В. Барков, Р.М. Баязитов, к.ф.-м.н. Е.В. Борщева, М.П. Голубовский, д.ф.-м.н. М.С. Кирсанова, к.ф.-м.н. Е.А. Копылов, д.ф.-м.н. О.Ю. Малков, д.ф.-м.н. Л. И. Машонкина, А.Г. Никифоров, к.ф.-м.н. Ю.В. Пахомов, к.ф.-м.н. Е.С. Постникова, д.ф.-м.н. Т.А. Рябчикова, д.ф.-м.н. И.С. Саванов, д.ф.-м.н. М.Е. Сачков, к.ф.-м.н. А.В. Соболев, к.ф.-м.н. А.П. Топчиева, д.ф.-м.н. А. В. Тутуков, А. А. Фарафонтова, к.ф.-м.н. Г. Н. Цуриков, д.ф.-м.н. Н.Н. Чугай, д.ф.-м.н. Б.М. Шустов.

Слушали: доклад Плакитиной К.В. о диссертации «Органические молекулы в горячих ядрах молекулярных облаков», представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия.

Плакитина Каролина Владимировна род. 25.04.1995, в 2020 г. окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» со степенью магистра по

направлению подготовки «Прикладные математика и физика» по профилю «Космическая физика». Работала в ИНАСАН в период с октября 2021 по октябрь 2025 в должности младшего научного сотрудника. Научным руководителем является д.ф.-м.н. М.С. Кирсанова.

По итогам обсуждения диссертацию «Органические молекулы в горячих ядрах молекулярных облаков», принято следующее заключение:

Актуальность. С конца XX века исследователи стали уделять внимание процессу образования массивных звезд и их воздействию на окружающую межзвездную среду. Массивные звезды — редкие объекты в Галактике. Однако, являясь источником мощного ультрафиолетового излучения, они оказывают значительное влияние на межзвездную среду, изменяя ее химический состав и физические характеристики. Несмотря на это, процессы, приводящие к формированию массивных звезд изучены фрагментарно. Существуют несколько теорий формирования массивных звезд, но ни одна из них не является общепринятой на данный момент. Особый интерес представляет ранняя стадия формирования массивной звезды — стадия горячего ядра, но эти объекты еще более редкие, чем массивные звезды. На сегодняшний день известно около ста горячих ядер в нашей Галактике, 7 горячих ядер в Большом Магелановом Облаке и 2 — в Малом. Для изучения процесса формирования массивных звезд фаза горячего ядра особенно важна, поскольку горячие ядра могут отражать физическую и химическую среду, в которой рождаются массивные звезды. Эти объекты представляют собой не только астрофизический интерес, но и являются ключевыми в астрохимии. Именно в направлении горячих ядер впервые были обнаружены сложные органические молекулы (молекулы с шестью и более атомами), что привело к бурному развитию астрохимии и астрохимического моделирования.

В настоящее время в МЗС наблюдается большое количество молекул, и ожидается, что еще больше будет обнаружено, учитывая неопознанные линии в существующих спектральных обзорах. На февраль 2026 года известно 349 молекул от двухатомных до сложных органических

соединений и только с начала 2026 года было открыто 5 ранее не наблюдавшихся молекул.

Современный рост объемов астрономических данных требует внедрения методов автоматизированной обработки. Астрономы работают с огромными наборами спектральных данных в инфракрасном (ИК) и миллиметровом диапазонах от таких объектов как темные инфракрасные облака, протозвезды и области НП. Традиционные «ручные» методы с трудом справляются с обработкой таких больших объемов данных. В последние годы все более активно используются алгоритмы машинного обучения для анализа многомерных наборов наблюдательных данных. Методы машинного обучения позволяют выявлять скрытые зависимости и закономерности, которые сложно обнаружить традиционными статистическими подходами. Кроме того, машинное обучение помогает выявить нетривиальные комбинации признаков, которые неочевидны при анализе по одному или нескольким параметрам, что особенно важно для сложных многомерных данных.

В перспективе, интеграция алгоритмов машинного обучения в рабочие процессы обработки данных крупных телескопов (например, «Спектр-М», ALMA, JWST) позволит переходить от анализа отдельных участков неба к обработке панорамных обзоров неба в автоматическом режиме, сокращая время от получения данных до научных выводов.

Научная новизна. Впервые было проведено картирование молекулярных линий в направлении на молекулярное облако в RCW120 в миллиметровом диапазоне.

Впервые построены карты распределения интенсивностей более пятидесяти линий молекул в RCW 120, исследованы корреляции лучевых концентраций между ними.

Впервые показано, что фотодесорбция в южной части молекулярного облака в RCW 120 более эффективна, чем в северной.

Впервые показано, что методами машинного обучения только на основе интегральных интенсивностей линий молекул CCH, N₂H⁺, HCN, HNC, HCO⁺ можно эффективно разделить молекулярные облака на эволюционно разные группы.

Впервые определены типы пятиста ранее неисследованных молекулярных облаков методами машинного обучения на основе данных об их излучении в среднем ИК-диапазоне и излучении молекул.

Научная и практическая значимость. Работа вносит вклад в исследование процессов формирования массивных протозвезд и эволюции молекулярных облаков, уточняя представления о разнообразии молекулярного излучения и его распределении вблизи горячих ядер на самой ранней стадии формирования. Выявленные корреляции между лучевыми концентрациями молекул и их связь могут способствовать развитию химико-эволюционных моделей звездообразования.

Результаты работы могут быть использованы для обработки и интерпретации данных радиоастрономических обзоров молекулярных облаков с применением методов машинного обучения. Предложенные методы анализа обеспечивают более объективное выделение и классификацию стадий эволюции молекулярных облаков, что повышает эффективность обработки больших объемов наблюдательных данных и ускоряет идентификацию объектов, представляющих интерес для дальнейших исследований.

Степень достоверности научных результатов. Достоверность представленных в диссертационной работе результатов обеспечивается применением проверенных методов и подходов, прошедших апробацию, а также согласованностью с опубликованными результатами других авторов и обсуждением полученных результатов на российских и международных конференциях и семинарах. Результаты опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Личный вклад соискателя. Всего по теме диссертации опубликовано 3 работы в списке изданий, рекомендованных ВАК, и 2 работы в материалах конференций. В работах 1 и 2 соискатель провел обработку и анализ спектроскопических данных в миллиметровом диапазоне, участвовал в постановке задач, интерпретации и обсуждении полученных результатов. В работе 3 соискатель самостоятельно освоил методы и выполнил ИК-фотометрию по архивным данным телескопа *Spitzer*, освоил работу с библиотеками машинного обучения и самостоятельно провел весь анализ архивных данных в миллиметровом и ИК-диапазонах. Соискателем написана большая часть текстов совместных статей.

Все положения, выносимые на защиту, должным образом аргументированы и изложены в 3 работах, 3 из которых опубликованы в журналах из списка журналов, рекомендованных ВАК.

По представленному докладу на семинаре ИНАСАН были заданы следующие вопросы:

Н.Н. Чугай. О линиях поглощения в горячих ядрах.

Б.М. Шустов. О надежности выделенных кластеров молекулярных облаков. О влиянии поля излучения на результаты моделирования. О диагностическом смысле результатов моделирования.

Е.А. Копылов. Об измерении эффективности различных механизмов десорбции. О вероятности определения стадии эволюции молекулярных облаков. О важности признаков в задаче кластеризации.

Докладчик ответил на все поставленные вопросы.

Участники Астрофизического семинара ИНАСАН считают, что представленная диссертация является завершенной научно-исследовательской работой, уровень которой полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени доктора физико-математических наук.

Диссертация Плакитиной Каролины Владимировны «Органические молекулы в горячих ядрах молекулярных облаков» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — Физика космоса, астрономия.

Секретарь Астрофизического семинара
ИНАСАН к.ф.-м.н. В. В. Акимкин

Ученый секретарь ИНАСАН
к.ф.-м.н. М. С. Мурга

