

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

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 4 апреля 2025 г. № 36 о присуждении
Кирсановой Марии Сергеевны, Российская Федерация,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Многоволновые исследования структуры и кинематики областей образования массивных звезд» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 26 декабря 2024г., протокол №33, диссертационным советом 24.1.032.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования, 119017 Москва, ул. Пятницкая, д.48, состав совета утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1731/нк от 13 декабря 2022г., частичные изменения состава внесены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 846/нк от 20.04.2023.

Соискатель Кирсанова Мария Сергеевна, 1981 года рождения, имеет ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия, присуждённую решением диссертационного совета Физического института им. П.Н. Лебедева РАН от 9 ноября 2009 года № 1, диплом кандидата наук ДКН № 100270 выдан

22 января 2010 года. В настоящее время работает старшим научным сотрудником в ФГБУН Институте астрономии РАН (ИНАСАН).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор РАН Вибе Дмитрий Зигфридович, заведующий отделом 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., проф. **Гринин Владимир Павлович**, заведующий лабораторией звездообразования ФГБУН Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук;

д.ф.-м.н., с.н.с. **Зинченко Игорь Иванович**, заведующий отделом радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»;

д.ф.-м.н. **Лехт Евгений Евгеньевич**, ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ), г. Ростов-на-Дону, – в своем положительном отзыве, составленном ведущим научным сотрудником НИИ физики ЮФУ д.ф.-м.н. **Воробьевым Эдуардом Игоревичем**, обсужденном на заседании

объединенного астрофизического семинара кафедры физики космоса ЮФУ и отдела космических исследований НИИ физики ЮФУ и утвержденном первым проректором ФГАОУ ВО ЮФУ д.х.н., с.н.с. **Метелицей Анатолием Викторовичем**, указала, что диссертационная работа Кирсановой Марии Сергеевны является комплексным научным исследованием и достижением, существенно расширившим научные представления о влиянии массивных звезд на структуру и кинематику молекулярных облаков. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Кирсанова Мария Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 81 печатную научную работу. По теме диссертации опубликовано 26 работ в рецензируемых научных изданиях, из них 22 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и Scopus). Все 22 работы опубликованы в журналах категории K1. 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. Kirsanova M. S., Pavlyuchenkov Ya. N., Olofsson, A. O. H., Semenov D. A., Punanova A. F., The shocked molecular layer in RCW120 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2023.– Vol. 520. – P. 751-760
2. Kirsanova M. S., Moiseev A. M., Boley, P. A., 3D structure of H II regions in the star-forming complex S254 – S258 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2023.– Vol. 526. – P. 5187-5202
3. Ryabukhina O. L., Kirsanova M. S., Henkel C., Wiebe D. S., Star formation timescale in the molecular filament WB 673 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2022.– Vol. 517. – P. 4669-4678

4. Murga M. S., Kirsanova M. S., Wiebe D. S., Boley P. A. Orion Bar as a window to the evolution of PAHs // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2022. – Vol. 509. – P. 800-817
5. Kirsanova M. S., Punanova A. F., Semenov D. A., Vasyunin A. I. Dark cloud-type chemistry in PDRs with moderate UV field // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2021. – Vol. 507. – P. 3810-3829
6. Ladeyschikov D. A., Kirsanova M. S., Sobolev A. M., Thomasson M., Ossenkopf-Okada, V., Juvela M., Khaibrakhmanov S. A., Popova E. A. The link between gas and stars in the S254-S258 star-forming region // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2021. – Vol. 506. – P. 4447-4464
7. Kirsanova M. S., Ossenkopf-Okada V., Anderson L. D., Boley P. A., Bieging J. H., Pavlyuchenkov Ya. N., Luisi M., Schneider N., Andersen M., Samal M. R., Sobolev A. M., Buchbender C., Aladro R., Okada Y. The PDR structure and kinematics around the compact H II regions S235 A and S235C with [C II], [13C II], [O II], and HCO⁺ line profiles // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2020. – Vol. 497. – P. 2651-2669
8. Kirsanova M. S., Boley P. A., Moiseev A. V., Wiebe D. S. 3D structure of H II region Sh2-235 from tunable filter optical observations // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2020. – Vol. 497. – P. 1050-1058
9. Kirsanova M. S., Pavlyuchenkov Ya. N., Wiebe D. S., Boley P. A., Salii S. V., Kalenskii S. V., Sobolev A. M., Anderson L. D. Molecular envelope around the H II region RCW120 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2019. – Vol. 488. – P.5641-5650
10. Anderson L. D., Makai Z., Luisi M., Andersen M., Russeil D., Samal M. R., Schneider N., Tremblin P., Zavagno A., Kirsanova M. S., Ossenkopf-Okada V., Sobolev, A. M. The Origin of [C II] 158 μ m emission toward the H II Region Complex S235 // **The Astrophysical Journal** – 2019. – Vol. 882. – article id.11, 18pp
11. Akimkin V. V., Kirsanova M. S., Pavlyuchenkov Y. N., Wiebe D. S. Dust dynamics and evolution in H II regions. II. Effects of dynamical coupling between

dust and gas // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** – 2017.– Vol. 469.– P. 630-638

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертация посвящена комплексному исследованию взаимодействия молодых массивных звезд с окружающими их молекулярными облаками. Проведен тщательный анализ имеющихся наблюдательных данных об областях ионизованного водорода, проведены новые наблюдения, необходимые для восстановления трехмерной структуры изучаемых объектов, восстановлена структура нескольких типичных областей ионизованного водорода, разработана теоретическая модель расширяющейся области ионизованного водорода в области образования массивных звезд.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Разработан новый подход к анализу структуры и кинематики областей образования массивных звезд, позволяющий на основании комплексного использования наблюдательных данных в оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах восстанавливать трехмерную структуру областей ионизованного водорода и окружающих их нейтральных оболочек.

– Детально исследована трехмерная структура ряда типичных областей ионизованного водорода. Показано, что структура Барьера Ориона – одного из наиболее изученных регионов взаимодействия массивных звезд с молекулярными облаками – может быть описана только в рамках нестационарной модели. Продемонстрирована сложная кинематика газа в области ионизованного водорода S255.

– Подтверждено, что волокна в областях звездообразования могут образовываться в результате последовательного обжаривания молекулярного газа расширяющимися оболочками областей ионизованного водорода и остатков сверхновых.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии теории взаимодействия расширяющихся областей ионизованного водорода с

окружающим молекулярным газом с детальным учетом всех ключевых физических и химических процессов. Показано, что наблюдаемые особенности областей ионизованного водорода могут быть объяснены только при помощи основанных на этой теории нестационарных моделей.

Практическое значение диссертации заключается в том, что результаты расчетов могут быть использованы для интерпретации наблюдательных данных об областях взаимодействия молодых массивных звезд с окружающим молекулярным газом в широком диапазоне физических параметров. Методы восстановления трехмерной структуры объектов могут применяться к широкому кругу задач. Важно отметить, что результаты полученных наблюдений находятся в открытом доступе и могут использоваться другими исследователями.

Достоверность результатов подтверждается использованием хорошо разработанных и апробированных численных методов и сравнением полученных результатов с результатами других авторов, а также согласием результатов численного моделирования с имеющимися наблюдательными данными. Результаты широко представлялись и обсуждались на российских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя: Соискатель сыграла ключевую роль в формулировании задач и плана выполнения диссертационной работы. Ею были разработаны реализованная в работе программа наблюдений, а также теоретическая модель расширяющейся области ионизованного водорода. М.С. Кирсанова составила большую часть использованных в работе наблюдательных заявок, а также лично участвовала в проведении наблюдений. Ей также принадлежит ключевая роль в интерпретации полученных результатов. В статьях, в которых соискатель не является первым автором, она в равной степени с другими соавторами участвовала в постановке задачи и в обсуждении результатов.

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

Замечание: Сдувание пыли излучением массивной звезды приводит к пространственной сегрегации пыли и газа. Следовало дать оценки отношения массы пыли к газу как функцию расстояния от звезды.

Ответ: Сдувание пыли излучением массивной звезды приводит к тому, что отношение массы пыли к массе газа в областях Н II и ФДО падает по сравнению с начальным отношением 1:100. Отношение зависит от спектрального класса звезды и расстояния до нее – встречаются регионы в областях Н II, где отношение ниже начального лишь на 30%, но вблизи звезды отношение падает до двух порядков величины относительно начального.

Замечание: В диссертации не учитывается влияние межзвездного магнитного поля на структуру и динамику исследуемых областей звездообразования. В то же время, начиная еще с работ Г.А. Шейна, известно, что магнитное поле Галактики способно влиять на динамику газопылевых облаков, выстраивая их вдоль магнитных силовых линий.

Ответ: Действительно, в модели MARION не учитывается влияние магнитного поля. Модель сферически-симметричная, это ограничивает физические процессы, которые можно учесть. Модель нацелена больше на исследование молекулярного состава, процессов ионизации и диссоциации молекул, что осуществляется путем решения уравнения химической кинетики. Создание многомерной химико-динамической модели сопровождается неоправданно высокими затратами расчетного времени, хотя и является естественным развитием MARION. Учет магнитного поля – это вопрос будущих исследований.

Замечание: Следовало бы пояснить выбор линий [S II] для оценки электронной концентрации.

Ответ: Выбор линий [S II] 6716 Å и 6731 Å для оценки электронной концентрации основан на том, что эти линии обладают близкими энергиями возбуждения уровней. Отношение населенности этих двух уровней определяется коэффициентами столкновительного возбуждения и

девозбуждения, поэтому отношение интенсивностей соответствующих линий будет зависеть от плотности. Подобным свойством обладают также линии кислорода [O II] 3729A b и 3726 A. Однако для их использования может не хватить спектрального разрешения, поэтому линии серы на 6716 A и 6731 A используются чаще всего.

На заседании 4 апреля 2025 г. диссертационный совет постановил:
за решение научной задачи, имеющей значение для развития
естественных наук, присудить Кирсановой М.С. ученую степень доктора
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 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

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



Бисикало Дмитрий
Валерьевич

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

Чупина Наталия
Викторовна

04.04.2025