

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 КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 15 сентября 2023 г. № 8 о присуждении
Рябухиной Ольге Леонидовне, Российская Федерация,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Исследование молекулярных волокон в областях звездообразования» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 30 мая 2023г., протокол № 4, 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 утверждён 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 Рябухина Ольга Леонидовна, 1995 года рождения, в 2018 году окончила ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород и получила степень магистра по направлению подготовки «Радиофизика»; с 01.10.2018 по 31.09.2022 обучалась в аспирантуре ФГБУН Института астрономии РАН (ИНАСАН), г. Москва, по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (по специальности 01.03.02 Астрофизика и звёздная

астрономия). В настоящее время работает в ИНАСАН младшим научным сотрудником.

Кандидатский экзамен по специальности сдан в 2021 году по научной специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия. Согласно Рекомендации Президиума ВАК Минобрнауки России от 10.12.2021 N 32/1-НС «О сопряжении научных специальностей номенклатуры, утвержденной Приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. № 118, научных специальностей номенклатуры, утвержденной Приказом Минобрнауки России от 23 октября 2017 г. № 1027» кандидатские экзамены, сданные по научной специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия считаются действительными кандидатским экзаменам по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

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

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Кирсанова Мария Сергеевна, старший 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. **Каленский Сергей Владимирович**, старший научный сотрудник ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук;

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

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г. Екатеринбург, – **в своём положительном отзыве**, составленном ведущим научным сотрудником Коуровской астрономической обсерватории УрФУ к.ф.-м.н. **Соболевым Андреем Михайловичем** и утверждённом проректором по научной работе ФГАОУ ВО УрФУ д.ф.-м.н., доцентом **Германенко Александром Викторовичем**, указала, что диссертация Ольги Леонидовны Рябухиной является законченной научно-исследовательской работой и полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ. Результаты, полученные в диссертационной работе вносят заметный вклад в исследование областей звездообразования. Рябухина О.Л. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 16 печатных научных работ. **По теме диссертации опубликованы 10 работ** в научных изданиях, 3 из которых – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и Scopus). 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. Рябухина О. Л., Кирсанова М. С. Обзор линий излучения молекул в межзвездном волокне WB 673 // **Астрономический журнал.** – 2020. – Т. 64, No 5. – С. 394-405.

2. Ryabukhina O. L., Zinchenko I. I. A multi-line study of the filamentary infrared dark cloud G351.78-0.54. // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. – 2021. – Vol. 505. – Issue 1. – P. 726-737.

3. Ryabukhina O. L., Kirsanova M. S., Henkel C. and Wiebe D. S. Star formation timescale in the molecular filament WB 673 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. – 2022. – Vol. 517. – Issue 4. – P. 4669-4678.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационная работа посвящена изучению параметров плотных молекулярных облаков в двух зонах текущего звездообразования в нашей Галактике методами астрохимии. С этой целью проведены наблюдения радиолиний аммиака и ряда распространенных молекул, изучены источники инфракрасного излучения в отобранных зонах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Впервые получены карты излучения в линиях молекул N_2H^+ , HCN, HNC и NH_3 в межзвездном волокне WB673, на основе которых впервые определены лучевые концентрации и содержания молекул в волокне. Впервые определены температура и плотность газа в этом волокне, а также исследована кинематика газа в нем.

– Впервые определен химический возраст молекулярного волокна на основе теоретического моделирования с учетом относительного содержания четырех молекул: CO, CS, N_2H^+ и NH_3 . Этот возраст составляет 100 – 300 тыс. лет и согласуется с парадигмой быстрого звездообразования в гравитационно-турбулентной модели межзвездной среды.

– Впервые проведена оценка физических параметров волокна G351.78-0.54 и определена его масса. Показано, что происходит фрагментация этого волокна, поскольку его масса близка к критическому вириальному значению.

Теоретическая значимость исследования:

– Разработана методика оценки возраста молекулярных волокон на основе астрохимического моделирования с привлечением наблюдательных данных о содержании молекул.

– Определены параметры межзвездного газа в молекулярных волокнах WB673 и G351.78-0.54. Показано, что плотные сгустки газа в волокне G351.78-0.54 гравитационно неустойчивы, для волокна WB673 неустойчивость обнаружена в наиболее массивном центральном сгустке.

– Сделан вывод о том, что образование волокна WB673 согласуется с парадигмой о быстром звездообразовании в гравитационно-турбулентной модели межзвездной среды. Для модели звездообразования под контролем магнитного поля химический возраст WB673 слишком мал.

Практическое значение полученных соискателем результатов исследования заключается в оценке параметров межзвездного газа в волокнах, а также содержания различных молекул в них. Результаты будут далее использованы в ИНАСАН для создания и калибровки астрохимических моделей плотных молекулярных сгустков со звездообразованием.

Достоверность результатов подтверждается публикацией полученных результатов в ведущих российских и международных журналах, их апробацией на многочисленных российских и международных конференциях и семинарах, а также сравнением с работами других авторов.

Личный вклад соискателя:

Во всех работах, вошедших в диссертацию, вклад автора является определяющим. Лично соискателем получены карты излучения молекул аммиака в линиях NH₃(1,1), (2,2) и (3,3) в волокне WB673 на 100-метровом телескопе в Эффельсберге. Соискатель провел анализ линий излучения аммиака, а также других молекул (CS, CO, N₂H⁺, HNC, HNC), карты для которых были получены ранее, и определил лучевые концентрации молекул. Соискатель оценил концентрацию водорода в волокне WB673 по

инфракрасному излучению пыли, после чего оценил относительные содержания молекул, необходимые для построения астрохимической модели. Соискатель оценил параметры газа и массу сгустков волокна G351.78-0.54, сделал выводы о гравитационной неустойчивости. Соискатель провел астрохимическое моделирование с помощью готового пакета Presta, разработанного ранее в ИНАСАН.

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

Замечание:

В соответствии с современными исследованиями молекулярные волокна являются динамичными образованиями и рассмотрение их свойств в рамках гипотезы о равновесии, в том числе вириальном, не являются полностью реалистичными. Тем не менее, отсутствие других способов проведения оценок несколько оправдывает использование равновесного подхода к анализу статуса массивных сгустков в рассматриваемых волокнах.

Ответ:

Вопросу динамики газа в волокнах можно было бы уделить больше внимания. Вместе с тем, при исследовании аномалий в линиях аммиака для волокна WB 673, как раз, исследуется этот вопрос на рис. 2.9. На диаграммах рассеяния показателей аномалий видно, что отклонения от равновесия слабы, а для центрального сгустка в волокне явно видны признаки сжатия, хотя они еще не прослеживаются на профилях линий. Для волокна G351 проверена гипотеза о равновесии, по этой причине считалась вириальна масса. Было показано, что сгустки гравитационно неустойчивы.

Замечание:

Метод определения плотности газа представляется не слишком надежным. Она определяется по линии аммиака с помощью уравнения 1.13. В уравнение в знаменатель входит разность “кинетическая температура минус температура возбуждения перехода”. Между тем критическая плотность перехода составляет всего порядка 2000 молекул в кубическом сантиметре, и

даже при значениях плотности порядка 10^4 см^{-3} , которые получены в результате, температура возбуждения будет близка к кинетической. Разность температур будет маленькой, и погрешности в определении температуры возбуждения, которые практически неизбежны, могут оказаться сравнимыми с этой разностью и будут приводить к существенным ошибкам определения плотности. Полученные значения можно было бы проверить, зная лучевую концентрацию водорода и размеры источников. Можно также было бы определить плотность по линиям метанола или по линиям других молекул, обладающих сверхтонкой структурой. Однако подобной проверки сделано не было.

Ответ:

Действительно, погрешности могут приводить к существенным ошибкам. Можно провести оценку плотности водорода из лучевой концентрации водорода. При средней лучевой плотности водорода 2×10^{22} частиц в квадратном сантиметре и диаметре сгустков ~ 1 парсек плотность водорода будет $2 \times 10^{22} / (1 \times 3.086 \times 10^{18}) \sim 1(4) \text{ см}^{-3}$, максимальное значение лучевой плотности водорода 1×10^{23} и соответственно максимальная плотность водорода (в центре сгустка S233-IR) составляет $2 \times 10^{23} / (1 \times 3.086 \times 10^{18}) = \sim 1(5) \text{ см}^{-3}$, что по порядку величины соответствует полученным значениям.

Замечание:

На стр. 48 указано, что средние по периферийным сгусткам значения оптической толщи линии аммиака достигает величины 1.8. Между тем, согласно Таблице 10 значения оптической толщи в центрах этих сгустков составляют 1.4 и 0.8, а интегральная интенсивность линии к краям сгустков падает, согласно Рисунку 2.5. Это падение не очень сочетается с повышением оптической толщи. Хотелось бы иметь пояснение, за счет чего средние значения оптической толщи могут иметь такие значения. Как вообще определялась оптическая толщина, когда сверхтонкие компоненты не видны?

Ответ:

В таблице опечатка в 5-м столбце. Вместо значения 0.8 должно быть 1.8, поэтому распределение оптической толщи в сгустке G173.57 примерно одинаково. Оптическая толщина определялась только в тех направлениях, где видны сателлитные компоненты линии. Способ определения оптической толщи описан на стр 30. Использован стандартный пакет CLASS, в котором реализовано одновременное приближение сверхтонких компонент в спектрах линии NH₃ в предположении локального термодинамического равновесия, что оправдано при анализе линий аммиака в холодных молекулярных облаках.

На заседании 15 сентября 2023 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, имеющей значение для развития естественных наук, присудить Рябухиной О.Л. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 18 докторов наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

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

Бисикало Дмитрий
Валерьевич

Врио ученого секретаря
диссертационного совета
24.1.032.01, д.ф.-м.н.

Вибе Дмитрий
Зигфридович



15.09.2023