

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»

А.В.Германенко

2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу Рябухиной Ольги Леонидовны «Исследование молекулярных волокон в областях звездообразования», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Диссертация О.Л.Рябухиной посвящена актуальной теме исследования молекулярных волокон в областях звездообразования. Эта область исследования бурно развивается и можно указать на значительное количество высокорейтинговых и важных статей по теме, опубликованных в текущем 2023 году. Согласно современной парадигме звездообразования, гигантские молекулярные облака состоят из волокон самых разных масштабов. Звезды образуются при фрагментации волокон самого малого масштаба, а в сгустках крупномасштабных волокон формируются звездные скопления. При этом, исследователи до сих пор не пришли к единому мнению о том, как происходит формирование самих волокон.

В рамках проведенных исследований автором решены важные задачи. Среди них наблюдения молекулярного волокна WB 673 в линиях излучения молекул, определение физических параметров и химического состава волокна WB 673 по данным наблюдений, определение плотности и температуры газа в волокне G351.78-0.54, выделение плотных сгустков в волокне G351.78-0.54, получение оценки возраста волокна WB 673 методом «химических часов».

Ольга Леонидовна получила астрофизически важные результаты об областях образования звезд в молекулярных волокнах WB 673 и G351.78-0.54. Эти результаты были опубликованы в журналах из списка ВАК, включая 2 публикации в высокорейтинговом журнале MNRAS. Полученные результаты и положения, выносимые на защиту, в целом, четко и последовательно изложены в диссертации. Наиболее интересным представляется результат определения

химических возрастов плотных сгустков в волокне WB 673. Научная значимость этого результата подтверждается не только публикацией в высокорейтинговом журнале, но и тем, что результат входит в список важнейших достижений астрономических исследований в Российской Федерации в 2022 году (<http://astrosovet.ru/d2022.html>).

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Работа изложена на 95 страницах, содержит 22 рисунка и 13 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 128 наименований.

Во Введении представлен краткий обзор предмета исследования и содержания диссертационной работы. Описаны актуальность работы, ее цели и задачи, новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость. Представлена информация об апробации результатов и о публикациях по результатам исследований, а также о вкладе автора в работу.

Глава 1 посвящена описанию исследуемых объектов, описанию наблюдений, проведенных на телескопах обсерваторий в Онсала (Швеция), Эффельсберге (Германия) и Европейской Южной Обсерватории (APEX, Чили). Кроме этого, описывается выбор методов дальнейших исследований и приводится их обоснование.

В Главе 2 приводятся результаты исследования физических параметров и химической структуры плотных сгустков волокон WB 673 и G351.78-0.54. С этой целью изучаются многочисленные линии молекул, излучающих в миллиметровом диапазоне. Для этих линий определяются основные параметры, строятся карты интегральной интенсивности излучения молекул в изучаемых волокнах. Анализируется распределение молекул в плотных сгустках. Особое внимание уделяется исследованию излучения аммиака. Для волокна G351.78–0.54 анализируются карты многочисленных линий, построены карты лучевой концентрации молекул $C^{18}O$ и N_2H^+ , оценена полная масса волокна. Автор анализирует динамическое состояние волокна и плотных сгустков вещества в нем. В частности, оказывается, что все сгустки, кроме одного, являются гравитационно-неустойчивыми.

Глава 3 посвящена хемическому моделированию плотных сгустков волокна WB 673. Моделируется распределение концентрации молекул N_2H^+ , CO, CS, NH₃, HCN и HNC вдоль радиуса сгустков. Эти распределения сравниваются с наблюдаемыми лучевыми концентрациями молекул. В результате моделирования автору удалось оценить химический возраст сгустков, который составляет от 100 до 300 тысяч лет. Вывод о быстром звездообразовании подтверждает идею образования волокон после многократного сжатия облака

остатками сверхновых или областями Н II и соответствует гравотурбулентной модели межзвездной среды.

В Заключении приведены основные результаты работы.

Достоверность результатов, публикации, апробация работы

Достоверность полученных результатов, положений и выводов обеспечивается использованием современных данных наблюдений и апробированных методов обработки. Также, достоверность результатов подтверждается обсуждением результатов диссертации на научных конференциях и семинарах и публикациями в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК (3 публикации). Кроме этого, имеется еще 7 научных публикаций.

Результаты проведенных исследований были представлены на различных всероссийских и международных конференциях и семинарах, в том числе на конференции «Современная звездная астрономия» (в 2019 году), студенческих научных конференциях «Физика космоса» (в 2019 и 2020 годах), конференции «Звездообразование и планетообразование» (в 2020 году), конференции «Астрономия и исследование космического пространства» (в 2021 году), «Всероссийской астрономической конференции» (в 2021 году).

Все результаты, выносимые на защиту, получены автором в результате совместных исследований, опубликованных с соавторами в научных статьях. При этом, личный вклад автора в эти работы значителен. Достаточно обратить внимание, что во всех публикациях Ольга Леонидовна – первый автор. Она лично проводила наблюдения на обсерватории в Эффельсберге (Германия), и обрабатывала все полученные данные. Автор определяла физические параметры волокна WB 673 (температуру и плотность газа), лучевую концентрацию молекул. Кроме того, она проводила химическое моделирование плотных сгустков волокна WB 673 и сравнивала результаты с наблюдательными данными, ею были определены физические параметры волокна G351.78-0.54 и выделены его плотные фрагменты. Ольга Леонидовна принимала активное участие в обсуждении результатов, ею был написан основной текст всех совместных работ по теме диссертации.

Вопросы и замечания

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, она логично построена и хорошо структурирована. Тем не менее, следует отметить следующие замечания по тексту диссертации.

Прежде всего, это касается неудачного названия работы, в которой исследованы не сами молекулярные волокна, а только плотные массивные сгустки в этих волокнах. При этом наибольшую загадку молекулярных волокон

представляют не эти сгустки, а находящееся между ними менее плотное вещество, сведения о котором очень редки и неопределенны. Именно это вещество несет информацию о происхождении и свойствах волокон, неискаженную активными процессами звездообразования.

В соответствии с современными исследованиями (см., например, F. D. Priestley, D. Arzoumanian & A. P. Whitworth 2023, Pineda, Arzoumanian, Andre et al. 2023, Protostars and Planets VII) молекулярные волокна являются динамичными образованиями и рассмотрение их свойств в рамках гипотезы о равновесии, в том числе виримальном, 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.

Имеются также несоответствия в других деталях.

Например, утверждается, что цель диссертации состоит в изучении областей образования массивных звезд в молекулярных волокнах. При этом, не приводится доказательств, что в рассмотренных сгустках образуются именно массивные звезды.

Утверждается, что «Молекулярные волокна — места образования новых звездных систем», но это никак не конкретизировано. Автор пишет, что «Изучение молекулярных волокон позволяет открывать новые молекулы». Какие новые молекулы были открыты именно в молекулярных волокнах, а не в плотных сгустках и диффузной среде, остается загадкой.

При обсуждении химических реакций в молекулярных облаках указано, что плотность достигает значений 10^6 см^{-3} , но при оценке важности нейтраль-нейтральных реакций используется на два порядка меньшее значение плотности.

Отметим наличие явных неаккуратностей:

На стр. 24 написано «Наблюдения проводились в режиме непрерывного картирования с использованием вторично-фокусного приемника диаметром 1.3 см с полосой пропускания 500 МГц». Из соответствующей статьи проясняется, что значение 1.3 см относится не к диаметру приемника, а к длине волны регистрируемого излучения.

На стр. 19 со ссылкой на работу [50] говорится о «квадрупольном истечении», в то время, как авторы [50] пишут о квадрупольной СИСТЕМЕ истечений, состоящей, вероятно, из двух биполярных истечений, на стр. 17 говорится о «биполярной части» истечения, что не является правильным.

Присутствуют грамматические ошибки и опечатки: на стр. 10 написано: «Изучение волокон необходимо для понимания РОЦЕССОВ» и пр.

Указанные выше замечания являются важными, но не влияют на общую высокую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Ольги Леонидовны Рябухиной «Исследование молекулярных волокон в областях звездообразования» является законченной научно-исследовательской работой и полностью удовлетворяет требованиям ВАК. Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят заметный вклад в исследование областей звездообразования. Автореферат диссертации в полном объеме отражает основные результаты, полученные в работе. Автор диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Отзыв подготовлен кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Коуровской астрономической обсерватории Андреем Михайловичем Соболевым и доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Коуровской астрономической обсерватории, доцентом кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды УрФУ Антоном Федоровичем Селезневым.

Отзыв обсужден и утвержден на общем семинаре Коуровской астрономической обсерватории и кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды УрФУ, протокол № 3 от 10 августа 2023 года.

Заведующий кафедрой астрономии,
геодезии, экологии и мониторинга
окружающей среды УрФУ
доктор физико-математических наук
тел. +7 (343) 389 95 89
e-mail: eduard.kuznetsov@urfu.ru



Э.Д.Кузнецов

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д.19.
Тел. +7 (343) 375 44 44, e-mail: contact@urfu.ru.