

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ



119991, ГСП-1, Москва
Ленинский проспект, 53 ФИАН
Телефон: (499) 135 1429
(499) 135 4264
Телефакс: (499) 135 7880
<http://www.lebedev.ru>

Дата 06.04.2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИАН
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Н.Н. Колачевский



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

Диссертация «Тепловое и мазерное свечение межзвездного газа в темных молекулярных облаках» выполнена в Астрокосмическом центре Федерального государственного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской Академии Наук. В период подготовки диссертации соискатель Щуров Михаил Аристотелевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук, Астрокосмический центр (АКЦ ФИАН, лаборатория баллистико-навигационного обеспечения космических проектов) в должности младшего научного сотрудника.

В 2012 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет по специальности «ядерная физика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов № 01-22 выдано 01.03.2022 Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Щуров М.А. в 2016 г. окончил очную аспирантуру Астрокосмического центра Федерального государственного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской Академии Наук для подготовки диссертации по научной специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия» на соискание ученой степени кандидата наук и сдачи кандидатских экзаменов.

Научный руководитель: Вальтц Ирина Евгеньевна, доктор физ.-мат. наук, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник лаборатории "Изучение быстропеременных процессов и спектроскопии" АКЦ ФИАН.

Рецензентом выступил: Алакоз Алексей Валерьевич, кандидат наук, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории "Астрофизика высокого разрешения".

Доклад М.А. Щурова по результатам диссертационной работы «Тепловое и мазерное свечение межзвездного газа в темных молекулярных облаках» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия» был заслушан и обсужден на общем астрофизическом семинаре АКЦ ФИАН 21 февраля 2022 г.

Актуальность темы диссертации состоит в направленности на решение ряда задач в рамках аспектов фундаментальной научной проблемы по теме «Физика и эволюция звезд и межзвездной среды», связывающей межзвездную среду и звезды эволюционным процессом. Конкретные приложения такого рода работ стимулируют развитие и расширение частотного диапазона и техники исследований наблюдательных проявлений вещества, излучения и полей, заполняющих межзвездное пространство, а также использование и внедрение в практику самых современных технических возможностей и способов ведения научных экспериментов - в частности, создание крупных интерферометрических сетей для увеличения пространственного разрешения наблюдаемых объектов.

В более узком смысле изучение процессов эволюции межзвездной среды и звездообразования включает в себя исследование многообразных пекулярных объектов, сопровождающих эти процессы, в частности, источников мазерного излучения на молекулах межзвездной среды, формирующихся в протозвездных конденсациях.

В диссертации представлены результаты двух экспериментов. Область L379 IRS1 исследовалась на 30-м радиотелескопе Пико-Велета (Испания) в диапазонах длин волн высокочастотного миллиметрового диапазона. Этот телескоп является одним из самых современных однозеркальных телескопов, причем данный диапазон предназначен для изучения, в основном, холодного газа в областях звездообразования, находящихся на ранней стадии эволюции. Вторая и третья часть посвящены исследованию пространственной структуры более развитой области NGC 2071 IRS1, которое выполнено на самом современном инструменте в мире - наземно-космическом интерферометре Радиоастрон.

Цель диссертационной работы состоит в исследовании гигантских темных молекулярных облаков и их структуры для улучшения понимания процесса формирования звезд большой массы.

Для достижения этой цели соискателем были поставлены и решены следующие **задачи**:

- 1) Определение молекулярного состава газо-пылевого облака L379 IRS1 по данным наблюдений на международном радиотелескопе Института Миллиметровой Астрономии (IRAM) в трех высокочастотных диапазонах - для эпох 2003 и 2007 гг.;

- 2) Изучение области L379 IRS1 по различным направлениям картографирования методами вращательных диаграмм и большого градиента скорости;
- 3) Сравнение параметров горячего и холодного газа в исследуемой области с аналогичными параметрами в других областях звездообразования;
- 4) Корреляционная обработка данных интерферометрических наблюдений мазера H₂O на частоте 22.2280 ГГц в источнике NGC 2071 IRS1, полученных в рамках работы наземно-космического интерферометра "РадиоАстрон" на FX-корреляторе АКЦ ФИАН с использованием собственной программы LineViewer, позволяющей оптимизировать и сократить время обработки сеансов мазерных интерферометрических наблюдений;
- 5) Получение, калибровка и анализ авто- и кросс-корреляционных спектров наблюдений области NGC 2071 IRS1 с помощью стандартных задач пакета AIPS;
- 6) Построение карты распределения мазерных пятен исследуемого источника NGC 2071 IRS1 и анализ полученных данных.

Научная новизна работы состоит в новых полученных научных данных об областях звездообразования L379 IRS1 и NGC 2071 IRS1. Для L379 составлен новый каталог линий радиоизлучения для всех зафиксированных в области молекул, уточнены его физико-химические параметры, оценён возраст облака. Для NGC 2071 построена карта распределения мазерных деталей исследуемой области. Предложена модель одного из пространственных обнаруженных компонентов, по данным измерений источника рассчитаны размеры его пространственных составляющих. В рамках программного пакета «ASL» разработана программа «LineViewer», применявшаяся при корреляционной обработке мазерных интерферометрических наблюдений, в т.ч. наблюдений источника NGC2071.

Достоверность полученных результатов была обеспечена техническим состоянием телескопов и аппаратуры. Результаты и выводы, представленные в диссертации, широко обсуждались на российских и международных семинарах и конференциях и были одобрены опытными специалистами.

Ценность и практическая значимость работы состоит в уточнении химических и физических параметров источника L379 IRS1. Составленный каталог зафиксированных в L379 IRS1 линий излучения различных молекул для всех наблюдавшихся направлений имеет важную практическую ценность: он позволит использовать полученные результаты для уточнения модели источника и будущих наблюдений. Также автором получена новая информации о тонкой пространственной структуре источника NGC 2071 IRS1, впервые - с использованием наземно-космической РСДБ. Несомненная практическая ценность работы заключается в том, что соискатель сумел грамотно

использовать данные, полученные на 64-м Калязинском радиотелескопе (РФ), доказать и наглядно продемонстрировать возможность его полноценного участия в исследовании астрономических объектов дальнего космоса. Практическая ценность программы «LineViewer» состоит в существенной оптимизации процесса корреляции для сеансов мазерных интерферометрических наблюдений, и, как следствие, к ускорению предоставления доступа научному сообществу к наблюдательным данным.

Личный вклад

Научные задачи и проблемы, которые ставились в процессе выполнения диссертации, решались совместно с научным руководителем и соавторами. При этом личный вклад автора, который составляет более 50% от общего объема работы, состоял в следующем.

- 1) Соискатель самостоятельно провёл полную обработку данных наблюдений источника L379 IRS1, выполненных в 2003 и 2007 г.г. на международном 30-м телескопе IRAM в программе CLASS программного пакета GILDAS. Соискатель написал на языке C++ программный код, который, используя данные, полученные в результате обработки в CLASS, рассчитывает лучевые концентрации молекул. С его помощью были рассчитаны все лучевые концентрации для всех 24-х молекул, наблюдавшихся в этих сессиях. Дополнительно на языке C++ была написана утилита, составляющая для программы представления спектров GREG (GILDAS) скрипты для построения вращательных диаграмм. По результатам обработки в CLASS соискатель построил в GREG вращательные диаграммы для линий метанола и метилцианида.
- 2) Соискатель разработал алгоритм и написал программный код для утилиты «LineViewer», предназначенной для упрощения и ускорения процедуры получения корреляции в мазерных интерферометрических наблюдениях, которая была использована при обработке данных наблюдений источника NGC 2071 IRS1.
- 3) Соискатель провёл корреляционную обработку мазерных интерферометрических наблюдений 2014 г. и их полную постобработку. Несмотря на малую длительность эксперимента и недостаточное заполнение UV-плоскости, тщательным подбором параметров обработки соискатель получил полноценный научный материал с набором всех требуемых для дальнейшего астрофизического анализа параметров пространственного распределения мазерных деталей и их моделей.

Апробация результатов

Результаты диссертационной работы М.А. Щурова докладывались и обсуждались на семинарах АКЦ ФИАН, на российских и международных

конференциях.

Диссертация соответствует всем требованиям, установленным пунктами 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Диссертация соответствует специальности «астрофизика и звездная астрономия» по физико-математическим наукам (01.03.02).

Материалы диссертации представлены соискателем в четырёх научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Содержание диссертации изложено доступно, корректно и полно.

Диссертационная работа Щурова Михаила Аристотелевича «Тепловое и мазерное свечение межзвездного газа в темных молекулярных облаках» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «астрофизика и звездная астрономия» (01.03.02).

Заключение принято на заседании ученого совета АКЦ ФИАН. Присутствовало на заседании 10 чел. Результаты голосования: "за" – 10 чел., "против" – 0 чел., "воздержались" – 0 чел., протокол № 3/22 от 6 апреля 2022 г.

Руководитель АКЦ ФИАН,
д.ф.-м.н. С.Ф. Лихачев