

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУН «КрАО РАН»

А.Н. Ростопчина-Шаховская
«05» мая 2022 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук» (КрАО РАН) на диссертацию Щурова Михаила Аристотелевича «Тепловое и мазерное свечение межзвездного газа в темных молекулярных облаках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия»

Диссертация М.А. Щурова посвящена исследованию двух областей образования массивных звезд в темных молекулярных облаках.

Известно, что массивные звезды играют принципиальную роль в процессах звездообразования и эволюции межзвездной среды. Их присутствие побуждает образование звезд малой массы, провоцируя фрагментацию родительских облаков, меняет температурный режим и химический состав газа и пыли, что, в конечном итоге, приводит к распаду самих облаков. При этом, как указано в диссертации, формирование самих массивных звезд изучено плохо, поскольку они редко встречаются, будучи глубоко погруженными в непрозрачные слои родительского облака, быстро проходят стадию «до главной последовательности» и попадают на ее начальную часть «нулевого возраста», будучи еще погруженными в пыль и находясь в стадии аккреции. По этим причинам наличие массивных протозвезд изучается, преимущественно, косвенно – в частности, на основании исследования молекулярного излучения окружающей их газо-пылевой среды в тепловых и мазерных линиях.

В первой главе диссертации представлены результаты обработки наблюдений самого яркого источника IRAS в тёмном молекулярном облаке L 379. Наблюдения этого источника L 379 IRS1 проводились в линиях метанола и других молекул на международном 30-м радиотелескопе Института Миллиметровой Астрономии (IRAM) в диапазонах длин волн 3, 2, 1 и 0.9 мм (частоты 100 ГГц, 150 ГГц, 300 ГГц, 330 ГГц). IRAM-30m - один из самых больших и чувствительных на сегодняшний день «миллиметровых» телескопов. Наблюдения проводились в рамках заявки из Астрокосмического центра ФИАН, составленной соавтором работы.

Соискатель самостоятельно провёл полную обработку наблюдений в стандартной программе CLASS, дополнительно написал на языке C++ программный код, который, используя данные, полученные в результате обработки в CLASS, рассчитывает лучевые концентрации молекул, а также скрипты для построения вращательных диаграмм. С его помощью были рассчитаны все лучевые концентрации для всех наблюдавшихся в этой сессии 24-х молекул и построены вращательные диаграммы для линий наиболее распространенных молекул метанола и метилцианида.

Во второй главе представлены результаты наблюдений мазера H_2O на частоте 22 ГГц в темной отражательной туманности NGC 2071 в направлении инфракрасного объекта IRS1, что было одной из основных целей исследований межзвездных мазеров H_2O в рамках международной космической миссии «РадиоАстрон». В наблюдениях принимали участие космический радиотелескоп (SRT, KPT-10) и три радиотелескопа наземной сети: PT-32 (Mc, Медичина, Италия), PT-32 (Tr, Торунь, Польша) и PT-64 (Kl, Калязин, РФ). Получена карта распределения мазерных пятен с угловым разрешением 70~мксек на наземно-космических базах, на которой в размере $\sim(100 \times 100)$ мсек дуги (т.е. $\sim(40 \times 40)$ а.е. при расстоянии до туманности 390 пк) присутствует 13 пространственных компонентов. Зафиксирован один пространственный компонент (имеющий лучевую скорость 14.3 км/с), для которого со сверхвысоким угловым разрешением на наземно-космических базах SRT-Tr и SRT-Mc наблюдается корреляция на уровне надежности более 6 σ . На основании анализа зависимости функции видности от величины проекций баз соискателем предложена двухкомпонентная модель

пространственной структуры этого компонента с размерами протяженной и компактной составляющей в угловой мере 4 мсек и 0.06 мсек, т.е. 1.56 а.е. (с неопределенностью 10%), что сопоставимо с размером орбиты Земли, и 0.023 а.е. (с неопределенностью 50%), что примерно сопоставимо с размером небольших звезд типа Солнца.

Следует особо отметить, что соискатель лично провёл корреляционную обработку этих мазерных интерферометрических наблюдений и их полную посткорреляционную обработку. 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.

В третьей главе представлена очень важная часть работы, связанная с обработкой данных, полученных на наземно-космическом интерферометре. Поскольку ни один коррелятор в мире на момент поступления данных наблюдений в рамках проекта «РадиоАстрон» не имел опыта работы с интерферометрами, в состав которых входил бы спутник, данные наблюдений всех телескопов в этом проекте обрабатывались на собственном корреляторе АКЦ ФИАН. Поскольку, кроме того, универсального стандартизированного программного обеспечения для процедуры корреляционной обработки данных не существует, программное обеспечение в АКЦ создавалось сотрудниками соответствующего отдела.

Соискатель создал специализированную программу «LineViewer», предназначенную для оптимизации процесса корреляционной и посткорреляционной обработки на всех этапах в сеансах мазерных интерферометрических наблюдений, разработал алгоритмы и написал соответствующие программные коды. Эта программа показала свою эффективность при обработке многих сеансов мазерных наблюдений в проекте «РадиоАстрон», в том числе, при обработке сеанса спектральных наблюдений источника NGC 2071 IRS1, обсуждаемого в диссертации.

По теме диссертации автором опубликовано 4 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК, результаты были представлены на 8 конференциях.

Существенных замечаний по диссертации нет. В работе есть ряд опечаток, несогласования падежей, орфографических и пунктуационных ошибок. Тем не менее, текст диссертации четко изложен и хорошо структурирован. Приведен достаточный иллюстративный и табличный материал, а основные результаты подробно обоснованы. Все результаты диссертации, выносимые на защиту, являются новыми и значимыми. Достоверность научных результатов обоснована тем, что наблюдения проводились на телескопах и интерферометре, широко используемых для фундаментальных исследований мировым научным сообществом.

Результаты диссертации могут быть использованы в ГАИШ МГУ, ИНАСАН, ГАО РАН, САО РАН, КрАО РАН и других отечественных и зарубежных организациях, где проводятся работы по исследованию звезд и областей звездообразования. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы.

Диссертация Щурова Михаила Аристотелевича «Тепловое и мазерное свечение межзвездного газа в темных молекулярных облаках» представляет собой цельную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком уровне, которая отвечает всем требованиям ВАК при Минобрнауки России, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании отдела радиоастрономии и геодинамики ФГБУН «КрАО РАН». Протокол от 04 мая 2022 года.

Заведующий отделом радиоастрономии и геодинамики ФГБУН «КрАО РАН»,
доктор физико-математических наук

А.Е. Вольвач

Подпись А.Е. Вольвача заверяю. Начальник отдела кадров ФГБУН
«КрАО РАН»

А.С. Семенова

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» (ФГБУН «КрАО РАН»)

E-mail: crao@inbox.ru

Телефон: + 7 (365554) 71161

Почтовый адрес: 298409, Республика Крым, Бахчисарайский р-н, пгт. Научный