АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности — 8D05307 «Физика и астрономия»

ОМАР АРУЖАН ЖЕҢІСХАНҚЫЗЫ

Тема диссертации: «Наблюдения молекулярных линий областей звездообразования в межзвездном облаке»

Общая характеристика работы. Одной из важнейших задач астрофизики является исследование областей и процессов образования звезд. Результаты наблюдений за областями звездообразования в последние годы все больше свидетельствуют в пользу аккреционного механизма образования массивных звезд. Однако остается неясным вопрос существования предела звездной массы, выше которого механизм аккреции диска недостаточен для объяснения роста звезды с большой массой. Поэтому необходимо изучить области звездообразования и связанные с ними области ионизированного водорода (HII) на самых ранних стадиях развития. В данной диссертационной работе использованы данные сети радиотелескопов Atacama Large Millimeter Array (ALMA) Band 6 с высоким угловым разрешением для проверки ключевого предсказания гипотезы, заключающейся в том, что все регионы гиперкомпактной области HII должны быть связаны с вращающимся горячим молекулярным ядром. Для этого исследуются молодые звезды с большой массой, связанные с гиперкомпактными областями HII: G345.0061+01.7944B, G333.0162+00.7615 и G337.4032-00.4037, посредством изучения градиентов скоростей, соответствующих вращающимся ядрам на масштабах 3000 а.е., с использованием высокоэнергетических переходов молекул SO_2 $30_{4,26}$-$30_{3,27}$, $32_{4,28}$-$32_{3,29}$ и CH_3CN 14-13. Также в диссертационной работе исследуется излучение ионизованного газа, прослеживаемое по линии рекомбинации H29α.

Актуальность темы. Звезды рождаются в молекулярных облаках, и изучение ранних стадий формирования звездных регионов имеет большое значение как для астрономии, так и для космологии. Оно помогает понять цикл эволюции звезд и понять структуру и динамику галактик в целом. Исследования метилцианида CH_3CN и диоксида серы SO_2 в звездообразующих регионах имеют важное значение для астрохимии и обнаруживают основные молекулы, способствующие химической эволюции в звездообразных областях, где образуются чисто молекулярные облака, представляющие собой места рождения звезд. Газовая плотность, характеристики температуры, кинематики и химического состава газа в областях звездообразования могут быть определены через изучение излучения. Радиоастрономические наблюдения помогают понять структуру и физику дисков и оболочек вокруг молодых звезд, а также помогают в исследовании эволюции объектов их объектов сопровождения,

сопряженных с фазами их эволюции, а также могут картографировать условия газа в галактиках, чтобы понять процессы образования звезд.

Цель диссертации - Для изучения молекулярного газового состава горячих ядер в областях HII-регионов галактических облаков с целью характеризации их кинематики и динамики создаются интегральные карты интенсивности и скорости метилцианида (CH_3CN) и диоксида серы (SO_2). Эти карты позволяют понять характеристики и динамику газов в различных частях пространства за счет градиентов скорости. Для прямого измерения ионизированного газа используются наблюдения радиорекомбинационных линий H29α, что позволяет определить эволюцию и физические параметры звездообразующих областей HII-регионов.

Задачи исследования

1. Обработка первого порядка и калибровка наблюдательных данных высокочастотного комплекса радиотелескопа высокого углового разрешения ALMA для исследования горячих ядер на длинах волн CH_3CN и SO_2;
2. Определение типов молекулярных линий из спектральных окон наблюдения для каждого ядра на основе астроспектроскопических каталогов CDMS, JPL, с использованием базы данных Splatologue, исследование эмиссионных линий;
3. Построение интегральных карт интенсивности и скорости молекулярных ядер G345.0061+01.7944B, G333.0162+00.7615 и G337.4032-00.4037;
4. Определение физических параметров молекулярных ядер G345.0061+01.7944B, G333.0162+00.7615 и G337.4032-00.4037 методом вращательных диаграмм;
5. Определение физических параметров гиперкомпактных областей HII вокруг горячих молекулярных ядер G345.0061+01.7944B и G337.4032-00.4037 на основе анализа наблюдений радиорекомбинационной линии H29α.

Объекты исследования: молекулярные ядра G345.0061+01.7944B, G337.4032-00.4037 и G333.0162+00.7615, связанные с областями ионизированного водорода HII.

Методы исследования. В диссертационном исследовании использованы методы исследования континуальных наблюдений радиоастрономических молекулярных линий и линий рекомбинации водорода. Обработка данных и калибровка этих наблюдений проводились с использованием астрономических и программных приложений Common Astronomy and Software Applications (CASA), а континуум вычитался с выбором видимых свободных каналов с использованием CASA uvcontsub для получения чистого изображения континуума в tclean приложение. Для проведения основной обработки использовались Gildas (Class), MAdrid Data CBe Analysis (MADCUBA), CARTA, программы для обработки уникальных радиоастрономических исследований. Построения и визуализация конечных результатов были получены на языке

программирования Python. В качестве спектроскопических баз данных использовались каталоги Splatalogue, JPL, CDMS.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Радиорекомбинационная линия H29α регистрируется в горячем молекулярном ядре G345.0061+01.794B и соответствует области HII с физическими параметрами: Te=8094 ± 1534 K, n_e=(2,1 ± 0,2)× 10^5 $см^{-3}$, $EM = 5.2 \times 10^8 \pm 5.3 \times 10^7 пк\, см^{-6}$, (3,6 ± 0,3)×$10^{-3}$ $M_\odot$, что классифицирует его как гиперкомпактный тип с массивной звездой, эквивалентной главной последовательности нулевого возраста типа O5.5.

2. Анализ наблюдения молекулярных эмиссионных линий CH_3CN и SO_2, наблюдаемых в направлении гиперкомпактной области HII горячего ядра G345.0061+01.794B, выявил падающие движения молекулярного газа к центральной части массивной звезды с массой 172,8±8,8 $M_\odot$

3. Наблюдения пылевого континуума, молекулярной эмиссии и радиорекомбинационного излучения выявили два новых горячих ядра в области G333.0162+00.7615, принадлежащих самой ранней стадии области звездообразования большой массы с температурой около 300 K.

Научная новизна работы:

1. Данные наблюдений высокочастотного комплекса радиотелескопов с высоким угловым разрешением ALMA были использованы для изучения горячих ядер на длинах волн CH_3CN и SO_2.
2. По наблюдательным спектральным окнам для каждого ядра были определены типы молекулярных линий на основе астроспектроскопических каталогов CDMS, JPL с использованием базы данных Splatologue, а также изучены эмиссионные линии.
3. Построены интегральные карты интенсивности и скорости молекулярных ядер G345.0061+01.7944B, G333.0162+00.7615 и G337.4032-00.4037.
4. Физические параметры молекулярных ядер G345.0061+01.7944B, G333.0162+00.7615 и G337.4032-00.4037 определяли методом вращательных диаграмм.
5. Путем анализа наблюдений радиорекомбинационной линии H29α определены физические параметры гиперкомпактных областей HII вокруг горячих молекулярных ядер горячих молекулярных ядер G345.0061+01.7944B и G337.4032-00.4037.
6. Созданы алгоритм и методы исследования формирования и стадий молодых звездных объектов большой массы.
7. При обработке данных использовались уникальные радиоастрономические программы и создавались программные коды.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты, полученные в результате радионаблюдений областей звездообразования в молекулярных облаках, могут найти практическое применение в различных аспектах астрономии и астрофизики, а также в прикладных задачах:

Разработка теоретических моделей; Полученные результаты могут

улучшить существующие теоретические модели звездообразования и способствовать развитию новых концепций. Это может привести к более глубокому пониманию процессов звездообразования и повысить точность прогнозирования эволюции молекулярных облаков.

Организация программ наблюдений: Результаты работы могут служить основой для организации программ наблюдений, направленных на изучение образования звезд в молекулярных облаках. Это помогает оптимизировать использование астрономических ресурсов и повысить эффективность наблюдений.

Повышение эффективности и точности исследований: Практическое применение результатов исследований может повысить эффективность и точность астрономических исследований звездообразования и эволюции молекулярных облаков. Это может включать в себя улучшение методов анализа данных, оптимизацию стратегий мониторинга и разработку новых инструментов и методов.

Личный вклад автора.

Автор диссертации провела литературный обзор по областям звездообразования и обработала данные высокочастотных наблюдений ALMA Band 6. В ходе обработки были освоены уникальные прикладные радиоастрономические программы Gildas, CASA, Madcuba, Carta, DS9, в результате чего окончательное описание и картографирование и расчеты физических параметров регионов HII проводились на языке программирования Python. Задачи и выводы проведенного исследования были согласованы совместно с научными руководителями.

Достоверность результатов. Достоверность научных выводов работы подтверждается их соответствием теоретическим моделям и выводам о природе аналогичных объектов, полученным другими авторами.

Апробация работы. Были представлены и обсуждены результаты диссертации. По материалам диссертационной работы опубликовано 7 работ:

Статьи с высоким импакт-фактором в изданиях, включенных в базу данных Thomson Reuters или международную научную базу данных Scopus:

1. Komesh T., Garay G., Henkel C., Omar A., Estalella R., Assembay Z., Li D., et al.. Infall Motions in the Hot Core Associated with Hypercompact HII Region G345.0061+01.794 B //The Astrophysical Journal. - 2024.-Т.967.-№.1.-С.15.DOI: 10.3847/1538-4357/ad3e7b [Q1]

2. Komesh T., Omar A., Garay G., Assembay Z., Alimgazinova N., Zhumabay N., Kyzgarina, M. ALMA observations of the environments of G333. 0162+ 00.7615 //IAU Symposium. – 2023. – Т. 373. – С. 35-38 [Q4].

3. Assembay Z., Komesh T., Garay G., Omar A., Esimbek J., Alimgazinova N., Kyzgarina, M. ALMA observations of the environments of G301. 1364-00.2249 A //IAU Symposium. – 2024. – Т. 380. – С. 204-206 [Q4].

Статьи в изданиях, рекомендованных Научным комитетом Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан:

1. Омар А.Ж., Манапбаева А.Б., Комеш Т., Кызгарина М.Т.,

Алимгазинова Н.Ш. Aquila молекулалық бұлтының аймақтарын CO таңдамалы диссоциациясы әдісімен зерттеу // Доклады Национальной Академии наук Республики Казахстан. Сер. Физ-мат. – 2023. - Т. 345(1), - С. 180–191.

2. Manapbayeva A. B., Omar A.Zh., Alimgazinova N.Sh., Komesh T., Kyzgarina M.T., Esimbek J., Assembay Zh.. Determination of physical parameters of the W40 HII region using observations of H110 radio recombination line // Recent Contributions to Physics, 2023. - №3– С.4-11

Публикации в материалах научных конференций:

1. Омар А.Ж., Мухан А., Гиперкомпактілі HII аймақтарымен шектелетін айналмалы ыстық ядролар//Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. – 2021. – С.213.

2. Омар А.Ж., Гиперкомпактілі HII аймағымен шектелетін айналмалы ыстық ядроның молекулалық сызықтар бақылаулары//Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. – 2022.– С.210.

Результаты диссертации представлены на научных семинарах:

- Август 2023 год, Синьцзянская астрономическая обсерватория, г. Урумчи, КНР. Научный семинар группы профессора Esimbek Jarken с участием професора XXX университета Christian Henkel

- “The IAU/IHOW Radio Astronomy 2023”, проходившая в Кайсери, Турция, в 2023 году George Bendo, Aida Ahmadi;

- 10 октября 2023 г. профессор Guido Garay из Чилийского университета (на платформе ZOOM);

- В 2024 году Назарбаев Университет, Энергетическая космическая лаборатория Уральского федерального университета профессор А.М. Соболев;

Связь темы диссертации с планами научных работ

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом фундаментальных научно-исследовательских работ Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме «AP13067768 - Радиоастрономическое исследование горячих ядер в молекулярные облака и изучение областей звездообразования массивных звезд».

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 частей, заключения, списка использованной литературы. Работа состоит из 118 страниц, в том числе 107 страниц печатного текста, 83 рисунка, 17 формул, 10 таблиц и списка литературы со 110 названиями.