

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктора философии» (PhD) по специальности «БД061100 – Физика и астрономия»

МАНАПБАЕВА АРАЙЛЫМ БЕКБОЛАТҚЫЗЫ

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА AQUILA И ПОИСК ОБЛАСТЕЙ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

Общая характеристика работы. Настоящая диссертационная работа посвящена радиоастрономическим исследованиям областей звездообразования W40 и Serpens South молекулярного облака Aquila, изучению новой области звездообразования Serpens3, а также поиску и идентификации молодых звездных объектов в исследуемых регионах по данным инфракрасных наблюдений.

Данное исследование имеет важное значение для радиоастрономии, поскольку молекулярные облака считаются местами зарождения звезд, а понимание процессов звездообразования поможет углубить наши знания о формировании и эволюции звездных систем. Впервые проведен анализ радиоастрономических наблюдений молекулы формальдегида (H_2CO) и рекомбинационной радиолнии $H_{110\alpha}$ на южных регионах W40 и Serpens South молекулярного облака Aquila, полученных на 26-м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской Академии наук. В ходе исследования была выявлена новая область звездообразования, получившая название Serpens3. Анализ наблюдений рекомбинационной радиолнии $H_{110\alpha}$ в регионе W40 НП, позволил рассчитать ее физические параметры, по которым область ионизированного водорода отнесена к ультракомпактному типу. Разработанный алгоритм поиска и идентификации молодых звездных объектов по данным наблюдений в ближнем и среднем инфракрасном диапазоне позволил выявить в каждом исследуемом регионе звездообразования ранее неидентифицированные объекты. На основе спектральных данных был сделан вывод эволюционном статусе объектов.

Актуальность темы. За последние годы самым важным достижением молекулярной астрофизики стало установление основного представления о том, что звезды образуются в молекулярных облаках. Исследование молекулярных облаков и областей звездообразования имеет высокую актуальность для астрономического сообщества и обладает большим потенциалом для расширения наших знаний о звездах, галактиках и эволюции Вселенной. Молекулярные облака являются ключевыми объектами для изучения звездообразования, поскольку они представляют собой места образования звезд и планет. Межзвездные молекулы являются хорошими индикаторами процессов рождения и смерти звезд, их присутствие является признаком различных стадий эволюции.

Следы межзвездных молекул можно обнаружить во всех видах небесных тел - от объектов ранней Вселенной до остатков сверхновых. Поэтому молекулы рассматривают в качестве индикаторов тех или иных процессов и условий, возникающих в межзвездной среде.

Эффективным методом получения данных о кинематике и физической структуре облаков молекулярного газа является картографирование в радиолиниях. Для этой цели наблюдаются линии различных сложных молекул, например CO, H₂CO, NH₃, CH₂O и т.д. Наблюдения рекомбинационных радиолиний, предоставляют уникальную возможность исследовать физические параметры и процессы, протекающие в областях НП, которые связаны с областями звездообразования. Определение плотности, температуры, массы и других характеристик областей НП позволяет углубить понимание механизмов звездообразования, динамики газа и взаимодействия молекулярных облаков с излучением молодых звезд.

Изучение молекулярных облаков в инфракрасном диапазоне позволяет более полно раскрыть их структуру и характеристики. А идентификация молодых звездных объектов, излучающих в инфракрасном диапазоне, является необходимым этапом в изучении эволюционных стадий звездообразования. Учитывая, что существенную роль в обнаружении молодых звездных объектов и изучении наиболее активных и интересных зон звездообразования играют роль наблюдения, в последнее время широко используются небесные обзоры космических аппаратов Spitzer, WISE и каталоги источников инфракрасного излучения. Наблюдения позволяют анализировать распределения энергий в спектрах молодых звездных объектов, а также получить информацию о их физических свойствах, температуре, составе и интенсивности излучения областей звездообразования.

Целью настоящей работы являются радиоастрономические исследования спектральной линии молекулы формальдегида (H₂CO) и рекомбинационной линии H_{110α} в направлении молекулярного облака Aquila, определение физических параметров областей звездообразования и поиск молодых звездных объектов.

Задачи исследования:

1. Теоретические исследования молекулярных облаков и процессов звездообразования в них.
2. Наблюдения молекулярного облака Aquila на 26-м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской академии наук и обработка полученных спектров;
3. Изучение эмиссионных и абсорбционных линий в спектрах, анализ радиокарт, определение физических параметров областей звездообразования;
4. Разработка алгоритма идентификации молодых звездных объектов;
5. Исследования областей звездообразования в инфракрасном диапазоне, поиск и идентификация молодых звездных объектов;

6. Анализ распределений энергий в спектрах молодых звездных объектов, интерпретация полученных результатов и определение эволюционного статуса объектов.

Объекты исследования: Области активного звездообразования молекулярного облака Aquila: W40, Serpens South и Serpens3.

Предмет исследования: данные наблюдений в радио- и инфракрасном диапазонах

Методы исследования. В диссертационном исследовании были применены экспериментальные и теоретические методы исследования областей звездообразования молекулярного облака Aquila. Для изучения эмиссионных и абсорбционных линий в спектрах были использованы компьютерные программные среды обработки и анализа данных: Gildas, DS9, IDL Astro libraries, библиотеки Python. Для идентификации молодых звездных объектов использован новый алгоритм исследования, разработанный в программной среде MatLab. Для анализа радиокарт, сопоставления с наблюдениями других обсерваторий в радио- и инфракрасной области спектра были использованы астрономические базы данных SIMBAD, Vizier, IRSA, Aladin v10.0 и инфракрасные каталоги: AllWISE Data Release (Cutri+ 2013), 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources (Cutri+ 2003), GLIMPSE Source Catalog (I + II + 3D) (IPAC 2008), The Spitzer (SEIP) source list (SSTSL2) (Spitzer Science Center, 2021).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Распределение линий поглощения молекулы формальдегида (H_2CO) в молекулярном облаке Aquila соответствует областям звездообразования W40 и Serpens South, а также обнаруживает существование новой области звездообразования Serpens3.

2. С помощью спектральной линии ^{13}CO впервые рассчитана температура возбуждения молекулы формальдегида (H_2CO) T_{ex} : для области W40 она составляет от 2 до 5 К, а для Serpens South и для новой обнаруженной области звездообразования Serpens3 температура возбуждения соответствует ~ 2 К.

3. Радиорекомбинационная линия $H_{110\alpha}$ регистрируется в области звездообразования W40 и соответствует области III с физическими параметрами $T_e^* = 7300$ К, $EM = 7,4 \times 10^6$ пк \cdot см $^{-6}$, $N_L = 9 \times 10^{47}$ с $^{-1}$, $U = 28$ пк \cdot см $^{-2}$, $R = 0,09$ пк, $M_{III} = 0,15M_{\odot}$ которые относят ее к ультракомпактному типу.

4. На основе данных инфракрасных наблюдений в молекулярном облаке Aquila обнаружены ранее неидентифицированные как молодые звездные объекты 30 новых объектов ранней эволюционной стадии: 11 для региона – W40, 7 – Serpens South и 12 – Serpens3.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

1 Проведен анализ радиоастрономических наблюдений молекулы формальдегида H_2CO и радиорекомбинационной линии $H_{110\alpha}$ в направлении молекулярного облака Aquila, полученных на 26-м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской Академии наук. По

линиям поглощения молекулы формальдегида (H_2CO) выявлена новая область звездообразования, обозначенная как Serpens3, которая находится на ранней стадии эволюции.

2 Рассчитана температура возбуждения T_{ex} молекулы формальдегида H_2CO в молекулярном облаке Aquila.

3 Путем анализа наблюдений радиорекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ были определены физические параметры области W40 НП.

4 Были проведены исследования областей звездообразования молекулярного облака Aquila в инфракрасном диапазоне длин волн по данным Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) с использованием разработанного алгоритма на предмет обнаружения ранее неидентифицированных и находящихся на различных стадиях эволюции молодых звездных объектов.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть применены для исследования как фундаментальных астрофизических процессов, так и практических аспектов астрономии. Эта работа вносит существенный вклад в расширение наших теоретических представлений о процессах звездообразования в молекулярных облаках. Полученные результаты могут подкрепить существующие теоретические модели и способствовать разработке новых концепций, направленных на более глубокое понимание процессов звездообразования. Также могут быть использованы в дальнейших исследованиях в области астрономии и астрофизики, а также в прикладных задачах, связанных с изучением эволюции и формирования звездных систем.

Работа имеет практический потенциал для дальнейшего развития астрономических методов и инструментов. Её результаты могут служить основой для организации наблюдательных программ, нацеленных на исследование процессов звездообразования в молекулярных облаках. Эти практические приложения могут усилить эффективность и точность астрономических исследований, имеющих отношение к звездообразованию и эволюции молекулярных облаков.

Личный вклад автора. Автор диссертации принимала участие в проведении наблюдений молекулы формальдегида H_2CO и рекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ в направлении молекулярного облака Aquila на 26-метровом телескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской Академии наук. Ею проведена обработка наблюдательных данных, основные расчеты физических характеристик в программных средах Gildas, DS9, IDL Astro libraries и Python, разработка алгоритма и его программная реализация в среде MatLab, поиск и идентификация молодых звездных объектов и интерпретация полученных результатов. Постановка задач и выводы по проведенному исследованию согласованы совместно с научными консультантами.

Достоверность результатов

Достоверность научных выводов работы подтверждается согласованностью с теоретическими моделями, выводами о природе аналогичных объектов, полученными другими авторами.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались. По материалам диссертационной работы опубликовано 15 печатных работ.

Статьи с высоким импакт-фактором в изданиях, входящих в международную научную базу данных Scopus:

1. Toktarkhan Komesh, Jarken Esimbek, Willem Baan, Jianjun Zhou, Dalei Li, Gang Wu, Yuxin He, Serikbek Sailanbek, Xindi Tang, **Arailym Manapbayeva** H₂CO and H_{110 α} Observations toward the Aquila Molecular Cloud // **The Astrophysical Journal**, 2019. – Vol. 874 (172). – PP. 1-10, Quartile: **Q1**. DOI:[10.3847/1538-4357/ab0ae3](https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0ae3)

Публикации в научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science:

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

1. Nazar A.B., **Manapbayeva A.B.**, Alimgazinoва N.Sh., Kyzgarina M.T., Demessinoва A.M. Identification of young star objects near dust bubble N10 // *Recent Contributions to Physics*, 2022. - №4– С.13-20.

2. Комеш Т., **Манапбаева А.Б.**, Esimbek J., Алимгазинова Н.Ш., Кызгарина М.Т., Бағжан Қ. Интерпретация радиоастрономических наблюдений H₂CO и H_{110 α} в областях звездообразования W40 и Serpens South молекулярного облака Aquila // *Вестник КазНУ, серия физическая*, 2020. – Вып.74, №3. – С.19-28.

6 публикаций опубликовано в статьях, представленных Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования РК и в других изданиях, и **5 публикаций** опубликовано в сборниках тезисов международных конференций.

Связь темы диссертации с планами научных работ

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ КН МНВО РК по теме «AP13067768 - Радиоастрономические исследования горячих ядер в молекулярных облаках и изучение областей звездообразования массивных звезд»

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и включает четыре приложения. Работа изложена на 114 страницах машинописного текста, иллюстрируется 64 рисунками, приведено 14 формул, 9 таблиц, список использованных источников содержит 104 наименования.