







Т. Комеш^{1,2,3} , А.Б. Манапбаева¹ , Ж. Есимбек² ,
Н.Ш. Алимгазинова¹ , М.Т. Кызгарина^{1*} , Б. Куанбек¹ ,

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,

²Синьцзянская астрономическая обсерватория Академии наук Китая, Китай, г. Урумчи

³Университет академии наук Китая, Китай, г. Пекин

*e-mail: meir83physics@gmail.com

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ H₂CO И H_{110α} В ОБЛАСТЯХ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ W40 И SERPENS SOUTH МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА AQUILA

В работе представлены результаты радиоастрономических наблюдений спектральных линий поглощения молекулы формальдегида (H₂CO) и рекомбинационной линии H_{110α} в направлении к молекулярному облаку Aquila. Произведена интерпретация радиоастрономических наблюдений H₂CO (l₁₀-l₁₁) и H_{110α} в W40 и Serpens South молекулярного комплекса Aquila Rift, которые получены на 26 м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской академии наук. Для построения радиокарт были использованы также архивные данные, полученные при наблюдениях молекул ¹²CO(2-1) и ¹³CO(2-1) и 6 см континуума для региона Aquila Rift.

На основе полученных наблюдательных данных были рассчитаны оптическая глубина и плотность столбца для линии поглощения H₂CO и линии излучения ¹³CO (J=1-0), построены интегрированные карты интенсивности с областью ионизированного водорода H II и наложенными контурами, которые соответствуют линиям поглощения H₂CO и рекомбинационной линии H_{110α} в направлении молекулярного облака Aquila; карты интенсивности излучения ¹³CO (1-0), распределения 6 см радиоконтинуума, инфракрасного излучения, наложенные на интегрированные контуры поглощения H₂CO; зависимости линейных потоков и пиковых плотностей столбцов для H₂CO и ¹³CO. В работе показано, что регион Serpens South, выделенный контурами при поглощении формальдегида H₂CO, происходит от космического микроволнового фона. Была обнаружена корреляция между значениями параметров для линии поглощения H₂CO и линии излучения ¹³CO. Построены интегрированные карты интенсивности при различных значениях скорости канала линии поглощения H₂CO в направлении молекулярного облака Aquila. Выявлено, что скорости H₂CO и ¹³CO имеют близкие друг к другу значения.

Анализ проведенного исследования позволил сделать вывод о том, что линии поглощения молекулы формальдегида H₂CO и линии излучения ¹³CO происходят из одного и того же региона в комплексе Aquila Rift молекулярного облака Aquila.

Ключевые слова: молекулярные облака, спектр, звездообразование.

T. Komeshe^{1,2,3}, A.B. Manapbayeva¹, J. Esimbek²,
N.Sh. Alimgazinova¹, M.T. Kyzgarina^{1*}, B. Kuanbek¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

²Xinjiang Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, China, Urumqi

³University of the Chinese Academy of Sciences, China, Beijing

*e-mail: meir83physics@gmail.com

Interpretation of radioastronomic observations of H₂CO and H_{110α} in W40 and Serpens South star formation regions of Aquila molecular cloud

This study presents the results of radio astronomy observations of the absorption spectral lines of a formaldehyde molecule (H₂CO) and the H_{110α} recombination line towards the Aquila molecular cloud. The paper interprets the radio astronomy observations of H₂CO(l₁₀-l₁₁) and H_{110α} in the W40 and Serpens South of the Aquila Rift molecular complex, which were obtained by the 26m Nan-Shan radio telescope of the Xinjiang Astronomical Observatory of the Chinese Academy of Sciences. In order to construct radio maps, we also used archival data obtained by observing ¹²CO(2-1) and ¹³CO(2-1) and 6cm continuum molecules for the Aquila Rift region.

Based on the obtained observational data, the optical depth and column density were calculated for the H_2CO absorption line and ^{13}CO emission line ($J=1-0$), integrated intensity maps were constructed with the ionized hydrogen region HII and imposed contours that correspond to the absorption lines of H_2CO and the recombination line $H_{110\alpha}$ in the direction of the Aquila molecular cloud; maps of radiation intensity $^{13}CO(1-0)$, distribution of 6cm of the radio continuum, infrared radiation superimposed on integrated absorption contours of H_2CO ; dependences of linear flows and peak column densities for H_2CO and ^{13}CO are obtained. It is shown that the Serpens South region, highlighted by the contours during the absorption of formaldehyde H_2CO , comes from the cosmic microwave background. A correlation was found between the parameter values for the H_2CO absorption line and the ^{13}CO emission line. Integrated intensity maps were constructed for various values of the channel velocity of the H_2CO absorption line in the direction of the Aquila molecular cloud. It was revealed that the rates of H_2CO and ^{13}CO have close values to each other.

An analysis of the study led to the conclusion that the absorption lines of the H_2CO formaldehyde molecule and the ^{13}CO emission lines originate from the same region in the Aquila Rift complex of the Aquila molecular cloud.

Key words: molecular clouds, spectrum, star formation.

Т. Көмеш^{1,2,3}, А.Б. Манапбаева¹, Ж. Есімбек²,
Н.Ш. Алимгазина¹, М.Т. Қызгарина^{1*}, Б. Қуанбек¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,

²Шыңжаң Астрономиялық Обсерваториясы, Қытай Ғылым Академиясы, ҚХР, Үрімжі қ.

³Қытай Ғылым Академиясы Университеті, ҚХР, Пекин қ.

*e-mail: meir83physics@gmail.com

Aquila молекулалық бұлтының W40 және Serpens South жұлдызтүзілу аймақтарындағы H_2CO және $H_{110\alpha}$ радиоастрономиялық бақылауларының интерпретациясы

Бұл зерттеуде Aquila молекулалық бұлты бағытындағы формальдегид молекуласының (H_2CO) жұтылу спектрлік сызықтарын және $H_{110\alpha}$ рекомбинация сызығын радио астрономиялық бақылау нәтижелері ұсынылды. Мақалада Қытай ғылым академиясының Шыңжаң астрономиялық обсерваториясының 26-метрлік Nanshan радиотелескопында алынған Aquila Rift молекулалық кешенінің W40 және Serpens South H_2CO (I_{10-11}) және $H_{110\alpha}$ астрономиялық бақылаулары түсіндірілді. Радио карталарды салу үшін біз Aquila Rift аймағы үшін 6 см континуум және $^{12}CO(2-1)$ және $^{13}CO(2-1)$ молекулаларды бақылау арқылы алынған мұрағаттық деректерді де пайдаландық. Алынған бақылаушылық мәліметтер негізінде H_2CO жұтылу сызығы мен ^{13}CO ($J=1-0$) сәуле шығару сызығының оптикалық тереңдігі мен бағанның тығыздығы есептелінді, Aquila молекулалық бұлты бағытындағы H_2CO жұтылу сызығы мен $H_{110\alpha}$ рекомбинация сызығына сәйкес келетін контурлар салынған және H II иондалған сутегі аймағы бар интенсивтіліктің қарқындылық картасы құрылды; ^{13}CO ($1-0$) сәуле шығару қарқындылығының, 6 см радио континуумның таралуы, H_2CO жұтылудың интеграцияланған контурлары салынған инфрақызыл сәулеленулер карталары жасалынды; сызықтық ағындар мен шың бағандары тығыздығының тәуелділігі H_2CO мен ^{13}CO үшін тұрғызылды. Жұмыста H_2CO формальдегидтің жұтылуы кезінде контурлармен ерекшеленген Serpens South аймағы ғарыштық микротолқынды фоннан шығатыны көрсетілді. H_2CO жұтылу сызығы мен ^{13}CO сәуле шығару сызығының параметрлік мәндерінің арасында корреляция табылды. Интенсивтіліктің интеграцияланған карталары Aquila молекулалық бұлты бағытында H_2CO жұтылу сызығының канал жылдамдығының әртүрлі мәндері үшін құрылды. H_2CO мен ^{13}CO жылдамдықтары бір-біріне жақын мәндерге ие екендігі анықталды.

Жүргізілген зерттеуді талдау H_2CO формальдегид молекуласының жұтылу сызықтары және ^{13}CO шығарылу сызықтары Aquila молекулалық бұлтының Aquila Rift кешеніндегі бірдей аймақтардан пайда болады деген қорытындыға әкелді.

Түйін сөздер: молекулалық бұлттар, спектр, жұлдызтүзілу.

Введение

Одной из важнейших задач астрофизики является исследование областей и процессов образования звезд. Так как молекулярные облака межзвездной среды Галактики являются важнейшими структурами в областях звездообразования, то изучение их состава, внутреннего

строения, происхождения и эволюции позволит внести существенный вклад в решение данной проблемы.

Молекулярное облако – тип межзвездного облака, чья плотность и размер позволяют в нём образовываться молекулам и различным сложным соединениям. Молекулы же из-за сложной их структуры имеют очень много

спектральных линий в радиодиапазоне. В ряде работ [1-3] показано, что молекулярные облака насыщены сложными молекулами: в спектре легко отождествляются линии воды, монооксида углерода и диоксида серы, а также органических соединений – формальдегида, метанола, диметилового эфира, синильной кислоты и их изотопных аналогов. В работе [1] было показано, что молекулы позднего типа (например, NH_3) имеют более высокое содержание в активных областях звездообразования. В настоящее время практически не были изучены свойства и динамика поведения формальдегида в молекулярных облаках, поэтому представляет интерес изучение таких сложных органических соединений.

Молекула формальдегида H_2CO наблюдается при поглощении в фоновом континууме, и это дает различные ограничения для миллиметровых и субмиллиметровых спектральных линий, которые видны как перед областью ионизированного водорода H II , так и за ней. H_2CO можно рассматривать как показатель физических условий для переднего плана облака. Распределение формальдегида H_2CO в Галактике исследовано в работе [4]. Линии поглощения H_2CO на частоте 4,830 ГГц и рекомбинационные линии $\text{H}_{110\alpha}$ на частоте 4,874 ГГц для 262 Галактических радиисточника были изучены в [5]. Эти исследования подтверждают, что распределение H_2CO связано с большинством регионов ионизированного водорода H II . В работе [6] установлено, что распределение молекулы формальдегида H_2CO аналогично распределению молекул ^{12}CO и ^{13}CO . Корреляция между распределениями молекул ^{13}CO и молекул формальдегида H_2CO выше, чем между распределениями молекулами ^{12}CO и H_2CO . Это говорит о том, что данные молекулы ^{13}CO и H_2CO присутствуют в типичных областях.

Данная работа посвящена изучению молекулярного облака Aquila путем анализа радиоастрономических наблюдений спектральных линий формальдегида (H_2CO) и рекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$. Основная цель исследования – на основе анализа полученных собственных радиоспектров, построенных радиокарт и изучения физических свойств молекулы формальдегида H_2CO обнаружение областей звездообразования с последующим определением стадий их эволюции.

Молекулярное облако Aquila (Aquila Molecular Cloud – AMC) или комплекс Aquila Rift, как показывают наблюдения CO и H_1 [7,8]

расположен вдоль галактической плоскости и простирается от 20° до 40° по долготе и от -1° до 10° по широте. В западной части Aquila Rift находится несколько активных областей звездообразования: Serpens Main, Serpens South, W40 и MWC297. Нас интересует часть комплекса Aquila Rift, в котором находятся две известные области звездообразования: западный Serpens South, который представляет собой молодой встроенный кластер [9], и восточный W40, представляющий собой кластер, связанный с регионом ионизированного водорода H II [9]. Расстояние до региона W40 оценивается в 300-900 Пк и пока точно не определено [10]. В работе [11] для региона Serpens South было использовано расстояние равное 260 Пк. Наблюдения космическим телескопом Spitzer в инфракрасном диапазоне показывают, что кластеры W40 и Serpens South расположены рядом так, что кажется, что Serpens South является частью региона W40 [12]. Авторы работы [12] предположили, что Serpens South может быть частью Serpens, так как он имеет одинаковую скорость (6 км/с). В работе [13] показано, что кластер Serpens South имеет скорость в диапазоне от 4,5 до 6,5 км/с, что является примерно таким же, как и у Serpens. Анализируя наблюдения линий рекомбинации C II и CO авторы [13] предположили, что он может быть частью молекулярного облака, связанного с W40. Позднее, представленные в работе [14], результаты наблюдений молекулы N_2H^+ за всем регионом W40/Serpens South показали аналогичные скорости по всему региону с разницей по скорости приблизительно в 2 км/с. Следовательно, можно считать, что область W40 является единым комплексом на том же расстоянии, что и Serpens. Широкомасштабные наблюдения излучения ^{12}CO (2–1) и ^{13}CO (2–1) в сторону Aquila Rift и Serpens, представленные в работе [15], показывают два пространственно удлиненных компонента Serpens South и W40 с различными скоростями. Это говорит о том, что дуги и крупномасштабные расширяющиеся оболочки и/или истечения влияют на скорость и играют роль в формировании и эволюции регионов Serpens South и W40 [16].

Наблюдения и архивные данные по комплексу Aquila Rift

Линия поглощения формальдегида H_2CO (l_{10-11}) ($\lambda=6$ см, $\nu_0 = 4829.6594$ МГц) и радиорекомбинационная линия $\text{H}_{110\alpha}$ ($\nu_0 = 4874,1570$ МГц) наблюдалась в молекулярном облаке Aquila в те-

чение февраля 2015 года на 26-м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской академии наук. Телескоп расположен на станции Нань-Шань ($\text{E}87^{\circ}10'40''$, $\text{N}4^{\circ}28'22''$). На длине волны H_2CO радиотелескоп имеет ширину диаграммы направленности антенны по уровню половинной мощности – $10'$. Наблюдения проводились при помощи модернизированной программы наблюдений On-The-Fly со средним временем интегрирования в одну минуту для каждой позиции. Центральное положение модели наблюдения составляло $18^{\text{h}}30^{\text{m}}03^{\text{s}} - 2^{\circ}02'40''$ (J2000). При проведении наблюдений использовался 6-сантиметровый приемник с двойной поляризацией, имеющий низкий уровень шума и температуру системы около 23 К. Для того, чтобы свести к минимуму возможные потери информации при регистрации радиоизлучения и повысить качество ее обработки использовался банк цифровых фильтров с 8192 каналами и пропускной способностью на 64 МГц, соответствующий скоростному разрешению 0,48 км/с на уровне частоты 4.852 ГГц. Наблюдаемый масштаб для одного источника не более 1,8 градусов. Размер наблюдаемого молекулярного облака Aquila составил $100' \times 100'$. Отношение сигнал/шум всех обнаруженных точек было лучше, чем 3. Поскольку молекулярный сигнал формальдегида слабый, требовалось длительное время интеграции около 12 минут, что дало хорошее отношение сигнал/шум. Для одновременного наблюдения линии поглощения формальдегида H_2CO и радиорекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ была установлена центральная частота спектрометра на частоте 4851,9102 МГц. Чувствительность системы (DPFU, градус на

единицу потока) составляла 0,116 К/Ян, а светочувствительность основного луча на этой длине волны – 65% [17].

В исследовании были использованы архивные данные, полученные при наблюдениях молекул $^{12}\text{CO}(2-1)$ и $^{13}\text{CO}(2-1)$ с помощью миллиметрового телескопа диаметром 13.7 м в Purple Mountain Observatory (PMO) в апреле и мае 2011 года [18]. Разрешение по скорости для них составляло 0,17 км/с и системная температура этих наблюдений в режиме «On-The-Fly» варьировалась от 250 до 310 К. Сигма уровень шума для данных $^{13}\text{CO}(1-0)$ и $^{12}\text{CO}(1-0)$ составил 0.056 К и 0.122 К, соответственно [19].

Данные 6 см континуума для региона Aquila Rift были получены из китайско-немецкой поляризованной съемки с использованием 25-метрового телескопа Urumqi (National Astronomical Observatories, CAS) [20]. Центральная частота данных была 4.8 ГГц, а полоса пропускания наблюдения была 600 МГц. Разрешение данных составляло $9'.5$, а системная температура была около 22 К в зените.

Интерпретация наблюдений и анализ результатов исследований

Для обработки данных H_2CO и $\text{H}_{110\alpha}$ нами были использованы программные пакеты CLASS и GREG (пакет GILDAS). Данные по $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ были адаптированы к $10'$ сетке наблюдения H_2CO .

Интегрированные карты интенсивности H_2CO и $\text{H}_{110\alpha}$ в направлении молекулярного облака Aquila показаны на рисунке 1. На данном рисунке цветные полосы даны в единицах $\text{K} \square \text{km/s}$.

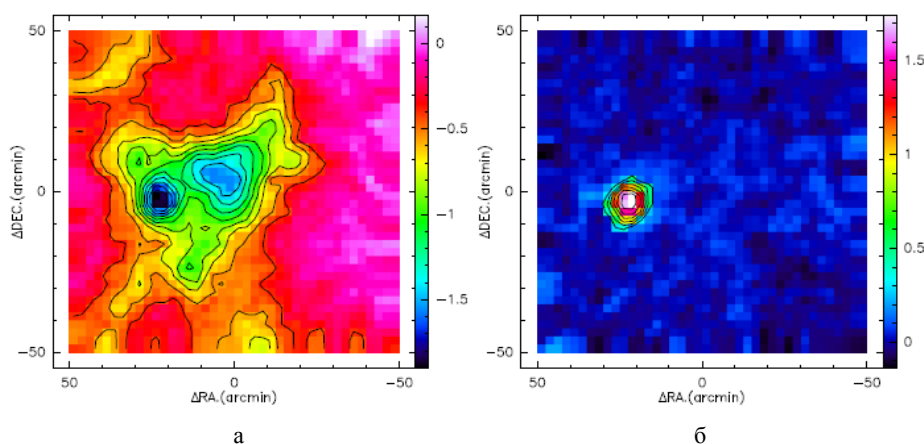


Рисунок 1 – Интегрированные карты интенсивности с областью ионизированного водорода H II с наложением контуров поглощения H_2CO (а) и контуров излучения $\text{H}_{110\alpha}$ (б) в направлении молекулярного облака Aquila: а) уровни контура от -0,4 до -1,8 с шагом -0,15 $\text{K} \square \text{km/s}$; б) уровни контура от 0,3 до 1,8 с шагом 0,25 $\text{K} \square \text{km/s}$

На рисунке 1,а мы видим, что на интегрированной карте интенсивности Н II с наложенными контурами линии поглощения H_2CO наблюдаются два ядра, которые соответствуют области W40 и Serpens South. На интегрированной карте интенсивности область Н II с наложенными контурами линии излучения $H_{110\alpha}$ (рисунок 1,б) мы видим только линии, которые указывают на область W40. Карты интенсивности излучения ^{13}CO ($J=1-0$), распределения 6 см радио-континуума и инфракрасного излучения (по данным каталогов IRAS [21] и WISE [22]) в направлении молекулярного облака Aquila, наложенные на интегрированные контуры поглощения H_2CO представлены на рисунке 2. Здесь видно, что кроме ядра, представленного контурами H_2CO , ядер, соответствующих области Serpens South, не наблюдается. В то время как для области W40, мы видим четко выраженное ядро на каждой из интегрированных карт рисунка 2.

уума и инфракрасного излучения (по данным каталогов IRAS [21] и WISE [22]) в направлении молекулярного облака Aquila, наложенные на интегрированные контуры поглощения H_2CO представлены на рисунке 2. Здесь видно, что кроме ядра, представленного контурами H_2CO , ядер, соответствующих области Serpens South, не наблюдается. В то время как для области W40, мы видим четко выраженное ядро на каждой из интегрированных карт рисунка 2.

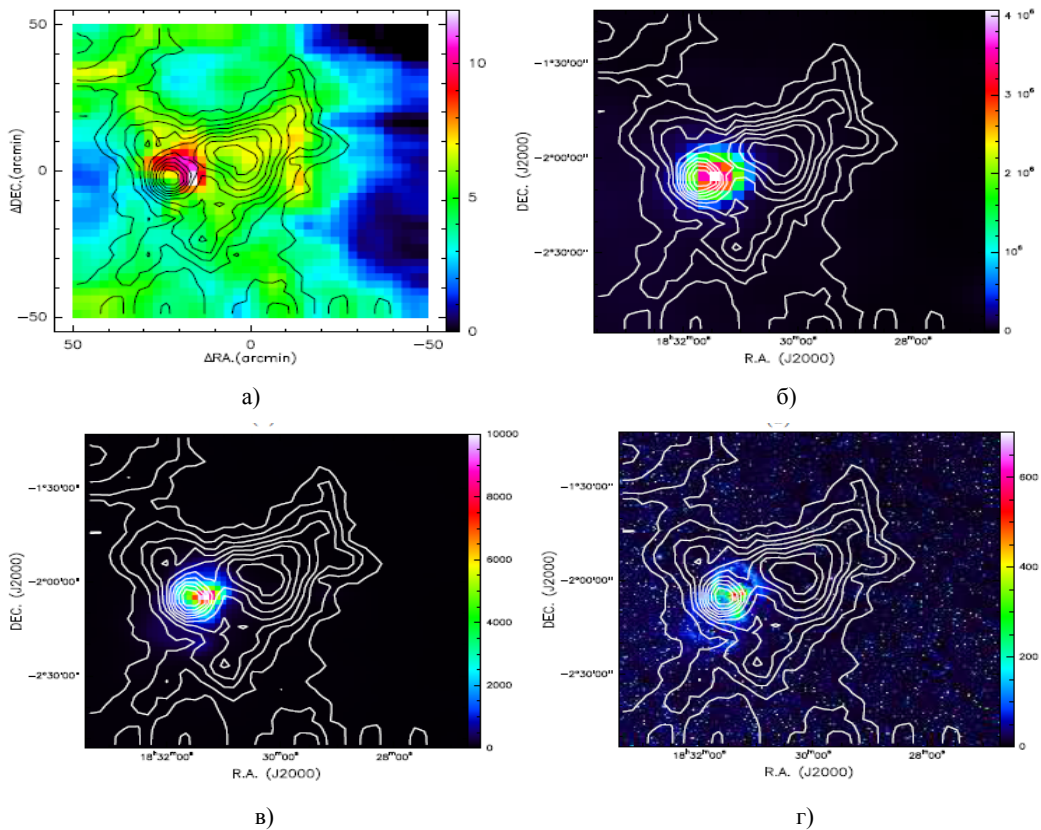


Рисунок 2 – Интегрированные карты интенсивности с контурами линии поглощения H_2CO в направлении молекулярного облака Aquila: а) излучения ^{13}CO ($J=1-0$); б) распределения 6 см радио-континуума; в) инфракрасного излучения на длине волны 60 мкм (IRAS); г) инфракрасного излучения на длине волны 3,4 мкм (WISE). Уровни контура H_2CO уровни контура от -0,4 до -1,8 с шагом -0,15 $K \square km/s$. Цвет представлен в единицах: а) К; б) мК; в) МЯн/стер; г) МЯн/стер

Как видно, из представленных карт для молекулярного облака Aquila (рисунки 1, 2), две области звездообразования W40 и Serpens South наблюдаются только на интегрированной карте областью ионизированного водорода Н II с наложенными контурами линии поглощения H_2CO . Во всех остальных случаях область Serpens South не обнаруживается. Таким образом, мы можем считать, что ядро, выделенное конту-

рами молекулы формальдегида H_2CO , соответствующее региону Serpens South, происходит от космического микроволнового фона.

Карты интенсивности H_2CO при различных скоростях канала, показывающие распределение молекулярного облака, представлены на рисунке 3 со скоростным интервалом 1 км/с. На рисунке цветовая полоса дана в единицах $K \square km/s$. Скорости линий на интегрированных

картах интенсивности H_2CO и ^{13}CO ($J=1-0$) варьируются от 3 до 11 км/с. Градиент скорости составляет несколько км/с для H_2CO (рисунок 3) и ^{13}CO сквозь облако. Как видно из рисунка 3, большая часть региона Serpens South имеет скорость 6 км/с, в то время как большая часть

региона W40 имеет скорость 7 км/с. В панели со скоростью 5 км/с на востоке-западе и на северо-западе наблюдается линейная структура. Аналогично, в панели со скоростью в 8 км/с, можно выделить северо-юго-восточную структуру, проходящую через регион W40.

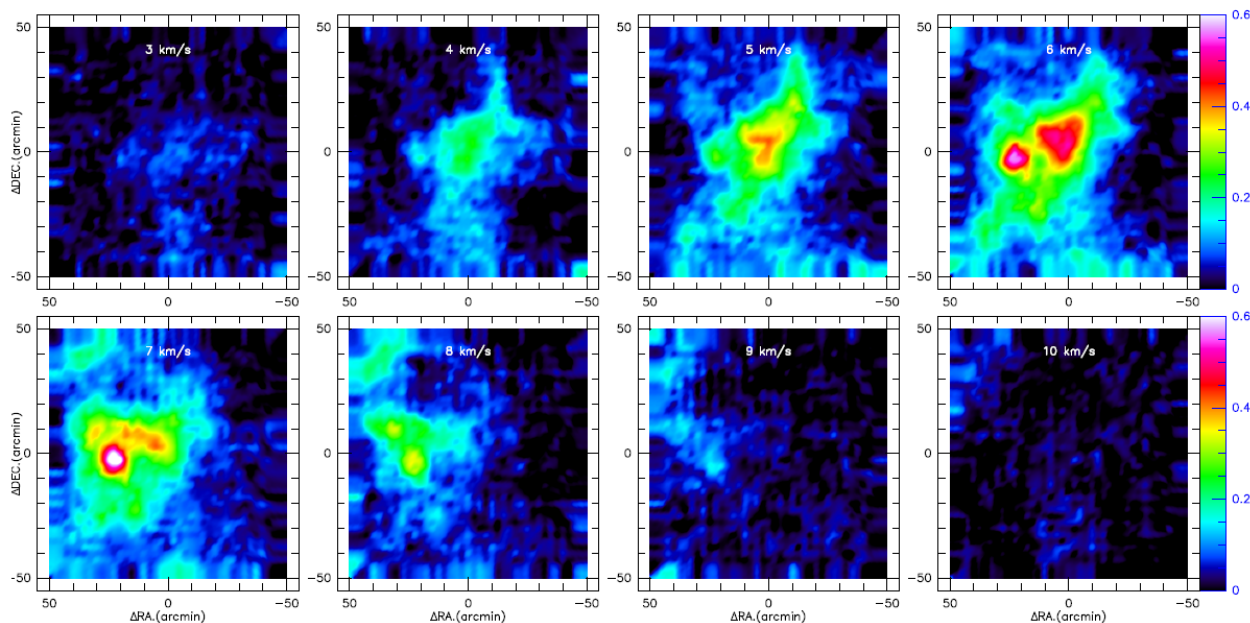


Рисунок 3 – Скорость канала линии H_2CO в направлении молекулярного облака Aquila

На рисунке 4,а представлена гистограмма, показывающая разницу скоростей в совпадающих точках объекта между H_2CO и $\text{H}_{110\alpha}$. Мы видим, что для региона Н II вокруг W40 большинство скоростей линии $\text{H}_{110\alpha}$ меньше, чем скорости H_2CO . По наблюдениям [23, 24] составляющая скорости 3 км/с может быть не связана с регионом W40.

Однако, построив для области W40 зависимость интенсивности линии поглощения молекулы формальдегида H_2CO от скорости радиорекombинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ мы обнаружили их линейную зависимость (рисунок 4,б), которую, в свою очередь, можно объяснить гипотезой, представленной в работе [25]. Согласно гипотезе предположим, что в центре сзади есть действующий источник (кластер WR/OB), и это приводит в движение дугу ионизации в направлении на нас, и когда позиция от центра увеличивается, угол между направлением движения дуги и луча зрения становится больше. Проекция скорости вдоль луча зрения будет уменьшаться.

На рисунке 5 представлены диаграммы положение-скорость для H_2CO и ^{13}CO в направлении молекулярного облака Aquila. Здесь мы можем видеть медленное изменение в диаграмме положение-скорость для H_2CO и градиент скорости для обеих диаграмм в несколько км/с. Скорости вокруг Serpens South ниже, чем скорости вокруг W40.

Далее нами были рассчитаны оптическая глубина и плотность столбца для H_2CO и ^{13}CO . Затем построены диаграммы, которые показывают наличие корреляции между линейными потоками, положением и пиковыми плотностями столбцов H_2CO и ^{13}CO (рисунки 6, 7,а). Гистограмма разности скоростей центров линий поглощения H_2CO и излучения ^{13}CO (рисунок 7,б) также показывает, что скорости H_2CO и ^{13}CO близки друг к другу. Таким образом, мы можем предполагать, что линии поглощения молекулы формальдегида H_2CO и линии излучения ^{13}CO происходят из того же региона облака.

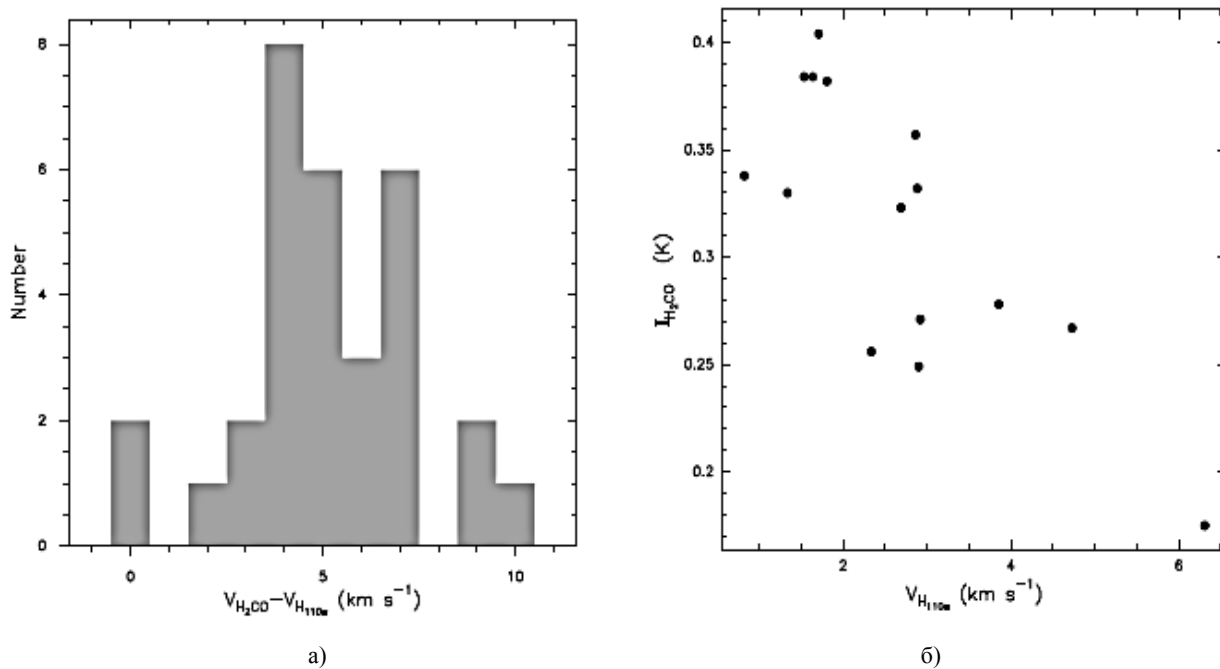


Рисунок 4 – а) Гистограмма разности скоростей центров линий между H_2CO и $\text{H}_{110\alpha}$,
 б) Зависимость интенсивности H_2CO от скорости рекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$.
 Коэффициент корреляции $-0,760561$

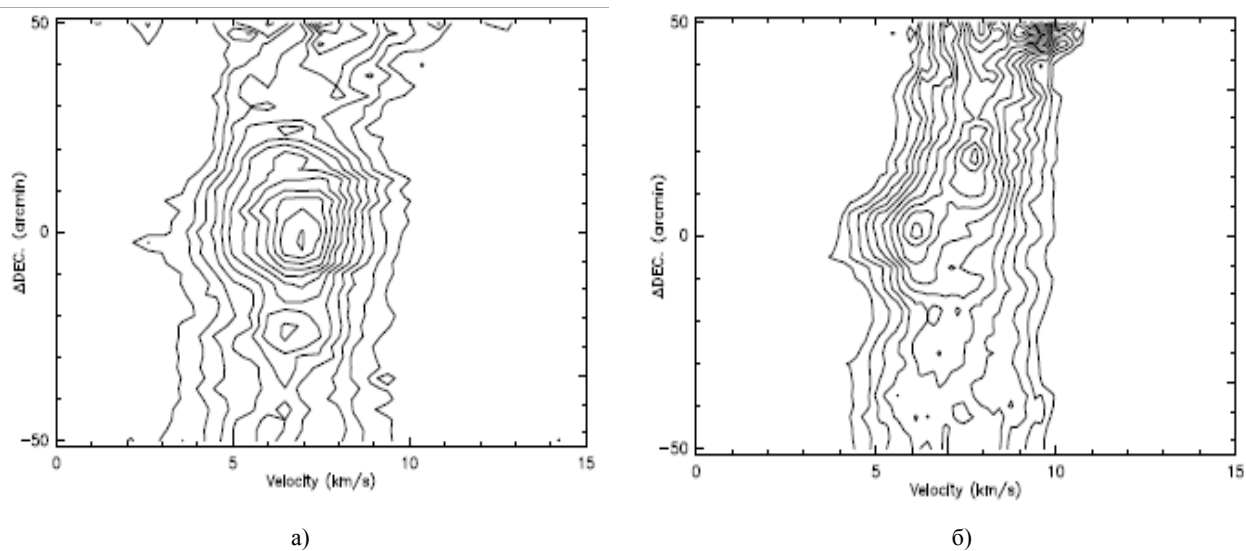


Рисунок 5 – Диаграммы положение-скорость для H_2CO (а) и ^{13}CO (б) в направлении молекулярного облака Aquila:
 а) уровни контура составляют от 0 до 0,1 с шагом 0,01 К; б) уровни контура составляют от 0,3 до 2 с шагом 0,15 К

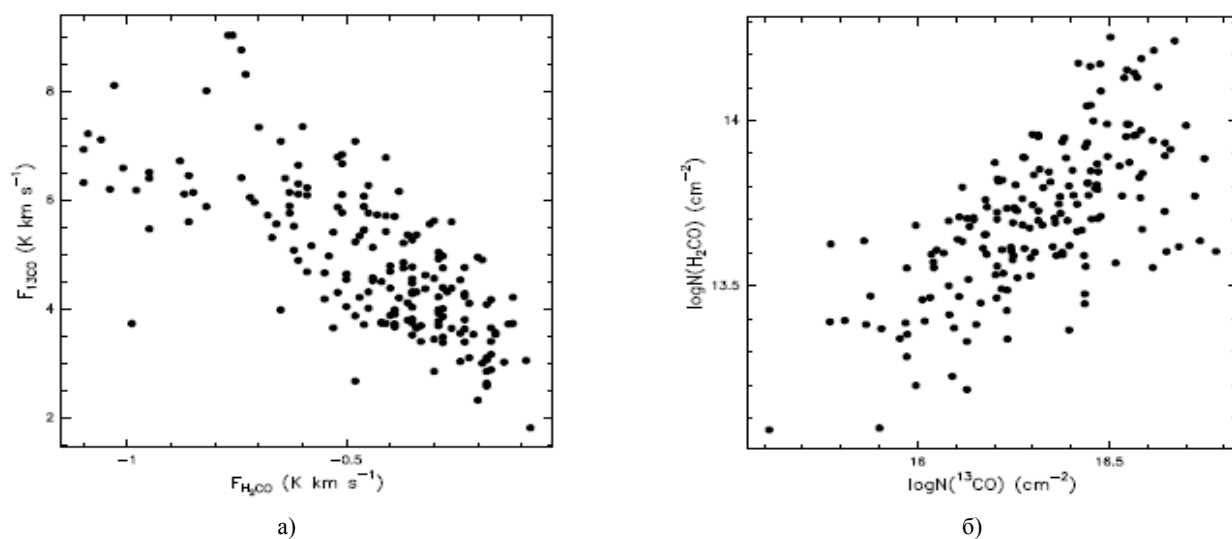


Рисунок 6 – Зависимости линейных потоков H_2CO и ^{13}CO (а) и пиковой плотности столбцов H_2CO от плотности столбцов ^{13}CO (б)

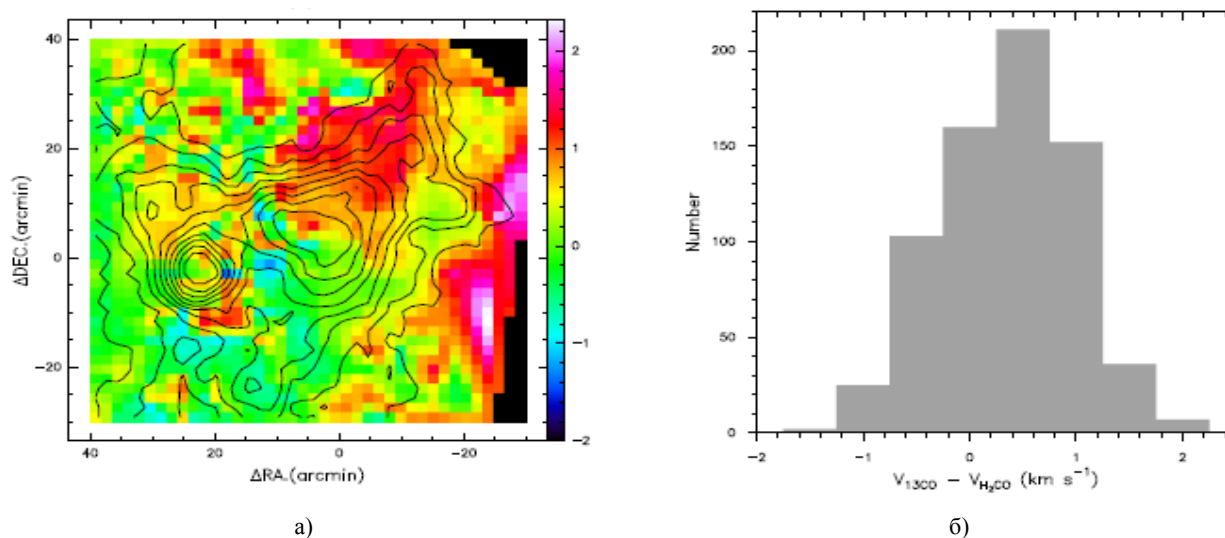


Рисунок 7 – Распределение скорости центра линии в значениях ^{13}CO и H_2CO (а) и гистограмма разности скоростей центров линий между ^{13}CO и H_2CO .
(а) Цветные полосы даны в единицах км/с.

Заключение

Нами впервые проведен анализ радиоастрономических наблюдений молекулы формальдегида H_2CO и рекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ на южных районах W40 и Serpens South молекулярного облака Aquila, которые были получены на 26-м радиотелескопе Нань-Шань Синьцзянской астрономической обсерватории Китайской академии наук.

В работе для комплекса Aquila Rift молекулярного облака Aquila построены карты интенсивности с областью ионизированного водорода H II и наложением контуров H_2CO и $\text{H}_{110\alpha}$; карты излучения ^{13}CO ($J = 1-0$), распределения 6 см радио-континуума и инфракрасного излучения на длинах волн 60 мкм и на 3,4 мкм, наложенные на интегрированные контуры поглощения H_2CO . Показано, что только на интегрированной карте интенсивности H II с наложенными конту-

рами линии поглощения H_2CO наблюдаются две области звездообразования W40 и Serpens South, в то время как во всех остальных построенных картах область звездообразования Serpens South не обнаруживается. Это говорит о том, что ядро, выделенное контурами молекулы формальдегида H_2CO , соответствующее региону Serpens South, происходит от космического микроволнового фона.

Выявлено, что ширина линии поглощения H_2CO , происходящего от космического микроволнового фона, больше, чем ширина линии H_2CO из региона H II. Оптическая глубина и плотность столбца H_2CO от микроволнового фона также немного толще и плотнее, чем для региона ионизированного водорода H II.

Было обнаружено, что для области звездообразования W40 зависимость интенсивности линии поглощения H_2CO от скорости радиорекомбинационной линии $\text{H}_{110\alpha}$ представляет линейную зависимость. Определены оптическая глубина и плотность столбца для H_2CO и ^{13}CO ($J=1-0$). Зависимости линейных потоков и пиковых плотностей столбцов H_2CO и ^{13}CO показали наличие корреляции. Выявлено, что скорости H_2CO и ^{13}CO имеют близкие друг к другу значения. Таким образом, мы можем предполагать, что линии поглощения молекулы формальдегида H_2CO и линии излучения ^{13}CO происходят из одного и того же региона в комплексе Aquila Rift молекулярного облака Aquila.

Литература

- 1 Suzuki H., Yamamoto S., Ohishi M. A survey of CCS, NC5N and NH₃ toward dark cloud cores and the IR production chemistry// *The Astrophysical Journal*. – 1992. – Vol.392. – P.551-570.
- 2 Tang X.D., Henkel C. Kinetic temperature of massive star-forming molecular clumps measured with formaldehyde// *Astronomy & Astrophysics*. – 2018. – Vol.611. – P.17.
- 3 Li Q., Zhou J., Esimbek L. High-mass Outflows Identified from COHRS CO (3–2) Survey// *The Astrophysical Journal*. – 2018. – Vol.867. – P.10.
- 4 Davies R. D., Few R. W. The Large-Scale Characteristics of the Galaxy// *IAU Symp.* – 1979. – Vol.84. – P.81.
- 5 Downes D., Wilson T. L., Bieging J., Wink J. H110 alpha and H₂CO survey of galactic radio sources // *Astronomy and Astrophysics*. – 1980. – Vol. 40. – P. 379-394.
- 6 Tang X. D., Esimbek J., Zhou J. J. The relation of H₂CO, 12CO, and 13CO in molecular clouds// *Astron. Astrophys.* – 2013. – Vol. 551. – P. A28
- 7 Dame T. M., Hartmann D., Thaddeus P. The Milky Way in Molecular Clouds: A New Complete CO Survey// *The Astrophysical Journal*. – 2001. – Vol. 547. – P.792.
- 8 Prato L., Rice E. L., Dame T. M. Where are all the Young Stars in Aquila? // *Handbook of Star Forming Regions*. – 2008. – Vol. 4. – P.18.
- 9 Bontemps S., Andr' e P., Könyves V. The Herschel first look at protostars in the Aquila rift // *Astron.Astrophys.* – 2010. – Vol. 518. – P. L85
- 10 Rodney S.A., Reipurth B. The W40 Cloud Complex// *Handbook of Star Forming Regions*. – 2008. – Vol. 5. – P.683.
- 11 Eiroa C., Djupvik A. A., Casali M. The Serpens Molecular Cloud // *Handbook of Star Forming Regions*. – 2008. – Vol. 5. – P.693.
- 12 Gutermuth R.A., Bourke T.L., Allen L.E. The Spitzer Gould belt survey of large nearby interstellar clouds// *The Astrophysical Journal*. – 2008. – Vol. 673. – P. L151–L154.
- 13 Zeilik M., Lada C. J. Near-infrared and CO observations of W40 and W48 // *The Astrophysical Journal*. – 1978. – Vol. 222. – P. 896–901.
- 14 Maury A. J., Andr' e P., Men'shchikov A., Könyves V., Bontemps S. The formation of active protoclusters in the Aquila rift: a millimeter continuum view // *Astronomy & Astrophysics*. – 2011. – Vol. 535. – P. 77.
- 15 Nakamura F., Sugitani K., Tanaka T. Cluster Formation Triggered by Filament Collisions in Serpens South // *The Astrophysical Journal Letters*. – 2014. – Vol. 791. – P. L23.
- 16 Nakamura F., Dobashi K., Shimoikura T., Tanaka T., Onishi T. Wide-field 12CO ($J=2-1$) and 13CO ($J=2-1$) Observations toward the Aquila Rift and Serpens Molecular Cloud Complexes. I. Molecular Clouds and Their Physical Properties// *The Astrophysical Journal*. – 2017. – Vol. 837. – P. 154.
- 17 Komesh T. H₂CO and H110 α Observations toward the Aquila Molecular Cloud // *The Astrophysical Journal*. – 2019. – Vol. 874(2). – P. 1-10.
- 18 <http://www.radioast.nsd.c.cn>
- 19 Ortiz-León G. N., Dzib S. A., Kounkel M. A. The Gould's belt distances survey (Gobelins) // *The Astrophysical Journal*. – 2017. – Vol. 834. – P. 143.
- 20 Sun X. H., Reich W., Han J. L. A Sino-German $\lambda 6$ cm polarization survey of the Galactic plane III. The region from 10° to 60° longitude // *A&A*. – 2011. – Vol. 527. – P. A74.
- 21 <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/II/125>

- 22 <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=II/328>
 23 Shimoikura T., Dobashi K., Nakamura F. Dense Clumps and Candidates for Molecular Outflows in W40// The Astrophysical Journal. – 2015. –Vol. 806. – P. 201.
 24 Shimoikura T., Dobashi K., Nakamura F., Shimajiri Y., Sugitani K. Cluster formation in the W 40 and Serpens South complex triggered by the expanding H II region// PASJ.– 2018. –Vol. 115. – P. 131.
 25 Wu G., Esimbek J., Zhou J.-J., Han X.-H. H2CO and H110 α survey toward UCHII regions// Research in Astronomy and Astrophysics.– 2011. –Vol. 11. – P. 63.

References

- 1 H. Suzuki, S. Yamamoto and M. Ohishi. The Astrophysical Journal 392, 551-570 (1992).
- 2 X. D. Tang and C. Henkel. Astronomy & Astrophysics 611, 17 (2018).
- 3 Q. Li, J. Zhou and L. Esimbek. The Astrophysical Journal 867, 10 (2018).
- 4 R. D. Davies and R. W. Few. IAU Symp. 84, 81 (1979).
- 5 D. Downes, T. L. Wilson, J. Bieging and J. Wink. Astronomy and Astrophysics 40, 379-394 (1980).
- 6 X. D. Tang, J. Esimbek and J. J. Zhou. Astron. Astrophys. 551, A28 (2013).
- 7 T. M. Dame, D. Hartmann and P. Thaddeus. The Astrophysical Journal 547, 792 (2001).
- 8 L. Prato, E. L. Rice and T. M. Dame. Handbook of Star Forming Regions I 4, 18 (2008).
- 9 S. Bontemps, P. Andr' e and V. Könyves. Astron.Astrophys. 518, L85 (2010).
- 10 S.A. Rodney and B. Reipurth. Handbook of Star Forming Regions 5, 683 (2008).
- 11 C. Eiroa, A.A. Djupvik and M. Casali. Handbook of Star Forming Regions 5, 693 (2008).
- 12 R.A. Gutermuth, T.L. Bourke and L. E. Allen. The Astrophysical Journal 673, L151–L154 (2008).
- 13 M. Zeilik and C.J. Lada. The Astrophysical Journal 222, 896–901 (1978).
- 14 J. Maury, P. Andr' e, A. Men'shchikov, V. Könyves and S. Bontemps. Astronomy & Astrophysics 535, 77 (2011).
- 15 F. Nakamura, K. Sugitani and T. Tanaka. The Astrophysical Journal Letters 791, L23 (2014).
- 16 F. Nakamura, K. Dobashi, T. Shimoikura, T. Tanaka and T. Onishi. The Astrophysical Journal 837, 154 (2017).
- 17 T. Komesch. The Astrophysical Journal 874(2), 1-10 (2019).
- 18 <http://www.radioast.nsd.c.cn>
- 19 G.N. Ortiz-León, S.A. Dzib and M.A. Kounkel. The Astrophysical Journal 834, 143 (2017).
- 20 X. H. Sun, W. Reich and J. L. Han. A&A. 527, A74 (2011).
- 21 <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/II/125>
- 22 <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=II/328>
- 23 T. Shimoikura, K. Dobashi and F. Nakamura. Astrophys. J. 806, 201 (2015).
- 24 T. Shimoikura, K. Dobashi, F. Nakamura, Y. Shimajiri and K. Sugitani. PASJ 115, 131 (2018).
- 25 G. Wu, J. Esimbek, J.-J. Zhou and X.-H. Han. Research in Astronomy and Astrophysics 11, 63 (2011).