

## Краткая информация о проекте

Наименование	AP13067768 «Радиоастрономические исследования горячих ядер в молекулярных облаках и изучение областей звездообразования массивных звезд» (0122РК00201)
Актуальность	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 (НИ) на самых ранних стадиях развития. В проекте будут проведены радиоастрономические исследования нескольких молодых звездных объектов с большой массой (МЗОБМ), связанных с гиперкомпактными областями (ГО) НИ с помощью комплекса радиотелескопов ALMA (Atacama Large Millimeter Array).
Цель	Используя собственные радиоастрономические наблюдения МЗОБМ G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01 на длинах волн молекул SO <sub>2</sub> и CH <sub>3</sub> CN составить карты интегральной антенной температуры и скорости, изучить их кинематику и динамику, определить степень распространения вращающихся горячих молекулярных ядер вокруг гиперкомпактных областей НИ.
Задачи	<p>1. Теоретические исследования МЗОБМ, связанных с регионами ГО НИ.  Реализация задачи позволит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- провести обзор современных исследований МЗОБМ, связанных с ГО НИ, расположенных в нашей Галактике;</li> <li>- разработать алгоритм исследования МЗОБМ.</li> </ul> <p>2. Радиоастрономические наблюдения с помощью комплекса радиотелескопов ALMA.  Реализация задачи позволит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построить карты интегральной антенной температуры и скорости вращающихся горячих ядер G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01 вокруг ГО НИ.</li> <li>- получить новые наблюдения высокого разрешения на длинах волн SO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>CN;</li> <li>- усовершенствовать методику проведения наблюдений молекулярных облаков;</li> </ul> <p>3. Обработка и анализ полученных наблюдательных данных.  Реализация задачи позволит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить линии излучения и/или поглощения в спектрах горячих ядер G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01;</li> <li>- проанализировать карты моментов и провести динамический анализ горячих ядер G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01 на длинах волн SO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>CN;</li> <li>- рассчитать внутренние температуры горячих ядер G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01.</li> </ul>

	<p>По завершении задачи будут разработаны программные коды для обработки данных, методология анализа и сравнения результатов исследований молекулярных облаков и ядер в радиодиапазоне.</p>
<p>Ожидаемые и достигнутые результаты</p>	<p><u>Ожидаемые результаты:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Будет разработан алгоритм исследования МЗОБМ;</li> <li>- будут построены карты интегральной антенной температуры и скорости вращающихся горячих ядер G333.02, G337.40, G310.14AB и G345.01 вокруг гиперкомпактных областей НП;</li> <li>- будут получены новые наблюдения высокого разрешения на длинах волн SO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>CN;</li> <li>- будет усовершенствована методика проведения наблюдений молекулярных облаков;</li> <li>- будут изучены линии излучения и/или поглощения в спектрах исследуемых объектов;</li> <li>- будут проанализированы карты моментов и проведен динамический анализ объектов на длинах волн SO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>CN;</li> <li>- будут рассчитаны внутренние температуры исследуемых вращающихся горячих ядер;</li> <li>- будут разработаны программные коды для обработки данных, методология анализа и сравнения результатов исследований молекулярных облаков и ядер в радиодиапазоне.</li> </ul> <p><u>Достигнутые научные результаты.</u></p> <p>Литературный обзор по исследованиям молекулярных облаков межзвездной среды Галактики показал, что многие гигантские молекулярные облака связаны с тепловыми радиоисточниками – зонами НП вокруг молодых массивных звезд классов OВ и со звездными ассоциациями. Как популяция молодых объектов, живущих не более 10<sup>8</sup> лет, гигантские молекулярные облака концентрируются к плоскости Галактики. Принятый в настоящее время эволюционный путь звезд с большой массой начинается внутри плотных и массивных молекулярных ядер, где массивные молодые звездные объекты накапливаются со скоростью от 10<sup>-5</sup> до 10<sup>-3</sup> масс Солнца в год. Молодые звезды очень быстро заканчивают свое сжатие Кельвина-Гельмгольца (К-Н) и достигают главной последовательности. В этот момент звезда производит большое количество экстремальных ультрафиолетовых фотонов, которые ионизируют окружающую среду. Недавно образовавшаяся ионизированная область предположительно эволюционирует из гиперкомпактной области НП в более развитую ультракомпактную стадию. Стадия ГО является первой стадией развития ионизированной области, характеризуемой наблюдательно размерами ≤0.03 пк, плотностями n<sub>e</sub>&gt;10<sup>6</sup> см<sup>-3</sup>, показателями выбросов EM&gt;10<sup>8</sup> пк/см<sup>6</sup> и шириной линий рекомбинации водорода ≈ 50 км/с. В конце концов, поток аккреции прекратится, и излучение экстремальных ультрафиолетовых фотонов и ветры от недавно образовавшейся звезды рассеют остальной материал оболочки, оставив звезду типа O в окружении классической области НП.</p> <p>Анализ современных исследований показал, что для звезд типа O можно ожидать, что 50 % доля или более конечной звездной массы будет увеличена после сжатия К-Н и начала ионизирующего излучения. В соответствии с этим гиперкомпактные области НП обычно ассоциируются с очень высокой плотностью столба (NH<sub>2</sub>&gt;10<sup>23</sup> см<sup>-2</sup>) и высокой частотой (&gt;70 %), обнаруженных падающих движений</p>

в направлении окружающего молекулярного газа. В связи с этим, далее в проекте, для лучшего понимания сбора материала звезд большой массы, будут изучены связанные с ними ионизированные области на самых ранних стадиях их развития.

В ходе исследования были использованы собственные радиоастрономические наблюдения на комплексе радиотелескопов ALMA нескольких горячих ядер, связанных с областью гиперкомпактных областей III. Для определения характеристик молекулярного газа было использовано предположение о локальном термодинамическом равновесии (ЛТР), поскольку сложные молекулы образуются и излучают в молекулярных облаках с высокой плотностью. Для анализа был использован метод вращательных диаграмм.

Исследуемые горячие ядра обнаруживаются по молекулярной эмиссии  $\text{SO}_2$  и  $\text{CH}_3\text{CN}$ . Эти две молекулы использовались для отслеживания градиента скорости, свидетельствующего о вращающемся горячем молекулярном ядре вокруг светящихся молодых массивных звезд в нескольких случаях, ранее описанных в литературе.

Основной целью исследования было определение, распространены ли вращающиеся горячие молекулярные ядра вокруг гиперкомпактных областей. Для этого мы нанесли на карту с помощью ALMA в полосе 6 (256,3-259,6 ГГц) излучение, возникающее от двух молекул,  $\text{SO}_2$  и  $\text{CH}_3\text{CN}$ , на четыре встроенных горячих ядер, связанных с областями III. Мы наблюдали переходы  $\text{SO}_2$  30(4,26)-30(3,27) и 32(4,28)-32(3,29) и переходы  $\text{CH}_3\text{CN}$  14-13. Выбранные переходы  $\text{SO}_2$  имеют температуру верхнего уровня 471 и 531 К соответственно, а переходы  $\text{CH}_3\text{CN}$  14-13 находятся в диапазоне от 92 до 670 К.

Радиоастрономические наблюдения горячих ядер на длинах волн молекул  $\text{CH}_3\text{CN}$  и  $\text{SO}_2$  позволили через построенные карты интегральной антенной температуры и определенные скорости вращающихся горячих ядер оценить температуры и плотности столба исследуемых молекулярных ядер.

Горячие молекулярные ядра **G345.0061+01.794** (RA (J2000): 16:56:47, DEC (J2000): -40:14:25) и **G337.4032-00.4037** (RA (J2000): 16:38:50, DEC (J2000): -47:28:02) наблюдались в полосе частот 256,3-259,6 ГГц. Были обработаны и откалиброваны радиоастрономические наблюдения по данным объектам, которые позволили построить карты интегральной антенной температуры и скоростей. Для ядра **G345.0061+01.794** анализ показал градиент скорости от северо-востока (NE) к юго-западу (SW) со средними скоростями, преимущественно смещенными в синюю сторону в направлении SW и смещенными в красную сторону в направлении NE источника, и пятно излучения со смещением в синюю сторону к пику момента нулевого порядка. Была оценена температура гиперкомпактной области вблизи G345.01, которая лежит в пределах от 136 К до 229 К.

Анализ карты интенсивности и распределения скорости вращающегося ядра **G337.4032-00.4037** показал, что для перехода  $\text{SO}_2$  30(4,26)-30(3,27) величина изменения потока излучения составляет ~3-4 Ян км/с, изменение скорости составляет от -41 км/с до -38 км/с, а при переходе 32(4,28)-32(3,29) величина изменения потока излучения

составляет  $\sim 2-3$  Ян км/с, изменение скорости - примерно от  $-40$  км/с до  $-37$  км/с.

Анализ спектра  $\text{CH}_3\text{CN}$  с центральной частотой  $257,32500$  ГГц в направлении ядра **G337.4032-00.4037** обнаруженного в континууме, показал 9 компонентов. Мы получили температуру и столбцовую плотность  $\text{CH}_3\text{CN}$  для каждого перехода. Предполагаемая область излучения составляет  $15''$ . Наши расчетные температуры вращения для  $\text{CH}_3\text{CN}$  ( $259$  К) аналогичны типичной температуре горячего ядра. Чтобы получить диаграмму вращения наблюдаемой молекулы, мы использовали LTE-моделирование с помощью GILDAS. Для подгонки LTE мы использовали размеры источника для молекулярного излучения, аналогичные размеру после деконволюции, который мы получили при подгонке по Гауссу.

Было получено распределение скоростей и проведен динамический анализ горячих ядер **G345.0061+01.794** и **G337.4032-00.4037**, связанных с гиперкомпактными областями III. Для того чтобы изучить физические и кинематические характеристики молекулярного окружения выбранных горячих ядер были проведены исследования молекулярных линий высокого возбуждения  $\text{CH}_3\text{CN}$  и  $\text{SO}_2$  и линии радиорекомбинации  $\text{H}29\alpha$  в направлении гиперкомпактных областей III в них. Для **G345.0061+01.794** излучение было обнаружено во всех наблюдаемых К компонентах молекулы  $\text{CH}_3\text{CN}$  ( $J=14\rightarrow 13$ ) и в линиях  $\text{SO}_2$   $30(4,26)-30(3,27)$  и  $32(4,28)-32(3,29)$ . Пик интегрированной по скорости молекулярной эмиссии расположен на расстоянии  $\approx 0,4''$  к северо-западу от пика непрерывной эмиссии. Изображения моментов первого порядка и карты каналов показывают градиент скорости  $1,1$  км/с/арксек поперек источника, со смещением скоростей в синюю область к западу и красным смещением к востоку, а также характерное пятно излучения с синим смещением в направлении пика момента нулевого порядка, наблюдаемое во всех наблюдаемых линиях. Были смоделированы кинематические характеристики объекта "центральное синее пятно", обусловленные падающими движениями, и используя модель Эсталеллы и др. (2019), была определена центральная масса ядра, равная  $126,0\pm 8,7M_{\odot}$ . По излучению в линиях цианида метила, используя стандартный анализ диаграммы вращения, мы пришли к выводу, что температура вращения снижается с  $230$  К в пиковом положении молекулярной структуры до  $137$  К на ее краю, что указывает на то, что наши молекулярные наблюдения исследуют горячее молекулярное ядро, которое находится в состоянии внутреннего возбуждения. Излучение в линии  $\text{H}29\alpha$  возникает из области размером  $0,65$  дюйма, пик которой совпадает с пиком пылевого континуума, имеет центральную скорость  $-18,1\pm 0,9$  км/с и ширину (FWHM)  $33,7\pm 2,3$  км/с. Наши наблюдения показывают, что эта гиперкомпактная область III окружена компактной структурой горячего молекулярного газа, который вращается и падает к центральной массе  $126,0\pm 8,7M_{\odot}$ , которая, скорее всего, ограничивает ионизированную область.

Для **G337.4032-00.4037** излучение было обнаружено во всех наблюдаемых К компонентах молекулы  $\text{CH}_3\text{CN}$  ( $J=14\rightarrow 13$ ) и в линиях  $\text{SO}_2$   $30(4,26)-30(3,27)$  и  $32(4,28)-32(3,29)$ . Также была использована линия рекомбинации водорода  $\text{H}29\alpha$ , и все данные были проанализированы для сравнения с континуумом. В процессе анализа

динамики молекулярного газа были определены движения направленные от центра ядра. Динамика молекулярного газа имеет кометный градиент. Из диаграммы «ориентация-скорость» было получено, что молекулярный газ имеет кеплеровское вращение. Был обнаружен градиент скорости с северо-востока на юго-запад в распределении тепловой яркости CH<sub>3</sub>CN. Обнаруженный градиент скорости вероятно, отражает отток вещества.

Были обработаны и откалиброваны собственные наблюдательные данные обсерватории ALMA по горячему ядру **G310.14AB** (RA(J2000)=12:35:35, DEC(J2000)=-63:02:31). Проведен анализ температуры и лучевой концентрации газа в нем. Изучены физические и кинематические характеристики молекулярного окружения горячего ядра путем исследования молекулярных линий высокого возбуждения CH<sub>3</sub>CN и SO<sub>2</sub> и линии радиорекомбинации H<sub>2</sub>9a в направлении гиперкомпактной области НП в нем. Излучение было обнаружено во всех наблюдаемых К компонентах молекулы CH<sub>3</sub>CN (J=14→13) и в линиях SO<sub>2</sub> 30(4,26)-30(3,27) и 32(4,28)-32(3,29). Объект **G310.14AB** делится на G310.1364-00.2249 А (ядро А) и G310.1364-00.2249 В (ядро В) и находится на расстоянии 9 угловых секунд друг от друга. Построены спектры и определены необходимые параметры для построения карты распределения газа. Из карты распределения газа были определены области с высокой плотностью столбцов, которые представляют собой области С1, С2. Интенсивность областей С1~(1.2 Jy/beam km/s) и С2~(1.1 Jy/beam km/s). Область поглощения молекулярного газа С0 имеет интенсивность ~(-3 Jy/beam km/s). Максимальное значение излучения континуума соответствует зоне поглощения.

Исследовано горячее ядро **G333.0162+00.7615**. Обработаны и откалиброваны радиоастрономические наблюдения по данному объекту, проведен анализ температуры горячего ядра и лучевой концентрации газа в нем. Источник G333.0162+00.7615 RMS был внесен в каталог Urquhart et al. как кандидат на молодой звездный объект большой массы (HMYSO). Чтобы определить, распространены ли горячие молекулярные ядра вокруг HMYSO, мы исследовали этот источник с помощью данных наблюдений ALMA в диапазоне 6 (256,3–259,6 ГГц), пылевого континуума и молекулярного линейчатого излучения, возникающего от двух молекул, SO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>CN (256,3–259,6 ГГц). Наши исследования показывают, что этот источник не является HMYSO, связанным с ГО НП. Вместо этого по карте распределения газа (момент 0) обнаружены два компактных молекулярных ядра (А и В), которые связаны с самыми ранними стадиями области звездообразования высокой массы. В излучении континуума наблюдается несколько особенностей, две из которых связаны с ядрами А и В, а их пиковые положения находятся в точках (RA, DEC) (J2000) = (16:15:18,44, -49:48:44,04) и (RA, DEC) (J2000) = (16:15:17,67; 49:48:49,13) соответственно. Интересно, что излучение континуума вблизи ядра А показывает три компактных источника, самый яркий из которых расположен на юге и не связан с молекулярным излучением. В этом ядре А наблюдались девять К-компонент этого вращательного перехода CH<sub>3</sub>CN. Был проведен анализ температуры ядра и лучевой концентрации газа.

Было изучено распределение скоростей и динамический анализ ядер **G310.14AB** и **G333.0162+00.7615**, также была произведена оценка температур данных вращающихся горячих ядер и лучевой концентрации газа в них. Физические параметры горячих молекулярных ядер определены путем исследования нескольких молекул: CH<sub>3</sub>CN ( $v=0, 14-13$ ), SO<sub>2</sub> ( $v=0, 30(4,26)-30(3,27)$ ), SO<sub>2</sub> ( $v=0, 32(4,28)-32(3,29)$ ). Исследование динамики молекулярного газа было проведено путем построения интегральных карт интенсивности излучения исследуемых молекул. А через вращательные переходы молекулы CH<sub>3</sub>CN и используя метод популяционной-диаграммы была определена температура вращения  $T_{\text{rot}}$  и плотность столбцов NCH<sub>3</sub>CN для каждого ядра.

Для горячего ядра **G333.0162+00.7615** исследование динамики молекулярного газа (CH<sub>3</sub>CN) проводилось через построение карты распределения скоростей (момент 1). Были обнаружены градиенты скорости внутри двух компактных молекулярных ядер (А и В): с северо-востока на юго-запад со средней скоростью  $\sim -48$  км/с в ядре А, а также градиенты скорости по исследованиям карты распределения скоростей (момент 1) для молекул SO<sub>2</sub> (30-30) демонстрируют те же особенности, что и CH<sub>3</sub>CN, что подтверждает, что эти ядра (А и В) вращаются. Для горячего ядра по вращательному переходу  $J=14 \rightarrow 13$  молекулы CH<sub>3</sub>CN рассчитаны вращательные температуры двух его компонентов - ядер А и В которые равны 277,6 К и 268,5 К, а плотности столбцов равны  $8,01 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$  и  $4,6 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$  соответственно.

В горячем ядре **G310.14AB** интегральные карты интенсивности излучения (момент 0, момент 1, момент 2) и карта каналов, построенные для молекул CH<sub>3</sub>CN ( $v=0, 14-13$ ), SO<sub>2</sub> ( $v=0, 30(4,26)-30(3,27)$ ), SO<sub>2</sub> ( $v=0, 32(4,28)-32(3,29)$ ) позволили определить динамику молекулярного газа для ядра А. В результате было установлено, что градиент скорости для молекулярного газа направлен с юго-востока на северо-запад для молекул CH<sub>3</sub>CN и SO<sub>2</sub>. Направление вращения соответствует позиционному углу  $\text{PA} \approx 120^\circ$ . В газовой структуре CH<sub>3</sub>CN градиент скорости определяется с юго-востока на северо-запад практически во всем объеме структуры. А в газовых структурах SO<sub>2</sub> ( $v=0, 30(4,26)-30(3,27)$ ) и SO<sub>2</sub> ( $v=0, 32(4,28)-32(3,29)$ ) градиент скорости определялся только в периферийных областях молекулярного газа. А на участках вблизи центра градиент скорости четко не выражен. Эти явления можно определить, сравнивая карты момента 1, момент 2 для упомянутых газов. Доказательства существования вращения ядра также наблюдались на карте каналов для CH<sub>3</sub>CN и SO<sub>2</sub>. Относительная скорость объекта равна  $V_{\text{rest}} = -39.60$  км/с. В молекулярных газах, скорость которых равна  $\sim -42,4$  км/с, газовая структура расположена в северо-западном направлении. Ядро А со скоростью  $\sim -37,8$  км/с расположено на юго-востоке. То есть расположение газовой структуры с обеих сторон при значениях больше и меньше скорости  $V_{\text{rest}}$  доказывает вращение ядра. В **G310.14AB** для региона высокой плотности столбца С1 ядра А построены популяционно-диаграммы молекулы CH<sub>3</sub>CN, определена плотность столбцов NCH<sub>3</sub>CN =  $6.716 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$  и температура вращения  $T_{\text{rot}} = 293$  К. CH<sub>3</sub>CN был обнаружен на территории ядра В, но количество излучения в  $\sim 10$  раз ниже, чем у сопоставимого ядра А. В результате из ядра В были построены популяционные диаграммы с менее интенсивными

	<p>компонентами чем из ядра А. В результате была определена плотность столбцов <math>N_{\text{CH}_3\text{CN}}=2.853 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}</math> и температура вращения <math>T_{\text{rot}}=198.1 \text{ К}</math>.</p> <p>Полученные результаты представлены и доложены:</p> <p>1) на Международных конференциях</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– "XXXIst International Astronomical Union General Assembly (IAUGA-2022)" в г. Бусан (Республика Корея), 2022 год;</li> <li>– "Wheel of Star Formation — A conference dedicated to Prof. Jan Palouš" (г. Прага, Чешская республика), 2022 год;</li> <li>– «Protostars and Planets VII» (г. Киото, Япония), 2023 год;</li> <li>– «Cosmic Masers: Proper Motion toward the Next-Generation Large Projects» (г. Кагосима, Япония), 2023 год;</li> <li>– «Фараби әлемі» (г. Алматы, Казахстан), 2022-2023 годы;</li> <li>– «Әбділдин окулары: Заманауи физиканың көкейкесті мәселелері» (г. Алматы, Казахстан), 2023 год.</li> </ul> <p>2) на научных семинарах летних школ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– «Central Asia radio-Astronomy Training Workshop» (г. Урумчи, КНР, 15-26 августа 2023 г.)</li> <li>– «IAU I-HOW Radio Astronomy Workshop» (г.Кайсери, Турция, 4-15 сентября 2023 г.)</li> </ul>
<p>Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили</p>	<p><i>Көмеш Тоқтархан</i>, PhD, H-index: 5, Scopus Author ID: 57189889353, ORCID: 0000-0002-3415-4636;</p> <p><i>Манапбаева Арайлым Бекболатқызы</i>, PhD, H-index: 2, Scopus Author ID: 57205165517, ORCID: 0000-0002-0322-1509;</p> <p><i>Омар Аружан Жеңісханқызы</i>, Scopus Author ID: 58420497300, ORCID:0000-0002-5604-3742;</p> <p><i>Әсембай Жандос Жұмабайұлы</i>, Scopus Author ID: 58417151500, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-9738-6346">https://orcid.org/0000-0002-9738-6346</a></p>
<p>Список публикаций со ссылками на них</p>	<p style="text-align: center;"><i>Scopus</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. T. Komesheh, A. Omar, G. Garay, Zh. Assembay, N. Alimgazinova, N. Zhumabay, M. Kyzgarina. ALMA observations of the environments of G333.0162+00.7615 // International Astronomical Union Proceedings Series. Proceedings IAU Symposium No. 373, 2023. <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2023IAUS..373...35K/doi:10.1017/S1743921323000121">https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2023IAUS..373...35K/doi:10.1017/S1743921323000121</a>. Scopus: Q4, IF 0.112</li> <li>2. Zh. Assembay, T. Komesheh, A. Omar, N. Alimgazinova, M. Kyzgarina, Sh. Murat and Zh. Abdullayev. ALMA observations of the environments of G301.14AB // Proceedings of the International Astronomical Union. 2024; No.18(S380): 204-206. <a href="https://doi.org/10.1017/S1743921323002624">https://doi.org/10.1017/S1743921323002624</a>, Scopus: Q4, IF 0.112</li> <li>3. He Yu-Xin, Liu Hong-Li, Tang Xin-Di, Qin Sheng-Li, Zhou Jian-Jun, Esimbek Jarken, Pan Si-Rong, Li Da-Lei, Zhao Meng-Ke, Ji Wei-Guang, Komesheh Toktarkhan. Investigating a Global Collapsing Hub-Filament Cloud G326.611+0.811// eprint arXiv:2309.04239, <a href="https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.04239">https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.04239</a> (в печати). Scopus: Q1,</li> <li>4. Ma, Yingxiu, Zhou Jianjun, Esimbek Jarken, Baan Willem, Li Dalei, Tang Xindi, He Yuxin, Ji Weiguang, Zhou Dongdong, Wu Gang, Tursun</li> </ol>

Kadirya, Komesh Toktarkhan. Gravitational collapse and accretion flows in the hub filament system G323.46-0.08 //A&A, №676. – P. A15 (2023); <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202346248> , Scopus: Q1, IF 6.5

5. T. Komesh, G. Garay, R. Estalella, D. Li, A. Omar, A. Guzmán, J. Esimbek, J. Huang, Y. He, Zh. Asembay, N. Alimgazinova, M. Kyzgarina, N. Zhumabay and A. Manapbayeva. The environments of hyper-compact HII regions. I. G345.0061+01.794 B//A&A, 2024 (в печати) Scopus: Q1

6. Mahmut, Umut ; Esimbek, Jarken ; Baan, Willem search by orcid ; Tang, Xindi ; Zhou, Jianjun ; Li, Dalei ; He, Yuxin ; Tursun, Kadirya ; Li, Jiasheng ; Komesh, Toktarkhan search by orcid ; Sailanbek, Serikbek. Formaldehyde observations of the Perseus Molecular Cloud// Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 528, Issue 1, pp.577-595.

[https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2024MNRAS.528..577M/doi:10.1093/mnras/stad3959](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2024MNRAS.528..577M/doi:10.1093/mnras/stad3959)

7. Berdikhan., Dilda; Esimbek., Jarken; Henkel., Christian; Zhou., Jianjun; Tang., Xindi; Liu., Tie; Wu., Gang; Li., Dalei; He., Yuxin; Komesh., Toktarkhan; Tursun., Kadirya; Zhou., Dongdong; Imanaly., Ernar; Jandaolet, Qaynar. Ammonia Observations of Planck Cold Cores// eprint arXiv:2401.02337

[https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2024arXiv240102337B/doi:10.48550/arXiv.2401.02337](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2024arXiv240102337B/doi:10.48550/arXiv.2401.02337)

8. He, Yu-Xin; Liu, Hong-Li; Tang, Xin-Di; Qin, Sheng-Li; Zhou, Jian-Jun; Esimbek, Jarken; Pan, Si-Rong; Li, Da-Lei; Zhao, Meng-Ke; Ji, Wei-Guang ; Komesh, Toktarkhan. Investigating the Globally Collapsing Hub-Filament Cloud G326.611+0.811// The Astrophysical Journal, Volume 957, Issue 2, id.61, 16 pp.

[https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2023ApJ...957...61H/doi:10.3847/1538-4357/acf766](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2023ApJ...957...61H/doi:10.3847/1538-4357/acf766)

*Web of Science*

9. 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 H110a radio recombination line // Recent Contributions to Physics, 2023. - №3– C.4-11. DOI: <https://doi.org/10.26577/RCPH.2023.v86.i3.01>

*КОКНВО*

10. Омар А., Манапбаева А.Б., Комеш Т., Кызгарина М.Т., Алимгазинова Н.Ш. Aquila молекулалық бұлтының аймақтарын СО таңдамалы диссоциациясы әдісімен зерттеу // Доклады Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Сер. Физ.-мат. – 2023. -Т. 345(1), - С. 180–191. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.193>

*Конференция*

11. Омар А.Ж. Гиперкомпактілі HII аймағымен шектелетін айналмалы быстық ядроның молекулалық сызықтар бақылаулары //– Алматы: Сборник тезисов. Международная конференция молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 6-8 апреля, 2022 г. - С.210.

12. Әсембай Ж. G301.14AB гиперкомпакт HII аймақтарыме шектелетін айналыстағы быстық ядролардың ALMA бақылаулары// – Алматы: Сборник тезисов. Международная конференция молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 6-8 апреля, 2023 г. - С. 169.

13. Әсембай Ж.Ж. // ГИПЕРКОМПАКТ H II АЙМАҚТАРЫМЕН ШЕКТЕЛЕТІН АЙНАЛЫСТАҒЫ БЫСТЫҚ ЯДРОЛАРДЫҒА ALMA



	БАҚЫЛАУЛАРЫ // Әбділдин оқулары: Заманауи физиканың көкейкесті мәселелері: Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының академигі Әбділдин Мейірхан Мубаракұлының 85 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференцияның материалдары (12-15 сәуір 2023 ж.) // М.Е. Әбішев редакциясымен. - Алматы: Қазақ университеті, 2023. - Б.53. ISBN 978-601-04-3304-5
Информация о патентах	-