

Наблюдения остатка сверхновой Kes 79 в линиях молекул ^{13}CO и метанола

В. М. Шульга, С. Ю. Зубрин, В. В. Мышенко

*Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: shulga@rian.kharkov.ua, zubrin@rian.kharkov.ua*

Статья поступила в редакцию 4 апреля 2011 г.

Проведено исследование молекулярного окружения галактического остатка сверхновой (ОСН) Kes 79 по результатам наблюдений излучения молекул ^{13}CO и метанола. Впервые обнаружено увеличение ширины линий излучения молекулы ^{13}CO с лучевыми скоростями около +90 и +105 км/с, что является новым свидетельством возможного взаимодействия ОСН Kes 79 с молекулярными облаками. Увеличение ширины линии с лучевой скоростью +105 км/с наблюдается по всей поверхности остатка. Для линии с лучевой скоростью +90 км/с увеличение ширины наблюдается в области северо-восточной границы остатка. В направлении на наблюдавшуюся ранее в Kes 79 область излучения молекулы ОН обнаружен источник мазерного излучения молекулы метанола. Предполагается, что он связан с результатом взаимодействия молекулярного облака, движущегося с лучевой скоростью +90 км/с, и ОСН. Интенсивность обнаруженного источника изменялась со временем.

Ключевые слова: остатки сверхновых, молекулярные облака, Kes 79, мазерное излучение, метанол

1. Введение

Взрыв массивной звезды как сверхновой может произойти в том молекулярном облаке, где она родилась, либо вблизи него. Образовавшаяся в результате взрыва расширяющаяся оболочка взаимодействует с окружающей средой и передает ей кинетическую энергию взрыва, в результате чего образуется остаток сверхновой (ОСН), наблюдаемый в диапазоне от радиочастот до рентгеновского излучения. Вследствие взаимодействия ударной волны с неоднородной средой молекулярного облака должно произойти изменение морфологии ОСН. Корреляция особенностей пространственной структуры ОСН с неоднородностями пространственного распределения вещества молекулярных облаков в настоящее время является одним из признаков существования такого взаимодействия. Другой признак – это изменение ширины или асимметрия профилей молекуляр-

ных линий излучения в миллиметровом диапазоне длин волн, что является следствием изменения кинематических характеристик молекулярного вещества при распространении ударной волны в молекулярном облаке [1]. В качестве еще одного, и на сегодняшний день основного, признака используется возникновение в областях взаимодействия источников мазерного излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц, которые были найдены в более чем 20 галактических ОСН. Всего менее чем для 40 из числа известных 274 галактических ОСН обнаружены свидетельства их взаимодействия с молекулярными облаками [1]. Часто подтверждение этому находится лишь по одному из перечисленных признаков. Но для многих из этих ОСН еще не проведены детальные исследования пространственного распределения окружающей ОСН молекулярной среды в областях взаимодействия.

ОСН Kes 79 (другие названия: G33.6+0.1, 4C00.70, HC13) – галактический ОСН, расположенный почти в галактической плоскости ($l = 33.625^\circ$, $b = 0.062^\circ$) на расстоянии 7.1 кпк от Солнца [2]. Размер его составляет около 10 угловых минут. Наблюдения в радио и рентгеновском диапазонах показывают, что ОСН имеет форму, близкую к круговой [3-7]. Практически в центре остатка обнаружен компактный рентгеновский источник CXOU J185238.6+004020, пульсирующий с периодом около 105 мс [5, 8]. Предполагается, что это звездный остаток, образовавшийся в результате взрыва сверхновой. Изображения остатка на частотах 74, 327, 1500, 5000 МГц [3, 7] и в рентгеновском диапазоне [5, 6] имеют существенные отклонения формы от круговой в его восточной и северо-восточной частях. В западной части ОСН наблюдаются две протяженные структуры дугообразной формы, представляющие собой две концентрические неполные оболочки остатка [3, 7]. Такая комплексная морфология ОСН свидетельствует о сложности динамических процессов, происшедших после взрыва сверхновой, и может указывать на существование взаимодействия распространяющихся ударных волн с окружающей межзвездной средой.

В первых работах по исследованию молекулярного излучения в направлении Kes 79 сделано предположение о возможном взаимодействии ОСН с молекулярным облаком, обнаруженным в [9]. Наблюдения излучения молекулы ОН были сделаны в работе [10], в которой обнаружена слабая широкая линия поглощения на частоте 1667 МГц в интервале скоростей от +95 до +105 км/с, что, по мнению авторов, вероятнее всего объясняется взаимодействием ОСН с молекулярным облаком. На основании данных, полученных для молекул ^{12}CO и HCO^+ , была найдена корреляция пространственной структуры радиоизображения ОСН в его восточной и юго-восточной частях с пространственным распределением их плотности в облаке, движущемся с лучевой скоростью около +105 км/с (здесь и далее скорость отнесена к системе отсчета “местный стандарт покоя”) [11]. Позднее для поиска признаков взаимодействия ОСН Kes 79 с молекулярными облаками, движущимися с разными скоростями вблизи остатка, было использовано излучение молекулы

^{13}CO , атомарного водорода и рентгеновское излучение [7]. Авторы работы нашли хорошее совпадение морфологических особенностей ОСН на частотах 74, 324 и 1500 МГц с плотностью распределения излучения оболочки НІ в интервале скоростей от +90 до +99 км/с. Изучение структуры молекулярной материи в направлении ОСН Kes 79, проведенное по излучению молекулы ^{13}CO , показало существование в этой области двух молекулярных облаков, движущихся с лучевыми скоростями в интервалах от +88 до +94.5 км/с и от +99 до +109 км/с. При этом для них не было найдено кинематических свидетельств взаимодействия, таких, как уширение спектральной линии или асимметрия профиля линии.

Признаки мазерного излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц с лучевой скоростью +90 км/с были обнаружены в работе [12]. Однако это предположение не нашло подтверждения при дальнейших поисках компактного источника мазерного излучения, проведенных авторами работы [13].

Таким образом, все предшествующие исследования указывают на то, что ОСН Kes 79 вероятно взаимодействует с “родительским” молекулярным облаком. Тем не менее до сих пор детально этот вопрос не изучен.

В настоящей работе проведены исследования молекулярного излучения в направлении ОСН Kes 79 и вблизи него с целью определения характеристик молекулярных облаков, которые ранее считались “родительскими”. Для выяснения вопроса об уширении линий молекулярного излучения выбрана молекула ^{13}CO , для которой эффект насыщения линии, приводящий к затруднениям при определении ширины линии, связанной с влиянием взаимодействия, существенно меньше, чем при наблюдениях молекул CO и HCO^+ . В работе также проведены наблюдения излучения молекулы метанола на переходе $8_0 - 7_1 A^+$ (частота 95.169516 ГГц). Поиски источников мазерного излучения молекулы метанола в ОСН ранее не проводились. В то же время известны источники мазерного излучения метанола на этом переходе в областях активного звездообразования, которые, как и источники мазерного излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц, возникают при ударном механизме возбуждения.

2. Методика и техника наблюдений

Исследования молекулярного излучения в направлении Kes 79 проводились на радиотелескопе РТ-22 (Крымская астрофизическая обсерватория) в линиях молекул ^{13}CO на переходе $J=1-0$ (частота 110.201353 ГГц) и метанола на переходе $8_0-7_1A^+$ (частота 95.169516 ГГц). При наблюдениях использовался разработанный в Радиоастрономическом институте НАН Украины аппаратный комплекс для спектральных исследований [14] с криогенным приемником со смесителем на диоде Шоттки, перестраиваемом в интервале частот от 85 до 116 ГГц. Шумовая температура системы в режиме двухполосного приема сигнала изменялась в пределах 215÷350 К и зависела от угла места наблюдаемого источника и погодных условий. Для регистрации спектров использовались два анализатора спектра – фильтровый и фурье-анализатор. Фильтровый 120-канальный анализатор спектра имел полосу обзора 12 МГц. Фурье-анализатор спектра обеспечивал полосу 14 МГц с частотным разрешением 56 кГц.

Измерения излучения молекулы ^{13}CO проводились в режиме диаграммной модуляции (так называемый режим “ON-OFF”) [14]. В качестве опорной была выбрана точка с координатами ($18^{\text{h}}52^{\text{m}}48^{\text{s}}$, $00^{\circ}45'43''$, J2000), в направлении на которую интенсивность излучения ^{13}CO не превышала 0.2 К. Картографирование OCH Kes 79 с центральной точкой ($18^{\text{h}}52^{\text{m}}48^{\text{s}}$, $00^{\circ}40'43''$, J2000) выполнено по всей его площади с пространственным разрешением 2 угловые минуты и среднеквадратичным уровнем шума не более 0.2 К. Длительность каждого наблюдения составляла около 800 с и выбиралась исходя из условий наблюдений. Измерения проводились в период с 23 по 27 августа 2008 г. в интервале лучевых скоростей от +82 до +115 км/с, т. е. в интервале, в котором ранее наблюдалось излучение молекул ^{12}CO , ^{13}CO , HCO^+ и OH и в котором были найдены признаки взаимодействия OCH с молекулярным облаком. Для более точного исследования эффекта уширения линий ^{13}CO мы дополнительно использовали данные наблюдений из открытого для свободного доступа архива данных исследования Boston University – FCRAO Galactic Ring Survey [15], приведенные

с лучшим (46 угловых секунд) пространственным разрешением.

Измерения излучения молекулы метанола проводились с фильтровым анализатором спектра в режиме диаграммной модуляции 4 ноября 2004 г. и в режиме частотной модуляции с фурье-анализатором спектра 14 октября 2006 г. Шумовая температура системы в режиме двухполосного приема сигнала изменялась в пределах 215÷350 К и зависела от условий наблюдений. Ширина диаграммы направленности радиотелескопа на частоте измерений оценивались по результатам наблюдений планет и составляла 45 угловых секунд. Ошибка наведения телескопа составляла 15 угловых секунд [16].

3. Структура молекулярных облаков вблизи OCH Kes 79

Анализ пространственного распределения излучения молекулы ^{13}CO в исследуемом интервале лучевых скоростей проведен для двух участков спектра: от +86.2 до +91.3 км/с и от +98.0 до +115.0 км/с. Эти значения близки к систематической лучевой скорости в направлении OCH Kes 79, определяемой по кривой вращения Галактики ($\sim +96$ км/с) [17]. В первом участке ранее обнаружено излучение молекулы OH на частоте 1720 МГц [12]. Второй соответствует лучевым скоростям излучения молекул CO и HCO^+ , которые были использованы в работе [10] для изучения взаимодействия OCH с молекулярным облаком. Выбранные для анализа участки спектра близки к тем интервалам лучевых скоростей, которые использованы в работе [7].

3.1. Молекулярное облако, движущееся в диапазоне скоростей от +98.0 до +115.0 км/с

Карта интегральной интенсивности линии излучения молекулы ^{13}CO в диапазоне лучевых скоростей от +98.0 до +115.0 км/с приведена на рис. 1. Контурными представлено континуальное изображение OCH Kes 79 на частоте 1420 МГц, построенное с использованием базы данных VGPS [18]. Излучение этого молекулярного облака перекрывает собой всю площадь остатка, при этом максимумы излучения располагаются в восточной и южной частях

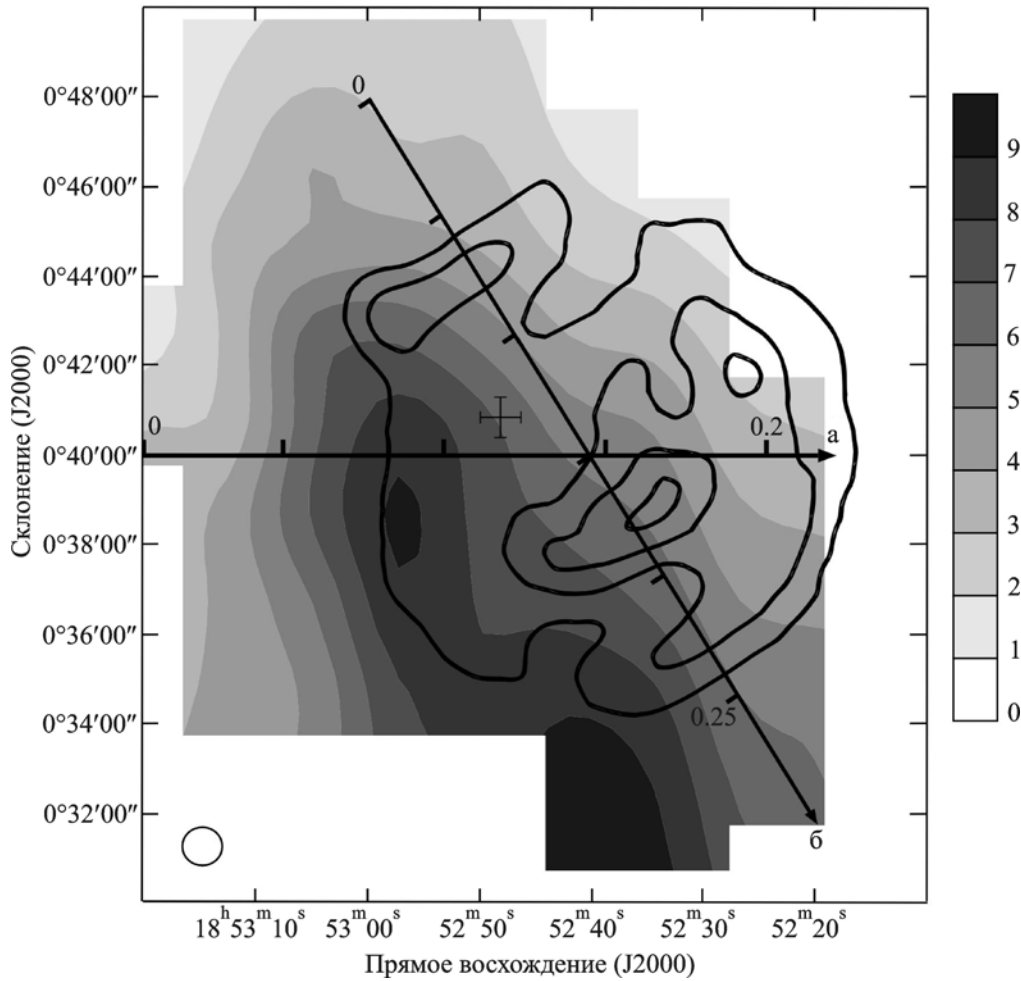


Рис. 1. Карта интенсивности излучения молекулы ^{13}CO ($J = 1-0$), интегрированной по профилю линии в диапазоне лучевых скоростей от $+98.0$ до $+115.0$ км/с (градации серого соответствуют интегральным антенным температурам от 1 до 9 К·(км/с) с шагом 1 К·(км/с). Контурами представлено континуальное изображение ОСН Kes 79 на частоте 1420 МГц, построенное с использованием базы данных VGPS [18]. Контуры соответствуют уровням 25, 40, 55, 70 К. Крестом обозначено положение обнаруженного источника мазерного излучения. В нижнем левом углу приведена диаграмма направленности телескопа PT-22. Буквами “а” и “б” обозначены срезы, вдоль которых построены зависимости на рис. 2, а, б

остатка, что согласуется с результатами проведенных ранее исследований спектрального излучения молекул CO и NCS^+ [7, 9, 10]. Максимумы интенсивности молекулярного излучения пространственно совпадают с нерегулярностями в форме оболочки ОСН в радиодиапазоне на его восточной и южной границах. В частности, “северный” максимум излучения ($18^{\text{h}}52^{\text{m}}56^{\text{s}}$, $0^{\circ}38'30''$) располагается вдоль восточной границы радиоизображения, где ее форма становится плоской (от точки $18^{\text{h}}52^{\text{m}}58^{\text{s}}$, $+0^{\circ}37'00''$ до точки $18^{\text{h}}52^{\text{m}}58^{\text{s}}$, $+0^{\circ}41'30''$). Южный максимум излучения ($18^{\text{h}}52^{\text{m}}40^{\text{s}}$,

$+0^{\circ}32'00''$) располагается вблизи “разрыва” [3] на южной границе радиоизображения остатка.

С целью изучения кинематических характеристик молекулярного вещества в направлении ОСН Kes79 мы провели анализ ширины спектральной линии с лучевой скоростью $+105$ км/с в исследуемой области пространства. Проведенный анализ показал, что в пределах остатка ширина спектральной линии почти в два раза больше, чем вне остатка, ~ 8 и ~ 5 км/с соответственно (см. рис. 2). Можно предположить, что остаток взаимодействует с этим молекулярным облаком по всей своей поверхности.

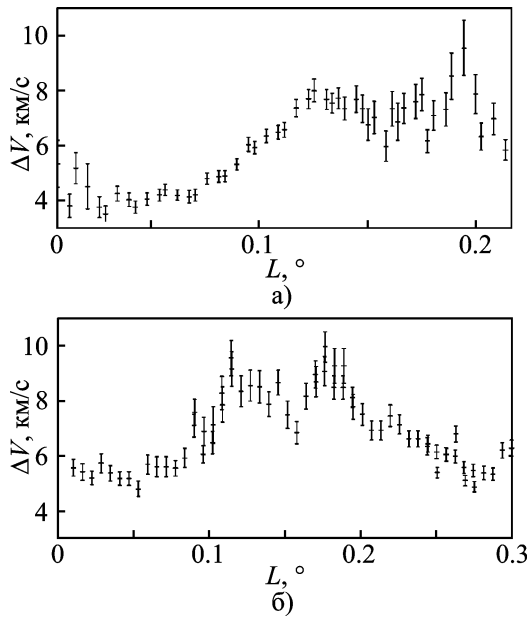


Рис. 2. Зависимости ширины спектральной линии ΔV с лучевой скоростью $+105$ км/с от расстояния L вдоль срезов “а” (а) и “б” (б), обозначенных на рис. 1. Метки на горизонтальных осях соответствуют меткам на линиях срезов

Оценка лучевой плотности молекул (количества молекул в столбце единичного сечения вдоль луча зрения от наблюдателя до объекта) в направлении ОСН Kes 79 была сделана для случая локального термодинамического равновесия в исследуемой области пространства и малой оптической толщи излучения молекулы ^{13}CO . Температура возбуждения при расчете принималась равной 10 К. При соотношении между лучевыми плотностями молекул H_2 и ^{13}CO равном $5 \cdot 10^5$ [19] значение лучевой плотности молекулярного водорода в направлении молекулярного облака, движущегося со скоростями от $+98.0$ до $+115.0$ км/с, равно примерно $5 \cdot 10^{22}$ см $^{-2}$. Для определения массы облака и средней плотности вещества в нем мы предположили, что молекулярное облако является вытянутым эллипсоидом вращения с большой и малой осями с размерами 17.9 и 6.2 угловых минут, а средняя масса вещества, приходящаяся на одну молекулу водорода, равна $2.76 \cdot m_{\text{H}}$ (где m_{H} – масса атома водорода) [20]. При этом масса молекулярного облака составляет $1.7 \cdot 10^6$ масс Солнца, а плотность молекулярного вещества в этом облаке составляет $1.8 \cdot 10^4$ см $^{-3}$.

3.2. Молекулярное облако, движущееся в интервале скоростей от $+86.2$ до $+91.3$ км/с

Карта интегральной интенсивности линии излучения молекулы ^{13}CO в диапазоне скоростей от $+86.2$ до $+91.3$ км/с приведена на рис. 3, б. Излучение этого молекулярного облака не перекрывает всю площадь остатка (как в случае молекулярного облака в диапазоне лучевых скоростей от $+98.0$ до $+115.0$ км/с), а лишь пересекает его в центральной и северо-восточной частях. При этом максимум излучения этого облака расположен на северо-восточной границе ОСН и пространственно совпадает с особенностью формы остатка сверхновой на его северо-восточной границе, называемой “выступом” [3]. Кроме того, максимум излучения этого молекулярного облака пространственно совпадает с максимумом линии поглощения НI в диапазоне скоростей от $+90$ до $+99$ км/с [7], что говорит о повышенной плотности вещества в этом направлении. Проведенный анализ ширины спектральной линии излучения молекулы ^{13}CO с лучевой скоростью $+90$ км/с показал, что на северо-восточной границе остатка наблюдается некоторое (от ~ 1.5 до ~ 3.5 км/с) увеличение ширины линии (рис. 3, а). Этот факт говорит в пользу предположения о возможном взаимодействии Kes 79 с молекулярным облаком с лучевой скоростью $+90$ км/с на северо-восточной границе остатка.

Полученная оценка лучевой плотности молекулярного водорода для этого молекулярного облака составляет $5 \cdot 10^{21}$ см $^{-2}$. Для оценки массы облака и средней плотности вещества в нем мы предполагали, что форма молекулярного облака описывается вытянутым эллипсоидом вращения, большая и малая оси которого равны 13.3 и 4.4 угловым минутам соответственно. При этом масса молекулярного облака составляет $8.6 \cdot 10^4$ масс Солнца, а оценка плотности молекулярного вещества в этом облаке – $3.9 \cdot 10^3$ см $^{-3}$.

4. Излучение молекулы метанола в Kes 79

Излучение молекулы метанола на переходе $8_0 - 7_1 A^+$ (95.169516 ГГц) наблюдалось нами 4 ноября 2004 г. и 14 октября 2006 г. в направлении на наблюдаемый ранее источник излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц [12, 13].

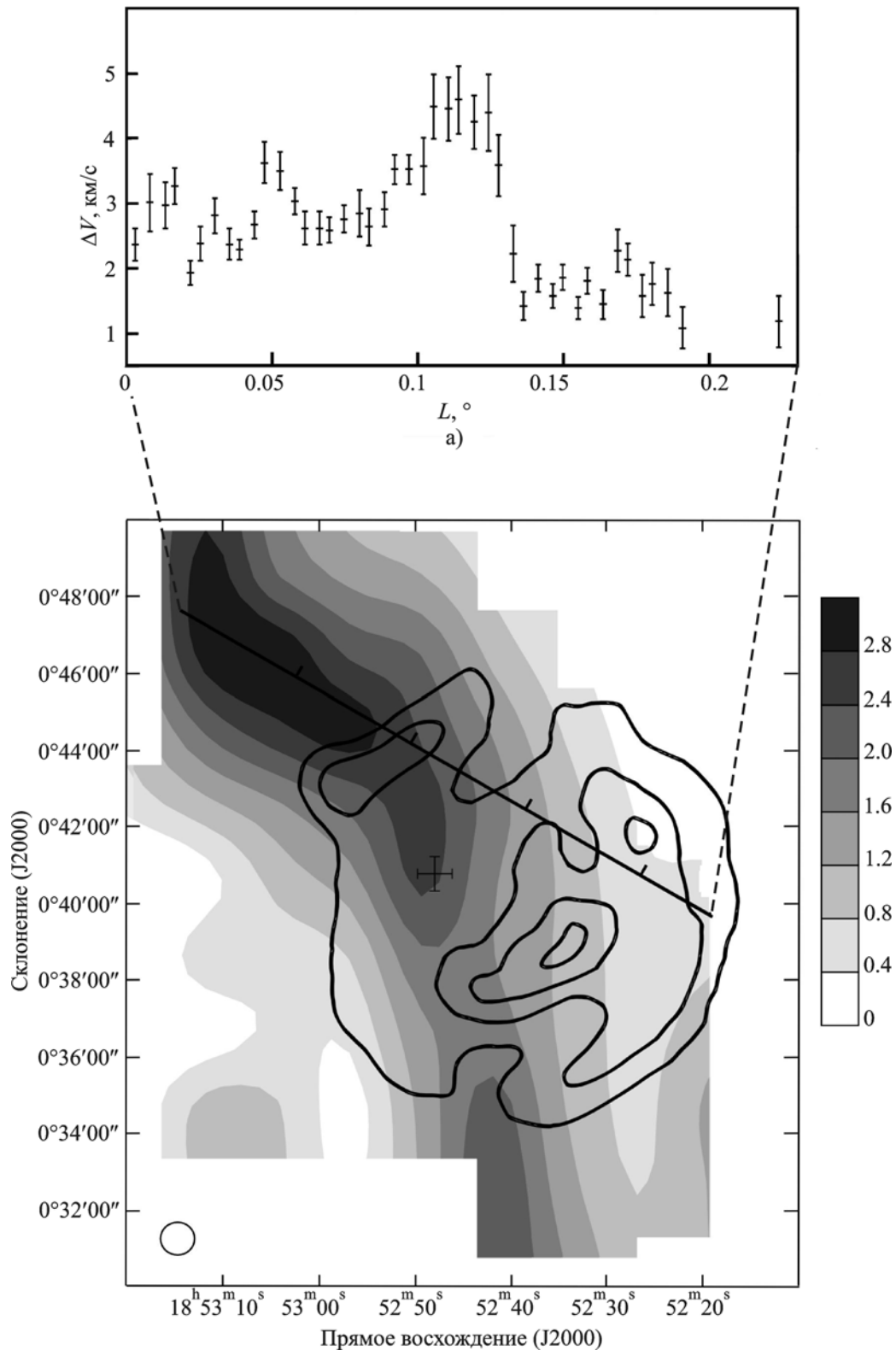


Рис. 3. Зависимость ширины спектральной линии с лучевой скоростью $+90$ км/с от расстояния вдоль среза (а). Карта интенсивности излучения молекулы ^{13}CO ($J=1-0$), интегрированной по профилю линии в диапазоне лучевых скоростей от $+86.2$ до $+91.3$ км/с (градации серого соответствуют интегральным антенным температурам от 0 до 2.8 К·(км/с) с шагом 0.4 К·(км/с) (б). Контурами представлено континуальное изображение OCH Kes 79 на частоте 1420 МГц, построенное с использованием базы данных VGPS [23]. Контуры соответствуют уровням 25, 40, 55, 70 К. Крестом обозначено положение обнаруженного источника мазерного излучения. В нижнем левом углу приведена диаграмма направленности телескопа PT22

Параметры спектра обнаруженного источника излучения приведены в табл. 1. Малая ширина спектральных линий (около 1 км/с) является характерным признаком мазерной природы обнаруженного излучения. Источники мазерного излучения на наблюдаемом переходе относятся к источникам I класса, возбуждение которых происходит в результате столкновений молекул метанола с другими молекулами межзвездной среды [21].

Спектры обнаруженного источника представлены на рис. 4. Параметры линий, полученные в результате аппроксимации функцией Гаусса, приведены в табл. 1. Излучение молекулы метанола совпадает с излучением молекулы ^{13}CO для облака со скоростями от +86.2 до +91.3 км/с как пространственно, так и по лучевым скоростям, что позволяет предположить связь обнаруженного источника с ОСН. Следует отметить, что интенсивность обнаруженного источника излучения метанола была наибольшей в 2004 и 2006 гг. В 2009 г. мы также проводили измерения излучения данного источника, однако зарегистрированная антенная температура линии излучения составляла 0.15 К при среднеквадратическом уровне шума 0.07 К. Это может свидетельствовать о том, что источник переменный, что на самом деле не является необычным для источников мазерного излучения на других переходах молекулы метанола, относящихся к мазерным источникам II класса с накачкой излучением [22, 23]. Зарегистрированное нами интенсивное излучение молекулы метанола

Таблица 1. Параметры спектров обнаруженного источника мазерного излучения молекулы метанола по результатам наблюдений 2004 и 2006 гг. Параметры получены в результате аппроксимации функцией Гаусса. (Использованные обозначения: V_0 – лучевая скорость, T_a – антенная температура, ΔV – ширина линии)

Дата наблюдений	04.11.2004	14.10.2006
Прямое восхождение (J2000)	18 ^h 52 ^m 48 ^s	18 ^h 52 ^m 48 ^s
Склонение (J2000)	+00°40'43"	+00°40'43"
V_0 , км/с	88.2 ± 0.1	88.8 ± 0.1
T_a , К	1.5 ± 0.3	2.3 ± 0.5
ΔV , км/с	0.83 ± 0.18	1.09 ± 0.28

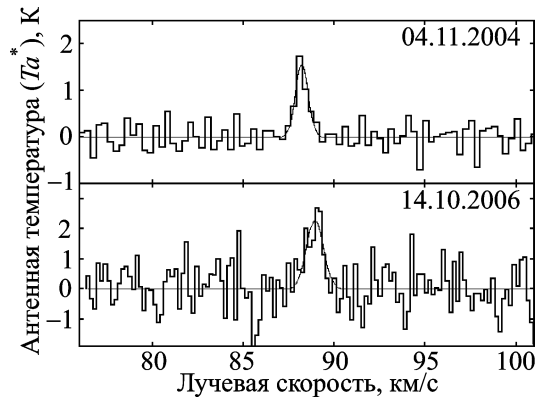


Рис. 4. Спектры обнаруженного источника мазерного излучения молекулы метанола $8_0 - 7_1 A^+$, полученные в разное время. Тонкой линией приведена аппроксимация каждого из спектров функцией Гаусса. Ширина канала для наблюдений 2004 г. составляет 0.32 км/с, а для 2006 г. – 0.18 км/с

на переходе $8_0 - 7_1 A^+$ является необычным для областей взаимодействия ОСН с молекулярной средой. К сожалению, поиски источников мазерного излучения метанола в ОСН в местах существования источников мазерного излучения молекулы ОН, насколько нам известно, ранее не предпринимались, и вопрос об условиях их образования не изучен.

5. Заключение

В результате исследования молекулярных облаков в направлении остатка сверхновой Kes 79 найдены новые свидетельства их взаимодействия. Анализ пространственной структуры молекулярных облаков в линии излучения молекулы ^{13}CO показывает совпадение особенностей формы остатка сверхновой в ее северо-восточном, восточном и южном участках с наиболее плотными областями молекулярных облаков, движущихся с лучевыми скоростями от +86.2 до +91.3 км/с и от +98.0 до +115.0 км/с. Для этих облаков впервые обнаружен эффект уширения линий излучения молекулы ^{13}CO . Наибольшее уширение линии наблюдается в центре ОСН в направлении на максимум континуального излучения и вблизи границ ОСН. В месте наблюдаемого ранее в Kes 79 излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц обнаружен источник мазерного излучения молекулы

метанола на переходе $8_0 - 7_1 A^+$, предположительно связанный с ОСН. Интенсивность обнаруженного источника изменялась со временем, что позволяет предположить, что он переменный. Возможно, источники мазерного излучения молекулы метанола, относящиеся к I классу, могут быть использованы в качестве еще одного признака взаимодействия ОСН и молекулярных облаков наряду с источниками мазерного излучения молекулы ОН на частоте 1720 МГц. Однако это предположение требует экспериментальной проверки для других ОСН, взаимодействующих с молекулярными облаками.

Работа выполнена при частичной поддержке грантом НАН Украины для молодых ученых 2009–2010 гг.

Литература

- Jiang B., Chen Y., Wang J., Su Y., Zhou X., Safi-Harb S., and DeLaney T. Cavity of Molecular Gas Associated with Supernova Remnant 3C 397 // *Astrophys. J.* – 2010. – Vol. 712. – P. 1147-1156.
- Case Gary L. and Bhattacharya Dipen. A New $\Sigma - D$ Relation and Its Application to the Galactic Supernova Remnant Distribution // *Astrophys. J.* – 1998. – Vol. 504. – P. 761-772.
- Velusamy T., Becker R. H., and Seward F. D. G33.6+0.1: a shell type supernova remnant with unusual structure // *Astron. J.* – 1991. – Vol. 102. – P. 676-682.
- Seward F. D. and Velusamy T. A ROSAT observation of the supernova remnant Kes 79 // *Astrophys. J.* – 1995. – Vol. 439. – P. 715-721.
- Seward F. D., Slane P. O., Smith R. K., and Sun M. A. Compact Central Object in the Supernova Remnant Kesteven 79 // *Astrophys. J.* – 2003. – Vol. 584. – P. 414-417.
- Sun M., Seward F. D., Smith R. K., and Slane P. O. Chandra View of Kesteven 79: A Nearly Isothermal Supernova Remnant with Rich Spatial Structure // *Astrophys. J.* – 2004. – Vol. 605. – P. 742-750.
- Giacani E., Smith M. J. S., Dubner G., Loiseau N., Castelletti G., and Paron S. Radio and X-ray study of two multi-shell supernova remnants: Kes 79 and G352.7-0.1 // *Astron. Astrophys.* – 2009. – Vol. 507. – P. 841-853.
- Gotthelf E. V., Halpern J. P., and Seward F. D. Discovery of a 105 ms X-ray pulsar in Kesteven 79: on the nature of compact central objects in supernova remnants // *Astrophys. J.* – 2005. – Vol. 627. – P. 390-396.
- Scoville N. Z., Yun M. S., Clemens D. P., Sanders D. B., and Waller W. H. Molecular clouds and cloud cores in the inner Galaxy // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 1987. – Vol. 63. – P. 821-915.
- Green D. A. and Dewdney. P. E. Shocked molecular material associated with the supernova remnant G33.6+0.1? // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 1992. – Vol. 254. – P. 686-692.
- Green D. A. Sensitive OH observations towards 16 supernova remnants // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 1989. – Vol. 238. – P. 737-751.
- Green A. J., Frail D. A., Goss W. M., and Otrupcek R. Continuation of a survey of OH (1720 MHz) Maser Emission Towards Supernova Remnants // *Astron. J.* – 1997. – Vol. 114. – P. 2058-2067.
- Koralesky B., Frail D. A., Goss W. M., Claussen M. J., and Green A. J. Shock-excited Maser Emission from Supernova Remnants: G32.8–0.1, G337.8–0.1, G346.6–0.2, and the HB3/W3 Complex // *Astron. J.* – 1998. – Vol. 116. – P. 1323-1331.
- Антофеев А. В., Зубрин С. Ю., Король А. Н., Королев А. М., Мышенко В. В., Подъячий В. Н., Поладич А. В., Шкодин В. Н., Шульга В. М. Аппаратурный комплекс для спектральных наблюдений в диапазоне частот 85–116 ГГц на радиотелескопе РТ-22 КрАО // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2010. – Т. 15, №4. – С. 369-375.
- Jackson J. M., Rathborne J. M., Shah R. Y., Simon R., Bania T. M., Clemens D. P., Chambers E. T., Johnson A. M., Dormody M., Lavoie R., and Heyer M. H. The Boston university–five collage radio astronomy observatory Galactic ring survey // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2006. – Vol. 163. – P. 145-166.
- Нестеров Н. С., Никитин П. С. Новая система управления РТ-22 // *Изв. Крымской Астрофизической обсерватории.* – 2002. – Т. 98. – С. 150-156.
- Brand J. and Blitz L. The Velocity Field of the Outer Galaxy // *Astron. Astrophys.* – 1993. – Vol. 275. – P. 67-90.
- Stil J. M., Taylor A. R., Dickey J. M., Kavars D. W., Martin P. G., Rothwell T. A., Boothroyd A. I., Lockman F. J., and McClure-Griffiths N. M. The VLA Galactic Plane Survey // *Astron. J.* – 2006. – Vol. 132. – P. 1158-1176.
- Dickman R. L. The ratio of carbon monoxide to molecular hydrogen in interstellar dark clouds // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 1978. – Vol. 37. – P. 407-427.
- Yang Su, Yang Chen, Ji Yang, Bon-Chul Koo, Xin Zhou, Il-Gyo Jeong, and Chun-Guang Zhang. Discovery of Molecular Shells Associated with Supernova Remnants. II. Kesteven 75 // *Astrophys. J.* – 2009. – Vol. 694. – P. 376-386.
- Cragg D. M., Johns K. P., Godfrey P. D., and Brown R. D. Pumping the interstellar methanol masers // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 1992. – Vol. 259. – P. 203-208.
- Caswell J. L., Vaile R. A., and Ellingsen S. P. Variability of Methanol Masers // *Publ. Astron. Soc. Aust.* – 1995. – Vol. 12. – P. 37-53.
- Blazkiewicz L. P., Miku A., Kus A. J. The variability of 6.7 and 12.2 GHz methanol masers // *Proc. IAU Symposium.* – 2007. – No. 242. – P. 142-143.

**Спостереження залишку наднової
Kes 79 в лініях молекули ^{13}CO
та метанолу****В. М. Шульга, С. Ю. Зубрін,
В. В. Мищенко**

Виконано дослідження молекулярного довкілля галактичного залишку наднової (ЗНН) Kes 79 за результатами спостережень випромінювання молекули ^{13}CO та метанолу. Вперше виявлено збільшення ширини ліній випромінювання молекули ^{13}CO з променевими швидкостями близько +90 та +105 км/с, що є новим свідченням можливої взаємодії ЗНН Kes 79 з молекулярними хмарами. Збільшення ширини лінії з променевою швидкістю +105 км/с спостерігається на всій поверхні залишку. Для лінії з променевою швидкістю +90 км/с збільшення ширини спостерігається поблизу північно-східної границі залишку. В тому напрямку, де в ЗНН Kes 79 раніше спостерігалось випромінювання молекули OH, відкрито джерело мазерного випромінювання молекули метанолу. Ми припускаємо його зв'язок з результатом взаємодії молекулярної хмари, що рухається з променевою швидкістю +90 км/с, та ЗНН. Інтенсивність відкритого джерела змінювалася з часом.

**Survey of the Supernova Remnant Kes 79
by Results of ^{13}CO
and Methanol Observations****V. M. Shulga, S. Y. Zubrin,
and V. V. Myshenko**

The molecular environment of the galactic supernova remnant Kes 79 by results of ^{13}CO and methanol observations was studied. The ^{13}CO spectral line broadening at velocities +90 and +105 km/s in the region of SNR-molecular cloud interaction is first revealed. Such a line broadening can be interpreted as a new evidence of SNR Kes 79 interaction with molecular clouds. The broadening at velocity +105 km/s was observed all over the SNR area. The region with broadened spectral line at velocity +90 km/s is located towards the north-eastern boundary of the SNR. A new methanol maser was discovered towards the OH molecule emission region previously detected in Kes 79. Presumably, the maser can be associated with the interaction of molecular cloud, moving at line-of-sight velocity +90 km/s, and SNR. The intensity of the detected maser varies with time.