

УДК 524.6-7

А. В. Антюфеев¹, В. М. Шульга^{1,2}, И. И. Зинченко³

¹Радиоастрономический институт Национальной академии наук Украины
ул. Краснознаменная 4, Харьков, 61002
antyuf@rian.kharkov.ua, shulga@rian.kharkov.ua

²College of Physics, Jilin University
Qianjin St. 2699, Changchun, 130012, P. R. China

³Институт прикладной физики Российской академии наук
ул. Ульянова 46, Нижний Новгород, ГСП-120, Россия, 603950
zin@appl.sci-nnov.ru

Биполярный молекулярный поток в источнике IRAS 17233-3606

На радиотелескопе APEX (Чили) проведено картографирование области звездообразования большой массы IRAS 17233-3606 в линии молекул $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ и $\text{C}^{18}\text{O}(J=2-1)$ на длине волны 1.4 мм. Анализировалась низкоскоростная часть биполярного потока в этом источнике, а также найдены его основные параметры. Анализ производился с помощью метода расчета параметров низкоскоростной части биполярных потоков, исключая влияние окружающего неподвижного облака на рассчитываемые параметры потока. Показано, что масса низкоскоростной части потока во много раз превышает массу его высокоскоростной части, а их энергии сравнимы. Ядро молодого звездного объекта существенно деформировано влиянием биполярного потока.

БІПОЛЯРНИЙ МОЛЕКУЛЯРНИЙ ПОТІК В ОБ'ЄКТІ IRAS 17233-3606, Антюфєєв О. В., Шульга В. М., Зінченко І. І. — На радіотелескопі APEX (Чилі) проведено картографування масивної області зореутворення IRAS 17233-3606 у лініях молекул $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ і $\text{C}^{18}\text{O}(J=2-1)$ на довжині хвилі 1.4 мм. Аналізувалась низькошвидкісна складова біполярного потоку в цьому об'єкті, а також знайдено його основні параметри. Аналіз провадився за допомогою методу розрахунку параметрів низькошвидкісної складової біполярних потоків, що виключає вплив навколишньої нерухомої хмари на розраховані параметри потоку. Показано, що маса низькошвидкісної складової потоку у багато

разів перевищує масу його високошвидкісної частини, а їхні енергії сумірні. Ядро молодого зоряного об'єкта істотно деформоване впливом біполярного потоку.

BIPOLAR MOLECULAR OUTFLOW IN IRAS 17233-3606, by Antyufeyev O., Shulga V., Zinchenko I. — The high-mass star-forming region IRAS 17333-3606 has been mapped in $^{13}\text{CO}(J = 2-1)$ and $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ lines in the submillimeter wavelength range. APEX (Chile) radio telescope has been used. The analysis of the low-velocity part of the molecular outflows has been carried out and the main parameters of outflow have been determined. We used a novel approach for calculation of parameters of the low-velocity part of bipolar molecular outflow in molecular clouds. The approach excludes the influence of the surrounding cloud on the parameters of the molecular outflow. Mass of the low-velocity parts is much greater than the high-velocity part of the molecular outflow and their energies are comparable. The core of the young stellar object is significantly deformed by the impact of the molecular outflow.

ВВЕДЕНИЕ

Звезды большой массы ($M > 8M_{\odot}$) играют большую роль в астрофизике, но процесс их образования пока вызывает много вопросов. Модель, принятая для описания формирования звезд малой массы, может не работать, поскольку, в частности, радиационное давление формирующейся массивной звезды может остановить дальнейшую аккрецию вещества. Предлагаются альтернативные сценарии их образования, в том числе довольно экзотические — например, путем слияния звезд меньшей массы [6]. Исследования образования звезд большой массы затрудняются и тем обстоятельством, что соответствующие объекты находятся в основном сравнительно далеко от нас, на расстояниях в несколько килопарсек.

Неотъемлемым элементом стандартной модели образования звезд путем дисковой аккреции являются молекулярные биполярные потоки вещества (в дальнейшем биполярные потоки). Такие потоки наблюдаются в областях образования звезд как малой, так и большой массы. Механизмы их образования могут быть различны, и не всегда они связаны с дисковой аккрецией [5]. Исследования таких потоков очень важны для лучшего понимания процесса звездообразования.

В большинстве случаев при оценке параметров потоков учитываются только их высокоскоростные компоненты. Известно, что это может приводить к серьезной недооценке их массы и других характеристик [2, 14]. Мы разработали оригинальную методику учета низкоскоростных составляющих потоков [1, 3].

Целью данной работы является дальнейшее изучение биполярных потоков в областях образования звезд большой массы с учетом их низкоскоростных компонентов.

В качестве объекта исследований выбрана довольно хорошо изученная и сравнительно близкая к нам область (расстояние около 1 кпк) в направлении мощного ИК-источника IRAS 17233-3606. Этот объект находится в пределах инфракрасного темного облака G 351.78-0.54. Стоит отметить, что инфракрасные темные облака считаются сейчас местами рождения звезд большой массы.

Высокоскоростной газ был обнаружен в IRAS 17233-3606 довольно давно [11, 12, 15]. Эти данные были интерпретированы как свидетельство наличия трех различных потоков в данной области [11]. Однако недавно с учетом данных новых наблюдений на VLA была предложена другая интерпретация, согласно которой здесь имеется один крупномасштабный поток, разные части которого прослеживаются в излучении разных молекул [10]. В работах [11, 12] параметры потока оценивались по высокоскоростным компонентам. В работе [15] низкоскоростные компоненты учитывались, но это было сделано лишь в одной точке источника. В работе [10] параметры потока рассчитывались по линии молекулы CS ($J = 1-0$) в диапазонах скоростей, начиная от 4 км/с и выше относительно скорости неподвижного облака. В нашей работе мы рассчитали параметры потока в более широких диапазонах скоростей, которые начинаются в непосредственной близости относительно скорости неподвижного облака (от 1 км/с). Для этого нами были проведены наблюдения этого объекта в линиях молекул ^{13}CO и C^{18}O на радиотелескопе АРЕХ. Эти наблюдения были проанализированы с использованием упомянутого выше развитого нами подхода. Результаты этого анализа представлены в настоящей работе.

НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения источника IRAS 17233-3606 проводились на расположенном в Чили радиотелескопе АРЕХ в 2009—2010 гг. Основные характеристики радиотелескопа АРЕХ приведены в работе [9]. Наблюдалась одновременно линия $^{13}\text{CO}(2-1)$ и $\text{C}^{18}\text{O}(2-1)$ вблизи частоты 220 ГГц, а также некоторые другие линии, попадающие в полосу приема. Шумовая температура системы была близкой к 200 К, а спектральное разрешение составляло около 240 кГц, что соответствует 0.3 км/с. Ширина диаграммы направленности на этой частоте — приблизительно 28'. Эффективность главного луча диаграммы направленности радиотелескопа составляла 75%. Наблюдения проводились в режиме навод-отвод. Наличие слабого излучения ^{13}CO на опорной позиции приводило к появлению узкой «отрицательной» детали в профиле линии ^{13}CO в исследуемой области. Общий размер наблюдавшейся области довольно велик, но в данной работе мы обсуждаем только ту ее часть вблизи IRAS 17233-3606, где наблюдается биполярный поток.

**ОБЛАСТЬ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ,
СВЯЗАННАЯ С ИСТОЧНИКОМ IRAS 17233-3606**

На рис. 1 приведены интегральные карты излучения линий молекул $C^{18}O$ ($J=2-1$) и ^{13}CO ($J=2-1$) в источнике IRAS 17233-3606. Все карты, приведенные в данной работе, центрированы относительно координат $_{2000} = 17^h 26^m 42.8^s$ и $_{2000} = -36\ 09\ 17$. Из рис. 1 видно, что молекулярное облако имеет размеры более $100''$, что соответствует пространственному размеру более $100\ 000$ а. е. при расстоянии до источника 1 кпк [11]. Излучение линий молекул $C^{18}O$ ($J=2-1$) и ^{13}CO ($J=2-1$) имеют максимумы, положение которых близко к положению инфракрасного источника IRAS 17233-3606.

Наблюдения источника IRAS 17233-3606 [11, 12], проведенные в линиях молекул ^{13}CO и ^{12}CO , показали, что в этих линиях наблюдается биполярный поток. Эти исследования были посвящены высокоскоростной части потока. Цель нашей работы — проанализировать биполярный поток в этом источнике в диапазоне скоростей, лежащих ближе к систематической скорости окружающего облака (центральная скорость), т. е. провести анализ низкоскоростной части потока.

На рис. 2 представлены карты интегрального синесмещенного и красносмещенного компонентов излучения линии молекулы $C^{18}O$ ($J=2-1$), из которого хорошо виден биполярный характер излучения линии. Эту биполярность мы интерпретируем как низкоскоростную часть биполярного потока, а не вращение молекулярного облака по следующим причинам. Сравнение карт на рис. 2 с аналогичными картами биполярного потока в линии ^{12}CO (рис. 2 работы [12]) показало, что расположение красносмещенных/синесмещенных компонентов на этих рисунках близко. Если интерпретировать биполяр-

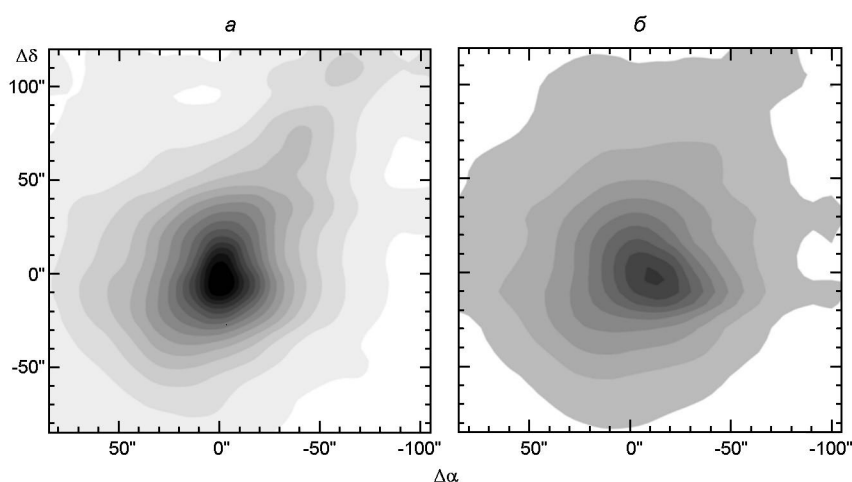


Рис. 1. Интегральные карты излучения линий молекул $C^{18}O$ ($J=2-1$) (а) и ^{13}CO ($J=2-1$) (б) в источнике IRAS 17233-3606. Контуры проведены с шагом 4 К км/с (начальный уровень 4 К км/с) для молекулы $C^{18}O$ и с шагом 20 К км/с (начальный уровень 10 К км/с) для молекулы ^{13}CO

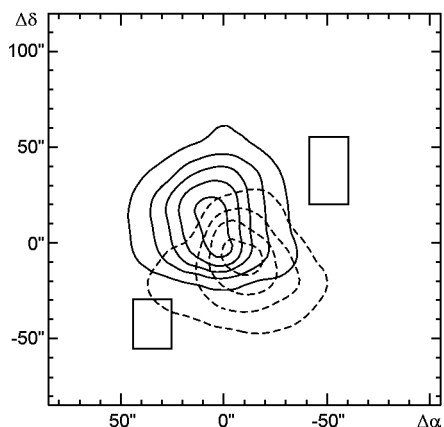


Рис. 2. Карты интегрального синесмещенного и красносмещенного компонентов излучения линии молекулы $C^{18}O(J=2-1)$. Диапазон скоростей составляет $-12...-5.7$ км/с для синесмещенного компонента и $-0.1...5$ км/с для красносмещенного компонента. Прямоугольниками показаны области, используемые для определения центральной скорости неподвижного облака. Контуры проведены с шагом 1 К км/с (начальный уровень 1 К км/с)

ность на рис. 1 как вращение, то ось этого вращения окажется перпендикулярной к оси биполярного потока ^{12}CO . Кроме этого, в данной работе не рассматривается диапазон скоростей непосредственно вблизи центральной скорости окружающего облака (ближе 1 км/с). Маловероятно, что на значительных расстояниях от центра потока (карта охватывает десятки тысяч астрономических единиц), будет проявляться вращение с столь значительными скоростями.

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БИПОЛЯРНОГО ПОТОКА

Сравнение спектров из синесмещенного и красносмещенного компонентов потока показывает, что в данном объекте весь спектр излучения сдвинут вдоль оси потока. Для расчетов параметров низкоскоростной части биполярного потока применялся соответствующий метод расчета параметров низкоскоростной части биполярных потоков (МНСБП) [1], который учитывает такой сдвиг. В методе выделяются вклады неподвижного стационарного облака и биполярного потока и определяются их спектры. По найденным спектрам определяются нижний предел характеристик биполярного потока. В данной работе расчет проводится по линиям молекул $^{13}CO(J=2-1)$ и $C^{18}O(J=2-1)$.

В методе МНСБП необходимо определить центральную скорость стационарного облака. Эта скорость определялась по спектрам излучения линии молекулы $C^{18}O$. Для определения центральной скорости неподвижного облака выбраны две прямоугольные области, где нет излучения красносмещенного и синесмещенного компонентов потока (рис. 2):

$$25 \quad 45, - \quad -30$$

и

$$-60 \quad -40, \quad 55^\circ.$$

В пределах этих областей спектры линии молекулы $C^{18}O$ были аппроксимированы гауссианой. Усредненное по результатам аппроксимаций значение средней скорости стационарного облака составило $V_0 = -2.8$ км/с.

В центральной части источника IRAS 17233-3606 на некоторых позициях, лежащих вблизи центра потока, наблюдается эффект самообращения спектров. Эффект проявлялся как в линии молекулы $C^{18}O$, так и ^{13}CO . Анализ спектров показал, что эффект самообращения проявляется в пределах лучевых скоростей $-3.5...-1.5$ км/с для линии $C^{18}O$ и $-4.5...-0.5$ км/с для линии ^{13}CO . Метод МНСБП не учитывает этот эффект, поэтому соответствующие части спектра исключены из расчетов. Расчет параметров биполярного потока проводился по линии $J = 2-1$ молекулы $C^{18}O$ в диапазонах скоростей $-10...-3.5$ км/с (синесмещенный компонент) и $-1.5...5$ км/с (красносмещенный компонент); а также по линии $J = 2-1$ молекулы ^{13}CO в диапазонах скоростей $-20...-10$ км/с (синесмещенный компонент) и $5...10$ км/с (красносмещенный компонент).

Таким образом, в данной работе биполярный поток анализируется в диапазонах лучевых скоростей $-20...-3.5$ км/с и $-1.5...10$ км/с.

Отношение концентраций молекул H_2 к ^{13}CO и к $C^{18}O$ вычислялось согласно методике, изложенной в работе [13] с учетом галактоцентрического расстояния источника IRAS 17233-3606 [7]. Получены значения

$$\begin{aligned} n(H_2) / n(C^{18}O) &= 53.3 \cdot 10^5, \\ n(H_2) / n(^{13}CO) &= 8.9 \cdot 10^5, \\ n(^{13}CO) / n(C^{18}O) &= 6. \end{aligned}$$

При расчете параметров биполярного потока не делалась коррекция на наклон оси биполярного потока к лучу зрения. Температура возбуждения молекул ^{13}CO и $C^{18}O$ предполагалась равной 50 К [12].

Масса ядра молекулярного облака определялась по излучению молекулы $C^{18}O$. Следует отметить, что вследствие эффекта самообращения в центре линии масса ядра облака недооценена, и найденное значение представляет собой нижний предел массы.

УЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ

Учет оптической толщины проводился по методике, изложенной в работе [8]. В данной работе эта методика применена для молекул $^{13}CO(J=2-1)$ и $C^{18}O(J=2-1)$. Диапазоны лучевых скоростей, где проводился поиск, ограничивались, с одной стороны, наличием излучения линии $C^{18}O$ (максимальные пределы), а с другой — отсутствием эффекта самообращения спектра линии ^{13}CO (минимальные пределы). В этих диапазонах ($10...-4.5$ км/с, $-0.5...5$ км/с) отношение интенсивностей излучения линий $T_{mb}(^{13}CO)$ и $T_{mb}(C^{18}O)$ усредненных красносмещенных и синесмещенных компонентов близко к 5. Оптические толщины линий ^{13}CO и $C^{18}O$ рассчитывалась из соотношений

$$\begin{aligned} T_{mb}(^{13}CO) / T_{mb}(C^{18}O) &= 1 \exp(\tau_{^{13}CO}) / \exp(\tau_{C^{18}O}), \\ n(^{13}CO) / n(C^{18}O) &= \tau_{^{13}CO} / \tau_{C^{18}O}. \end{aligned}$$

Таблица 1. Оптические толщины линий ^{13}CO и C^{18}O в диапазоне лучевых скоростей $-10\dots-4.5$ км/с, $-0.5\dots 5$ км/с

Молекула		$\tau / (1 - \exp(-\tau))$
C^{18}O	0.077	1.04
^{13}CO	0.46	1.25

Найденные значения оптических толщин, а также корректирующие множители для учета эффекта оптической толщины представлены в табл. 1.

Массы биполярного потока в данном диапазоне скоростей, рассчитанные по молекулам C^{18}O и ^{13}CO , ($120M_{\odot}$ и $130M_{\odot}$), как и должно быть, практически совпадают.

Полученное значение оптической толщины $\tau_{^{13}\text{CO}} = 0.46$ превышает аналогичное значение 0.3, полученное в более высокоскоростном диапазоне лучевых скоростей [11], что также ожидаемо.

В дальнейшем коррекция на оптическую толщину использовалась для расчетов параметров биполярного потока в линии молекулы C^{18}O . Анализ в линии ^{13}CO проводился в более высокоскоростном диапазоне, где линия ^{13}CO считалась оптически тонкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА БИПОЛЯРНОГО ПОТОКА

На рис. 3 показаны карты распределения интегральной интенсивностей красносмещенного (пунктирная линия) и синесмещенного (сплошная линия) компонентов биполярного потока в области IRAS 17233-3606 в линии $J = 2-1$ молекулы C^{18}O , полученные интегрированием профиля наблюдаемых линий по фиксированным пределам (рис. 3, а) и с помощью метода МНСБП (рис. 3, б). Фоновым серым цветом показано распределение рассчитанной интегральной интенсивности молекулярного облака (рис. 3, а) и стационарного облака (рис. 3, б).

Метод МНСБП исключает вклад излучения стационарного облака в рассчитанные спектры потока, в результате чего на рис. 3, б красносмещенный и синесмещенный компоненты потока разделены. Стационарное облако вытянуто перпендикулярно к направлению потока и занимает значительную часть молекулярного облака. В направлении потока значительная часть вещества сметена и участвует в биполярном движении. Из рис. 3, б видно, что значительная часть вещества, находящегося в потоке, покинула плотное ядро молодого звездного объекта и распространяется в среде с относительно низкой плотностью.

На рис. 4 показана карта распределения интегральной интенсивностей красносмещенного (пунктирная линия) и синесмещенного (сплошная линия) компонентов биполярного потока в области IRAS

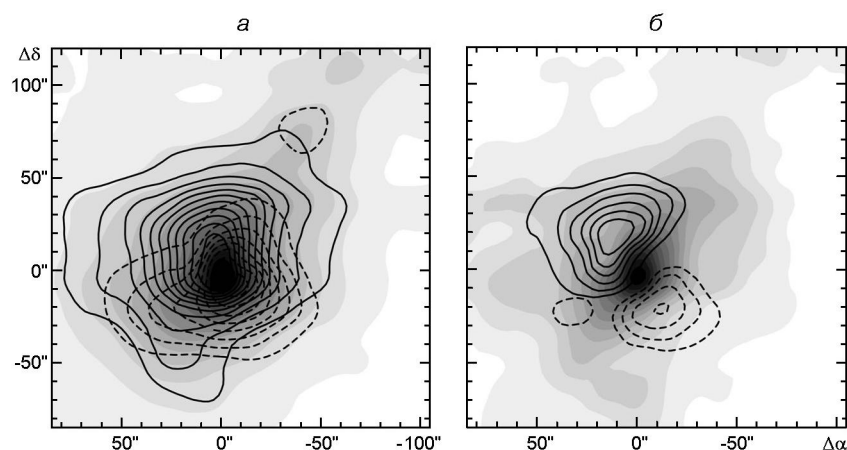


Рис. 3. Карты распределения интегральных интенсивностей красномещенного и синемещенного компонентов биполярного потока в объекте G351.78-0.54 в линии $J = 2-1$ молекулы $C^{18}O$, полученные интегрированием профиля наблюдаемых линий по фиксированным пределам (а) и с помощью метода МНСБП (б). Серым цветом показано распределение рассчитанной интегральной интенсивности молекулярного облака (а) и стационарного облака (б). Контуры проведены с шагом 4 К км/с (начальный уровень 4 К км/с) для интегральной интенсивности молекулярного и стационарного облака и с шагом 2 К км/с (начальный уровень 4 К км/с) для биполярного потока $C^{18}O$

17233-3606 в линии $J = 2-1$ молекулы ^{13}CO , полученные помощью метода МНСБП. Сравнение карт низкоскоростной части потока (рис. 3, 4) и высокоскоростной части (рис. 2 [12], рис. 3 [11]) показывает, что направление распространения низкоскоростной части потока близко к направлению его высокоскоростной части. Также нужно отметить, что низкоскоростные компоненты занимают большую площадь на небесной сфере, чем высокоскоростные.

Результаты расчетов параметров низкоскоростной части потока биполярного потока и ядра молекулярного облака приведены в табл. 2. Различие параметров потока, определенных по молекулам ^{13}CO и $C^{18}O$, объясняется разными диапазонами скоростей, в которых проводился расчет. Сравнение массы низкоскоростной части потока, полученной в данной работе (сумма масс потока, определенных по молекулам ^{13}CO и $C^{18}O$ в табл. 2), с массой более высокоскоростных компонентов ($\sim 3M_{\odot}$ [11] и $42.4M_{\odot}$ [10]) показывает, что масса потока увеличивается по мере приближения анализируемого диапазона к центральной скорости. Общая масса потока составляет 24 % от массы ядра молекулярного облака.

Расчет турбулентной энергии и энергии связи ядра молекулярного облака производился по методике [4]. Из табл. 2 видно, что суммарная энергия высокоскоростной ($6 \cdot 10^{39}$ Дж данные приведены в [11]) и низкоскоростной частей ($1.8...2.1 \cdot 10^{39}$ Дж) биполярного потока сравнима с турбулентной кинетической энергией ядра молекулярного облака.

Таким образом, этот поток обладает потенциалом, чтобы стать мощным источником энергии для турбулентных движений в молекулярном облаке.

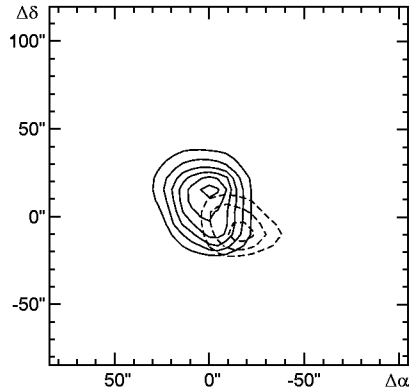


Рис. 4. Карта распределения интегральных интенсивностей красносмещенного и синесмещенного компонентов биполярного потока в объекте IRAS 17233-3606 в линии $J = 2-1$ молекулы ^{13}CO . Контуры проведены с шагом 2 К км/с (начальный уровень 4 К км/с)

Таблица 2. Параметры низкоскоростной части биполярного потока в источнике IRAS 17233-3606

Параметр	C^{18}O	^{13}CO
Диапазоны скоростей, в которых проводился расчет параметров биполярного потока, км/с	-10...-3.5 -1.5...5	-20...-10 5...10
Масса ядра молекулярного облака, M / M_{\odot}	721	
Масса биполярного потока, M / M_{\odot}	156	17
Импульс биполярного потока, (M / M_{\odot}) км/с	490	185
Энергия биполярного потока, 10^{39} Дж	1.8	2.1
Турбулентная кинетическая энергия ядра молекулярного облака, 10^{39} Дж	4.4	
Энергия связи ядра молекулярного облака, 10^{39} Дж	8.8	

Энергия биполярного потока сравнима с энергией связи ядра молекулярного облака. Соотношение этих энергий указывает на то, что биполярный поток имеет потенциальную возможность рассеять в будущем ядро родительского молекулярного облака. Плотное ядро облака подвергается существенному воздействию потока, что отражается на его форме (рис. 3, б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Картографирование области звездообразования большой массы IRAS 17233-3606 в линиях молекулы $^{13}\text{CO}(J = 2-1)$ и $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ показало, что данный объект в этих линиях обладает ярко выраженной биполярной структурой, проявляющейся в систематическом сдвиге профиля линии при изменении расстояния от центра потока. Эта биполярность интерпретируется нами как низкоскоростная часть биполярного потока. Для анализа параметров потока был применен метод МНСБП, который позволяет разделить вклады молекулярного потока и неподвижного окружающего облака.

Показано, что направление распространения низкоскоростной части потока близко к направлению его высокоскоростной части. Область пространства, занимаемая высокоскоростной частью потока су-

щественно меньше области, занимаемой низкоскоростной частью. Показано, что масса низкоскоростной части потока более чем 50 раз больше массы его высокоскоростной части, а их энергии сравнимы. Энергия молекулярного потока сравнима с турбулентной энергией и энергией связи ядра молекулярного облака.

Данные исследования были выполнены в рамках НИР «Исследования звездообразования в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн» (№ госрегистрации 0115U004230), «Исследование кинематики и пространственного распределения молекулярного вещества в областях активного звездообразования» (№ госрегистрации 0112U000035), а также поддерживались грантом РФФИ (№ 14-02-90441).

1. *Antyufeyev A., Shulga V.* Bipolar outflow in the vicinity of IRAS 05345+3157 in ¹³CO line // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—2011.—**27**, N 6.—P. 282—290.
2. *Antyufeyev A., Shulga V.* Bipolar molecular outflows in the star forming region IRAS 22267+6244 // *Radio Phys. and Radio Astron.*—2012.—**3**, N 1.—P. 27—32.
3. *Antyufeyev A., Shulga V.* Method for calculating low-velocity bipolar outflow parameters in massive star formation regions // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—2014.—**30**, N 3.—P. 137—146.
4. *Arce H., Goodman A.* The episodic, precessing giant molecular outflow from IRAS 04239+2436 (HH 300) // *Astrophys. J.*—2001.—**554**, N 1.—P. 132—151.
5. *Arce H., Shepherd D., Gueth F., et al.* Molecular outflows in low- and high-mass star-forming regions // *Protostars and planets V.*—2007.—P. 245—260.
6. *Bonnell I., Bate M., Zinnecker H.* On the formation of massive stars // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1998.—**298**.—P. 93—102.
7. *Chin Y., Henkel C., Whiteoak J., et al.* Interstellar sulfur isotopes and stellar oxygen burning // *Astron. and Astrophys.*—1996.—**305**.—P. 960—969.
8. *Garden R., Hayashi M., Hasegawa T., et al.* A spectroscopic study of the DR 21 outflow source. III - The CO line emission // *Astrophys. J.*—1991.—**374**.—P. 540—554.
9. *Güsten R., Nyman L., Schilke P., et al.* The Atacama Pathfinder EXperiment (APEX) — a new submillimeter facility for southern skies // *Astron. and Astrophys.*—2006.—**454**.—P. 13—16.
10. *Klaassen P., Johnston K., Leurini S., Zapata L.* The SiO outflow from IRAS 17233-3606 at high resolution // *Astron. and Astrophys.*—2015.—**575**.—P. A54.
11. *Leurini S., Codella C., Zapata L., et al.* Extremely high velocity gas from the massive young stellar objects in IRAS 17233-3606 // *Astron. and Astrophys.*—2009.—**507**.—P. 1443—1454.
12. *Leurini S., Hieret C., Thorwirth S., et al.* High-mass star formation in the IRAS 17233-3606 region: a new nearby and bright hot core in the southern sky // *Astron. and Astrophys.*—2008.—**485**.—P. 167—175.
13. *Liu T., Wu Y., Zhang H.* Gaseous CO abundance — an evolutionary tracer for molecular clouds // *Astrophys. J. Lett.*—2013.—**775**.—P. L2.
14. *Tafalla M., Myers P.* Velocity shifts in L1228: the disruption of a core by an outflow // *Astrophys. J.*—1997.—**491**, N 2.—P. 653—662.
15. *Zinchenko I.* Statistics of high-velocity outflows in regions of massive star formation // *Astron. Lett.*—2002.—**28**.—P. 316—323.

Статья поступила в редакцию 01.12.15