

ОТЗЫВ
на автореферат и диссертацию Рябухиной Ольги Леонидовны
"Исследование молекулярных волокон в областях звездообразования",
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.1 – физика космоса, астрономия.

В последние десятилетия стало известно, что молекулярные облака имеют волокнистую структуру. Волокна содержат основную массу плотного газа и оказывают большое влияние на образование звезд. Поэтому изучение волокон является неотъемлемой частью изучения процесса звездообразования. Существенный шаг в данном направлении сделан в представленной диссертации. В работе проведено тщательное изучение волокон WB 673 и G351.78-0.54, расположенных в двух гигантских молекулярных облаках нашей Галактики.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении дается краткий обзор имеющихся сведений по физике межзвездной среды, гигантским молекулярным облакам, волокнам и звездообразованию. В первой главе описаны исследуемые объекты, описан процесс наблюдений и методы, применяющиеся при анализе данных и определении параметров источников. Во второй главе приводятся полученные карты исследуемых объектов в линиях различных молекул и определенные автором физические параметры молекулярных сгустков, а также лучевые концентрации и обилия различных молекул. Кроме того, рассматривается кинематика и динамика волокна G351.78-0.54. В третьей главе приводятся результаты астрохимического моделирования плотных сгустков волокна WB 673.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Результаты работы являются оригинальными и достоверными. Научная новизна диссертации заключается в том, что:

- Впервые проведены наблюдения линий аммиака, окиси углерода и ряда других молекул в волокне WB 673; построены карты волокна в этих линиях, а также карты лучевых концентраций и обилий наблюдавшихся молекул.
- Впервые определены температура газа и концентрация водорода в направлении плотных сгустков волокна WB 673.
- Впервые определена температура газа по линиям молекулы CH₃CH в волокне G351.78-0.54.
- Впервые получен химический возраст плотных сгустков волокна WB 673.

Результаты показывают, что О.Л. Рябухина глубоко изучила аналитические методы определения параметров молекулярных облаков, а также освоила

основы астрохимического моделирования. Это позволило провести работу на высоком профессиональном уровне. Основные результаты работы вполне надежны и достоверны, так как базируются на хорошо проверенных методах определения параметров межзвездной среды. Тем не менее, работа не свободна от некоторых недостатков, основными из которых представляются следующие:

Метод определения плотности газа представляется не слишком хорошим. Она определяется по линии аммиака (1,1) с помощью уравнения 1.13. В это уравнение в знаменатель входит разность Рэлей-Джинсовских эквивалентов кинетической температуры и температуры возбуждения перехода. Между тем критическая плотность перехода составляет всего порядка 2000 молекул H_2 в кубическом сантиметре, и даже при значениях плотности порядка 10^4 см⁻³, которые получены в результате, температура возбуждения будет близка к кинетической. Разность температур будет маленькой, и погрешности в определении температур, которые практически неизбежны, могут оказаться сравнимыми с этой разностью и будут приводить к существенным ошибкам определения плотности. Полученные значения можно было бы проверить, зная лучевую концентрацию водорода и размеры источников. Можно также было бы определить плотность по линиям метанола или по линиям других молекул, обладающих сверхтонкой структурой. Однако подобной проверки сделано не было.

Есть ряд более мелких замечаний. Например, уравнение 1.2 на стр. 28 без скобок вокруг показателей степени выглядит несколько странно. В уравнении 1.3 записаны температуры T_{ex} и T_{bg} , а должны быть их Рэлей – Джинсовские эквиваленты, как в уравнении 1.4 и последующих.

На Рис. 1.1 показаны сгустки G173.57+2.43, S233-IR, WB 673 и WB 668, которые образуют волокно. Однако на рисунке это волокно незаметно. Хорошо было бы привести другую карту, например, в линиях CS, на которой было бы хорошо видно, что сгустки входят в состав волокна.

В таблице 2 среди обнаруженных линий метанола указана только одна. Почему? Ведь на частотах вблизи 96740 МГц есть серия линий метанола; три линии этой серии показаны на Рис. 2.4.

На стр. 25 подробно обсуждается провал в линиях ^{13}CO и $C^{18}O$ на скорости -3.6 км/с, который возникает из-за излучения в референтной позиции. Но провал на такой скорости далеко выходит за пределы профиля линии и не должен оказывать влияние на ее параметры. Возможно, -3.6 км/с это не скорость, на которой виден провал, а скорость относительно пиков линий ^{13}CO и $C^{18}O$, но из текста этого не видно. Это же касается провалов на -7 и -20 км/с, упомянутых далее.

На стр. 38 написано: "В сгустке WB 673 пики N (CS), N (CO), N (N₂H +), N (HCN) и N (HNC) находятся в центральной части сгустка, также виден

вторичный максимум N (CO) в северо-восточной части сгустка, где расположены ИК-источники.” Я на приведенных картах вторичный максимум заметить не смог, по моему, просто размеры источника в линиях CO заметно больше, чем в линиях других молекул. Наверное, он все-таки есть, но слабый, и надо было бы его как-нибудь выделить.

Далее на стр. 38 написано: “Ошибка определения лучевых концентраций молекул не превышает 10%, ошибка определения обилий – 50%.” Надеюсь, автор понимает, что гарантировать столь высокую точность при необходимости делать множество предположений в процессе определения лучевых концентраций невозможно, и 10-процентная погрешность связана, например, с погрешностью определения яркостной температуры линии. Это надо было уточнить. Аналогичное замечание можно сделать по поводу погрешности лучевой концентрации C¹⁸O на странице 53.

На стр. 48 указано, что средние по периферийным сгусткам значения оптической толщи линии аммиака (1,1) достигают величины 1.8. Между тем, согласно Таблице 10 значения оптической толщи в центрах этих сгустков составляют 1.4 и 0.8, а интегральная интенсивность линии к краям сгустков падает, согласно рисунку 2.5. Падение интегральной интенсивности плохо сочетается с повышением оптической толщи. Хотелось бы иметь пояснение, за счет чего средние значения оптической толщи могут быть такими большими, а также, как вообще определялась оптическая толща в тех случаях, когда сверхтонкие компоненты не видны?

Непонятно, что обозначают белые пиксели на рисунке 2.8, в частности, на картах, показывающих распределение температуры. То, что параметр невозможно определить из-за слабости линий аммиака? Если это так, то насколько можно доверять выводу о повышению температуры в оболочке G173.57, где обилие белых пикселей наводит на мысль о том, что температура в данной области определяется ненадежно?

Есть некоторая небрежность в формулировках и определениях. Например, на стр. 28 в пояснениях к уравнению 1.5 написано:

μ - дипольный матричный момент. Что имеется в виду: матричный момент перехода или перманентный дипольный момент?

Там же:

g_J – статистический вес. Статистический вес чего?

Далее приводится формула для расчета статсуммы: $Q_{rot} = (kT)/(hB) + 1/3$. Какая температура берется при расчетах? Температура возбуждения, кинетическая или еще какая-нибудь?

Заголовок таблицы 8 гласит: “Линии, отождествленные в центральном сгустке WB 673”. Названия линий как раз отсутствуют, приведены только названия

молекул. Кроме того, есть три молекулы: HCN, N₂H⁺ и CH₃OH, для каждой из которых приводятся параметры трех линий. Однако лучевые скорости линий даны, вероятно, относительно одной и той же центральной частоты для каждой молекулы и имеют разные значения, что может ввести читателя в заблуждение.

Есть забавные мелкие погрешности. Например, на странице 24 написано, что наблюдения аммиака проводились с помощью приемника диаметром 1.3 см.

Список погрешностей можно было бы продолжить, но они связаны главным образом со стилем изложения, не влияют на основные выводы и не снижают общей высокой оценки диссертации.

Диссертационная работа О.Л. Рябухиной «Исследование молекулярных волокон в областях звездообразования» представляет собой несомненный шаг вперед в области исследования волокон в молекулярных облаках. Она удовлетворяет требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия, а ее автор, Рябухина Ольга Леонидовна, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области радиоастрономии и исследования процесса звездообразования как в России, так и за рубежом и могут быть использованы в ФИАН, ГАИШ МГУ, ИНАСАН, УрГУ, РГГУ, ФТИ им. Иоффе и ряде других астрономических учреждений. Результаты исследований опубликованы в журналах, перечень которых утвержден ВАК; автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент
доктор физ-мат наук
01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия
ст. н. сотр. Астрокосмического центра
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53
kalensky@asc.rssi.ru
+7(905)5343442

Подпись С.В. Каленского заверяю:
учёный секретарь ФИАН им. П.Н. Лебедева
канд.физ-мат наук.

 С.В. Каленский



А.В. Колобов