

ОТЗЫВ

официального оппонента **Гварамдзе Василия Васильевича**
на диссертацию **Топчиевой Анастасии Павловны** "Морфология и эволюция инфракрасных
кольцевых туманностей вокруг областей ионизованного водорода", представленную на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

Современные инфракрасные (ИК) телескопы (Spitzer, WISE, Herschel) позволили получать изображения областей звездообразования в нашей Галактике с небывалыми до того чувствительностью и угловым разрешением. Огромный массив наблюдательных данных, полученных этими телескопами, находится в открытом доступе, но все еще остается не до конца изученным. Анализ этого массива данных представляет собой актуальную задачу, так как имеется возможность составлять большие выборки однородных по своей природе объектов, необходимые для определения общих свойств этих объектов, а также для выявления корреляций между теми или иными их параметрами. В частности, ИК-изображения плоскости Галактики, где находится основная часть областей звездообразования, позволили разрешить огромное количество областей Н II, образованных ионизирующим излучением массивных звезд. Исследование областей Н II дает важную информацию о процессе звездообразования в нашей Галактике, об ионизирующем излучении и звездном ветре молодых массивных звезд, о физических параметрах межзвездной среды и ее пылевой компоненты, о взаимодействии массивных звезд с окружающей средой, а также о происхождении и ранней эволюции самих массивных звезд.

Хотя большинство областей Н II имеет неправильную форму (что связано с неоднородностью молекулярных облаков и межзвездной среды), существует значительное количество изолированных, более-менее симметричных областей Н II, чью кольцевую или частично кольцевую структуру можно достаточно хорошо описать в рамках одномерных моделей. Изучению таких областей Н II и посвящена диссертация А.П. Топчиевой. Соискателем использован комплексный подход к исследованию большой выборки кольцевых Н II областей, основанный на определении их морфологических характеристик, измерении потоков ИК- и радиоизлучения от этих объектов, определении их спектральных индексов в различных диапазонах длин волн и измерении потоков УФ-фотонов от центральных звезд изучаемых областей Н II.

Выявленные в диссертации корреляции между параметрами областей Н II могут быть использованы для выяснения эволюционной связи между различными типами этих объектов, а также для оценки правдоподобности тех или иных численных моделей. Это делает проведенную соискателем работу своевременной и актуальной, так как существующие наблюдательные данные современных ИК-телескопов востребованы многочисленными группами ученых, занимающихся моделированием областей Н II, а используемые ими продвинутые численные модели нуждаются в критериях, определяющих их достоверность.

Научная новизна диссертации заключается в следующем: 1) составлена представительная выборка кольцевых ИК-туманностей, чья структура может быть описана одномерными гидродинамическими моделями расширяющихся областей Н II; 2) разработана автоматическая процедура определения основных морфологических характеристик отобранных ИК-туманностей; 3) показано, что для определения температуры пыли в ИК-туманностях больше подходят данные наблюдений на длинах волн 70 и 160 мкм, тогда как использование изображений на более коротких длинах волн может приводить к неверному результату из-за эффекта стохастического нагрева мелких пылинок и ПАУ (этот результат представляется особенно интересным, так как в литературе для определения температуры

пыли в околозвездных оболочках вокруг массивных звезд часто используются данные ИК-телескопов Spitzer и WISE на длинах волн 24 и 22 мкм соответственно); 4) показано, что ПАУ могут образовываться из-за разрушения крупных частиц пыли; 5) определены потоки УФ-фотонов от центральных звезд для значительной части объектов выборки. Последние три результата имеют практическую ценность для определения параметров пылинок, ответственных за ИК-излучение областей Н II, для исследования эволюции различных компонент пыли под действием излучения и ветра центральных звезд областей Н II, а также могут найти применение при исследовании областей звездообразования в галактиках местной группы. Результаты диссертации могут также использоваться для исследования структуры и эволюции околозвездных и межзвездных ИК-оболочек, образованных различными типами звезд, таких как LBV-звезды, звезды Вольфа-Райе, «убегающие» звезды и звезды на асимптотической ветви гигантов.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечена их сравнением с результатами численного моделирования и данными других авторов, а также апробацией на многочисленных конференциях. В целом, диссертация А.П. Топчиевой представляет собой законченный научный труд, демонстрирующий способность соискателя к самостоятельной работе, а также к поставке и успешному решению новых научных задач. Однако, как и всякая большая проделанная работа, данная диссертация не без огрехов.

Замечания по научной части диссертации:

На стр. 7 сказано, что излучение на 24 мкм «обычно объясняется тепловым излучением пыли, так как в этом диапазоне нет сильных молекулярных линий». Это не совсем верно, так как в излучение на длине волны 24 мкм могут давать вклад запрещенные линии [Ne V] 24.32 мкм и [O IV] 25.89 мкм (см., например, Flagey et al. 2011, ApJ, 741, 4).

На стр. 26 сказано, что «контролировалось отсутствие излучения в линии Нальфа», но нет ни слова о том, как это было сделано. Можно только предполагать, что для этого использовались доступные обзоры неба в этой линии.

На стр. 35 высказано предположение, что «различные относительные размеры колец (центральных пиков) на 24 мкм в различных объектах являются отражением различий возраста». Но размеры этих «колец» могут также определяться и количеством массивных звезд, содержащихся внутри области Н II.

На стр. 37 сделано утверждение, что «свидетельством в пользу оболочечной структуры по крайней мере некоторых объектов можно считать отсутствие эмиссии в Нальфа». Но так как большинство из исследуемых областей Н II находится вблизи от галактической плоскости, то отсутствие видимого излучения в линии Нальфа может быть просто вызвано межзвездным поглощением.

В главе 3 при определении спектрального типа центральных звезд областей Н II предполагалось, что внутри каждой области Н II имеется только один источник ионизации, тогда как на стр. 5 диссертации и в автореферате справедливо отмечено, что области Н II могут содержать несколько массивных звезд (т. е. звездное скопление).

Для определения спектрального типа центральных звезд использовались калибровки из работ Vacca et al. (1996) и Smith et al. (2002). Однако, как было показано Martins et al. (2005, A&A, 436, 1049), приведенные в этих работах потоки УФ-фотонов могут быть завышены в разы.

Из рис. 3.5 диссертации «видно, что при фиксированном значении эффективной температуры ионизирующей звезды явная корреляция между потоком и размером области отсутствует». Из этого сделан вывод, что увеличение размера области H II не приводит к увеличению «массы оболочки за счет нагреваемого вещества окружающего молекулярного облака» и что это связано с неоднородным распределением газа вокруг оболочек, препятствующим существенному росту массы оболочки. Однако поток излучения от оболочки определяется не только эффективной температурой центральной звезды и массой оболочки, но и температурой пыли, которая уменьшается с расширением области H II (с удалением оболочки от центральной звезды). Кроме того, масса оболочки зависит не только от ее размера, но и от плотности окружающей среды. Очевидно, что эта плотность может быть разной для разных объектов.

Замечания по оформлению:

В диссертации встречаются неудачные и неясные формулировки, а также опечатки и описки.

Некоторые неудачные формулировки:

стр. 4: «яркое ультрафиолетовое (УФ) излучение»

стр. 5: «Не исключено, что все эти объекты представляют собой этапы единого процесса»

стр. 9: «объект, который на первый взгляд выглядит как одномерный идеальный пузырь»

стр. 10: «Изучение ИККТ заключается в исследовании морфологии, размеров, плотности и потоков излучения на различных длинах волн»

стр. 14: «обладающих примерной сферической симметрией»

стр. 15: «Соискатель в равной участвовал в постановке задач»

стр. 17: «Всероссийская конференция 59 научная конференция МФТИ»

стр. 25: «камерах телескопа Spitzer IRAC [49] и MIPS [50]» Правильнее было бы сказать: камерах IRAC [49] и MIPS [50] телескопа Spitzer.

подпись к рисунку 1.2: «Зеленый цвет на средней и правой панелях -- результат вписывания эллипсов на 24 и 70 мкм, соответственно (одним цветом для разных длин волн).»

стр. 40: «конволюция результатов наблюдений не проводилась, так как нам необходимо было сохранить структуру кольца и внутренней части объекта для более четко прослеживания структуры» Что здесь имелось в виду становится понятным только после прочтения стр. 49, на которой сказано, что «карты излучения во всех диапазонах длин волн приводились к одному разрешению».

стр. 43: «точки на рис. 2.3 лежат выше диагональной линии» На этом рисунке, однако, имеется только горизонтальная линия. Эта же линия на стр. 44 называется «черной».

стр. 47: «поле излучения рассматриваемой области состоит из двух компонент: минимальное поле излучения с интенсивностью U_{\min} и повышенное поле излучения»

стр. 69: «по форме близки к одномерным сферам»

подпись к рис. 3.7: «от нуля до внешней границы наблюдательных данных ИККТ»

Некоторые опечатки:

подпись к рис. 0.1: «VLT» (должно быть «VLA»)

стр. 33: «так и на 24 мкм» (должно быть «так и на 70 мкм»)

стр. 56: «IRS» (должно быть «IRSA»)

Тем не менее указанные огрехи не умаляют значимости диссертационного исследования, результаты которого опубликованы в рецензируемых научных журналах и отвечают всем требованиям, установленным ВАК России. Автореферат полно отражает содержание диссертации, а ее автор -- Топчиева А.П. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 -- астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент --
кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
Отдела физики эмиссионных звезд и галактик
Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

119234, г. Москва, Университетский проспект, д. 13
тел. (+7) 963-640-0411
email: vgvaram@mx.iki.rssi.ru



(В.В. Гварамдзе)

27 августа 2020 г.

Подпись В.В. Гварамдзе удостоверяю:

Нотариус отдела юрисконсульта:



Л. Н. Нотисова