

ОТЗЫВ

**научного консультанта о диссертации Ксении Ильдаровны
Смирновой «Области звездообразования в спиральных и
иррегулярных галактиках и в галактиках с особенностями
морфологии», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02
— астрофизика и звездная астрономия**

Исследования процессов звездообразования являются одной из актуальнейших областей современной астрофизики. Постоянное совершенствование наземных и космических инструментов позволяет получать всё более детальные наблюдательные данные об областях звездообразования в галактиках различных морфологических типов. Однако интерпретация этих наблюдений в контексте теории звездообразования сталкивается с фундаментальной проблемой: движение и физические характеристики вещества в областях звездообразования, которые можно было бы непосредственно сопоставлять с результатами (магнито)газодинамического моделирования, связаны практически исключительно с молекулярным водородом, прямое наблюдение которого невозможно.

С другой стороны, нам доступны различные косвенные индикаторы плотного газа и проходящего в нём звездообразования. Это в первую очередь наблюдения излучения молекул CO, а также наблюдения излучения пылевых частиц различных видов. Предполагается, что в дальнем инфракрасном (ИК) и субмиллиметровом диапазонах мы наблюдаем излучение крупных пылевых частиц, тогда как в ближнем и среднем ИК диапазонах мы наблюдаем излучение мелких пылинок, в том числе, так называемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Поскольку излучение ПАУ стимулируется поглощением ультрафиолетовых (УФ) фотонов,

преимущественно генерируемых молодыми массивными звёздами, оно считается индикатором темпа звездообразования. К этим источникам излучения добавляются эмиссия в линии $\text{H}\alpha$ и в линии атомарного водорода на длине волны 21 см.

В настоящее время благодаря многочисленным обзорам, выполненным как на наземных, так и на космических телескопах, накоплен большой объём наблюдений во всех перечисленных диапазонах в областях и комплексах звездообразования как в «нормальных» галактиках различных морфологических типов, то есть в изолированных галактиках без явных признаков недавнего взаимодействия, так и в галактиках с различными особенностями строения (кольца, смещённые бары, другие виды асимметрии), возможно, являющимися признаками недавнего взаимодействия с другими системами.

Сопоставление параметров излучения различных компонентов во внегалактических областях звездообразования (ОЗО) позволяет исследовать особенности звездообразования в значительно более широком диапазоне физических условий (металличность, интенсивность поля УФ излучения и пр.), чем в нашей Галактике. Отдельная задача, также возникающая в данном контексте — исследование эволюции пыли в ОЗО. Ранние исследования показали, что процессы роста и разрушения пылевых частиц и частиц ПАУ протекают различно в областях с различными физическими параметрами, что может сказаться на возможности использования их излучения и в качестве индикатора темпа звездообразования, и в качестве индикатора наличия плотного газа.

Прояснить ситуацию может анализ и сопоставление доступных наблюдательных данных современных обзоров в широком наборе ОЗО, являющихся частью галактик с «нормальной» морфологией и с различными морфологическими особенностями, а также выявление связей между различными индикаторами и типом галактики, в которой они наблюдаются.

Именно этой проблематике и посвящена диссертационная работа К.И. Смирновой. В ней представлено комплексное исследование областей звездообразования в большом количестве галактик, для которых имеются перечисленные выше наблюдательные данные. Для анализа выбирались галактики, входящие в обзоры SINGS (коротковолновое излучение пыли), KINGFISH (длинноволновое излучение пыли), HERACLES (излучение CO) и THINGS (излучение атомарного водорода). В результате были выявлены различные закономерности, связывающие излучение пылевого и газового компонентов межзвёздного вещества, высказаны предположения о возможной связи этих закономерностей с эволюционными особенностями рассмотренных галактик.

Для решения этих задач К.И. Смирновой пришлось освоить работу с различными наблюдательными базами данных, разработать методики анализа наблюдательных результатов. Ею была проделана значительная работа по выделению ОЗО, оценке параметров их излучения в различных диапазонах, анализу полученного объёма информации.

Поскольку различные скрытые связи между параметрами могут более отчётливо проявляться в галактиках с морфологическими особенностями, важную часть диссертации составляет работа с каталогом галактик с полярными кольцами и определение их параметров. В диссертации отдельно анализируются ОЗО в галактике с полярным кольцом NGC 660, анализируются особенности ОЗО в кольце этой галактики и в её диске, высказаны предположения о возможных причинах различий в параметрах звездообразования в двух этих морфологических компонентах.

В ходе работы над диссертацией К.И. Смирнова продемонстрировала качества исследователя, способного вдумчиво, скрупулезно и всесторонне анализировать полученные результаты и делать выводы на их основе. Она продемонстрировала высокий уровень владения численными методами, умение работать с разнообразными наблюдательными данными.

По уровню и результатам проведенных исследований К.И. Смирнова безусловно достойна присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук.

19 июля 2022 г.

Научный консультант
Доктор физ.-мат. наук



Д.З. Вибе

Подпись Д.З. Вибе заверяю:

Ученый секретарь ИНАСАН
Катерина
Катерина

