

Отзыв официального оппонента о диссертационной работе К. И. Смирновой

“Области звездообразования в спиральных и иррегулярных галактиках  
и в галактиках с особенностями морфологии”,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Поиск основных закономерностей в физике превращения межзвездного газа в звезды, их общих черт и различий в галактиках разных типов представляет собой чрезвычайно важную для понимания этого фундаментального процесса задачу. Именно этому – исследованию особенностей эмиссионных свойств газа в областях ЗО спиральных и иррегулярных галактик с одной стороны, и галактик со следами приливных взаимодействий с другой, посвящена диссертационная работа К. И. Смирновой. Предмет исследования, особенно, когда речь идет о межзвездном газе в условиях галактик со следами приливных взаимодействий, сложен и запутан из-за того, что всякое такое взаимодействие индивидуально – ему соответствует предельно малый объем в фазовом пространстве начальных состояний, способных привести к определенной конфигурации приливной структуры. С этой точки зрения, поставленная в диссертации задача амбициозна и в таком виде никем ранее не ставилась. Это дает основания уверенно утверждать, что полученные в диссертации результаты **актуальны и новы** и будут, безусловно, востребованы.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Объем диссертации 107 стр., 29 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 129 наименований достаточно полон.

Во введении дается краткий обзор современных представлений о проблеме звездообразования в контексте основной задачи исследования и общая характеристика работы, формулируются цели исследования и методы его реализации, их новизна и актуальность, практическая значимость, описывается личный вклад соискателя и апробация результатов, формулируются основные положения, выносимые на защиту, приводится список публикаций по результатам диссертации.

В первой главе дается описание выборки областей ЗО в изолированных галактиках для исследования взаимосвязей между характеристиками заключенного в них атомарного, молекулярного газа и пыли. Вся выборка из 300 областей ЗО разделяется на две группы с низкой и высокой металличностью с тем, чтобы понять чувствительность исследуемых соотношений к металличности. Полученные в первой главе результаты используются в качестве объектов сравнения в последующих главах

для описания особенностей звездообразования в галактиках с полярными кольцами и со следами приливных взаимодействий. Описываются спектральные характеристики мелких пылинок, молекул полиароматических углеводородов и CO, чувствительности фактора конверсии CO→H<sub>2</sub> к внешним условиям, которые могут сильно различаться в галактиках, включенных в программу исследований. Формулируются подходы, которые предполагается использовать в исследовании.

Во второй главе, кроме ряда галактик с морфологическими особенностями, обусловленными возможными (приливными) взаимодействиями, в рассмотрение включается и галактика NGC 628 из каталога предыдущей главы в качестве галактики сравнения. Кратко описывается выборка известных галактик с полярными кольцами, одна из которых NGC 620 включается затем в анализ соотношений между эмиссиями, характеризующими области звездообразования в изолированных галактиках с таковыми для галактик с признаками взаимодействия в процессе эволюции: пекулярных и галактик с полярными кольцами. Выполнен анализ физических характеристик областей ЗО в сравнении с областями ЗО в галактике сравнения NGC 620: размеров, масс, потоков и дисперсий скоростей.

В третьей главе описывается выборка галактик с полярными кольцами для создания их каталога – ГПК, а также критерии отбора кандидатов для него. После отбора в ГПК вошло 275 галактик, для которых были найдены основные параметры, определяющие конфигурацию галактики с полярным кольцом (Таблица 3.1). Для галактик каталога рассчитаны основные статистические параметры их конфигураций (Рис. 3.2 – 3.5).

В заключении кратко формулируются основные результаты, полученные в диссертации.

Следует отметить, что сложность задачи предопределяет качественный, описательный характер. Это относится к результатам как первых двух глав, так и к третьей. Редкость галактик с полярными кольцами отражает тот факт, что область фазового пространства начальных условий для их формирования многократно меньше области начальных условий формирования “нормальных” галактик. В этом смысле каждая галактика с полярными кольцом особенна. В большей мере то же можно сказать и о межзвездной среде в областях ЗО таких галактик, если учесть диссипативный характер барионов с доминирующей ролью радиационных потерь.

В целом, постановка задач, используемые для их решения методы, полученные результаты убедительно демонстрируют высокий уровень квалификации автора,

соответствующий уровню кандидата физико-математических наук.

Есть несколько замечаний к стилистике изложения и точности формулировок:

1. стр. 29: из общих соображений непонятен выбор значения  $\log(O/H) + 12 = 7.9$  в качестве границы, разделяющей низкометаллические области от высокометаллических, если в качестве нормальной металличности принимать, как обычно, солнечное значение  $\log(O/H) + 12 \simeq 8.7$  (Asplund, 2009). Какие объекты предполагаются в этом выборе стандартом?

2. стр. 30: из общих соображений не кажется безусловным, что нижняя граница потока в СО будет одинакова для обеих групп галактик: с низкой и высокой металличностью. Поэтому уверенное утверждение автора о том, что этого логично ожидать “во втором случае” требует явного описания логики такого утверждения. Кроме этого, не очень понятно, к чему относится “второй случай” в начале этого утверждения.

3. стр. 36: выбор нормировки потоков на поток в линии 21 см атомарного водорода требует более детального количественного обоснования хотя бы потому, что соотношение между HI и HII в областях ЗО и в их окрестностях может испытывать сильные вариации, мало связанные пространственно с молекулярным газом и горячей пылью. Одним из аспектов такой связи – антикорреляции эмиссии HI и эмиссий молекулярного газа, обсуждается тремя страницами выше.

4. стр. 58: при обращении к рис. 2.9 и далее подчеркивается, что поверхностная яркость выражается в  $\text{Ян}/\text{м}^2$ . Это ошибочное утверждение, если только не недоразумение. По определению поверхностная яркость это плотность потока на единицу телесного угла с размерностью  $[\text{эрг см}^{-2} \text{с}^{-1} \text{ср}^{-1}]$  (Unsöld, 1967, The New Cosmos). Это, впрочем, не влияет на результат и следующие из него выводы, поскольку на рис. 2.9 потоки делятся на одну и ту же площадь.

5. стр. 67: вывод, который делается в первом абзаце о том, что ОЗО в кольце NGC 660 тусклее, чем в диске и содержит меньше пыли, кажется противоречащим аргументам последнего абзаца на стр. 65, на которых этот вывод, судя по всему, следует. Это запутывает всю логику раздела “Обсуждение”.

В тексте встречаются незначительные стилистические неточности, иногда сленг, например, как: “продвинутость звездообразования” на стр. 33, “с позиций возраста” там же, “перпендикулярно телу центральной галактики” на стр. 74,

Приведенные выше замечания носят в основном технический характер или касаются стилистики изложения и не умаляют значимости и практической ценности результатов, полученных в диссертации, никак не затрагивают основных её выводов и положений, выносимых на защиту. Автореферат диссертации соответствует её содержанию. Результаты, представленные в диссертации, выполнены на высоком научном уровне, являются **новыми, актуальными и практически важными**. Они могут быть использованы и уже используются в исследованиях, проводимых в области инфракрасной астрономии, физики галактик, физики и химии межзвездной среды в целом ряде научных и учебных организациях страны: АКЦ ФИАН, ИКИ РАН, ИПФ РАН, ГАИШ, ИНАСАН, ЮФУ, УрФУ. Все результаты **оригинальны** и опубликованы в научной печати в ведущих профессиональных журналах и **апробированы** на многочисленных российских и международных астрофизических конференциях и демонстрируют высокий профессиональный уровень её автора. Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор К.И. Смирнова безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 “Астрофизика и звездная астрономия”.

8 сентября 2022 г.

Доктор ф.-м. н., профессор,  
гл. научн. сотр., ФГБУН Астрокосмический Центр,  
Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН  
Щекинов Юрий Андреевич

Подпись Щекинова Ю.А. заверяю:

Ученый секретарь ФИАН

Кандидат физ.-мат. наук



Колобов А.В.