

УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Специальной
астрофизической обсерватории
Российской академии наук
канд. физ.-мат. наук Валивдин Г.

23 августа 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Смирновой Ксении Ильдаровны
«Области звездообразования в спиральных и иррегулярных галактиках и в галактиках с
особенностями морфологии» представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия.

Диссертационная работа Смирновой Ксении Ильдаровны посвящена изучению, областей звездообразования спиральных и иррегулярных галактик с разной морфологической структурой и металличностью на основе апертурной фотометрии в широком диапазоне длин волн, от ультрафиолета до инфракрасного диапазона и 21 см НI.

На основе архивных данных разных телескопов и результатов наблюдений на 6-м телескопе БТА САО РАН проведена апертурная фотометрия областей звездообразования и для многих длин волн измерена поверхностная яркость этих областей, что позволило автору сделать выводы о природе ИК излучения, массах пыли в изучаемых областях, соотношении атомарного и молекулярного водорода в разных по металличности галактиках и сделать предположение о возможной эволюции пылевой составляющей в областях звездообразования.

Основным направлением исследования автора является изучение зависимостей между составом областей звездообразования у разных по массе и структуре галактик и измеряемыми величинами потоков, главным образом в инфракрас

звездообразования является водород с примесью тяжелых элементов и пыль разного размера и химического состава.

Первая глава посвящена поиску корреляции между содержанием в областях звездообразования атомарного и молекулярного водорода и свойствами пылинок разных размеров и химического состава. Исходная выборка содержала 300 областей звездообразования в 11 галактиках разных масс и металличностей. На основе архивных данных телескопов VLA, IRAM, Гершеля и Спитцера проведена апертурная фотометрия областей звездообразования и вычислены соотношения величин ИК потоков для этих областей. Найдено, что связь между атомарным и молекулярным водородом различна для областей с высокой и низкой металличностью. Области с низкой металличностью содержат больше атомарного, но меньше молекулярного водорода и разного рода пыли, в том числе полиароматических углеводородов (ПАУ). Измерения также подтвердили, что вклад излучения 24 мкм в общую ИК светимость не зависит от металличности.

Во второй главе показано логическое продолжение в изучении областей звездообразования, но не в обычных "стандартных" галактиках, в тех галактиках, которые испытали разного рода взаимодействие с соседями. Найдены четыре пекулярные галактики, для которых в архивах есть необходимые результаты инфракрасных наблюдений и которые расположены относительно близко от нас, чтобы была возможность проводить в галактиках фотометрию отдельных областей звездообразования: NGC660, NGC1512, NGC4395 и NGC4618. Для этих галактик по архивным данным нескольких телескопов измерены потоки излучения в нескольких полосах спектра, наиболее важных для изучения процессов звездообразования: H α , УФ, ближний и дальний ИК диапазон, нейтральный водород HI. Кроме того, получены измерения поверхностной яркости областей звездообразования, что может служить параметром темпа звездообразования в этих областях, и проведен поиск корреляции между поверхностной яркостью и различием лучевых скоростей нейтрального и ионизированного водорода. Найдено, что поверхностная яркость областей звездообразования понижена в УФ и ИК диапазонах у галактик с признаками взаимодействия.

В третьей главе тема исследования пекулярных галактик расширяется и представлены результаты изучения не одной галактики с полярным кольцом NGC660, как во второй главе, а 78 галактик с полярными кольцами. После обзора истории исследования таких галактик и замечаний о существующих каталогах автор показывает необходимость и возможность создания нового каталога галактик с полярными кольцами на основе обширных наблюдательных данных SDSS обзора, в составлении которого диссертант принимала участие.

Стабильное существование полярных колец зависит от угла наклона плоскости кольца к плоскости галактики. Чтобы подтвердить теоретические расчеты о стабильности кольца при его перпендикулярном расположении к галактике приводится измерение углов наклона колец у изученных 78 галактик по фотометрическим профилям галактик и колец. На полученной диаграмме почти все галактики имеют большие углы наклона, в чем диссертант видит явное подтверждение теории стабильности колец при их перпендикулярном положении относительно плоскости галактики.

На основании взятых из базы данных величин расстояний до галактик измерены линейные изофотные размеры дисков и колец. Показано, что средний размер полярного кольца равен 20 кпк, хотя в исключительных случаях может достигать до 100 кпк. Получено, что среднее отношение диаметров кольца к диску: $D_{\text{ring}}/D_{\text{disc}} = 1.5$. Сделана попытка ввести в рассмотрение результаты изучения внутренних полярных колец, но результатов пока что недостаточно для установления взаимосвязи между параметрами внешних и внутренних полярных кольцевых структур.

Полученные в диссертации результаты логично представлены в трех главах. Ссылки на многочисленную используемую литературу помогают читателю легко

ориентироваться в представляемых результатах и при необходимости найти нужную публикацию.

Несмотря на общее положительное впечатление в диссертации присутствует ряд недочетов, которые можно было бы избежать при внимательной работе над диссертацией.

1. Название диссертации – «Области звездообразования в спиральных и irregулярных галактиках и в галактиках с особенностями морфологии», однако в диссертации очень мало освещен вопрос по основным параметрам областей звездообразования: размерам, массам, возрасту и звездному составу относительно средних значений для аналогичных областей звездообразования в подобных по типу галактиках сравнения.

2. Выделение областей звездообразования проводилось по ИК изображениям. В дальнейшем проводится измерение отношения потоков в разных фильтрах. Однако выбор областей по ИК изображениям создает селекцию, так как сразу отвергаются области звездообразования с низким содержанием пыли, а значит и со слабыми потоками в ИК области.

3. Для галактик, в которых выбирались области звездообразования, в архиве космического телескопа Хаббла имеются снимки в разных фильтрах. Использование этих снимков позволило бы с очень высоким разрешением изучить морфологию областей звездообразования, что совершенно невозможно сделать по инфракрасным снимкам. Диссертант этим не воспользовался.

4. Во второй главе в качестве галактики сравнения используется галактика NGC628, о которой говорится, что это высокометаллическая галактика. Но в таблице 2.1 видно, что галактики NGC660 и NGC1512 имеют еще более высокую металличность чем галактика сравнения. Кроме того, в спиральных галактиках существует градиент металличности вдоль радиуса и приведенные в таблице значения металличности скорее всего относятся только к центральной области галактики, но не к областям звездообразования в рукавах. Что касается областей полярных колец, то их металличность может быть совсем низкой, поскольку они образовались из карликовых галактик, которые никогда не имеют высоких значений металличности. Т.е. указание на эффекты металличности требуют проверки.

5. Результат повышенного числа галактик с большим углом наклона кольца к основной галактике можно объяснить простой селекцией. Однако нигде не проведен анализ эффекта селекции при визуальном выборе галактик с кольцами при разном их наклоне к плоскости галактики.

6. При сравнении яркости областей звездообразования разных галактик никак не учитывался возраст областей, а именно от возраста зависит светимость сверхгигантов и в конечном счете яркость всей области звездообразования.

Возможно, что ответы на некоторые замечания находятся за пределами представленной работы и будут даны в последующих исследованиях, но диссертанту все же следовало бы дать некоторую информацию по перечисленным выше вопросам. Следует отметить, что приведенные замечания не снижают достоинств диссертационной работы Смирновой Ксении Ильдаровны, ее основные положения достаточно полно раскрыты в публикациях и автореферате диссертанта.

На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы.

1. Тема диссертации Смирновой К.И. важна и актуальна. Если по изучению областей звездообразования в видимом диапазоне можно найти множество работ, то аналогичные исследования в ИК диапазоне представлены только отдельными публикациями, поэтому диссертация Смирновой К.И. дает значимый вклад в такие исследования. Газопылевая среда является основой для всех процессов

звездообразования, но до сих пор остается малоисследованным влияние содержание пыли разного строения, молекулярного и атомарного водорода на активность процессов звездообразования в галактиках разных металличностей и морфологии. Необходимую информацию можно получить только на основе инфракрасных наблюдений. Именно такие данные в ИК диапазоне были использованы Смирновой К.И. для измерения в галактиках потоков от отдельных областей звездообразования с последующим анализом полученных результатов. Переход от оптической области к ИК наблюдениям видится весьма перспективным, поскольку в этом диапазоне поглощение света минимально. Например, запущенный недавно телескоп Джеймса Уэбба работает именно в инфракрасном диапазоне.

2. Основные результаты диссертации являются большей частью новыми.

2.1 Новый каталог галактик - кандидатов с полярными кольцами, в создании которого диссертант принимала активное участие, дает основу для дальнейших работ, как наблюдательных так и теоретических по изучению условий звездообразования в таких необычных структурах, как газопылевые полярные кольца вокруг галактик. Из списков этого каталога исследовано 78 галактик, для которых на основе поверхностной фотометрии определены размеры дисков и полярных колец, а также распределение углов наклонов между ними. Сильное преобладание углов близких к нормальному может служить подтверждением теоретических расчетов о стабильности таких орбит.

2.2 Впервые проведена фотометрия большого числа областей звездообразования в протяженном спектральном диапазоне: 21 см, 160, 100, 70, 24, 8, 5.8, 4.5, 3.6 мкм и линия СО (2-1). Измерены около 300 областей в 11 выбранных галактиках.

2.3 Для разных по морфологии и металличности галактик показано, что потоки излучения в ИК диапазонах 8, 24, 70, 100 и 160 мкм хорошо коррелируют между собой, что указывает на общую природу их происхождения.

2.4 Найдено, что в галактиках с признаками взаимодействия поверхностная яркость в ИК диапазоне областей звездообразования ниже, чем у нормальных галактик сравнения.

2.5 Отношение потоков F_8/F_{24} показывает антикорреляцию по отношению к параметрам интенсивности поля излучения областей звездообразования. Вероятно, что это свидетельствует о разрушении полиароматических пылинок в сильном поле излучения.

2.6 В галактиках с признаками недавнего взаимодействия поверхностная яркость областей звездообразования в УФ и ИК диапазонах значительно слабее, чем у нормальных галактик, выбранных для сравнения.

3. Полученные результаты опубликованы в 12 работах, четыре из которых - в ведущих рецензируемых журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

4. Результаты диссертации апробированы на 10 международных конференциях, главным образом студенческих.

5. Основные четыре статьи диссертации написаны в соавторстве. Личный вклад диссертанта в эти работы является равным или определяющим. Диссертант вместе с соавторами участвовал в постановке задачи, обсуждении результатов и формулировании выводов. При подготовке публикаций, диссертант лично провел вычисление всех структурных параметров у 78 галактик нового каталога галактик с полярными кольцами. При изучении областей звездообразования диссертант выполнил отбор нужных галактик, измерил потоки в разных полосах излучения и провел работу по поиску параметров пыли. При изучении галактики NGC660 диссертант выполнил апертурную фотометрию выделенных им областей звездообразования, а при изучении четырех пекулярных галактик диссертант провел поиск объектов, выполнил апертурную фотометрию областей в исследуемых диапазонах спектра и измерил разброс скоростей в линиях НII и НI.

6. Автореферат диссертации полно и правильно отражает ее содержание.

7. Представленные в диссертации результаты будут востребованы для дальнейшего изучения влияния состава газопылевой среды на процессы звездообразования. Полученные диссертантом результаты могут быть использованы многими астрономическими институтами, где ведутся исследования галактик и звезд: САО РАН, ГАИШ, СПбГУ, ИКИ и другие. Кроме того, результаты диссертации будут востребованы при построении теоретических моделей областей звездообразования во взаимодействующих галактиках и в галактиках с полярными кольцами.

Таким образом, диссертационная работа К.И. Смирновой «Области звездообразования в спиральных и irregулярных галактиках и в галактиках с особенностями морфологии» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством кандидата физ.-мат. наук Соболева А.М. и научного консультанта доктора физ.-мат. наук Вибе Д.З. Работа содержит новые результаты по решению актуальной научной задачи - изучению статистических зависимостей между содержанием водорода и пыли в областях звездообразования и измеряемыми потоками в разных диапазонах, имеющей существенное значение для астрофизики и звездной астрономии.

Представленная диссертационная работа «Области звездообразования в спиральных и irregулярных галактиках и в галактиках с особенностями морфологии» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия, а ее автор, Ксения Ильдаровна Смирнова, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником группы изучения внегалактических систем Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, доктором физико-математических наук Тихоновым Николаем Александровичем. Текст отзыва рассмотрен и одобрен на Астрофизическом семинаре САО РАН 23 августа 2022 г.

Ведущий научный сотрудник
док. физ.-мат. наук
369167, п. Нижний Архыз, Зеленчукский район,
Карачаево-Черкесская республика, Россия
тел. +78782293415, email: ntik@sao.ru

 Тихонов Н.А.

Подпись Н.А. Тихонова заверяю
Ученый секретарь САО РАН,
канд. физ.-мат. наук





Кайсина Е.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория
Российской академии наук (САО РАН)
369167, п. Нижний Архыз, Зеленчукский район,
Карачаево-Черкесская республика, Россия
тел. +78787846336
факс +78787846315
email: admsao@sao.ru