

0721693-1

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КАРАТАЕВА

Гульнара Мирсатовна

**НАБЛЮДАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КАНДИДАТОВ В
ГАЛАКТИКИ С ПОЛЯРНЫМИ КОЛЬЦАМИ**

(01.03.02 — астрофизика и радиоастрономия)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург 2001

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук, доцент В.А. Яковлева

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук Ю.Н. Гнедин

кандидат физико-математических наук Н.А. Тихонов

Ведущая организация:

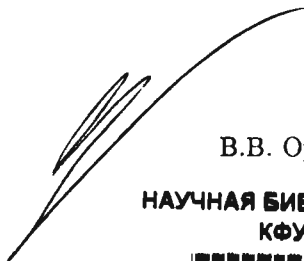
Государственный Астрономический Институт им. П.К.Штернберга, Москва

Защита диссертации состоится "14" июня 2001 г. в
16 ч. 00 м. на заседании диссертационного совета (Д 212.232.15)
по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук
в Санкт-Петербургском государственном университете по адресу:
198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Библиотечная пл. д. 2,
ауд. 2143 (математико-механический факультет).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИАИ СПбГУ.

Автореферат разослан "26" апреля 2001 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат физ.-мат. наук



В.В. Орлов

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



0000975618

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Галактиками с полярными кольцами (ГПК) являются пекулярные системы, в которых кольцо из газа, пыли и звезд расположено почти перпендикулярно по отношению к большой оси основной галактики.

История исследования ГПК началась с NGC 2685. На необычность структуры этой галактики указал Сэндидж [3]. Арп [1] включил ее в *Атлас пекулярных галактик*, а Воронцов-Вельяминов [6] называл "пекулярнейшей из пекулярных". Удивительным фактом стало обнаружение двух кинематических систем, вращающихся в ортогональных плоскостях. Одна из них оказалось связана с главным телом, другая - с необычными волокнами вокруг главного тела. В последующие годы увеличилось число обнаружения подобных объектов.

Как могли возникнуть галактики с двумя ортогональными кинематическими подсистемами? Устойчива ли такая конфигурация? Как часто встречаются подобные объекты и каковы их основные характеристики? Для ответа на эти вопросы нужны были как новые наблюдательные данные, так и теоретические исследования. Важным этапом в изучении ГПК явилось опубликование Уайтмором и др. "Каталога галактик с полярными кольцами и возможных кандидатов в такие галактики" [5].

Публикация Каталога ГПК стимулировала получение новых наблюдательных данных об этих объектах. Были сделаны радиоастрономические обзоры ГПК [2],[4] на длине волны 21 см. Проводились детальные фотометрические и спектральные исследования галактик из этого каталога. Кроме этого продолжались поиски новых объектов, которые могут быть отнесены к ГПК. Несмотря на столь значительные усилия, число галактик, которые можно отнести к кинематически подтвержденным ГПК, возросло лишь примерно вдвое (к 6 добавилось 4), относительно некоторых объектов сделано заключение, что они, вероятно, находятся на стадии формирования полярного кольца.

Существование галактик с кольцом или диском, состоящим из газа, пыли и звезд и вращающимся в плоскости, примерно перпендикулярной большой оси главного тела галактики, открывает новые возможности для изучения кинематики и эволюции галактик. А уникальная геометрия ГПК позволяет тестировать трехмерную форму потенци-

ала центральной галактики. Поэтому *актуальность* изучения этих объектов не вызывает сомнений.

Изучение фотометрических характеристик, кинематики систем, входящих в галактики с полярными кольцами, а также исследование звездного населения этих объектов может прояснить многие вопросы, связанные с эволюцией Вселенной.

Цели и задачи исследования

Данная диссертационная работа ставит перед собой *задачу* получить новые фотометрические и спектральные данные для некоторых галактик из "Каталога галактик с полярными кольцами и возможных кандидатов в такие галактики" [5] (КГПК) с целью уточнения их принадлежности к классу ГПК.

Одной из *целей* исследования является разрешение на звезды полярного кольца галактики NGC 4650A для изучения его звездного населения.

В этой работе также предполагается уточнение основных характеристик и особенностей ГПК.

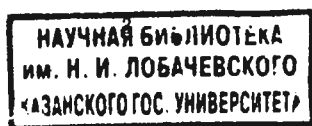
Научная новизна

Для 3 галактик из КГПК были получены ПЭС-снимки на 6-м телескопе Специальной Астрофизической обсерватории Российской Академии Наук (САО РАН). Они позволили провести детальную многоцветную фотометрию этих объектов. Столь детальное фотометрическое исследование этих галактик было проведено впервые.

На основании спектральных наблюдений со спектрографом с длинной щелью для объекта ZGC 2315+03 впервые были получены кривые лучевых скоростей при разных положениях щели и построены кривые вращения компонент.

Впервые полярное кольцо галактики NGC 4650A было разрешено на звезды и выполнена многоцветная фотометрия ~ 450 звездобразных объектов. На основании этих данных был сделан вывод о наличии в кольце молодых недавно образовавшихся звезд и примерно оценен возраст последней вспышки звездообразования.

Впервые было показано, что:



- UGC 5600 является спиральной галактикой позднего типа с внутренним полярным кольцом.
- Галактики UGC 4332 и ZGC 2315+03 ошибочно включены в каталог ГПК: UGC 4332 — это спиральная галактика с мощным балджем, видимая с ребра. Объект ZGC 2315+03 является результатом проекции одной галактики на другую.

Научная и практическая ценность работы

На основании фотометрического и спектрального исследования удалось показать, что среди возможных кандидатов в ГПК есть случайные объекты, несмотря на то, что по внешним признакам они очень похожи на ГПК. Поэтому для окончательного заключения о принадлежности галактики к этому классу необходим очень тщательный анализ наблюдательных данных.

Поскольку "классических" ГПК известно не так много, то надежное обнаружение каждой новой галактики этого типа представляет большой интерес. Нами было показано, что у галактики UGC 5600 безусловно существует полярное кольцо. При этом сама галактика оказалась не раннего типа, как большинство ГПК, а скорее всего галактикой типа *Scd*, что всего лишь второй случай (после NGC 660) наличия полярного кольца у спиральной галактики. Этот факт следует учитывать при моделировании возникновения и эволюции ГПК.

Разрешение полярного кольца галактики NGC 4650A на звезды и обнаружение в нем большого числа молодых голубых звезд является прямым наблюдательным свидетельством недавней вспышки звездообразования в кольце.

Апробация работы

Основные результаты диссертации изложены в 4-х печатных работах. Они докладывались на конференциях:

1. "Астрофизика на рубеже веков" (Пушино, Россия 17-22 мая 1999г.);
2. "Актуальные проблемы внегалактической астрономии" (Пушино, Россия 12-14 апреля 2000);
3. Joint European and National Astronomical Meeting JENAM - 2000 (Moscow, Russia May 29 - June 3, 2000),

а также на семинаре АИ СПбГУ.

Структура работы

Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключения, списка цитируемой литературы, содержащего 98 наименований и 1 приложения. Общий объем диссертации 139 страниц, в том числе 42 рисунка и 19 таблиц. Представленная диссертация является результатом работ, выполненных в 1994–2001 гг.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** приводится обоснование актуальности работы. Сформулированы цель, задачи, новизна полученных результатов и основные положения, выносимые на защиту, кратко представлено содержание диссертации.

Первая глава посвящена описанию первичных редукиций при наблюдениях с ПЗС и методике поверхностной и звездной фотометрии галактик, а также методике спектрального изучения кинематики газа в галактиках. Здесь рассказывается о той полезной информации, которую можно извлечь из подобных исследований.

В разделе 1.1 приводятся данные о наблюдениях, полученных в полосах B , V , R_c , I_c на 6-м. телескопе САО РАН, параметрах ПЗС-приемников и использованной аппаратуры. Представлен полный список наблюдавшихся галактик. Отмечается, что обработка проводилась с помощью комплекса программ редукиции астрономических данных MIDAS, созданного в Европейской Южной Обсерватории.

Следующий раздел посвящен описанию первичных редукиций ПЗС-изображений.

Методика поверхностной фотометрии протяженных объектов рассматривается в разделе 1.3. Она включает в себя учет фона неба, определение инструментальных звездных величин, приведение к стандартной фотометрической системе, редукиции за красное смещение и поглощение в нашей Галактике, представление фотометрических данных. В этом же разделе уделено внимание и точности поверхностной фотометрии.

Методы звездной фотометрии (раздел. 1.4) применялись нами для определения звездных величин и показателей цвета стандартных

звезд и звезд в галактике с полярным кольцом NGC 4650A. Здесь рассматриваются шаги для подготовки кадров к разрешению на звезды, апертурная и PSF-фотометрия.

Раздел 1.4 посвящен обработке наблюдений, полученных со спектрографом с длинной щелью, которая состоит из редукции спектральных наблюдений, получения кривых вращения и сведений о массе объекта.

Вторая глава включает в себя историю исследования галактик с полярными кольцами, описания "Каталог галактик с полярными кольцами и возможных кандидатов в такие галактики", опубликованного Уайтмором и др. [5]. Там же приводятся сведения об основных характеристиках ГПК, коротко рассмотрены основные механизмы их образования.

Фотометрическое и спектральное исследование галактики UGC 5600 рассматривается в разделе 2.2. Во введении кратко рассказывается история её изучения, описывается фотометрический и спектральный наблюдательный материал. Далее приводятся анализ и результаты детальной поверхностной фотометрии UGC 5600, обсуждаются данные спектрального исследования галактики. В заключении делается вывод о том, что галактика UGC 5600 является галактикой с внутренним полярным кольцом, а эмиссионный спектр, характерный для областей HII, свидетельствует о том, что она богата газом. UGC 5600 -- это спиральная галактика позднего типа (скорее всего *Scd*) с абсолютной светимостью в $B \sim -18^m7$, её главное тело представляет собой диск с параметрами $\mu_0 = 19.7 \text{ m}/\square''$ и $h \sim 1 \text{ кпк}$; центральные части его бедны пылью. Внешнее кольцо UGC 5600 скорее всего представляет собой спиральные ветви, закручивающиеся против часовой стрелки, их средние показатели цвета $B - V = 0^m3 \div 0^m4$.

В разделе 2.3 приводятся результаты изучения звездного населения NGC 4650A -- галактики с необычайно протяженным полярным кольцом, которая является одним из прототипов данного класса объектов. В то время как предыдущие исследования рассматривали протяженную диффузную составляющую, мы выполнили в данной работе *первое* изучение разрешаемого звездного населения в полярном кольце галактики. В качестве наблюдательного материала использовались архивные данные с космического телескопа им. Хаббла. Обладая исключительной разрешающей способностью, этот инструмент

позволил впервые разрешить полярное кольцо на звезды. Выполнена многоцветная фотометрия ~ 450 звездообразных объектов в полярном кольце. Построены диаграммы "цвет - звездная величина" ($B, B - I_c$), "цвет - цвет" ($B - I_c, V - I_c$), найдена функция светимости для голубых звезд. Получено прямое доказательство существования молодых голубых звезд в кольце, что свидетельствует о недавней вспышке звездообразования в нём.

В Третьей главе исследуются две галактики, являющиеся кандидатами в галактики с полярным кольцом. В разделе 3.1 представлены результаты спектрального и фотометрического исследования объекта ZGC 2315+03. Во введении отмечается, что в литературе имеется два суждения о природе ZGC 2315+03: либо это постэруптивный объект, либо пара галактик в состоянии столкновения [7], или галактика с полярным кольцом [5]. Наблюдательные данные об этом объекте весьма скудны. Далее описаны наши наблюдения ZGC 2315+03. В следующем подразделе проводится анализ фотометрических данных, включающих в себя детальную поверхностную фотометрию ZGC 2315+03. Далее представлены спектральные данные и их интерпретация. В подразделе "Анализ наблюдательных данных и обсуждение" рассматриваются аргументы за и против предложенных ранее гипотез о природе ZGC 2315+03 и предлагается новая концепция, согласно которой ZGC 2315+03 является результатом проекции двух галактик. Приводятся оценки их основных характеристик. Подчеркивается, что объект ZGC 2315+03 представляет собой проекцию двух галактик, при чем либо эта проекция случайна, либо мы видим пару слабо взаимодействующих галактик. Обе галактики, скорее всего, являются гигантскими спиральями позднего типа (в пользу этого свидетельствуют оценки светимости, размеров и масс галактик, а также наличие газа и пыли); эмиссия в ядерных областях этих галактик, по-видимому, связана с III-областями; закон поглощения в пылевой полосе "запыленной" галактики близок к закону поглощения в нашей Галактике.

Раздел 3.2 включает в себя фотометрическое изучение пекулярной галактики UGC 4332. Пекулярность объекта состоит в наличии пересекающей ее с NE на SW темной полосы, имеющей сложную структуру. Введение посвящено краткому обзору литературы об UGC 4332. Здесь же приводится информация о нашем наблюдательном материале

ле. Следующий подраздел содержит результаты наших исследований, в нем представлены основные характеристики UGC 4332. Исправленные за межзвездное поглощение интегральные величины и цвета галактики — $B_i^0 = 14^m71$, $(B - V)_i^0 = 0^m93$, $(V - R_c)_i^0 = 0^m60$. Сопоставление NW части профилей по малой оси с неискаженной влиянием пыли SE частью позволило найти отношение поглощений в разных фильтрах ($A_B/A_V = 1.29$ и $A_R/A_V = 0.78$), которые оказались близки к соответствующим значениям для нашей Галактики. Средняя яркость и показатели цвета спиральных рукавов $\mu_B = 23.72 \text{ m/}''$, $B - V = 0^m50$, $V - R_c = 0^m56$. Подраздел "Обсуждение результатов и выводы" суммирует полученные данные и предлагает аргументы в пользу того, что UGC 4332 не имеет отношения к галактикам с полярными кольцами, а является спиральной галактикой с мощным балджем, видимой с ребра. Пересекающая ее темная полоса обусловлена пылью, свойства которой близки к свойствам пыли в нашей Галактике.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

В **Приложении** к диссертации приводится таблица, содержащая координаты, звездные величины и показатели цвета 446 звездообразных объектов в полярном кольце галактики NGC 4650A.

На защиту выносятся:

1. Результаты детальной поверхностной фотометрии и анализа эмиссионного спектра галактики UGC 5600, позволившие подтвердить её принадлежность к ГПК.
2. Результаты звездной фотометрии в полярном кольце галактики NGC 4650A и вывод об обнаружении в нём молодых голубых звезд.
3. Результаты фотометрического (B, V, R_c, I_c) и спектрального исследования объекта ZGC 2315+03 и заключение о том, что он представляет собой проекцию двух галактик.
4. Результаты многоцветной поверхностной фотометрии галактики UGC 4332 и вывод, что это видимая с ребра спиральная галактика с мощным балджем и пылевой полосой, свойства пыли которой совпадают со свойствами пыли в нашей Галактике.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Яковлева В.А., Гаген-Торн В.А., Каратаева Г.М. *Астрономический журнал*, 2000, **77**, N8, 591 ("Фотометрическое изучение пекулярной галактики UGC 4332")
2. V.A.Yakovleva, V.A.Hagen-Thorn, G.M.Karataeva, L.V.Shaljapina "JENAM -2000", p.62 ("Photometric and spectral investigation of the candidate for polar-ring galaxies")
3. Каратаева Г.М., Гаген-Торн В.А., Яковлева В.А. *Письма в астрономический журнал*, 2000, **26**, N12, 883 ("Изучение объекта ZGC 2315+03 - кандидата в галактики с полярным кольцом")
4. Каратаева Г.М., Яковлева В.А., Гаген-Торн В.А., Миколайчук О.В. *Письма в астрономический журнал*, 2001, **27**, N2, 94 ("Фотометрическое исследование галактики с полярным кольцом UGC 5600")

Личный вклад автора

В первых двух работах вклад всех соавторов одинаков. В третьей и четвертой работах обработка всех наблюдений выполнена автором, а в анализе данных и обсуждении результатов вклад всех соавторов одинаков.

Библиография

- [1] Arp H.C. 1966 *Atlas of Peculiar Galaxies*, California Institute of Technology, Pasadena
- [2] Richter O.R., Sackett P.D., Sparke L.S. 1994 *AJ* **107**, 99
- [3] Sandage A.R. 1961 *The Hubble Atlas of Galaxies*, Washington
- [4] van Driel W., Arnaboldi M., Combes F., Sparke L.S. 2000 *A&ASS* **141**, 385
- [5] Whitmore B.C., Lucas R.A., McElroy D.B., Steiman-Cameron T.Y., Sackett P.D., Olling R.P, 1990 *AJ* **100**, 1489
- [6] Vorontsov-Velyaminov B.A. 1977 *A&ASS* **28**, 1
- [7] Zwicky F. 1971 *Catalogue of Selected Compact Galaxies and of Post-eruptive Galaxies*

Jus-

2-00