

УДК 520.827; 524.74

## Многоцветная фотометрия галактик в Крымской обсерватории

*И.И. Проник*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 9 ноября 2007 г.

**Аннотация.** В статье представлены результаты многоцветной фотометрии галактик, полученные в Крымской обсерватории с электронно-оптическим преобразователем (ЭОПом) и 7–9 фильтрами в оптической области спектра от  $\lambda$  3600 до 7400 Å, установленными на 2.6-м рефлекторе. Главным создателем приемника изображения был К.К. Чуваев. Он разработал также методику фотометрической стандартизации фотографий галактик. Полученные для 200 галактик негативы находятся в архиве Крымской астрофизической обсерватории, большую часть которых отнаблюдал К.К. Чуваев. Представлен обзор результатов, полученных по этим негативам разными авторами. Он включает результаты по выбросу галактики NGC 4486, нормальным галактикам (SAc) и галактикам с перемычками (SBc), галактикам Маркаряна и Сейферта, пекулярной паре NGC 4038/NGC 4039, галактикам с “горячими пятнами” и Irr II.

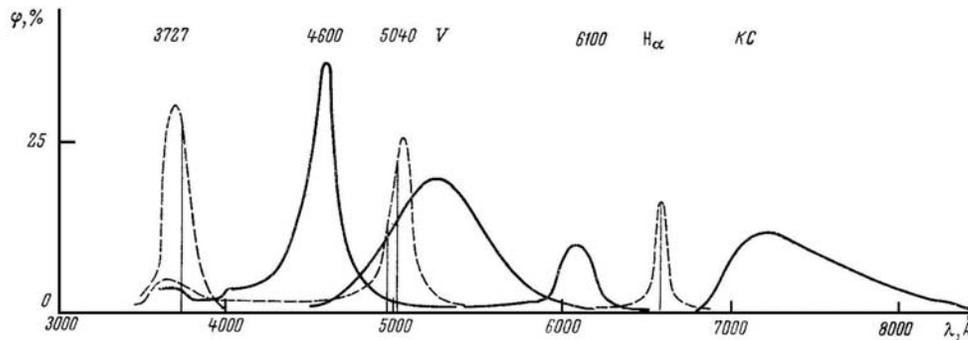
MULTICOLOR PHOTOMETRY OF GALAXIES AT THE CRIMEAN OBSERVATORY, *by I.I. Pronik.* The paper presents the results on multicolor photometry of galaxies obtained at the Crimean Observatory using an image-tube (EOP) and 7-9 filters in the optical region from  $\lambda$  3600 Å to 7400 Å installed at the 2.6-m reflector. The main creator of the image detector was K.K.Chuvaev. He also developed the method of photometrical standartization of galaxy photos. The negatives observed for more than 200 galaxies are stored in archives of the Crimean Observatory, most of them were observed by K.K. Chuvaev. We present the review of results obtained by different authors using these negatives. It includes the results on the jet of NGC 4486, normal galaxies (SAc) and bar galaxies (SBc), Markarian and Seyfert galaxies, a peculiar pair NGC 4038/NGC 4039, galaxies with “hot spots” and Irr II.

**Ключевые слова:** галактики, фотометрия галактик, население галактик, эволюция галактик

---

### 1 Вступление

В 1930–1940-х годах Бааде и Мэйалл исследовали спиральные ветви галактики М 31 – Андромеды и показали, что они хорошо прослеживаются по H II областям и O-B2 звездам. В начале 1950-х годов были начаты массовые исследования спиральных ветвей и населения галактик, в которых многоцветная фотометрия сыграла важную роль. В это время в Крымской астрофизической обсерватории в таких исследованиях принимали участие Г.А. Шайн и В.Ф. Газе (1952). Прямые снимки галактик М31 и М33 получались на светосильной камере 640-мм (F/1.4) в комбинации с фильтрами, которые выделяли эмиссии в линиях H $\alpha$ , [OII] 3727 Å и излучение в непрерывном спектре. Фотографии были использованы для определения масс газовых образований в галактиках. В галактике М 33 Г.А. Шайн (1954) выявил 82 эмиссионные туманности и более 200 объектов



**Рис. 1.** Кривые реакции фильтров ( $\varphi$  = пропускание фильтров  $\times$  чувствительность фотокатода ЭОПа). Вертикальные линии показывают положение эмиссионных линий  $\lambda$  3737, 4959, 5007 Å и  $H\alpha$  для объекта красного смещения  $z = 0.002$

высокой светимости ярче  $16^m$  или  $-5^m.5$  абсолютной величины. Массы газовых образований оказались равными ( $0.5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$ )  $M_{\odot}$ . Шайн и Газе первые заключили, что межзвездная среда доминирует по массе в комплексах газовых туманностей и молодых звезд в галактиках. Это был существенный скачок в понимании природы населения галактик. Эта работа была продолжена на более высоком инструментальном уровне на 2.6-м рефлекторе им. академика Г.А. Шайна.

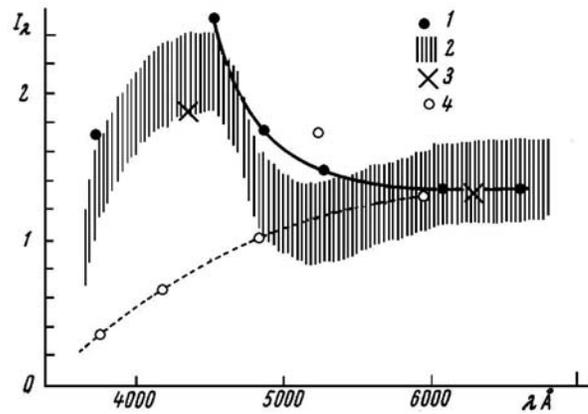
## 2 Постановка задачи

Первая задача нового 2.6-м телескопа, который вступил в строй в 1961 г., была сформулирована в статье М.М. Бутлова, И.М. Копылова, В.Б. Никонова, А.Б. Северного и К.К. Чуваева (1962) "Опыт электронно-оптического фотографирования галактик в лучах водорода на 2.6-метровом рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории". В работе отмечалось, что использование ЭОПа давало сокращение экспозиции в 200 раз. Были получены фотографии 58 внегалактических туманностей в четырех фильтрах в области  $\lambda$  3600–6600 Å, включая фильтр для  $H\alpha$ -лучей. В галактиках было обнаружено много неизвестных до тех пор облаков светящегося водорода. Отмечалось, что во многих случаях нет соответствия между скоплениями горячих звезд и водородными облаками. В ряде галактик обнаружены струи или выбросы из ядра, видимые в лучах  $H\alpha$ .

Светоприемник, состоящий из фильтровой приставки, ЭОПа и кинокамеры, был изготовлен под руководством К.К. Чуваева. В дальнейшем К.К. Чуваев усовершенствовал установку, расширив число фильтров до 9-ти. Эффективные длины волн установки со стеклянными и интерференционными фильтрами были 3600, 3730, 4400, 4680, 5090, 5280, 6090, 6600, 7400 Å. Кривые пропускания фильтров показаны на рис. 1.

Применение ЭОПа и фильтров позволяло не только выделять компактные области, излучающие эмиссионные линии, но также определять распределение энергии в излучении группировок звезд в области спектра от  $\lambda$  3600 до 7400 Å. К.К. Чуваев также отработал методику получения абсолютных значений потоков от деталей галактик с привязкой к внефокальным изображениям звезд с известным распределением энергии в спектре и фотоэлектрическими значениями звездных величин.

К.К. Чуваевым и И.И. Проник были получены фотографии для более 200 внегалактических объектов. Негативы содержатся в архиве Крымской обсерватории. Большей частью это нормальные галактики, есть галактики сейфертовского типа и радиогалактики. По этим фотографиям разными авторами исследовались внегалактические объекты в свете актуальных в то время проблем.



**Рис. 2.** Относительное распределение интенсивности в спектре “выброса” NGC 4486: 1 – по прямым снимкам в разных фильтрах, 2 – по спектрограммам, 3 – наблюдения Блеса (1962), 4 – распределение энергии в спектре подложки “выброса”

### 3 Выброс в галактике NGC 4486

В 1960-х годах актуальной была проблема природы источников энергии мощных дискретных радиоисточников. Шли острые дискуссии по объектам аномально высокой светимости, в частности NGC 4486 и ее “выброса”, непрерывное излучение которого к 1966 г. наблюдалось в области спектра от рентгена до радиоволн. И.С. Шкловский (1966) впервые отметил степенной характер спектра “выброса” с частотой и интерпретировал как результат его синхротронного излучения. В.И. Проник, И.И. Проник и К.К. Чуваев (1967) опубликовали статью “Спектрофотометрия “выброса” NGC 4486”. По спектрограммам, полученным с дифракционным спектрографом с дисперсией  $470 \text{ \AA}/\text{мм}$ , и по прямым фотографиям, полученным с фильтрами, определены интегральная звездная величина и распределение энергии в спектре “выброса” в области от  $\lambda$  3730 до  $6300 \text{ \AA}$ , которое показано на рис. 2. Интегральная звездная величина “выброса” в фотографической области спектра, определенная как среднее из значений, опубликованных несколькими авторами, получилась равной  $14^m.9 \pm 0^m.3$ . По распределению точек в непрерывном спектре выброса, где каждая точка получена по независимой привязке к звезде, видна высокая точность методики, разработанной К.К. Чуваевым для определения абсолютных значений потоков. Из рис. 2 видно, что для спектра характерен резкий излом вблизи  $\lambda$   $4200 \text{ \AA}$ .

На рис. 3 показано изменение потока “выброса” с частотой по данным, полученным разными авторами к 1966 г. Оно подтвердило степенной характер спектра. Спектральный индекс его в радио в 1966 г. был  $\alpha = 0.33$  и  $0.83$ , в оптике наше значение  $\alpha = 1.5$ . Современные значения спектрального индекса в области от радио до оптики  $\alpha = 0.65$ , но вблизи  $\nu \sim 10^{15}$  Гц наблюдается сильный загиб так, что в области UV-X  $\alpha = 1.4$ . Это значение, а также сильный загиб спектра в синей области спектра неплохо согласуется с полученными нами результатами. Значение рентгеновского потока выброса на рис. 3 было завышено, т. к. не было известно, что оно включает излучение не только выброса, но и центрального источника. В настоящее время считается, что спектр выброса сложный. Он состоит из двух рентгеновских спектров: один проявляется от  $10^8$  до  $10^{15}$  Гц, другой – от  $10^{15}$  до  $10^{18}$  Гц (Мейзенхеймер и др., 1996; Бергхёфер и др., 2000).

По опубликованным фотографиям NGC 4486, полученным разными авторами в разное время, а также оригинальным фотографиям, полученным на 2.6-м телескопе Крымской обсерватории В.И. Проник и А.Г. Щербаков (1972) обнаружили относительное изменение яркостей отдельных конденсаций выброса NGC 4486.

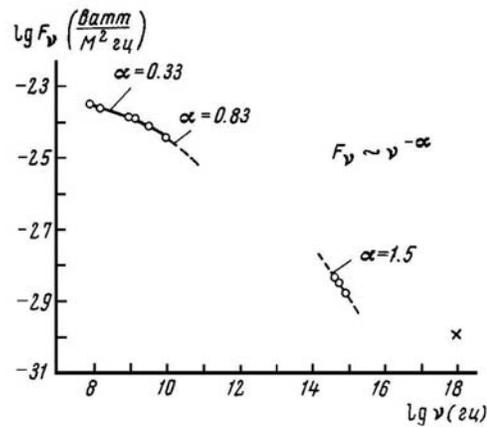


Рис. 3. Изменение потока “выброса” NGC 4486 с частотой в области от радио до рентгена. Рисунок взят из статьи Проника и др. (1967)

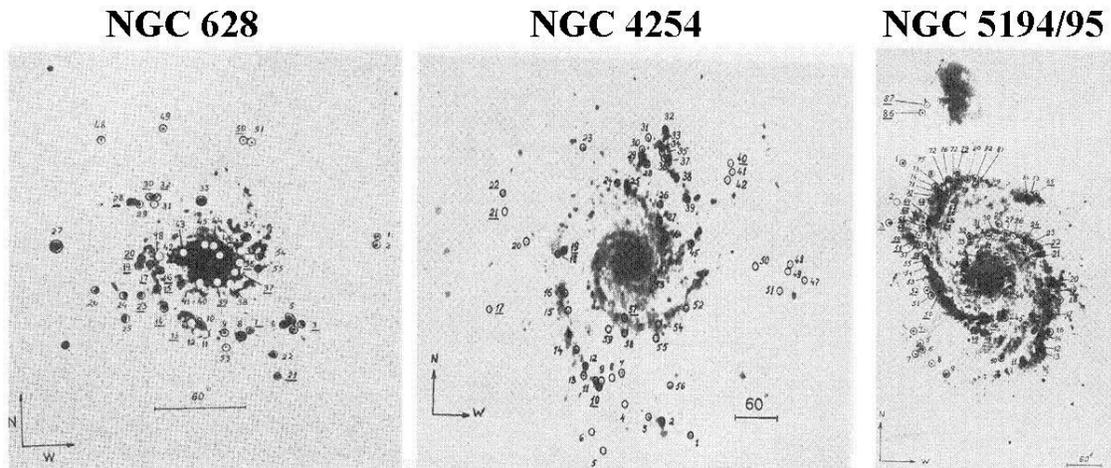
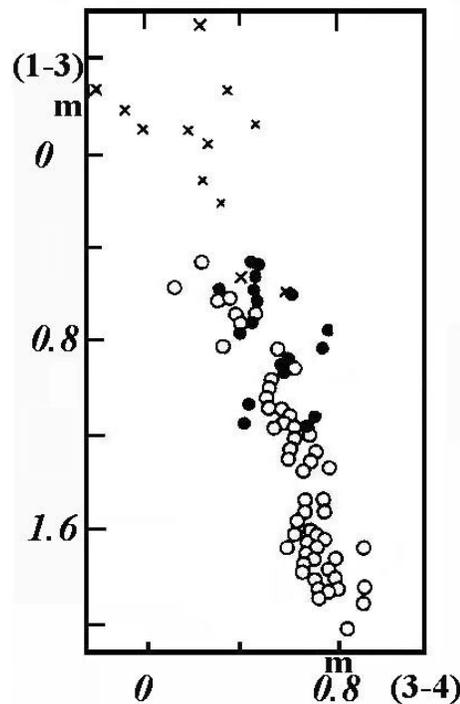


Рис. 4. Детали спиральных ветвей галактик NGC 628, NGC 4254 и NGC 5194/NGC 5195, светящиеся в линии  $H\alpha$  или в ультрафиолете

#### 4 Галактики морфологического типа Sc

И.И. Проник и К.К. Чуваев (1967, 1968, 1971, 1972) использовали фотографии Sc галактик NGC 628, NGC 4254 и двойной системы NGC 5194/5195 для исследования центральных областей и деталей спиральных ветвей. Фотографии галактик в лучах эмиссионных линий  $H\alpha + [NII]$  представлены на рис. 4. Было показано, что излучение центральных наиболее ярких областей галактик NGC 628, NGC 4254 и NGC 5194 размером около 400, 500 и 200 пс соответственно, однородно по спектральному составу. Яркость этого излучения падает с расстоянием от центра примерно по экспоненте. Вне этой области излучение более голубое и на порядок слабее. Над его фоном наблюдается однородная эмиссия в линии  $H\alpha$ , яркость которой составляет около 10–20 % от яркости непрерывного спектра, и яркие детали в линии  $H\alpha$ .

В спиральных рукавах галактик NGC 628, NGC 4254 и NGC 5194 на расстоянии от 1 до 8 кпс от центра было измерено 60, 38 и 85 ярких образований соответственно, большая часть которых оказалась группировками III-областей и голубых звезд (см. рис. 4). Были определены



**Рис. 5.** Двухцветная диаграмма для галактик в системе Тифта (см. текст): колючки – наблюдения Тифта SAc галактик, точки – детали перемычек и крестики – детали спиральных ветвей SBc-галактик по наблюдениям И.И. Проник (1972)

распределения энергии в спектрах деталей и их цветовые характеристики  $K1 = 3600/4350$  и  $K2 = 4350/5550$ , которые соответствуют показателям цвета (1–3) и (3–4) в системе Тифта. В большинстве своем детали являются группировками не только ранних, но и поздних звезд. Были определены размеры группировок – 90–320 пк, их абсолютные величины  $-8^m - -13^m$  и массы водорода HII-областей ( $10^4 - 10^6$ )  $M_{\odot}$ . Большинство деталей имеют такие же размеры, абсолютные величины и массы, как самые большие и яркие группы рассеянных скоплений нашей Галактики.

В августе 1969 г. в Швейцарии проходил симпозиум МАС 38 “Спиральная структура нашей Галактики”, на котором в частности обсуждался вопрос о том, как выявить в оптике ее спиральные ветви. Опору для этих исследований искали в результатах исследований спиральной структуры других галактик. На этом симпозиуме был представлен и наш доклад об исследовании 3-х спиральных галактик (Чуваев, Проник, 1970). В итоговом докладе по результатам конференции Б. Бок (1970) упомянул нашу работу. Позже он упомянул о ней еще и в статье, которую написал по итогам симпозиума, опубликованной в журнале *Sky and Telescope* (Бок, 1969). Мы считали это хорошей оценкой нашей работы, которая была в струе наиболее актуальных проблем по галактикам того времени. Для Бока это была память Г.А. Шайну, с которым он много лет вел переписку по результатам исследования групп ранних звезд и HII-областей.

## 5 Галактики морфологического типа SBc

В конце 1960-х годов активно обсуждались проблемы образования и эволюции спиральных рукавов галактик. Например обсуждали, являются ли перемычки SBc-галактик образованиями типа спи-

ральных ветвей или нет. Требовались наблюдательные характеристики деталей молодых и старых образований в галактиках. Одной из работ, выполненных в этом плане, была работа И. Проник (1972) – “Многоцветная фотометрия пяти SBc- галактик NGC 925, NGC 1073, NGC 3359, NGC 4088 и NGC 7741”. Данные многоцветной фотометрии, полученные на 2.6-м телескопе, позволили получить более ясную картину различия звездного населения SBc и SAc-галактик, которые можно видеть на рис. 5. Все перемычки оказались краснее деталей спиральных ветвей своих галактик, но голубее центральных областей SAc-галактик. Перемычки SBc-галактик содержат больше ионизованного водорода, чем центральные области SAc-галактик. Фотометрические разрезы перемычек в фильтре  $\lambda 6600 \text{ \AA}$  показали, что яркость в перемычках растет, как и в центральных областях нормальных галактик, к центру. Ярких сгущений звезд на концах перемычек не наблюдается. Было высказано предположение, что звездное население перемычек SB-галактик моложе центральных областей SA-галактик тех же морфологических типов и что процесс звездообразования в барах более активный, чем в центральных областях нормальных галактик.

## 6 Галактики Маркаряна

По предложению Б.Э. Маркаряна Л.П. Метик и И.И. Проник (1974, 1976, 1977, 1979а, 1990а) использовали многоцветную фотометрию для изучения 8 хозяйских галактик морфологического типа E и Sc, содержащих ядра сейфертовского типа: Mkn 34, 42, 69, 205, 279, 290, 298 и NGC 1275. Было показано, что:

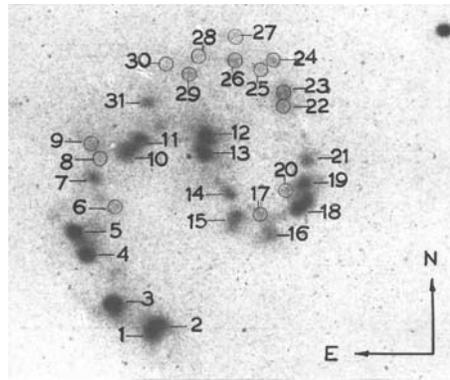
1. Интенсивность современного звездообразования в центральных областях хозяйских галактик сейфертовских ядер существенно выше по сравнению с нормальными галактиками того же морфологического типа.
2. Ядра галактик Mkn 42, 69, 205, 279 были заподозрены в переменности излучения непрерывного спектра. Отмечено изменение яркости ядра галактики Mkn 279 примерно на звездную величину за время порядка полугода.
3. Были выявлены звездообразные объекты вблизи ядер сейфертовских галактик Mkn 290, Mkn 298, NGC 1275 и NGC 7469, имеющие следы взаимодействия с ядрами. Абсолютные величины этих объектов  $-16^m - -19^m$ .

Данные спектральных наблюдений, полученных на 6-м телескопе, подтвердили результаты, полученные по многоцветной фотометрии для галактик Mkn 290, 298, NGC 1275 и NGC 7469 (Афанасьев, Проник, 1980; Метик, Проник, 1979б, 1981, 1984, 1985, 1987, 1990б; Проник, Метик, 1981). Исследование звездообразных объектов методом BVR-фотометрии на телескопе МТМ-500 И. Проник, В. Прокофьевой и Л. Шариповой (1996) подтвердило предположение о том, что звездообразные объекты – не звезды, а группировки звезд разных спектральных типов.

## 7 Пара галактик NGC 4038/NGC4039 – антенны

Многоцветная фотометрия сверхассоциаций пекулярной пары галактик NGC 4038/NGC 4039 была проведена О.А. Добродий и И.И. Проник (1979). Была выделена 31 сверхассоциация, имеющая в спектрах эмиссию  $\text{H}\alpha + [\text{NII}]$  (см. рис. 6). Было показано:

1. Ядра галактик – членов пары – двойные. В каждом ядре один компонент красный, другой голубой. Ядра обращены друг к другу голубыми компонентами.
2. Вдоль кольца, связывающего галактики, расположено не менее 24 сверхассоциаций голубых звезд. Абсолютные величины наиболее ярких сверхассоциаций заключены в пределах  $-12^m.5 - -15^m.5$  и близки абсолютным величинам карликовых галактик.
3. Со сверхассоциациями связаны массивные газовые туманности размерами 350–550 pc, электронной плотности  $1-20 \text{ см}^{-3}$  и массой  $10^6 - 5 \cdot 10^7 M_{\odot}$ .



**Рис. 6.** Яркие детали в лучах  $H\alpha + [NII]$  (водорода и азота) в системе NGC 4038 (эллипс справа) и NGC 4039 (дуга слева)

4. Самые голубые сверхассоциации располагаются в петле NGC 4038 (рис. 6).
5. Масса ионизованного водорода в NGC 4038/NGC 4039 составляет около 13 % от массы нейтрального водорода, а в нашей Галактике – 5 %.

## 8 Галактики с “горячими пятнами” и Irr II.

Л.С. Назарова одна и в соавторстве использовала многоцветную фотометрию для изучения галактик, центральные области которых либо содержат перемычки, либо являются неправильными типа Irr II. Было исследовано 8 галактик первой группы и 2 галактики второй группы. В столбцах таблицы 1 приведены: 1 – номера NGC, 2 – морфологический тип, 3 – ссылки.

### 8.1 Галактики с “горячими пятнами”

Часть галактик, содержащих перемычки, имеет сложную структуру центральных областей и состоит из сгущений, образующих кольцо или спираль. Морган (1958) считал, что эти сгущения аналогичны сгущениям звезд и газа, которые наблюдаются в спиральных рукавах галактик. Он назвал эти сгущения “горячими пятнами”, т. к. предполагал наличие в них сравнительно молодых звезд ранних спектральных классов, что в те времена считалось нехарактерным для центральных областей галактик.

По результатам многоцветной детальной фотометрии центральных областей галактик этой группы получены карты распределения интенсивностей в 6–7-ми фильтрах, перекрывающих область  $\lambda$  3730–7400 Å. Показано, что распределение энергии в непрерывном спектре горячих пятен галактик имеет заметный УФ-избыток, тогда как распределение энергии в непрерывном спектре центрального красного сгущения и периферии центральных областей галактик похоже на распределение энергии в непрерывном спектре звезд класса F–G5V.

Вычислена светимость в линии  $H\alpha$  центральных областей галактик в интервале  $(1.2 - 10) \cdot 10^{38}$  эрг/с, определены электронные плотности газа в интервале  $(0.3 - 1.0) \cdot 10^4$  см<sup>-3</sup> и электронная температура в интервале (5000–8000) К, массы ионизованного водорода – в интервале  $(0.5 \cdot 10^6 - 1.4 \cdot 10^7) M_{\odot}$ . Расчеты показали, что для объяснения как УФ-избытка, так и ионизации газа в центральных областях галактик, требуется одинаковое количество звезд спектральных классов B0–B2V. Получены свидетельства нестационарности горячих пятен. Высказано предположение, что сложная структура центральных областей галактик вызвана взрывом в ядрах, который произошел примерно  $10^6 - 10^7$  лет назад.

**Таблица 1.** NGC-номера галактик, исследованных Л.С. Назаровой и др., их морфологический тип и ссылки

| 1    | 2         | 3                          |
|------|-----------|----------------------------|
| NGC  | тип       | ссылка                     |
| 2903 | SAB(rs)bc | Назарова (1983а)           |
| 3310 | SAB(r)bcр | Назарова (1983а)           |
| 3351 | SB(r)b    | Назарова (1974)            |
| 4303 | SAB(rs)   | Назарова, Щербаков (1973)  |
| 4314 | Sb(rs)    | Назарова (1979)            |
| 4321 | SAB(s)bc  | Назарова (1879)            |
| 6217 | SBbc      | Кондратьева и др. (1978)   |
| 6951 | SBb(s)/Sb | Назарова (1983б)           |
| 3034 | Irr II    | Артомонов, Назарова (1972) |
| 3077 | Irr II    | Артомонов, Назарова (1974) |

## 8.2 Галактики типа Irr II

Из группы взрывных галактик типа Irr II Б.П. Артомонов и Л.С. Назарова (1972, 1974) исследовали две галактики NGC 3034 (M82) и NGC 3077. Характерной особенностью обеих галактик является большая величина показателя цвета, которая не соответствует интегральному спектральному типу объекта.

В трех областях галактики M 82 были получены распределение энергии в непрерывном спектре и поток эмиссии в линии H $\alpha$ . Высказано предположение, что непрерывный спектр может быть обусловлен излучением покрасневших звезд спектральных типов A0–F0, а высокая яркость ядра в инфракрасной области объяснена переизлучением видимого света нагретой пылью. Было высказано предположение, что наблюдаемая яркая эмиссия центральной области галактики является результатом взрыва в ядре галактики, который произошел миллион лет назад.

По фотографиям галактики NGC 3077, полученным с 8-ю фильтрами, и спектрам, полученным с дисперсией 330 Å/мм, было определено распределение энергии и яркость эмиссионных линий в 14 участках ее центральной области. Были вычислены: электронная температура  $10^4$  К, электронная концентрация  $2 \text{ см}^{-3}$ , масса ионизованного водорода в ядре –  $5 \cdot 10^5 M_{\odot}$ . Б.П. Артомонов и Л.С. Назарова показали, что распределение энергии в оптическом и инфракрасном диапазоне центральной области этой галактики похоже на распределение энергии в спектре сейфертовской галактики NGC 1068. Для галактик типа IrrII характерно звездное население типа II. Было определено, что для ионизации газа в ядре требуется  $10^4 - 10^5$  ядер планетарных туманностей, что также достаточно и для объяснения свечения NGC 3077 в ИК-диапазоне.

Выношу большую благодарность М.А. Смирновой и Л.И. Филатовой за большую помощь в подготовке рисунков к статье.

## Литература

- Артомонов Б.П., Назарова Л.С. // Известия САО. 1972. Т. 4. С. 143.  
 Артомонов Б.П., Назарова Л.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1974. Т. 50. С. 115.  
 Афанасьев В.Л., Проник И.И. // Астрофизика. 1980. Т. 16. С. 405.  
 Бергхёфер Т.В. и др. (Berghofer T.W. et al.) // Astrophys. J. 2000. V. 535. P. 615.  
 Блес Р (Bless R.S.) // Astrophys. J. 1962. V. 135. P. 187.  
 Бок Б. (Bok B.J.) // Proceedings of IAU Sym. №. 38./ Eds W. Becker, G. Contopoulos. 1970. P. 457.  
 Бок Б. (Bok B.J.) // Sky and Telescope. 1969. V. 38. №. 6. P. 392.  
 Бутслов М.М., Копылов И.М., Никонов В.Б., Северный А.Б., Чуваев К.К. // Астрон. журн. 1962. Т. 39. С. 315.  
 Добродий О.А., Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1979. Т. 60. С. 66.

- Кондратьева Т.Н., Маланушенко В.П., Назарова Л.С., Фабрика С.Н. // Труды Казанской городской астрономической обсерватории. 1978. Т. 42–43. С. 192.
- Мейзенхеймер К. и др. (Meisenheimer K. et al.) // *Astron. Astrophys.* 1996. V. 307. P. 61.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1974. Т. 52. С. 65.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1976. Т. 55. С. 188.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1977. Т. 56. С. 52.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1979а. Т. 59. С. 182.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Астрофизика.* 1979б. Т. 15. С. 37.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Астрофизика.* 1981. Т. 17. С. 629.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Астрофизика.* 1984. Т. 21. С. 233.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Астрофизика.* 1985. Т. 23. С. 451.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1987. Т. 76. С. 80.
- Метик, Проник (Metik L.P., Pronik I.I.) // *Astrophys. Space Sci.* 1990а. V. 171. P. 81.
- Метик Л.П., Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1990б. Т. 82. С. 50.
- Морган (Morgan W.W.) // *Proc. Astron. Sci. Pacific.* 1958. V. 70. P. 364.
- Назарова Л.С. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1974. Т. 52. С. 71.
- Назарова Л.С. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1979. Т. 59. С. 195.
- Назарова Л.С. // Труды Казанской городской астрономической обсерватории. 1983а. №. 47. С. 66.
- Назарова Л.С. // Труды Казанской городской астрономической обсерватории. 1983б. №. 48. С. 47.
- Назарова Л.С., Щербаков А.Г. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1973. Т. 48. С. 37.
- Проник В.И., Проник И.И., Чуваев К.К. // *Астрон. журн.* 1967. Т. 44. С. 965.
- Проник В.И., Щербаков А.Г. // *Астрофизика.* 1972. Т. 8. С. 337.
- Проник И.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1972. Т. 45. С. 162.
- Проник И.И., Метик Л.П. // *Астрофизика.* 1981. Т. 17. С. 19.
- Проник И.И., Прокофьева В.В., Шарипова Л.М. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1996. Т. 93. С. 58.
- Проник И.И., Чуваев К.К. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1967. Т. 38. С. 219.
- Проник И.И., Чуваев К.К. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1968. Т. 40. С. 96.
- Проник И.И., Чуваев К.К. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1971. Т. 43. С. 101.
- Проник И.И., Чуваев К.К. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1972. Т. 44. С. 40.
- Чуваев К.К., Проник И.И. (Chuvaev K.K., Pronik I.I.) // *Proceedings of IAU Sym/ Eds W. Becker, G. Contopoulos.* 1970. №. 38. P. 83.
- Шайн Г.А. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1954. Т. 11. С. 3.
- Шайн Г.А., Газе В.Ф. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1952. Т. 9. С. 13.
- Шкловский И.С. // *Астрон. циркуляр.* 1966. №. 369. P. 1.