

## КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ И СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИРРЕГУЛЯРНОЙ ГАЛАКТИКИ М 82

Б. П. Артамонов, Л. С. Назарова

Получены фотометрические разрезы поверхностной яркости галактики М 82 по негативам, снятым через узкополосные фильтры с привязкой к внефокальным изображениям звезд с известным распределением энергии в спектре. Найдено распределение энергии в непрерывном спектре для различных участков галактики. Вычислен поток энергии в линии  $H_\alpha$  для эмиссионной области галактики ( $F_{H_\alpha} \approx 10^{-27}$  вт · м<sup>-2</sup> · гц<sup>-1</sup>).

Наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре для трех областей галактики М 82 сравнивается с рассчитанным при предположении, что непрерывный спектр обусловлен излучением покрасневших звезд спектральных классов А0—F0. По отношению интенсивностей линий излучения HeI  $\lambda$  5876 Å и  $H_\beta$  найден поток энергии за лаймановским пределом  $F_{\nu_0} \approx 2 \cdot 10^{-25}$  вт · м<sup>-2</sup> · гц<sup>-1</sup> при условии, что газ в галактике М 82 светится вследствие ионизации атомов водорода и возбуждения атомов гелия  $L_c$ -квантами, излучаемыми галактическим ядром.

Photometric sections are obtained of the surface brightness of the galaxy M 82 on the negatives taken through narrow-band filters with reference to out-of-focus images of the stars with a known energy distribution in the spectrum. The energy distribution in the continuous spectrum for different regions of the galaxy is found. The power flux is calculated in  $H_\alpha$  line for the emission region of the galaxy ( $F_{H_\alpha} \approx 10^{-27}$  w m<sup>-2</sup> (c/s)<sup>-1</sup>).

The observed energy distribution in the continuous spectrum for three regions of the galaxy M 82 is compared with a distribution calculated under the assumption that the continuous spectrum is due to the radiation from the reddened A0—F0 stars. From the ratio of the emission lines HeI  $\lambda$  5876 Å and  $H_\beta$  the power flux beyond the Lyman limit  $F_{\nu_0} \approx 2 \cdot 10^{-25}$  w m<sup>-2</sup> (c/s)<sup>-1</sup> is found provided the gas in the galaxy M 82 glows by reason of ionization of hydrogen atoms and excitation of helium atoms by  $L_c$ -quanta emitted by the galactic nucleus.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение «взрывающейся» галактики М 82 может пролить свет на проблему активности галактических ядер. Характерной особенностью этого объекта является большая величина показателя цвета, которая не соответствует интегральному спектральному типу галактики. Анализ причин расхождения цвета и спектра М 82 выполнен Маркарянном [1]; по аналогичным признакам им были выделены еще ряд иррегулярных галактик типа М 82. В работах [2, 3] галактика М 82 была изучена с широкополосными фильтрами. Спектральные наблюдения, а также фотографирование галактики с интерференционными фильтрами, пропускающими эмиссионные линии, обнаружили обширную центральную область с сильной эмиссией [4]. При последующих наблюдениях было высказано предположение, что наблюдаемая эмиссия является результатом взрыва в ядре галактики, который произошел около миллиона лет назад. Фотографии галактики М 82 в инфракрасных лучах показали наличие яркого ядра, координаты которого совпадают с кинематическим центром взрыва, найденным по спектральным данным [5—7]. Для объяснения свечения галактики

М 82 в непрерывном спектре был предложен [4] единый синхротронный механизм для всех участков спектра. Наблюдения в сантиметровом диапазоне радиоволн и в далекой инфракрасной области [8, 9] показали, что дело обстоит значительно сложнее. В работе [10] была сделана попытка объяснить наблюдаемый радиоспектр ядра М 82 комбинацией теплового излучения изотермической центральной сферы и синхротронного излучения от источника релятивистских электронов в ядре галактики. Там же было высказано предположение о наличии в центре М 82 еще одного источника синхротронного излучения с плоским спектром в оптическом диапазоне.

Иной подход к решению проблемы предложен в работах [11—13], в которых исследуется распространение в галактике М 82 ударной волны. Свечение в непрерывном спектре и поляризация света объясняются рассеянием света на свободных электронах; инфракрасный избыток не нашел объяснения в этой модели. Еще один путь к решению проблемы свечения галактики М 82 намечен в [14, 15], где рассмотрено влияние пыли на распределение показателей цвета по диску галактики.

Несмотря на то что к настоящему времени появилось много работ, посвященных исследованию М 82, природа этой галактики изучена все еще недостаточно. Ниже приводятся результаты проведенного нами фотометрического исследования поверхностной яркости галактики М 82 по негативам, полученным через узкополосные фильтры, и результаты спектральных наблюдений этой галактики.

### АБСОЛЮТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИКИ М 82

1. Фотографии галактики М 82 были получены К. К. Чуваевым и И. И. Проник через семь узкополосных фильтров в прямом фокусе 2.6-метрового рефлектора Крымской астрофизической обсерватории, с электронно-оптическим преобразователем. Методика наблюдений и все данные о цветовой системе описаны в [16, 17]. Фотографии получены 25II1968 и 27IV1968 с выдержками от 10 сек. до 7 мин., с привязкой к внефокальным изображениям звезд 623 Praesere и 76 Com. Для фотометрической обработки были выбраны лучшие по качеству негативы, полученные 25II1968. Были использованы две серии наблюдений в семи фильтрах, которые имеют следующие эффективные длины волн пропускания:

Фильтр	KC	H $_{\alpha}$	6100	V $_{1}$	5060	4600	3727
$\lambda_{эфф}$ (Å)	7320	6600	6090	5250	5050	4590	3770

Обозначения фильтров приняты в соответствии с работой [16]. Фотометрическая обработка проводилась на микрофотометрах МФ-4 и МФ-2 с квадратной диафрагмой (0.096 × 0.096 мм на негативе или соответственно 2" × 2" на небе). Размер диафрагмы был выбран с учетом размера изображений звезд, оценка которого по полученным негативам дает величину около 1.5—2". Были выполнены три фотометрических разреза вдоль большой и малой осей галактики. В распределение яркости были введены поправки, учитывающие чувствительность ЭОПа в разных участках наблюдаемого поля. Поправки были получены при фотометрических разрезах негативов фона неба, свечение которого считалось равномерным в пределах фотокатода.

2. На рис. 1 приведены фотографии галактики М 82, полученные с узкополосными фильтрами (3727, H $_{\alpha}$  и KC), которые пропускают излучение в эмиссионных линиях  $\lambda$  3727 Å и H $_{\alpha}$ , а также непрерывный спектр с эффективной длиной волны  $\lambda$  7320 Å. Фотографии в линиях H $_{\alpha}$  и  $\lambda$  3727 Å заметно отличаются от изображений в непрерывном спектре ( $\lambda$  7320 Å). На рис. 2 приведена схематическая карта галактики с фотометрическими

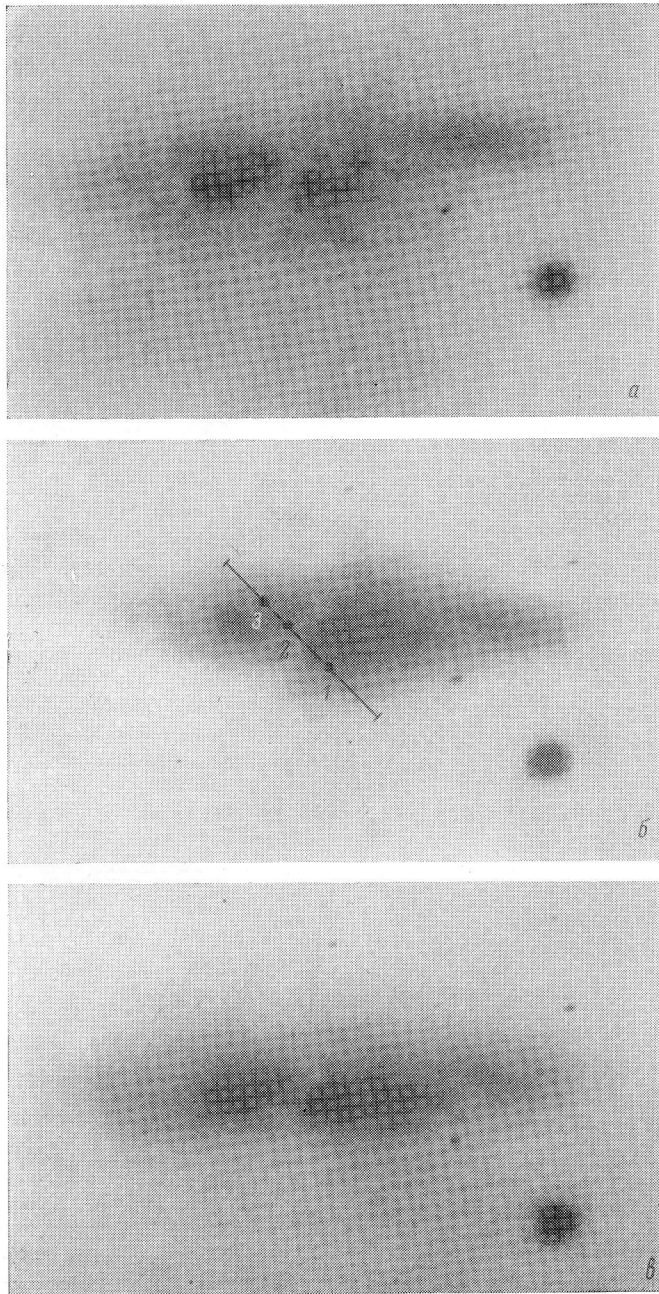


Рис. 1. Фотографии галактики М 82, полученные через узкополосные фильтры.  
*а* — 3727, *б* —  $H\alpha$ , *в* — КС. Прямой линией на фотографии (*б*) показано расположение щели спектрографа, цифрами обозначены исследованные участки галактики.

разрезами. На рисунке условно (в виде эллипса) обрисован контур галактики в лучах непрерывного спектра (см. рис. 1, в). Сплошными линиями показаны разрезы вдоль большой и малой осей галактики. Фотометрические разрезы геометрически привязаны к звездам, которые обозначены на рис. 2 кружками и хорошо видны на негативе (см. рис. 1).

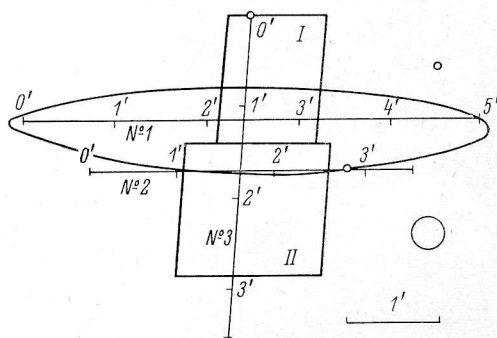


Рис. 2. Схематическая карта галактики М 82.

Прямые линии № 1, № 2 и № 3 показывают расположение фотометрических разрезов галактики. Площадками I и II обозначена эмиссионная область галактики. Масштаб указан в угловых минутах.

больших флуктуаций яркости, что дает возможность качественного изучения распределения яркости в М 82. Вдоль разрезов были выбраны участки в разных областях галактики, в которых получено распределение энергии в непрерывном спектре при дополнительном фото-

На рис. 3, 4, 5 представлены фотометрические разрезы в относительных единицах поверхностной яркости (за единицу яркости выбрана яркость в полосе 6100 Å). Для нахождения градиента яркости вдоль осей галактики достаточно взять не очень большое количество точек по разрезам, чтобы не усложнять фотометрическую картину галактики наличием мелких флуктуаций яркости. Фотометрические разрезы на рис. 3, 4, 5 приведены с учетом только

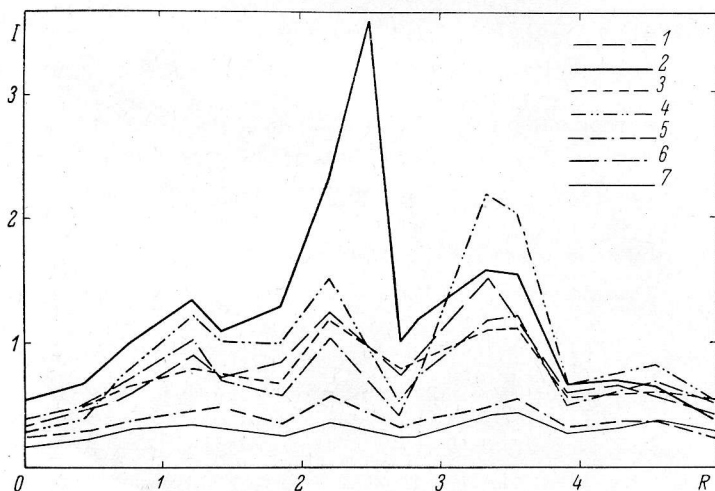


Рис. 3. Распределение поверхностной яркости ( $I$ ) (в относительных единицах) вдоль большой оси галактики М 82 (разрез № 1).

$R$  — расстояние от начала разреза в угловых минутах. Яркость измерялась по снимкам, полученным через фильтры: 1 — RC, 2 —  $H_2$ , 3 — 6100, 4 — V, 5 — 5060, 6 — 4600, 7 — 3727.

метрировании негативов на микрофотометре МФ-2. На рис. 6 показано найденное нами распределение энергии в спектре в относительных единицах (за единицу выбрана поверхностная яркость в полосе 6100 Å) для разных участков галактики по линиям разрезов. Необходимо отметить, что полосы пропускания некоторых фильтров широки, особенно фильтра V (около 650 Å на уровне половины максимального пропускания). Ве-

роятно, через этот фильтр попадает эмиссионная линия  $H_{\beta}$ , давая увеличение яркости в полосе  $V$  для центральных участков галактики (например, для участка в центральной области в  $85''$  от начала разреза № 3, см. рис. 6, ж). Более детальное изучение распределения энергии в спектре по рис. 6 показывает, что в полосах  $5060 \text{ \AA}$ ,  $4600 \text{ \AA}$  также наблюдается влияние эмиссионных линий.

В центральной области галактики М 82 (участок в  $85''$  от начала разреза № 3) наблюдается сильное покраснение. Покрасневший участок галактики находится вблизи ядра галактики и хорошо виден в инфракрасном свете [5, 7]. Отметим, что полосе КС эмиссия от  $H_{\alpha}$  почти не попадает, так как пропускание фильтра КС в линии  $H_{\alpha}$  очень мало: около  $0.002\%$  для  $\lambda 6660 \text{ \AA}$ .

3. На рис. 2 двумя площадками ( $I$  и  $II$ ) обозначена эмиссионная область, которая хорошо видна на фотографиях галактики М 82 в линии  $H_{\alpha}$ , полученных нами (см. рис. 1) и другими авторами (например, [18]). Нами вычислен поток энергии в эмиссионной области ( $I$  и  $II$ ) по формуле

$$F_{\nu} = \iint f(R_1) I(R_3) dR_1 dR_3 + \iint f(R_2) I(R_3) dR_2 dR_3. \quad (1)$$

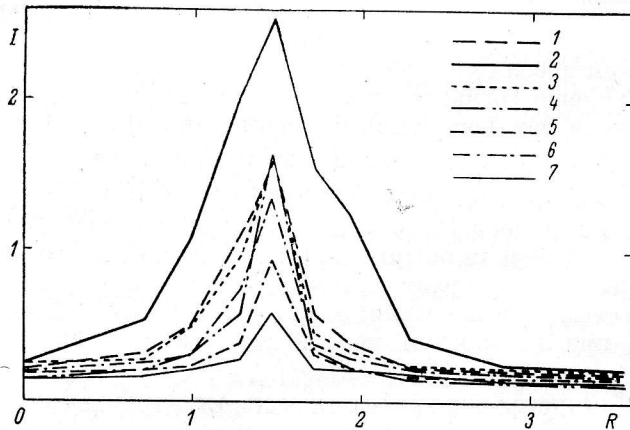


Рис. 5. Распределение поверхностной яркости ( $I$ ) (в относительных единицах) вдоль малой оси галактики М 82 (разрез № 3).

Обозначения те же, что на рис. 3.

Здесь  $f(R_1)$ ,  $f(R_2)$  — распределения поверхностной яркости по разрезам № 1 и № 2 в относительных единицах,  $I(R_3)$  — распределение поверхностной яркости по разрезу № 3 в абсолютных единицах. Пределы интегрирования ограничены размерами площадок  $I$  и  $II$ . Поток энергии в линии  $H_{\alpha}$

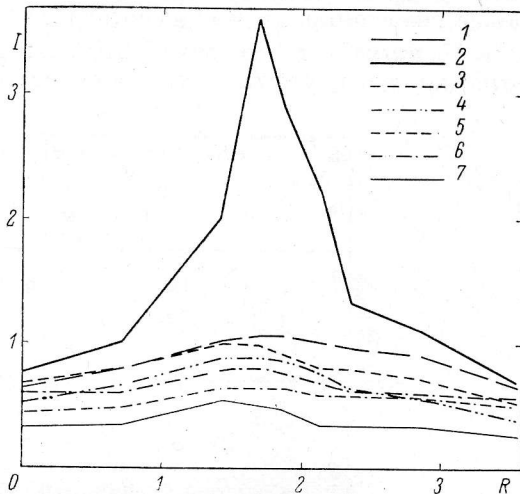


Рис. 4. Распределение поверхностной яркости ( $I$ ) (в относительных единицах) параллельно и ниже большой оси галактики М 82 (разрез № 2).

Обозначения те же, что на рис. 3.



получен путем привязки к внефокальным изображениям звезды 623 Praesere (спектральный класс F9 V,  $V=9^m71$  [19]); данные по абсолютному распределению энергии в ее спектре взяты по А. Коду [14]. Получены также численные значения потока энергии и для  $H_\alpha$ :  $F_\alpha = (3.1 \pm 1.0) \times 10^{-27}$  вт  $\cdot$  м $^{-2}$   $\cdot$  гц $^{-1}$  и для  $\lambda$  6100 Å:  $F_\lambda = (1.6 \pm 1.0) \cdot 10^{-27}$  вт  $\cdot$  м $^{-2}$   $\cdot$  гц $^{-1}$ . Отметим, что внутренняя точность распределения энергии по спектру го-

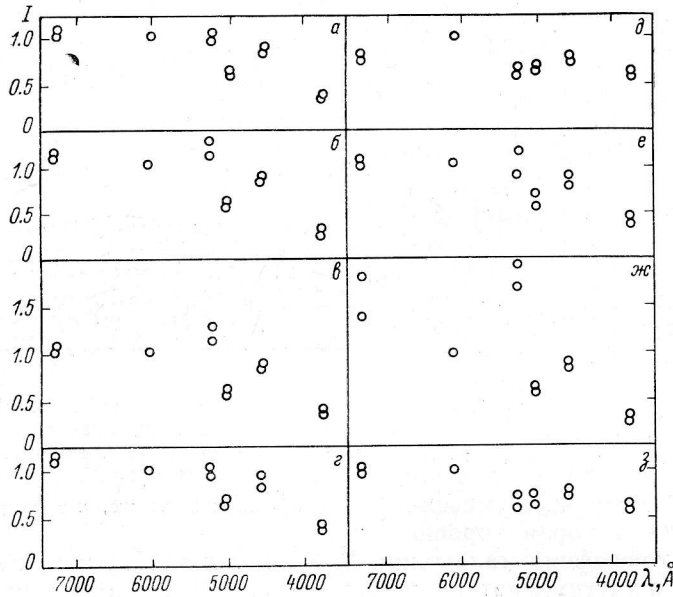


Рис. 6. Распределение энергии в непрерывном спектре ( $I$ ) (в относительных единицах) для различных участков галактики М 82 вдоль фотометрических разрезов № 1 и № 3.

Расстояния участков от начала разреза № 1:  $a - 255''$ ,  $b - 170''$ ,  $c - 127''$ ,  $z - 42''$ ; разреза № 3:  $d - 21''$ ,  $e - 63''$ ,  $ж - 85''$ ,  $з - 148''$ .

раздо выше, чем абсолютная привязка одной из его точек. Наша оценка потока в  $H_\alpha$  хорошо согласуется с данными [4]. В полосу пропускания фильтра  $H_\alpha$  попадает непрерывный спектр, который можно выделить, зная поток в  $\lambda$  6100 Å. Тогда оценка потока будет  $F_{H_\alpha} = (1.5 \pm 1.0) \times 10^{-27}$  вт  $\cdot$  м $^{-2}$   $\cdot$  гц $^{-1}$ . Если учесть влияние эмиссии [NII]  $\lambda$  6583 Å, которая также попадает в полосу  $H_\alpha$  (отношение интенсивностей  $H_\alpha/\lambda$  6583 Å меняется от 1 : 1 в центре галактики до 3 : 1 на краю [4]), то в среднем для эмиссионной области получим поток  $F_{H_\alpha} = 10^{-27}$  вт  $\cdot$  м $^{-2}$   $\cdot$  гц $^{-1}$ .

Полученные данные по распределению поверхностной яркости можно использовать при построении модели галактики М 82.

#### СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ М 82

1. Наблюдательным материалом для этой части работы послужили фотографии спектров галактики М 82, полученные с помощью светосильного спектрографа в фокусе Кассегрена 2.6-метрового рефлектора Крымской астрофизической обсерватории с дисперсией 330-340 Å/мм в апреле 1968 г. (наблюдатель В. И. Проник) и в январе 1970 г. (наблюдатели В. И. Проник и Б. П. Артамонов). Высота щели спектрографа около 2 угловых минут. На рис. 1 показано расположение щели при фотогра-

фировании спектра галактики М 82. Фотометрические разрезы спектра были сделаны на микрофотометре МФ-4 для трех участков галактики, один из которых находится в эмиссионной области М 82. Исследуемые участки обозначены цифрами по линии щели на рис. 1, б. На фотографии спектра (рис. 7) видно четкое разделение галактики М 82 на две области полосой поглощения пылевой компонентой. В одной из указанных областей (I на рис. 1, б) хорошо заметны эмиссионные линии He I  $\lambda$  5876 Å, [O III]  $\lambda$  5007 Å, H $\beta$ , H $\gamma$ , [O II]  $\lambda$  3727 Å.

2. Непрерывный спектр галактики М 82 для исследуемых областей был получен при фотометрической обработке негативов на микрофотометре МФ-4 с калибровкой по спектру стандартной звезды спектрального класса А0, снятому с той же аппаратурой. Стандартная звезда выбиралась примерно на том же зенитном расстоянии, на котором находилась галактика М 82 во время фотографирования. Данные по абсолютному распределению энергии в непрерывном спектре стандартной звезды заимствованы из [20]. На рис. 8 приведено распределение энергии в непрерывном спектре для трех участков галактики в относительных единицах интенсивности (за единицу выбрана интенсивность для  $\lambda = 5560$  Å). Ошибки показаны вертикальными штрихами; на границах исследованной области спектра ошибки увеличиваются. С удалением от центра галактики непрерывный спектр становится менее красным.

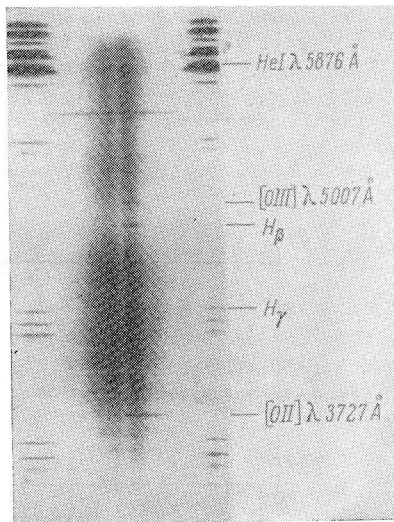


Рис. 7. Спектр галактики М 82.

3. Для предварительной интерпретации распределения энергии в спектре будем исходить из предположения, что наблюдаемый спектр галактики М 82 принадлежит звездам, покрасневшим из-за поглощения света пылевой составляющей. Подобная модель обсуждалась в [14]. Сделаем попытку подобрать такие параметры звезд и пыли, которые в первом приближении позволили бы описать наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре.

Спектральный тип галактики М 82, определенный по водородным линиям поглощения, — А5 [4]. Выберем за исходный параметр спектральный класс звезд  $\sim$ А5, распределение энергии в непрерывном спектре примем по Коду [20]. Поглощение света межзвездной пылью можно учесть при помощи выражения  $F_\lambda = F_\lambda^* \exp(-\tau_\lambda)$ , где  $F_\lambda^*$  — распределение энергии в непрерывном спектре звезды (при  $\tau_\lambda = 0$ ),  $\tau_\lambda$  — оптическая толщина пыли на длине волны  $\lambda$ . Зависимость оптической толщины пыли от  $\lambda$  определяется как  $\tau_\lambda \approx \lambda^{-n}$  [21]. Примем для простоты  $n=1$  и ограничимся при расчете следующими значениями параметров: Sp\* = А0, А5, F0;  $\tau_\lambda = 0.1, 0.5, 1.0$  (для  $\lambda = 5560$  Å). Полученные в результате расчета распределения энергии в непрерывном спектре в относительных единицах приведены на рис. 9 для различных комбинаций значений спектральных классов звезд и оптической толщины пыли. Сравнивая наблюдаемые и рассчитанные распределения энергии на рис. 8, 9, можно оценить поглощение света пылью в разных участках галактики. Трудность оценки поглощения заключается в том, что нам неизвестен состав звездного населения в разных областях галактики. Предположим, что галактика состоит

в основном, из звезд класса А5. Тогда поглощение в направлении от большой оси к краю галактики будет заметно уменьшаться: на периферии галактики (участок 3)  $\tau_{\lambda} \approx 0$ , а на оси (участок 2)  $\tau_{\lambda} \approx 1$ . Распределение энергии в спектре эмиссионной области (участок 1) не объясняется данным набором значений спектральных классов звезд и оптической толщины пыли. На рис. 8 (1) спектр центра М 82 показывает сильное покраснение и одновременно хорошо выраженный бальмеровский скачок. Вероятно, имеется вклад в излучение непрерывного спектра, кроме звезд, еще других составляющих галактики. В центральной области галактики наблю-

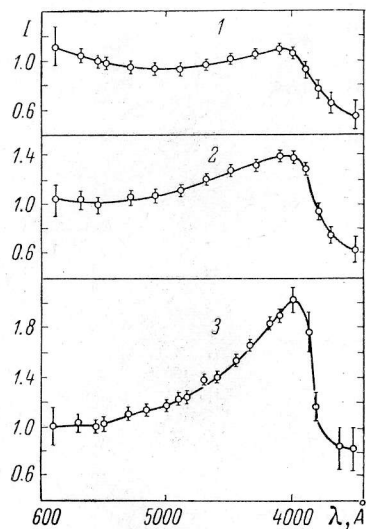


Рис. 8. Распределение энергии в непрерывном спектре ( $I$ ) галактики М 82 (в относительных единицах) для трех исследованных участков (см. рис. 1, б).

дается ионизованный газ, который может излучать в непрерывном спектре при свободно-свободных переходах. Свечение релятивистских электронов, которые могли быть выброшены из ядра галактики, также дает вклад в излучение непрерывного спектра. Для более детального исследования звездного населения галактики М 82 необходимо иметь спектры для большого числа различных участков галактики.

4. В работе [22] показано, что ионизация водорода в галактике М 82 обусловлена  $L_c$ -квантами, а не электронными столкновениями. Очевидно, что источником ионизирующих квантов является область ядра галактики. В спектре галактики видна линия излучения [O I]  $\lambda$  6300 Å [10], что указывает на возможность существования нейтрального вещества, поглощающего  $L_c$ -кванты за пределом главной серии водорода. Тогда можно принять, что большинство лаймановских квантов поглощается в переходной зоне между областями Н I и Н II. Таким образом, наблюдаемая линия нейтрального кислорода дает возможность считать область Н II в галактике М 82 внутри зоны Н I. Очевидно, число  $L_c$ -квантов будет определять поток излучения в бальмеровских линиях и в возбужденных линиях He I.

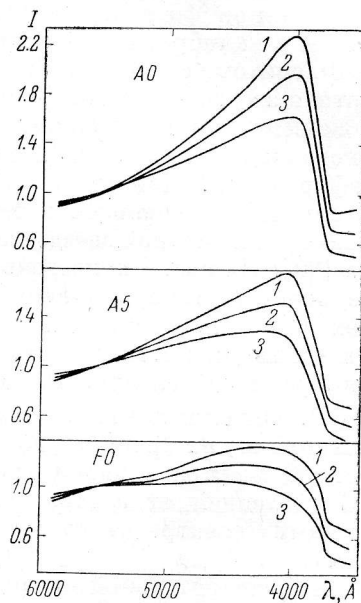


Рис. 9. Распределение энергии в непрерывном спектре ( $I$ ) звезд (в относительных единицах) для трех спектральных классов (А0, А5, F0) с учетом поглощения света межзвездной пылью на  $\lambda = 5560$  Å при различной оптической толщине ( $\tau$ ) пыли.  
1 —  $\tau=0.1$ , 2 —  $\tau=0.5$ , 3 —  $\tau=1.0$ .



Число бальмеровских квантов, излучаемых в газовых волокнах галактики, пропорционально числу  $L_c$ -квантов коротковолнового интервала  $912 \text{ \AA} > \lambda > 504 \text{ \AA}$ , переработанных в этих волокнах. Это же справедливо и для атомов гелия HeI ( $504 \text{ \AA} > \lambda > 228 \text{ \AA}$ ). Согласно [23], количество переработанных  $L_c$ -квантов составляет

$$N_{g(912 \rightarrow 504 \text{ \AA})} = 4\pi r^2 k_{\text{экp}} k_{\text{H}\beta} 11.2 F(\text{H}\beta) / h\nu_{\beta}, \quad (2)$$

где  $r$  — расстояние от центра до водородных областей в галактике M 82,  $k_{\text{экp}}$  — коэффициент экранировки поля  $L_c$ -квантов волокнами,  $k_{\text{H}\beta}$  — коэффициент межзвездного поглощения в линии  $\text{H}\beta$ , 11.2 — отношение числа всех бальмеровских квантов к числу квантов в линии  $\text{H}\beta$  (при  $T \approx 17000^\circ \text{ K}$ ) [24],  $F(\text{H}\beta)$  — интегральный поток от всех газовых волокон в линии  $\text{H}\beta$ . Представим спектр ионизирующего излучения степенной функцией  $F_{\nu} = F_{\nu_0} (\nu/\nu_0)^{-\alpha}$ , где  $F_{\nu_0}$  — поток энергии у лаймановского предела, и, обозначив  $x \equiv \nu/\nu_0$  (H), найдем число  $L_c$ -квантов, переработанных в зоне III:

$$N_{g(912 \rightarrow 504 \text{ \AA})} = 4\pi r^2 \int_{\nu_0(\text{H})}^{\nu_0(\text{He I})} F_{\nu} / h\nu \cdot d\nu = 4\pi r^2 F_{\nu_0} / h \cdot \int_1^{1.81} x^{-(\alpha+1)} dx. \quad (3)$$

Из выражений (2) и (3) получаем уравнение Занстра [19]

$$F_{\nu_0} \int_1^{1.81} x^{-(\alpha+1)} dx = k_{\text{экp}} k_{\text{H}\beta} 11.2 F_{\nu}(\text{H}\beta). \quad (4)$$

Для атомов гелия аналогично находим

$$(1.81)^{-\alpha} F_{\nu_0} \int_1^{2.21} x^{-(\alpha+1)} dx = k_{\text{экp}} k_{\lambda 5876} 9.09 \frac{\nu_{\beta}}{\nu_{\lambda 5876}} \cdot \frac{I_{\lambda 5876}}{I_{\text{H}\beta}} F_{\nu}(\text{H}\beta), \quad (5)$$

где число 9.09 взято согласно [24].

Коэффициент межзвездного поглощения в нашей Галактике определим из средних данных [21]. Для M 82 (галактическая широта  $b=41^\circ$ ) межзвездное поглощение составляет  $A_V = 0.^m23$  ( $A = 1.086 \tau \cos \lambda^{-n}$ ,  $n=0.9$ ). Коэффициент поглощения для линий  $\text{H}\beta$  и  $\lambda 5876 \text{ \AA}$  определим по формуле  $k_{\lambda} = e^{-\tau_{\lambda}}$ . Допуская, что спектральный индекс  $\alpha$  не меняется в области  $\lambda 228 \div 912 \text{ \AA}$  и разделив почленно (5) на (4), находим

$$(1.81)^{-\alpha} \int_1^{2.21} x^{-(\alpha+1)} dx \Big/ \int_1^{1.81} x^{-(\alpha+1)} dx = 0.93 I_{\lambda 5876} / I_{\text{H}\beta}. \quad (6)$$

При фотометрической обработке спектра нами найдено, что  $I_{\lambda 5876} / I_{\text{H}\beta} = 0.13$  (по данным [10, 25] это отношение равно 0.10). В результате вычисления получаем из (6) величину спектрального индекса  $\alpha = 3.5 \div 4.0$ . Величина индекса  $\alpha$  зависит от точности определения числа  $L_c$ -квантов в уравнениях (4) и (5), так как возможна частичная ионизация атомов водорода квантами с  $\lambda < 504 \text{ \AA}$ .

Далее, из уравнения (4) при известных  $k_{\text{экp}}$  и  $\alpha$  можно определить величину потока энергии  $F_{\nu_0}$  за лаймановским пределом. Оценка фактора заполнения объема волокнами для галактики M 82 дает коэффициент экранировки  $k_{\text{экp}} \approx 7$  [21]. Поток энергии в линии  $\text{H}\beta$  можно оценить из отношения  $\beta = N_{\alpha} / N_{\beta} \approx 3.5$ , которое определено при фотометрической обработке спектров M 82. Поток в линии  $\text{H}\alpha$  был получен нами для эмис-

сионной области и составляет  $F_{H\alpha} = 10^{-27}$  вт · м<sup>-2</sup> · гц<sup>-1</sup>. Подставляя в (4) все данные, находим поток за лаймановским пределом  $F_{\nu_0} = (2 \pm 0.5) \times 10^{-25}$  вт · м<sup>-2</sup> · гц<sup>-1</sup>. Основные ошибки определения величины  $F_{\nu_0}$  обусловлены неточностью значений величин  $\beta$  и  $k_{\text{эпр}}$ ; изменение спектрального индекса под знаком интеграла может внести лишь небольшую погрешность. Значение величины  $F_{\nu_0}$ , возможно, является завышенным, если существуют еще другие источники ионизации газа, расположенные в зоне НII.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распределение энергии за лаймановским пределом в области  $\lambda 228 \div 912 \text{ \AA}$  приведено на рис. 10. Там же показано распределение энергии в спектре ядра галактики М 82 в радиодиапазоне и в далекой инфракрасной области. Указать единый механизм образования энергетического спектра для всех диапазонов частот представляется затруднительным.

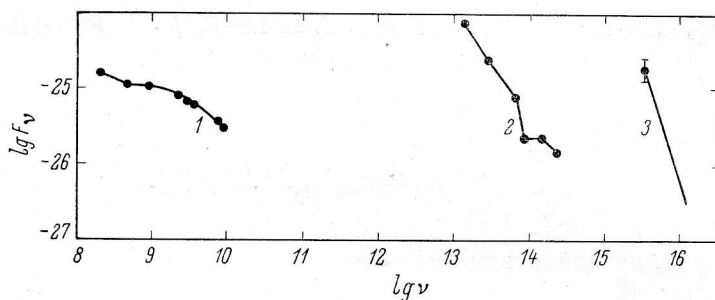


Рис. 10. Распределение энергии в непрерывном спектре ( $\lg F_\nu$ ) для центральной области галактики М 82.

1 — в радиодиапазоне по данным работы [8], 2 — в далекой инфракрасной области по данным работы [9], 3 — рассчитанное за лаймановским пределом из уравнений (3)–(6) настоящей работы.

В работе [10] сделана попытка объяснить несовместимость распределения энергии в радиодиапазоне и в видимой области наличием двух ядер в центре галактики М 82 с различными физическими параметрами.

Распределение энергии в спектре ядра галактики М 82 на рис. 10 можно объяснить, если предположить, что ядро галактики М 82 погружено в пыль. Излучение ядра галактики в видимой области поглощается и переизлучается пылью в далекой инфракрасной области. Подобная модель рассматривалась в [26]. В работе [27] рассматривается синхротронное излучение, обусловленное большим числом инжекций релятивистских электронов, как возможная причина мощного инфракрасного и субмиллиметрового излучения ядер сейфертовских галактик и квазаров. Еще один механизм инфракрасного излучения предложен в [28], где рассмотрен процесс аккреции газа на нейтронные звезды, находящиеся в ядре галактики. При аккреции газа возникает бесстолкновительная ударная волна, которая возбуждает колебания газа на плазменной частоте, близкой к частоте, на которой наблюдается максимум инфракрасного излучения. Возможно, что два последних механизма можно применить для объяснения энергетического спектра ядра галактики М 82.

В заключение авторы благодарят К. К. Чуваева, И. И. Проник и В. И. Проника за предоставление фотографического материала, а также за советы в процессе выполнения работы.

## Литература

1. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюраканск. обс., 34, 19, 1963.
2. Б. Е. Маркарян и др., Сообщ. Бюраканск. обс., 30, 3, 1962.
3. A. Sandage, N. Visvanathan, Astrophys. J., 157, 1065, 1969.
4. C. R. Lynds and A. Sandage, Astrophys. J., 137, 1005, 1963.
5. S. van den Bergh, Astrophys. J., 156, L 19, 1969.
6. F. Bertola et al., Astrophys. J., 157, L 27, 1969.
7. M. I. Raff, Astrophys. J., 157, L 29, 1969.
8. В. Н. Курильчик, Астр. цирк., № 552, 1970.
9. D. E. Kleinman and F. J. Low, Astrophys. J., 159, 165, 1970.
10. M. Reimbert and H. Sprigad, Astrophys. J., 160, 429, 1970.
11. A. V. Solinger, Astrophys. J., 155, 403, 1969.
12. A. V. Solinger, Astrophys. J., 158, L 21, 1969.
13. A. V. Solinger, Astrophys. J., 158, L 25, 1969.
14. Э. Эльвиус. В сб.: Нестационарные явления в галактиках. Ереван, 1968, стр. 384.
15. В. А. Гаген-Торн, Астрофизика, 4, вып. 1, 93, 1968.
16. М. М. Бутслов и др., Астр. ж., 39, 315, 1962.
17. И. И. Проник, К. К. Чуваев, Изв. Крымск. астрофиз. обс., 38, 219, 1962.
18. Ж. Курте, Г. Ж. Монне, А. Пелле. В сб.: Нестационарные явления в галактиках. Ереван, 1968, стр. 470.
19. H. L. Johnson, Astrophys. J., 116, 640, 1952.
20. А. Д. Код. Звездные атмосферы. ИЛ, М., 1963, стр. 67.
21. К. У. Аллен. Астрофизические величины. ИЛ, М., 1960.
22. M. Reimbert, Astrophys. J., 154, 33, 1968.
23. В. В. Головатый, В. И. Проник, Изв. Крымск. астрофиз. обс., 44, 33, 1972.
24. H. Zanstra, Bull. astr. Inst. Netherl., 15, No. 503, 237, 1960.
25. M. Reimbert and H. Sprigad, Astrophys. J., 159, 809, 1970.
26. M. I. Rees et al., Nature, 223, No. 5208, 788, 1969.
27. И. С. Шкловский, Астр. ж., 47, 742, 1970.
28. Г. С. Бисноватый-Коган, Р. А. Сюняев, ИПМ, Препринт № 31, 1970.

Ноябрь 1970 г.