

Переменные звезды 21, № 1, 71 – 77, 1978.
Variable Stars 21, No 1, 71 – 77, 1978.

Фотометрия ядра сейфертовской галактики NGC 4151

В.Л. Окнянский

Блеск ядра NGC 4151 в В-лучах оценивался по 275 фотографиям Одесской коллекции, охватывающим период с 1952 по 1975 гг. Наблюдаемый характер переменности согласуется с результатами наблюдений Лютого (1972), но амплитуда переменности больше 1^m . Поиски периодических составляющих в изменениях блеска ядра NGC 4151 при помощи ЭВМ позволили высказать предположение о существовании 16-летнего цикла. Максимум блеска, соответствующий этому циклу, возможно, произойдет в 1978–1980 гг.

The Photometry of the Nucleus of Seyfert Galaxy NGC 4151

by V.L. Oknyanskij

Brightness estimates of the nucleus of Seyfert galaxy NGC 4151 in B-magnitudes have been obtained using 275 plates of the Odessa collection. These photographs were taken during 1952–1975. The character of variations which we observed doesn't contradict to the results of photoelectric observations made by Lyuty (1972), but amplitude of variations is more than 1^m . Computer searching for periodical components in the changes of nuclear brightness NGC 4151 allows us to suggest a conclusion about the existence of 16-year cycle. Maximum of brightness corresponding to this cycle will possibly take place in 1978–1980.

Observations are given in Tab. 2 and at the Fig. 3–4.

Одной из наиболее примечательных особенностей сейфертовской галактики NGC 4151 является переменность блеска ее ядра, открытая в 1967 году (Фитч и др., 1967).

С 1968 года ведутся систематические наблюдения переменности ядер сейфертовских галактик на многих обсерваториях, причем наиболее систематические наблюдения ведутся Лютым (1972). Эти наблюдения обнаружили, что в изменениях блеска ядра NGC 4151, по крайней мере, две составляющие. Одна — медленные изменения блеска с амплитудой до 1^m и характерным временем несколько лет, другая — кратковременные вспышки с амплитудой $0.^m5$ – $0.^m6$. Продолжительность вспышек от 20 до 100 дней.

Исследование характера переменности ядер сейфертовских галактик необходимо для понимания природы активности ядер галактик и квазаров. В частности, периодические изменения блеска могут свидетельствовать о существовании в ядрах галактик центрального тела, ответственного за переменность.

Пахольчик (1971), анализируя фотографические наблюдения NGC 4151 с 1932 года, нашел, что в изменениях блеска имеется периодическая составляющая с периодом 5,1 года. По мнению Лютого и Проника (1974), если медленно меняющаяся компонента и периодична, то период не постоянен и заключен в интервале от 3 до 5 лет.

Однако, следует отметить, что между фотоэлектрическими наблюдениями и наблюдениями Пахольчика (1971) существует перерыв с 1961 по 1966 год. На этот интервал приходится большая часть фотографий, по которым мы оценивали блеск ядра NGC 4151. Наблюдения Пахольчика охватывают большой интервал времени, но весьма малочисленны и опубликованы без поправок за предельную звездную величину на пластинках. Наблюдения Лютого (1972) получены с большой точностью, но охватывают сравнительно небольшой интервал времени. Следовательно, опубликованные наблюдения не дают достаточно полного представления о характере переменности ядра NGC 4151.

Целью настоящей работы является получение более полного представления о характере переменности NGC 4151 на больших интервалах времени на материале коллекции снимков неба Одесской АО. Результаты исследований частично опубликованы в АЦ (Окнянский, 1976).

Наблюдательный материал.

Фотометрия ядра NGC 4151 проводилась по 275 пластинкам Одесской коллекции, охватывающим период с 1952 по 1975 год. Использовались снимки, полученные при помощи семикамерного астрографа станции "Маяки" Одесской астрономической обсерватории, а также некоторое количество старых снимков, полученных в Одессе при помощи астрографа "Еж" (объектив $D = 10$ см, $F = 50$ см).

Все исследовавшиеся фотографии сняты без фильтра на несенсибилизированных пластинках.

На фотографиях галактика выглядит, как правило, звездообразно, поэтому для оценок блеска использовался метод Нейланда-Блажко. Привязка степенной шкалы к шкале звездных величин в В-лучах осуществлялась по четырем звездам. Звездные величины двух из них, α и β , были взяты из работы Лютого (1971), а величины остальных двух звезд, γ и δ , были измерены Лютым В.М., по нашей просьбе, при помощи электрофотометра, установленного на 60-см телескопе Южной станции ГАИШ.

В таблице 1 и на рисунке 1 приведены необходимые сведения о звездах сравнения.

При оценках блеска галактик наблюдатели сталкиваются с известными трудностями (Курочкин, 1973). Особенности объекта проявляются в систематическом завышении блеска на хороших пластинках, из-за проработки на пластинках внешних частей центральной области галактики. Эффект Эберхарда сильнее проявляется на пластинках с большей плотностью почернения, причем для звезд сравнения и ядра галактики он может сказываться в различной степени. Поэтому необходимо было провести редукцию наблюдений за предельную звездную величину на фотографиях. Предельная величина была определена

на всех исследованных пластинках. Для этой цели использовались кроме звезд α , β , χ , γ , звезда e из работы Лютого (1972) и звезды g и f из работы Пенстони и Сэндиджа (1971). Сведения об этих звездах приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

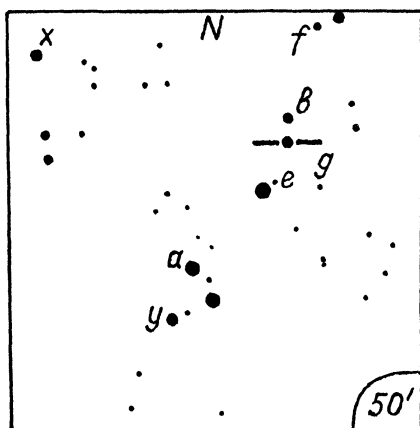


Таблица 1.

Звезды сравнения

*	B	V
a	10.29	9.67
b	12.45	11.40
x	11.60	11.10
y	10.95	10.50
e	14.10	12.72
g	13.23	12.79
f	12.10	10.90

Рис. 1. Карта окрестностей NGC 4151.

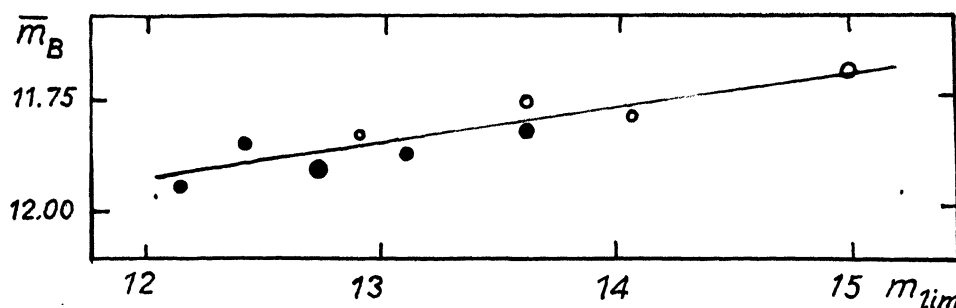


Рис. 2. Зависимость оценок блеска ядра NGC 4151 от предельной звездной величины на фотографиях.

Оценки блеска, полученные по пластинкам с предельными величинами $15^m.0$, $14^m.10$, $13^m.7$, $13^m.2$, $12^m.8$, $12^m.5$, $12^m.2$, $12^m.0$, усреднялись для каждого значения предельной величины отдельно. Зависимость "Средний блеск — предельная звездная величина" представлена на рисунке 2. Как видно из рисунка, эту зависимость удобно представить линейным законом:

$$\bar{m}_B = \bar{m}_0 + a \cdot m_{lim}. \quad (1)$$

Методом наименьших квадратов с учетом весов были получены коэффициенты $\bar{m}_0$ и a . Каждой усредненной оценке присваивался вес, равный числу пластинок, по которым она получена.

Все оценки блеска были приведены к предельной величине $12^m.8$ по формуле:

$$m = m_B + (m_{lim} - 12^m.8) \cdot a, \quad (2)$$

где m_{lim} — предельная величина на пластинке, m_B — оценка блеска, полученная методом Нейланда—Блажко, $a = 0.065 \pm 0.002$.

После учета эффекта предельной звездной величины, оценки блеска, полученные по пластинкам различных камер, не показывали систематического различия.

Оценки блеска, полученные по фотографиям, экспонировавшимся в течение одной ночи, усреднялись. Таким образом, было получено 155 средних за ночь оценок блеска.

Стандартным методом (Шигелев, 1969), было определено среднеквадратичное отклонение оценок блеска от средних за ночь значений блеска. Полученное среднеквадратичное отклонение $\sigma_m = 0.095$ характеризует среднеквадратичную ошибку оценки блеска по одной пластинке. Ошибки порядка 0.1^m считаются нормальными при визуальных оценках переменных звезд на фотографических пластинках. Учитывая особенности объекта, можно было ожидать большей ошибки, но, по-видимому, вклад ошибок, связанных с особенностями объекта, удалось существенно уменьшить поправкой за предельную величину на пластинках. В некоторых работах, в частности, работе Курочкина (1973), указывается на возможность ошибок при оценках блеска, связанных с эмиссионным характером спектра объектов. Но эмиссионные линии в данном случае не могут вносить существенные ошибки, так как их вклад в фильтрах U, B, V для 30" диафрагмы всего несколько процентов (Лютый, 1972).

Среднеквадратичную ошибку среднего за ночь значения блеска можно вычислить по формуле:

$$\sigma_{\bar{m}} = \frac{0.095}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где n — число пластинок, полученных за ночь, приведенное во втором столбце таб. 2.

Результаты наблюдений.

По полученным нами оценкам блеска, блеск ядра NGC 4151 менялся от 11.18^m до 12.53^m , средний блеск ядра по нашим оценкам 11.97^m . Сумма квадратов уклонений средних за ночь оценок от среднего блеска равна 7.1146. Если ошибка средних за ночь оценок блеска 0.1^m , то сумма квадратов уклонений при постоянном блеске была бы 1.55 (так как всего получено нами 155 средних оценок). Следовательно, наши оценки блеска характеризуют, в основном, реальные изменения блеска ядра NGC 4151.

Для наглядности результаты наблюдений для некоторых сезонов представлены на рис. 3. Для быстрых изменений блеска ядра NGC 4151 характерны колебания с амплитудой 0.4^m – 0.7^m и характерным временем около 100 дней.

Наиболее интересными являются наблюдения за 1963 год, поскольку в этом году наблюдался наибольший блеск ядра NGC 4151 за весь исследованный нами период. Причем оценки блеска, свидетельствующие о вспышке, получены по 11 пластинкам, что практически исключает возможность существенной ошибки этих оценок. Для некоторых сезо-

нов наблюдений (1968, 1971, 1973) на рисунке 3 белыми кружками представлены фотоэлектрические наблюдения Лютого. Эти наблюдения частично опубликованы (Лютый, 1972), а за 1973 год были любезно представлены нам В.М. Лютым до публикации. На рисунке 3 видно согласие хода наших оценок и фотоэлектрических измерений блеска, но по нашим оценкам блеск NGC 4151 систематически ярче на $0^m.10-0^m.15$. Это означает, что наши оценки блеска соответствуют большей диафрагме. Используя результаты наблюдений NGC 4151 с различными диафрагмами (Лютый, 1972), мы оценили, что наши оценки блеска соответствуют $32''-36''$ диафрагме. Для сравнения отметим, что изображения звезд двенадцатой величины на пластинках имеют диаметры, соответствующие примерно $30''$ на небе.

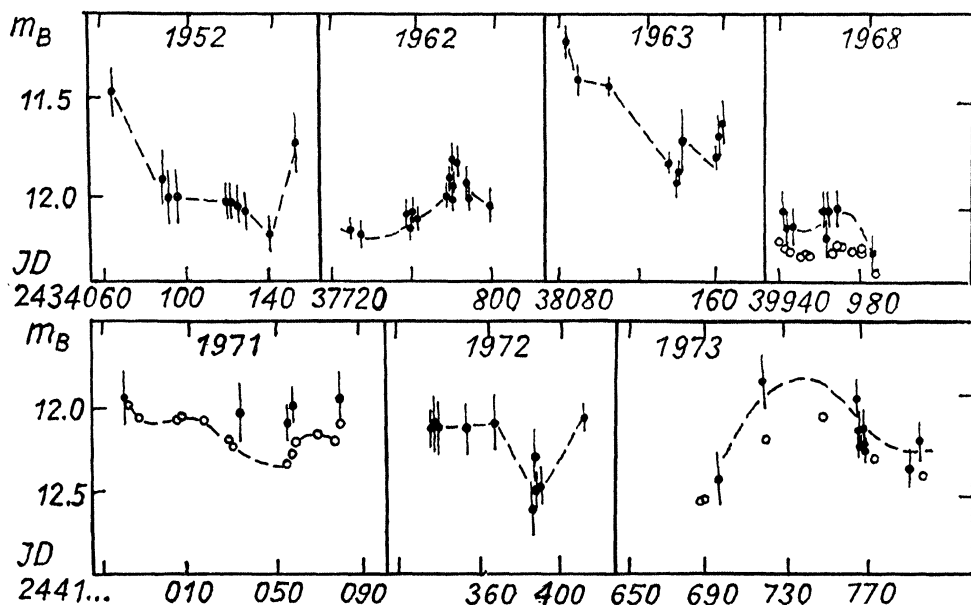


Рис. 3. Кривые блеска ядра NGC 4151 для некоторых сезонов наблюдений.

Большой интерес представляет выделение периодических составляющих в изменении блеска NGC 4151. С этой целью был применен метод поиска периодичности, описанный Барнингом (1963) и запрограммированный для ЭВМ "Наири" О.Е. Манделем. В качестве периода принималось значение P , соответствующее минимуму величины:

$$\Delta = \sum_{i=1}^N (m_i - m_0)^2 - \sum_{i=1}^N [(m_i - m_0) - (a \cos \frac{2\pi}{P} t_i + b \sin \frac{2\pi}{P} t_i)]^2 \quad (4)$$

где m_0 — среднее значение блеска из всех оценок блеска m_i , N — число наблюдений. Величины a и b определяются для каждого пробного периода методом наименьших квадратов. Периоды подбирались в интервале от 10 тысяч до 100 дней. Эти поиски позволили высказать предположение о существовании периода или цикла продолжительностью

16.3 года, неизвестного ранее. Правда, результат этот следует рассматривать как предварительный, поскольку трудно исключить влияние фактора наблюдательной селекции. На рисунке 4 представлены наши оценки блеска, усредненные по одному-двум сезонам.

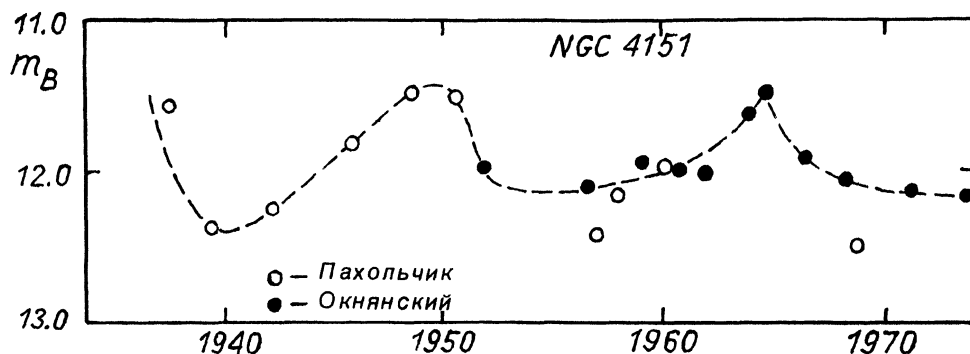


Рис. 4. Средняя кривая блеска ядра NGC 4151 по наблюдениям Пахольчика и нашим оценкам.

В пользу реальности циклических изменений блеска ядра NGC 4151 с характерным временем около 16 лет говорят представленные на рисунке 4 наблюдения Пахольчика (1971), усредненные по промежуткам 1–3 года. Эти наблюдения не использовались при процедуре поиска периода. Если циклические изменения с характерным временем 16 лет являются реальными, то следующего максимума, в соответствии с этим циклом, следует ожидать в 1978–1980 гг.

После того, как данная работа была закончена, вышла из печати статья Саакян (1976), в которой представлены результаты фотографической фотометрии ядер шести сейфертовских галактик, в том числе NGC 4151. Наблюдения в фотографической области спектра охватывают всего две даты — 16 апреля 1964 года и 25 апреля 1968 года. Первая попадает как раз на максимум блеска и результаты измерений Саакян хорошо согласуются с данными настоящей работы.

В заключение мы выражаем искреннюю признательность О.Е. Манделю за помощь и ценные советы, В.М. Лютому за любезно предоставленные до публикации наблюдения и обсуждение результатов настоящей работы.

Таблица 2.

JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B
34063.65	1	11.47	34510.43	1	11.98	36345.33	2	12.23	36698.34	1	11.60
34089.42	1	11.90	34515.43	1	11.98	36546.60	1	12.14	36699.37	1	11.64
34091.43	1	12.00	35246.45	1	12.53	36552.60	1	11.90	36702.40	1	11.95
34096.43	1	11.98	35567.45	1	11.77	36588.60	1	11.86	36714.34	1	11.92
34122.48	1	12.02	35593.31	1	11.46	36607.54	3	11.90	36715.35	1	12.01
34124.48	1	12.02	36286.40	3	12.09	36608.55	3	11.72	36716.37	1	12.45
34128.44	1	12.04	36288.42	3	11.88	36612.55	3	11.87	36722.34	1	11.96
34131.52	1	12.06	36304.36	3	12.16	36613.54	3	11.80	36959.47	2	11.92
34144.43	1	12.20	36313.40	1	12.07	36660.43	3	11.90	36971.55	3	12.08
34158.46	1	11.71	36338.40	1	11.94	36661.40	3	12.03	36995.55	2	12.02
34455.60	1	11.94	36339.30	1	12.04	36663.40	3	11.61	36997.56	3	12.10
34480.52	1	11.94	36340.30	1	12.04	36667.40	2	11.93	37015.50	3	12.06
34502.52	1	12.10	36344.30	2	12.07	36668.40	1	11.73	37016.42	3	12.19

Таблица 2 (продолжение).

JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B	JD 24...	n	m _B
37017.45	3	12.07	37761.44	4	12.03	38820.47	1	12.11	41062.39	1	11.99
37019.47	1	12.33	37763.39	3	12.08	38824.47	1	12.06	41088.32	1	11.95
37020.47	2	12.13	37779.38	1	11.96	38825.50	1	12.07	41337.55	2	12.12
37044.37	3	12.08	37780.36	4	11.86	38857.46	1	11.19	41338.56	1	12.10
37046.40	3	11.97	37781.36	4	11.99	38874.40	3	11.97	41339.57	1	12.11
37052.38	3	11.95	37782.35	3	11.76	38885.35	3	11.95	41355.50	1	12.12
37077.30	1	11.97	37783.32	2	11.87	39125.63	1	11.94	41365.48	1	12.09
37078.36	1	11.99	37784.32	1	11.78	39212.45	1	11.82	41390.47	1	12.55
37079.33	1	12.07	37786.32	3	11.91	39235.42	1	12.00	41391.45	1	12.27
37326.60	2	11.93	37789.37	2	11.89	39237.40	2	12.06	41392.44	1	12.47
37373.43	3	11.86	37790.37	2	11.98	39240.40	1	11.71	41393.42	1	12.45
37377.46	4	11.91	37808.38	1	12.01	39253.34	1	11.76	41417.37	2	12.06
37378.45	2	11.99	38085.51	4	11.18	39254.37	3	11.89	41695.63	1	12.39
37396.40	2	11.96	38090.50	3	11.37	39593.40	1	11.72	41719.54	1	11.88
37397.40	2	11.96	38106.45	4	11.60	39608.40	1	11.86	41769.40	1	11.99
37398.42	3	11.96	38138.37	4	11.79	39943.44	1	12.04	41770.40	1	12.14
37400.42	4	11.88	38141.37	5	11.91	39944.46	1	12.14	41771.40	1	12.13
37405.40	2	11.87	38143.35	4	11.85	39948.71	1	12.13	41772.38	2	12.22
37406.40	2	11.74	38144.38	1	11.67	39965.38	1	12.04	41796.40	1	12.35
37424.34	1	11.90	38162.30	1	11.83	39966.39	1	12.20	41801.34	1	12.20
37425.34	3	11.69	38163.30	1	11.67	39967.41	1	12.04	42461.50	1	12.21
37426.34	2	11.99	38165.30	1	11.58	39971.33	1	12.03	42478.50	1	12.15
37729.52	3	12.13	38410.57	3	11.50	39991.31	1	12.27	42486.50	1	12.25
37734.48	2	12.16	38416.57	2	11.43	40976.60	1	11.94	42507.40	1	12.12
37758.44	4	12.05	38519.34	1	11.58	41035.40	1	12.02	42512.40	1	11.99
37759.39	4	12.14	38818.48	2	12.02	41059.38	1	12.07			

Литература.

- Барнинг, 1963 — Barning T.J.M., BAN 17, №1, 22.
 Курочкин Н.Е., 1973, ПЗ 19, № 2, 128.
 Лютый В.М., 1972, кандидатская диссертация, ГАИШ.
 Лютый В.М., Проник В.И., 1974, Симпозиум МАС № 67, Москва.
 Окнянский В.Л., 1976, АЦ 944.
 Пенстони Сэндидж, 1971 — Penston M.V., Sandage A., PASP 83, №496, 783.
 Пахольчик, 1971 — Pacholczyk A.G., ApJ 163, 449.
 Саакян К.М., 1976, Сообщ. Бюраканской обсерватории № 49, 3.
 Фитч и др., 1967, — Fitch W.S., Pacholczyk A.G., Weymann R.F., ApJ 150, L 67.
 ЩигOLEB В.М., 1969, "Математическая обработка наблюдений". Москва, "Наука".

Одесская обсерватория

Поступила в редакцию
 10 марта 1978 г.