

УДК 524.7—3+520.874.3

## СВОЙСТВА ОПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ КВАЗАРА ЗС 345

М. К. БАБАДЖАНЫЦ, Е. Т. БЕЛОКОНЬ

Поступила 31 января 1984

Принята к печати 5 июля 1984

Приводится сводная кривая блеска квазара ЗС 345 за все время его оптических (полоса  $B$ ) наблюдений—1965—1983 гг. Обнаружено систематическое возрастание средней светимости ЗС 345 в течение последних 15 лет со скоростью около  $0.05/\text{год}$ . Предположено существование связи между оптическими вспышками ЗС 345 длительностью 1—2 года и возникновением движущихся со сверхсветовыми скоростями компактных радиоконпонентов в его миллисекундной структуре. Сходные взаимосвязи прослеживаются и у  $N$ -галактики ЗС 120. Предсказывается появление нового радиоконпонента в миллисекундной радиоструктуре ЗС 345, ассоциирующей с «медленной» вспышкой 1982 г. В 1972—75 гг. возникновение «быстрых» вспышек длительностью около 10 дней согласуется с периодом в 327 дней, что совпадает с определением периода ( $P = 321^d$ ) для этих вспышек, полученным Кинманом и др. [6], по ряду наблюдений 1965—67 гг.

1. *Введение.* Квазизвездный радиоисточник ЗС 345 ( $z = 0.595$ ) благодаря целому ряду особенностей как в морфологии, так и в свойствах его излучения в разных спектральных диапазонах является в настоящее время предметом большого числа наблюдательных и теоретических исследований. Этот один из наиболее мощных внегалактических источников имеет высокую активность в оптическом диапазоне (амплитуда переменности  $2^m$  в полосе  $B$ ), переменную поляризацию оптического континуума, достигающую 22%, сильные и широкие эмиссионные линии.

ЗС 345 является также компактным переменным радиоисточником с плоским спектром. Его миллисекундная структура представляет собой систему ядро—джет с компонентами в джете, показывающими движения со «сверхсветовой» скоростью. ЗС 345 оказался мощным рентгеновским источником со светимостью  $10^{46}$  эрг/с в диапазоне (0.2—3.5) keV. После обнаружения Гелдсмитом и Кинманом [1] оптической переменности ЗС 345, начались систематические наблюдения изменений его блеска. С 1968 г. ЗС 345 был включен в программу фотграфических наблюдений оптической переменности компактных внегалактических объектов [2], ведущуюся в Астрономической обсерватории Ленинградского университета. Наблю-

дения за 1968—1972 гг. опубликованы в работах [2—5]. Результаты наблюдений за 1973—1983 гг. проводятся здесь на рис. 1 (в табличном виде они будут опубликованы отдельно [6]).

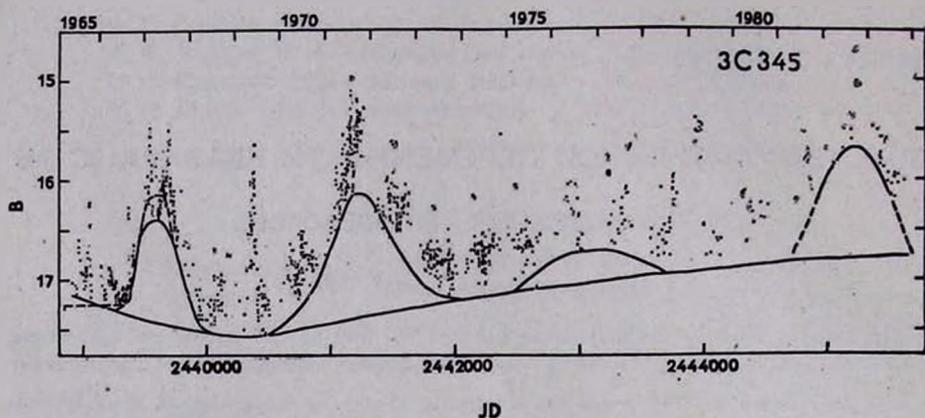


Рис. 1. Сводная кривая блеска ( $B$ ) квазара 3С 345.

2. *Сводная кривая блеска квазара 3С 345.* На рис. 1 приведена сводная кривая блеска квазара 3С 345, полученная за 19 лет наблюдений (с момента обнаружения его переменности в оптике [1] с привлечением всех опубликованных к 1983 г. определений блеска этого квазара в полосе  $B$ . Наблюдения каждого автора, выполненные в одну ночь, усреднялись.

Для получения сводной кривой блеска кроме наших данных были использованы результаты наблюдений еще восьми долговременно ведущихся программ изучения оптической переменности 3С 345 [7—24]. Все эти наблюдения фотографические и выполнены практически полностью на телескопах диаметром менее 1 м. Среднеквадратическая ошибка определения блеска по одной пластинке, как правило, составляет  $0.^m1$ . Кроме этого, использовались и немногочисленные фотовольметрические наблюдения нескольких авторов, полученные на крупных телескопах либо в течение небольших интервалов времени, либо в течение ряда лет, но эпизодически [25—29].

После 1978 г. кривая блеска представлена лишь нашими наблюдениями. Всего же однородный ряд, полученный по нашей программе, охватывает промежуток времени в 16 лет и содержит наблюдения в 410 ночей, в каждую из которых было получено в среднем 2—3 единичных оценки блеска. Следует отметить также, что с 1976 г. частота наблюдений уменьшилась. Это в основном должно было сказаться на выявлении особенностей в изменениях блеска с характерными временами менее 50 дней.

Во всех фотографических программах при обработке изображений использовалась одна и та же фотовольметрическая шкала звезд сравнения [7, 8], что должно, при достаточно близком к стандартному воспроизведе-

нию полосы  $B$ , обеспечивать сопоставимость (т. е. отсутствие систематических ошибок) различных рядов наблюдений.

Для проверки было проведено сопоставление нашего ряда наблюдений с определениями блеска ЗС 345 на обсерватории Розмари Хилл во Флориде [6]. Более чем в 70 случаях наблюдения ЗС 345 на обеих обсерваториях были проведены с разницей во времени, не превышавшей  $0^d8$ . Сравнение результатов наблюдений [6] показало, что взаимная систематическая ошибка этих рядов не превышает  $0^m03$  в  $B$ , а реальный разброс различий в определениях блеска на обеих обсерваториях хорошо соответствует приводимым авторами среднеквадратическим ошибкам наблюдений. При сопоставлении других рядов обнаруживается слишком мало пар таких «одновременных» наблюдений, а наличие у ЗС 345 переменности с временной шкалой в несколько суток не позволяет сравнивать данные, разнесенные во времени более  $1^d-1^d5$ . Однако практически во всех случаях различия в оценках блеска у «одновременных» наблюдений по разным программам соответствовали разбросу точек, получившемуся в результате сопоставления нашего ряда и данных обсерватории Розмари Хилл. Таким образом, можно предполагать, что для всех используемых рядов наблюдений взаимные систематические ошибки не превышают  $0^m1-0^m2$ . Сведение различных рядов наблюдений в одну сводную кривую, конечно, несколько увеличивает дисперсию в изменениях блеска по сравнению с однородным рядом. Поэтому различные статистические сравнения свойств переменности источника на разных временных интервалах, а также поиски периодических компонентов малой амплитуды в изменениях блеска предпочтительнее вести по однородному ряду наблюдений.

3. *Обсуждение результатов наблюдений.* На сводной кривой блеска ЗС 345 (рис. 1) выделены три компонента переменности, имеющие разные характерные времена изменения и сравнимые друг с другом амплитуды.

Таблица 1

Компонент	$T$	$B$
I	$>15$ лет	$>0^m8$
II	1 год	$1^m$
III	10 дней	$0^m3-1^m5$

$T$  — наблюдаемое характерное время изменения;  $B$  — амплитуда.

Ранее Кинманом и др. [7] по ряду наблюдений 1965—67 гг. были описаны лишь компоненты II и III (в наших обозначениях). Штрихованными линиями на рис. 1 в интервале 1965—67 гг. представлены компонент II и

предполагаемая постоянная составляющая, перенесенные с рисунка из этой работы.

*Компонент I.* Наблюдения квазара 3С 345, полученные за последнее десятилетие, дали возможность выявить еще одну переменную составляющую в изменениях блеска с характерным временем не менее 15 лет и амплитудой около  $0.^m8$  в полосе *B* (компонент I). Можно привести следующие свидетельства в пользу утверждения о существовании компонента I:

1) постепенное возрастание в течение последних 15 лет минимального уровня, который достигается при быстрых изменениях блеска (оценка блеска  $B = 17.^m15$  в 1978 г. была произведена по одной пластинке [21] и имеет  $\sigma = 0.^m10$ , т. е. отклонение от уровня компонента I составляет примерно 2 $\sigma$ );

2) достижение в 1982 г. максимального блеска (JD 2445230.21,  $B = 14.^m70$ ; JD 2445230.23,  $B = 14.^m72$  — [6]) за всю историю наблюдений 3С 345, включая архивные пластинки с конца прошлого века [12, 30]. Столь высокий уровень блеска квазара был отмечен при одновременном достижении максимума всеми тремя компонентами. Таким образом, максимальная амплитуда изменений блеска 3С 345 в полосе *B* составляет  $2.^m9$ ;

3) систематическое возрастание величины блеска, усредненного за наблюдательный сезон (время видимости объекта в году примерно 280 дней) на тех интервалах, где отсутствовал компонент II.

Заметим, что вывод о постепенном увеличении светимости квазара 3С 345 в оптическом диапазоне со скоростью примерно  $0.^m05/\text{год}$  может быть сделан и на основании одного лишь однородного 16-летнего ряда наших наблюдений, что полностью исключает влияние систематических ошибок наблюдений. Конечно, пробелы в наблюдательных рядах и недостаточная частота наблюдений могут в некоторой степени повлиять на уровень проведения компонента I, однако само его наличие представляется достаточно очевидным.

*Компонент II.* Возникновение компонента II — вспышек длительностью 1—2 года с амплитудой около  $1.^m$  было подробно прослежено по наблюдениям ряда авторов в 1966—67 гг. и в 1970—72 гг. В работе Барбьери и др. [12] был проведен анализ имевшихся к 1976 г. данных для поиска периодических составляющих в изменениях блеска 3С 345 и сделано предположение о периодичностях в 1600, 800 и 140 дней. 1600-дневная составляющая описывала компонент II. В работе Поллока и др. 1979 г. [21] отмечалось, что предсказанное появление в 1976 г. в соответствии с периодом 1600 дней компонента II не оправдалось. Данные наблюдений этих авто-

ров за 1976 г. указывали лишь на некоторое повышение блеска небольшой амплитуды. Высказывались также предположения относительно возможности появления продолжительного максимума блеска в течение 1980 г.

Теперь стало очевидным, что возникновение компонента II с амплитудой в  $1^m$  в 1982 г. делает предположение о строгом 1600-дневном периоде компонента II несостоятельным. В то же время наши наблюдения независимо подтверждают общее длительное увеличение блеска в 1976—77 гг., отмеченное Поллоком и др. [21]. Поэтому на основании имеющихся к настоящему времени данных можно говорить, по-видимому, о некоторой характерной частоте возникновения s (slow)-вспышек (компонент II), приблизительно равной 1600—2000 дням. Следующее подобное событие тогда должно произойти в 1986—87 гг.

*Компонент III.* Компонент III включает в себя изменения блеска на шкале порядка десятков дней в диапазоне амплитуд  $0^m.3-1^m.5$ . Наряду с небольшими, по-видимому, носящими случайный характер, изменениями блеска на этой временной шкале, активность ЗС 345 проявляется в форме пиксообразных вспышек с амплитудой в полосе  $B$  около  $1^m$  и характерным временем изменения примерно 10 дней — f (fast)-вспышки. На рис. 2 приведена составная f-вспышка для ЗС 345. Для ее получения использовались лишь те вспышки, для которых были прослежены достаточно подробно как восходящая, так и нисходящая ветви. Совмещение производилось по наилучшему совпадению наблюдаемых градиентов возрастания и убывания блеска. При этом оказалось, что нулевой уровень (он отсчитывался от низкочастотных составляющих переменности (рис. 1) для f-вспышек в отсутствии (JD 2439050 и JD 2439370) и в максимумах (JD 2439540 и JD 2441160) компонента II, совпадает с точностью до  $0^m.1$ . Амплитуда всех четырех вспышек составляет тогда  $1^m.1-1^m.2$  в  $B$ .

Небольшая продолжительность фазы максимума f-вспышек — всего около 5 дней требует скважности наблюдений не более 2—3 дней. Пробеги свыше 5 дней могут приводить к значительному увеличению вероятности пропуска f-вспышек. Однако и имеющийся ряд наблюдений позволяет сделать заключение о существовании длительных изменений в характере «быстрой» переменности источника, когда резко изменяется степень вспышечной активности ЗС 345. Так за четыре наблюдательных сезона (время видимости объекта) 1970, 1972—74 гг. имеются свидетельства о возникновении лишь трех f-вспышек, тогда как при той же частоте наблюдений в 1972 г. достаточно подробно прослежены три и можно предполагать существование еще двух f-вспышек, т. е. частота возникновения f-вспышек в 1971 г. увеличилась по меньшей мере в 4 раза. Аналогичное увеличение вспышечной активности компонента III отмечается и в 1969 г., т. е. в отсут-

ствие компонента II. Действительно, наряду с хорошо прослеженной  $\bar{f}$ -вспышкой, максимум которой приходится приблизительно на JD 2440380, наблюдения Лю [15], Барбьери и др. [12] и Бабаджаняца [2] указывают на присутствие по крайней мере еще двух  $\bar{f}$ -вспышек. Все три  $\bar{f}$ -вспышки произошли на интервале в 40 дней, что указывает на высокую степень вспышечной активности. Кроме того, вполне вероятно, что допущенные в

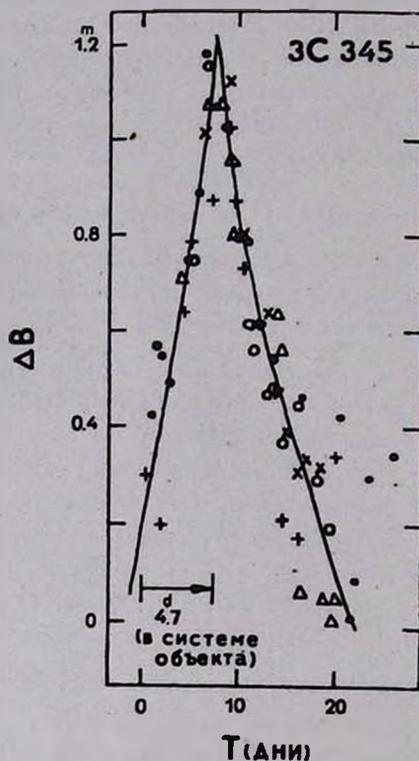


Рис. 2. Составная  $\bar{f}$ -вспышка (компонент III) для квазара 3C 345. Использовались  $\bar{f}$ -вспышки: JD 2439050 (O), JD 2439370 (X), JD 2439540 (+), JD 2440380 ( $\Delta$ ), JD 2441160 ( $\bullet$ ).

1969 г. многочисленные пробы в наблюдениях свыше 10 дней при таком высоком уровне вспышечной активности привели к пропуску еще ряда  $\bar{f}$ -вспышек. Одна из  $\bar{f}$ -вспышек 1969 г. (JD 2440380) была прослежена детально на интервале времени около 15 дней от уровня блеска  $B = 16^m0$  на восходящей ветви и до  $B = 16^m7$  на нисходящей ветви. Эта вспышка ( $\Delta$ ) также присутствует на рис. 2 (наблюдения всех авторов в пределах суток усреднялись). При совмещении данной вспышки с составной нужно либо предположить, что ее амплитуда составляла  $1^m8$  при общей продолжитель-

ности во времени почти в 2 раза большей, либо считать, что у этой вспышки существовала низкочастотная подложка в  $0^m7$ , которая и увеличила ее амплитуду. Вторая возможность представляется более вероятной, т. к. при высоком уровне вспышечной активности в 1969 г. низкочастотная подложка могла сформироваться вследствие простого наложения большого числа обычных  $\dot{I}$ -вспышек.

Усиление вспышечной активности ЗС 345 в отсутствие компонента II происходило, по-видимому, и в 1979 г., когда его блеск дважды с интервалом в 30 дней достигал значения, на  $1^m5$  превышавшего уровень низкочастотных составляющих [6, 24].

Следует подчеркнуть, что возникновение компонента II происходит независимо от  $\dot{I}$ -вспышек и не может быть объяснено их наложением. Как указывалось выше, отмечены периоды очень низкой вспышечной активности при остающемся высоком уровне компонента II. Низкочастотная подложка, появлявшаяся в 1969 г. и, возможно, в 1979 г., в промежутках между S-вспышками, может являться следствием суперпозиции большого числа  $\dot{I}$ -вспышек, хотя не исключено, что ее происхождение аналогично происхождению S-вспышек, но в значительно меньшем масштабе.

Обобщая все имеющиеся данные по  $\dot{I}$ -вспышкам, можно отметить, что их амплитуды составляют  $1^m0-1^m2$  в  $B$ , независимо от уровня низкочастотных составляющих (рис. 1). Эта особенность переменности ЗС 345, т. е. совпадение амплитуд  $\dot{I}$ -вспышек в звездных величинах, а не в интенсивностях и, следовательно, пропорциональность энерговыделения в  $\dot{I}$ -вспышках уровню низкочастотных компонентов, отмечалась еще Пенстоном и Канноном для ряда наблюдений 1965—67 гг. [16] и, несомненно, подтверждается дальнейшими наблюдениями, в том числе и 1982 г. для  $\dot{I}$ -вспышки в максимумах компонентов I и II.

Кинманом и др. [7] для ряда наблюдений 1965—67 гг. был обнаружен 321-дневный период возникновения  $\dot{I}$ -вспышек у компонента III, причем вывод о его существовании был обоснован достаточно убедительно. Дальнейшие наблюдения, однако, показали несовпадение фаз последующих  $\dot{I}$ -вспышек с предвычисленными значениями. После периодов повышенной вспышечной активности в 1969 г. и 1971 г. частота возникновения  $\dot{I}$ -вспышек резко уменьшилась и в течение четырех последующих лет было зафиксировано лишь 4 вспышки: JD 2441506 [22]; JD 2442151 [10]; JD 2441837, JD 2442492 — [6]. Каждая из  $\dot{I}$ -вспышек представлена лишь одним наблюдением вблизи фазы максимума и, соответственно, точность фиксирования максимума составляет 5—10 дней. Интервалы времени между последовательно взятыми максимумами составляют:  $331^d$ ,  $314^d$ ,  $341^d$ ,  $(2 \times 322)^d$ ,  $(2 \times 328)^d$ ,  $(3 \times 329)^d$ , что дает среднее значение периода око-

ло  $327^d$ . Исходя из этой величины, получаем разброс максимумов четырех вспышек в интервале фаз всего  $0^{\circ}04$  (13 дней) для  $327^d$  периода. Этот разброс соответствует точности фиксирования максимума вспышки при имевшейся частоте наблюдений.

Совпадение величины предполагаемого периода в 1972—75 гг. со значением периода, полученного Кинманом и др. [7] для ряда наблюдений 1965—67 гг. ( $P = 321^d$ ), приводит к выводу о возможности сохранения периода для  $\Gamma$ -вспышек на ограниченных интервалах времени. При этом усиление вспышечной активности может привести к возникновению нескольких «серий» вспышек, каждая из которых существует и сохраняет период на ограниченном интервале времени. Тогда уменьшение вспышечной активности дает возможность наблюдать  $\Gamma$ -вспышки, принадлежащие к одной серии, и выявление периода упрощается.

Такая картина может получиться, например, если  $\Gamma$ -вспышки ассоциируются с «дырами» во внешней поглощающей оболочке или с горячими пятнами на поверхности вращающегося с некоторым периодом источника. Время жизни пятна определяет тогда интервал сохранения периода для отдельной серии  $\Gamma$ -вспышек. Усиление же вспышечной активности будет означать почти одновременное появление некоторого числа пятен и, соответственно, возникновение такого же числа серий  $\Gamma$ -вспышек, каждая из которых будет сохранять период на своем интервале времени жизни.

Возможная связь  $\Gamma$ -вспышек с возникновением «дыр» во внешних поглощающих слоях была отмечена Пенстоном и Кэнноном [16] в связи с другой особенностью переменности ЗС 345 — протопорциональностью интенсивности в максимуме  $\Gamma$ -вспышек уровню компонента II.

В табл. 2 приведены основные характеристики всех трех составляющих оптической переменности ЗС 345.  $T_{\min}$  (в системе объекта:  $z = 0.595$ ) определено так, как это предложено в работе Дибая и Лютого [31], т. е. время возрастания на величину средней амплитуды.  $\tau$  — характерная частота возникновения вспышек (в системе объекта). Оценка верхней границы размеров областей, в которых могли бы возникать изменения с соответствующими характерными временами, определялась как  $R \leq c \cdot T_{\min}$ .  $p_{\Gamma}^{0.5}$  — удельная светимость для вспышек, принадлежащих к разным компонентам в оптической переменности, определялась для уровня 0.5 амплитуды соответствующей вспышки.  $L_{\Gamma}$  — удельное энерговыделение для вспышек в течение всего интервала их существования. Для компонента III  $p_{\Gamma}^{0.5}$  и  $L_{\Gamma}$  вычислялись с использованием составной вспышки (рис. 2) для различных уровней низкочастотных составляющих.  $L_{\Gamma}$  для компонента I определялась для интервала времени 1969—1983 гг. и значения постоянной составляющей блеска  $B = 17^m6$ . Спектральный индекс  $\alpha$  для оптического диапазона принимался равным 1.1 [38].  $N_0 = 100 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$  и  $q_0 = 0.05$ .

Сравнение удельного энерговыделения для всех четырех S-вспышек (компонент II) показывает, что вспышка 1976 г. по своим масштабам мало отличается от вспышки 1967 г. в основном благодаря возросшему уровню компонента I.

Таблица 2

Компоненты	$T_{\min}$ [дни] в системе объекта	$\tau$ [дни <sup>-1</sup> ] в системе объекта	$R$ [см]	$P^{0.5}$ [ $10^{20}$ эрг с·Гц·стер]	$L_v$ [ $10^{36}$ эрг Гц·стер]
I	>3000	—	$<8 \cdot 10^{18}$	0.9	35.2
II	} 190	1/1000— 1/1250	$<5 \cdot 10^{17}$	1.4	6.8
1967 г.				1.5	14.5
1976				0.5	4.8
1982				2.5	20.7
III	4.7	—	$<1.2 \cdot 10^{16}$	1.7	0.16
1965 г.		$>1/10$		—	
1969		—		4.4	0.42
1971		$>1/200$		—	
1972—75		—		6.6	0.63
1982	—	—	—	—	

$T_{\min}$  — характерное время изменения блеска во вспышке;  $\tau$  — характерная частота возникновения вспышек;  $R$  — верхняя граница размеров области, в которой происходит изменение светимости с данным характерным временем;  $P^{0.5}$  — удельная светимость для вспышек по уровню 0.5 амплитуды;  $L_v$  — общее удельное энерговыделение во вспышке.

Одним из отличительных свойств квазара ЗС 345 является наличие у него переменной поляризации оптического континуума. Сопоставление переменных параметров поляризации с изменениями блеска позволило Кинману и др. [7] по наблюдениям 1967 г. сделать вывод о высокой степени поляризации обоих компонентов II и III ( $p_{II} \approx p_{III} \approx 17\%$ ), при этом полагалось, что постоянная по блеску ( $B = 17^m 25$ ) подложка неполяризована. Более поздние наблюдения Висванатана [29] показали, что континуум на самом деле поляризован ( $p \approx 6\%$ ) и в интервалах минимума блеска (1968 г.).

В 1983 г. в максимуме компонента II ЗС 345 по блеску стал доступен наблюдениям на 48 см рефлекторе с поляриметром Бюраканской станции АО ЛГУ. Несколько измерений поляризации, выполненных без фильтра (мультищелочной фотокатод,  $\lambda_{\text{эфф}} = 0.53 \mu\text{m}$ ) в начале 1983 г., показали самую высокую из всех известных по литературе степень поляризации ЗС 345:  $p = 20\text{—}22\%$ . Среднеквадратическая ошибка измерения за одну

ночь (измерение длилось около 2 часов) составляла в среднем 2%. Необычно высокая степень поляризации, возможно, свидетельствует о высокой поляризованности излучения компонента I.

4. *Взаимосвязь оптической переменности с миллисекундной радиоструктурой.* Миллисекундная радиоструктура квазара 3С 345, полученная на частотах 5.0 и 10.7 ГГц [33], представляет собой систему — ядро и односторонний джет с двумя последовательно расположенными вдоль него компактными компонентами. Видимая скорость движения этих компонентов превышает скорость света. Унвиным [34] был приведен график угловых расстояний от ядра внешнего и внутреннего компонентов, полученных, соответственно, для 6 и 7 эпох в течение 1979—81 гг. Точки хорошо ложатся на прямые с одинаковым градиентом, что говорит о постоянстве видимой скорости движения на этом интервале. Величина ее составляет  $8/h \cdot c$  (для  $H_0 = 100 \cdot h$  км/с Мпс и  $q_0 = 0.05$ ). Линейная экстраполяция к нулевой точке отделения от ядра дает  $1969.5 \pm 1.9$  для внешнего и  $1975.2 \pm 1.0$  для внутреннего радиокомпонентов [34]. Унвиным [34] также отмечено, что наблюдения плотности потока на радиочастотах не показывают никаких необычных особенностей в области экстраполированных эпох нулевого разделения.

Наблюдения же активности 3С 345 в оптическом диапазоне (рис. 1) показывают хорошее согласие нулевых эпох разделения обоих радиокомпонентов с начальными фазами (эпохи 1970.0 и 1975.0, соответственно) двух S-вспышек 1971 г. и 1976 г.—компонент II в оптической переменности. Отметим, что, несмотря на свою небольшую амплитуду, S-вспышка 1976 г. по масштабам энерговыделения (табл. 2) сравнима с типичной по форме S-вспышкой 1967 г. (в основном, благодаря возросшему уровню компонента I).

Правомерность экстраполяции к нулевой эпохе отделения радиокомпонентов от околоядерной области подтверждается результатами радионаблюдений Коэна и др. [35]. Ими показано, что компоненты в джете движутся прямолинейно, но под разными позиционными углами. Тогда совпадение позиционных углов внешнего компонента—C2 (обозначения из [35]) в наблюдениях 1978—81 гг. и двойного источника, наблюдавшегося в 1971—75 гг., дает возможность говорить о существовании радиокомпонентов в течение длительных интервалов времени, начиная с разделения, равного  $1 \cdot 10^{-3}$ . Данные Коэна и др. [35] указывают и на возможность ускорения компонента C2 в 1974—76 гг.

Поскольку точность определения экстраполированных нулевых эпох недостаточна велика, можно воспользоваться более точно определяемой величиной взаимного углового разделения компонентов (рис. 1 из [34]) на интервале 1979—82 гг. Она составляет  $(2.4 \pm 0.13) \cdot 10^{-3}$ . Тогда вели-

чина временного разделения радиокомпонентов в системе объекта:  $\Delta T = 1520^d \pm 90^d$  (полагая скорость постоянной и равной  $8.2 \cdot c$ ,  $H_0 = 100$  км/с Мпс,  $q_0 = 0.05$ ). На рис. 1 интервал между максимумами или началами двух S-вспышек 1971 г. и 1976 г. составляет  $1800^d \pm 200^d$  или  $1130^d \pm 125^d$  в системе объекта. Подобное согласие подтверждает возможность связи между возникновением оптических S-вспышек квазара ЗС 345 и отделением от околоядерной области радиокомпонентов, движущихся с видимыми сверхсветовыми скоростями. При сопоставлении временного интервала, разделяющего возникновение радиокомпонентов и промежутка времени между двумя S-вспышками, следует иметь в виду возможность некоторого непостоянства скоростей движения радиокомпонентов в течение всего времени их существования и различия в расстояниях от ядра мест их возникновения.

На кривой блеска ЗС 345 (рис. 1) присутствуют еще две S-вспышки с максимумами, приходящимися на 1967 г. и 1982 г. Радиокомпонент, ассоциирующийся с оптической вспышкой 1967 г., имея ту же скорость, что и видимые в настоящее время радиокомпоненты, находился бы на расстоянии около  $7 \cdot 10^{-3}$  от ядра к 1980 г. и около  $3 \cdot 10^{-3}$  в 1974 г. Однако, вполне вероятно, что к этому времени поток от него мог значительно уменьшиться (для компонента С2 отношение его потока к потоку от ядра уменьшилось на порядок с 1976 г. по 1979 г. [36]). Это затруднило бы его выявление, особенно в присутствии сильного компонента С2. Заметим, что в наблюдениях Коттона [35] 1974.5 на 7.8 Гц выделялся, кроме основной двойной структуры — ядро и компонент С2, слабый удаленный источник. Наконец, хорошей проверкой предположения о связи оптических S-вспышек с возникновением движущихся компактных радиокомпонентов явились бы радионаблюдения возможных последствий оптической S-вспышки 1982 г. — возникновение нового радиокомпонента. В начале 1984 г. его угловое разделение от ядра составило бы  $(1'' - 1.5'') \cdot 10^{-3}$ , если предполагать, что скорость движения остается постоянной.

Для проверки выдвинутого предположения необходимо сопоставить аналогичные наблюдательные данные по другим сходным объектам. Из источников с обнаруженными сверхсветовыми движениями в радиоструктуре, кроме ЗС 345, наиболее подробные данные по оптической переменности имеет ЗС 120 — N-галактика с ядром сейфертовского типа. Изменения размера ее миллисекундной структуры в течение 1972—80 гг. представляют собой сложную картину (рис. 2 [33]): четырежды за этот период размеры источника уменьшались до  $1 \cdot 10^{-3}$  и затем постепенно возрастали вплоть до  $7 \cdot 10^{-3}$ . Для двух интервалов времени, когда структура хорошо описывалась моделью двойного источника, получены одинаковые ско-

рости расширения  $v \simeq 2.1 \cdot c$  [33]. Для этих двух интервалов времени (1972.5—1974.4 и в течение 1979 г.) можно также провести экстраполяцию к нулевому уровню отделения радиокомпонентов джета от ядра, что дает начало разделению около 1972.0 и 1978.0.

На сводной кривой сптических ( $B$ ) изменений блеска для ЗС 120 с 1966 г. по 1976 г. [37] отчетливо выделяются три составляющие с характерными временами:  $T_1 \simeq 10$  лет,  $\Delta B \simeq 1^m$ ;  $T_2 \simeq 2$  года,  $\Delta B = 0^m3$ ; и  $T_3 \simeq 100$  дней,  $\Delta B \simeq 0^m5$ . Изменения блеска ЗС 120 за 1976—79 гг. представлены однородным рядом, полученным Гаген-Торном и др. [38]. Таким образом, в сптической переменности ЗС 120 также прослеживается трехкомпонентная структура со сходными характеристиками. Составляющая с характерным временем около 2 лет имеет вид гладких, следующих непрерывно один за другим максимумов, с амплитудой  $0^m3-0^m4$  в полосе  $B$ . Наиболее отчетливо выделяются «медленные» возрастания блеска, начала которых относятся к эпохам 1968.0, 1971.8 [37] и 1978.0 [38]. Две последних эпохи соответствуют вышеприведенным экстраполированным нулевым эпохам отделения радиокомпонентов от ядра. Конечно, в случае ЗС 120 присутствие «быстрых» изменений блеска вдвое большей амплитуды, чем компонент II, не позволяет выявить его так четко, как у ЗС 345, однако, в целом, наблюдения переменности согласуются с предположением о связи компактных радиокомпонентов с увеличениями оптической светимости объекта, длящимися 1—2 года. Нужно отметить, что отсутствие длительных, как у ЗС 345, перерывов между возникновением максимумов компонента II, хорошо соответствует наблюдаемой сложной картине изменения размеров миллисекундной структуры ЗС 120. Если предполагаемая связь между оптической переменностью и движущимися радиокомпонентами окажется реальной, то подобная картина может объясняться наложением нескольких движущихся радиокомпонентов, которые возникают последовательно и имеют время жизни около 2—3 лет.

5. *Заключение.* Перечислим кратко выводы, которые удалось сделать, анализируя почти 20-летние наблюдения оптической переменности квазара ЗС 345;

1. В оптической переменности ЗС 345, кроме ранее известных составляющих с характерными временами 1 год и 10 дней (компоненты II и III) обнаружено систематическое возрастание средней светимости в течение последних 15 лет со скоростью около  $0^m05/\text{год}$  — компонент I.

2. Необычно высокая степень поляризации ( $p = 22\%$ ) оптического континуума, наблюдавшаяся в 1983 г., предполагает, по-видимому, высокую поляризованность излучения у компонента I.

3. S-вспышки (компонент II) возникают, по-видимому, квазипериодически, с характерной частотой  $1600^d - 2000^d$ .

4. Предполагается существование связи S-вспышек (компонент II) в оптической переменности 3С 345 и соответствующего компонента у 3С 120 с возникновением движущихся со «сверхсветовыми» скоростями компактных радиоконентов в миллисекундной радиоструктуре этих источников. Предсказывается появление нового радиоконента в миллисекундной радиоструктуре 3С 345, ассоциирующегося с S-вспышкой 1982 г.

5. Выявлено существование периодов резкого возрастания вспышечной активности у компонента III наряду с длительными «спокойными» периодами, когда частота I-вспышек уменьшается в несколько раз.

6. В 1972—75 гг. существуют указания на присутствие периодичности у I-вспышек ( $P=327^d$ ). Совпадение величины предполагаемого периода с периодом, определенным Кинманом и др. [7], по ряду наблюдений 1965—67 гг. ( $P=321^d$ ) может свидетельствовать о локализации на ограниченных интервалах времени проявлений периодичности у I-вспышек (компонент III).

Необходимо продолжение патрулирования оптической переменности квазара 3С 345, а также получение новых карт миллисекундной радиоструктуры, для проверки ряда высказанных предположений.

Авторы выражают благодарность сотруднику Астрономической обсерватории Ленинградского университета Ю. В. Барышеву за полезные обсуждения.

Ленинградский государственный  
университет

## PROPERTIES OF THE OPTICAL VARIABILITY OF 3C 345

M. K. BABADZHANYANTS, E. T. BELOKON'

The light curve (B) of 3C 345 is given containing all available data for 1965-1983. The systematic increase of the mean luminosity  $\sim 0^m05/\text{year}$  in B during the last 15 years was found. The connection is assumed between the "slow" optical flashes of 3C 345 and the arising of the compact "superluminal" radio components in their VLBI-structure. The N-galaxy 3C 120 shows a similar tendency. With these assumptions we predict the appearance of a new radio component in 3C 345 connected with the optical flash in 1982. The "fast" optical

flashes appear to show a 327-day periodicity in 1972—1975 that coincide with the period ( $P = 321^d$ ) obtained by Kinman et al. for 1965—1967. This suggests that the periodicity of the "fast" flashes may occur at limited time intervals.

## ЛИТЕРАТУРА

1. D. W. Goldsmith, T. D. Kinman, *Ap. J.*, 142, 1693, 1965.
2. М. К. Бабаджаниянц, *Астрон. цирк.*, № 614, 3, 1971.
3. М. К. Бабаджаниянц, В. А. Гаген-Торн, Е. Н. Копачкая, В. В. Небелицкий, Е. И. Полянская, *Труды АО ЛГУ*, 29, 72, 1973.
4. М. К. Бабаджаниянц, С. К. Винокуров, В. А. Гаген-Торн, Е. В. Семенова, *Труды АО ЛГУ*, 30, 69, 1974.
5. М. К. Бабаджаниянц, С. К. Винокуров, В. А. Гаген-Торн, Е. В. Семенова, *Труды АО ЛГУ*, 31, 100, 1975.
6. М. К. Бабаджаниянц, Е. Т. Белоконь, Н. С. Денисенко, Е. В. Семенова, *Астрон. ж.* (в печати).
7. T. D. Kinman, E. Lamla, T. Sturla, E. Harlan, C. A. Wirtanen, *Ap. J.*, 152, 357, 1968.
8. R. J. Angione, *A. J.*, 76, 412, 1971.
9. T. D. Kinman, *Nature*, 221, 555, 1969.
10. R. J. Angione, E. P. Moore, R. G. Roosen, J. Stevers, *A. J.*, 86, 653, 1981.
11. C. Barbieri, A. Erculanti, *Mem. della Societa Astr. Italiana, Nuova seria*, 39, 421, 1968.
12. C. Barbieri, G. S. Romano, A. di Serego, M. Zambon, *Astron. Astrophys.*, 59, 419, 1977.
13. J. H. Hunter, P. K. Lü, *Nature*, 223, 1045, 1969.
14. J. H. Hunter, P. K. Lü, *Nature*, 225, 336, 1970.
15. P. K. Lü, *A. J.*, 77, 829, 1972.
16. M. V. Penston, R. D. Cannon, *Roy. Obs. Bull.*, 159, 85, 1970.
17. K. P. Tritton, R. A. Selmes, *M. N. RAS*, 153, 453, 1971.
18. R. A. Selmes, K. P. Tritton, R. W. Wordsworth, *M. N. RAS*, 170, 15, 1975.
19. M. J. Smyth, R. D. Wolstencroft, *Astrophys. Space Sci.*, 8, 471, 1970.
20. B. Q. Mc Gimsey, A. G. Smith, R. L. Scott, R. J. Leacock, P. L. Edwards, R. L. Hackney, *K. R. Hackney, A. J.*, 80, 895, 1975.
21. J. T. Pollock, A. J. Pica, A. G. Smith, R. J. Leacock, P. L. Edwards, R. L. Scott, *A. J.*, 84, 1658, 1979.
22. Л. Т. Маркова, С. К. Фомин, Г. В. Жуков, *Астрон. цирк.*, № 791, 1, 1973.
23. Л. Т. Маркова, Г. В. Жуков, *Астрон. цирк.*, № 843, 1, 1974.
24. Г. В. Жуков, *Астрон. цирк.*, № 1056, 7, 1979.
25. A. Sandage, *Ap. J.*, 146, 13, 1966.
26. E. J. Wampler, *Ap. J.*, 147, 1, 1967.
27. A. Elvius, *A. J.*, 72, 794, 1967.
28. A. Elvius, *Lowell Obs. Bull.*, 142, 55, 1953.
29. N. Visvanathan, *Ap. J.*, 179, 1, 1973.
30. R. J. Angione, *A. J.*, 73, 353, 1973.
31. Э. А. Дубай, В. М. Лютый, *Письма АЖ*, 2, 230, 1976.
32. J. R. P. Angel, H. S. Stockman, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 8, 321, 1980.

33. *M. H. Cohen, S. C. Unwin*, Symp. IAU No. 97, Eds. D. S. Heeschen, C. M. Wade, Dordrecht: D. Reidel, 1982, p. 345.
34. *S. C. Unwin*, Symp. IAU No. 97, Eds. D. S. Heeschen, C. M. Wade, Dordrecht: D. Reidel, 1982, p. 357.
35. *M. H. Cohen, S. C. Unwin, T. J. Pearson, G. A. Setelstad, R. S. Simon, R. P. Linfield, R. C. Walker*, Ap. J., 269, L1, 1983.
36. *M. H. Cohen, T. J. Pearson, A. C. S. Readhead, G. A. Setelstad, R. S. Simon, R. C. Walker*, Ap. J., 231, 293, 1979.
37. *В. А. Гаген-Торн, А. И. Перевозчикова, Н. М. Скулова, С. Г. Эрштадт, В. А. Яковлева*, Труды АО ЛГУ, 35, 52, 1979.
38. *В. А. Гаген-Торн, А. И. Гагауллина, Н. С. Денисенко, С. Г. Марченко*, Труды АО ЛГУ, 38, 104, 1983.