

УДК: 524.7—56—48:539.17

ОПТИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СВЕРХСВЕТОВОГО РАЗЛЕТА  
КОМПОНЕНТОВ МИЛЛИСЕКУНДНОЙ РАДИОСТРУКТУРЫ  
КВАЗАРА 3С 345

М. К. БАБАДЖАНЫЦ, Е. Т. БЕЛОКОНЬ

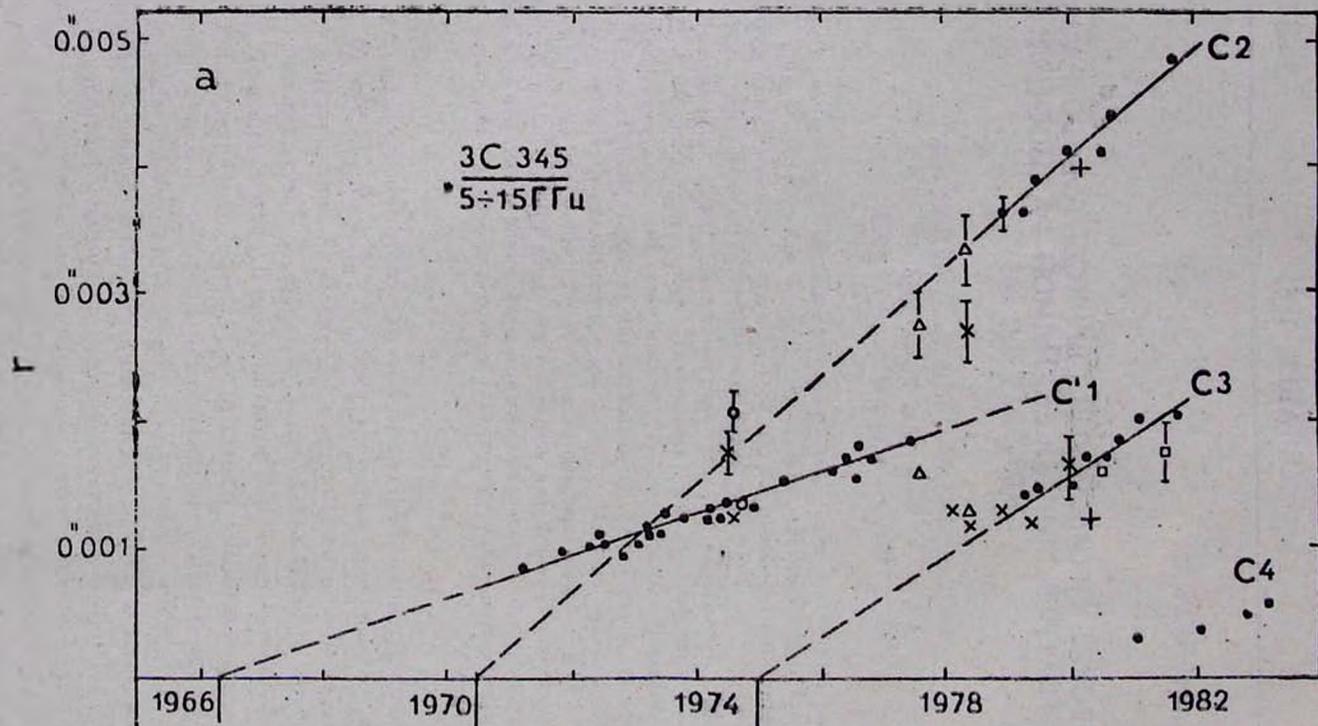
Поступила 7 мая 1985

Принята к печати 20 июля 1985

Проведено сопоставление всех имеющихся данных по сверхсветовым изменениям миллисекундной радиоструктуры квазара 3С 345 на частотах 5—15 ГГц за 1971—1982 гг. с оптической переменностью (полоса В) этого источника. Эпохи нулевого разделения от ядра для всех случаев, когда компактные радиокомпоненты джета показывали движение с постоянной сверхсветовой скоростью, хорошо согласуются с начальными фазами оптических вспышек (характерное время изменения  $\sim 1$ —2 года (s-вспышки)), наблюдавшихся с 1966 г. Начальная эпоха последней оптической s-вспышки 1982—1983 гг. соответствует эпохе отделения от ядра нового компонента джета. Обнаружена корреляция оптических s-вспышек с изменениями плотности общего радиопотока на 10.7 ГГц при запаздывании радиовспышек в 400—1000 дней. Это позволяет связать радиовспышки сравнительно небольших амплитуд (1968—1974 гг.) с возникновением движущихся радиокомпонентов джета. Сделан вывод о том, что одна из причин оптической переменности внегалактических объектов связана с явлением струйных выбросов из ядер.

1. *Наблюдательные свидетельства связи оптических s-вспышек 3С 345 с выбросом компактных радиокомпонентов.* Квазар 3С 345 ( $z = 0.595$ ) показывает целый ряд выдающихся проявлений активности в широком интервале длин волн. Этот источник обладает, в частности, высокой степенью переменности излучения в оптическом и радиодиапазонах [1, 2], а также последовательными изменениями своей миллисекундной радиоструктуры с видимыми скоростями, превышающими скорость света [3].

На рис. 1b представлена сводная оптическая кривая блеска, включающая все известные к 1985 г. наблюдения 3С 345 в полосе В. Кривая составлена в основном по результатам фотографических наблюдений (типичная среднеквадратичная ошибка единичного наблюдения  $\sim 0.^m1$ ). Данные и ссылки, использованные для получения сводной оптической кривой блеска, приведены в работах [1, 4] и дополнены наблюдениями Ллойда [5]. В работе [1] обсуждались некоторые свойства трех компонентов пе-



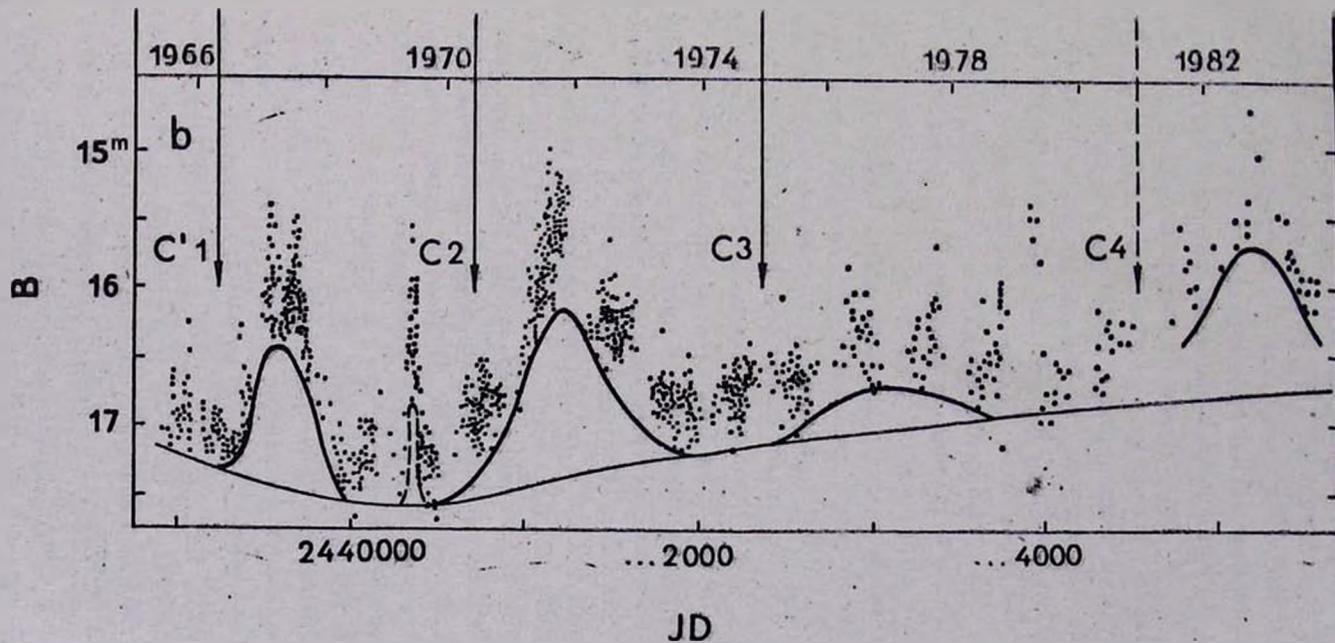


Рис. 1. а) Угловое разделение  $\gamma$  компонентов джета 3C 345 от ядра на частотах 5–15 ГГц в зависимости от времени. (●) — данные из работ [3, 9, 10–12]; (Δ) — [13]; (+) — [14]; (□) — [15]; (×) — [16]; (○) — данные Котгона из работы [16]. Ошибки там, где они не указаны, находятся в пределах  $(0.05–0.15) \cdot 10^{-3}$  и для наблюдений компонента C4 —  $(0.02–0.06) \cdot 10^{-3}$ . Прямые проведены методом наименьших квадратов лишь по наблюдениям, обозначенным (●), C'1 — [11], C2 и C3 — [9]. б) Сюда́ная кривая оптической переменности 3C 345 (полоса B). Типичная среднеквадратичная ошибка единичного наблюдения  $\sim 0^m.1$ . Использованные данные и ссылки взяты из работ [1, 4, 5].

ременности ЗС 345, имеющих характерные времена изменения  $\sim 15$  лет (компонент I);  $\sim 1$  год (компонент II);  $\sim$  несколько суток (компонент III). Компонент II на рис. 1b проведен как огибающая снизу «быстрых» изменений блеска (компонент III) и представляет собой последовательность *s* (slow)-вспышек. Компонент I проведен сплошной тонкой линией.

Радиоструктура ЗС 345, полученная на масштабах примерно нескольких угловых миллисекунд, состоит из неразрешенного ядра и одностороннего джета с компактными компонентами, движущимися вдоль него с видимыми сверхсветовыми скоростями [6]. На основе данных по изменениям миллисекундной радиоструктуры ЗС 345 на частотах 5 и 10.7 ГГц в 1979—1981 гг. [7] нами ранее было сделано предположение о связи оптических *s*-вспышек ЗС 345 с выбросами из ядра компактных радиокомпонентов [1]. Нулевые эпохи отделения от ядра (т. е. моменты, когда угловое разделение  $\gamma$  ядра и выбрасываемого из него компонента джета равнялось нулю) для двух компактных радиокомпонентов джета С2 и С3 (в обозначениях [8]), полученные при линейной экстраполяции данных VLBI-наблюдений 1979—1981 гг., хорошо согласуются с начальными фазами двух *s*-вспышек с максимумами в 1971 г. и 1976 г. [1].

Новые положения С2 и С3, полученные к концу 1981 г. Унвиним и др. [9], позволили уточнить величины собственных движений компонентов и подтвердить их некоторое различие (в [1] предполагалось, что скорости равны). Уточненные величины нулевых эпох отделения радиокомпонентов от ядра:  $1970.4 \pm 1.1$  для С2 и  $1974.9 \pm 0.8$  для С3 [9] лучше согласуются с начальными фазами (1970.0 и 1975.0) оптических *s*-вспышек; чем первоначальные, менее точные определения.

Наблюдения тройного источника 1979—1981 гг. [9] являются лишь частью данных по изменениям миллисекундной структуры ЗС 345. На рис. 1а приведены определения углового разделения от ядра компонентов джета за все время систематических VLBI-наблюдений ЗС 345 на частотах 5—15 ГГц. Первые гибридные карты этого источника были получены в середине 1977 г. [17]. До этого наблюдательные данные подгонялись под модель двойного источника, для которой и определялись параметры, в том числе и угловое разделение компонентов. В 1971—1975 гг. наблюдательные данные достаточно хорошо удовлетворяли этой модели. Расстояние между примерно равными по плотности потока компонентами при этом увеличивалось со скоростью  $\sim 0.''16 \cdot 10^{-3}/\text{год}$  [8, 11]. В 1979—1981 гг. гибридные карты ЗС 345 показывают существование тройного источника: два компонента джета отделяются от ядра с примерно одинаковой скоростью  $\sim 0.''36 \cdot 10^{-3}/\text{год}$ , быстро убывая по плотности потока [9].

Общая картина изменений миллисекундной структуры ЗС 345 интерпретировалась двумя способами. Шрамл и др. [16] полагали, что увели-

чение общего размера источника, по крайней мере в 1974—1980 гг., происходит благодаря отделению от яркого двойного ядра слабого компонента (C2) со скоростью  $\sim 0.''3 \cdot 10^{-3}$  /год. При этом угловое разделение компонентов двойного ядра остается примерно постоянным:  $\sim 1.''3 \cdot 10^{-3}$ . Коэн и др. [8] отождествляли компонент джета двойного источника 1971—1976 гг. с компонентом C2 тройного источника, наблюдавшегося в 1978—1981 гг. Это предположение основывалось на совпадении их средних позиционных углов; средний позиционный угол C3 отличался на  $8^\circ$ . При этой идентификации приходится считать, что C2 примерно в два раза увеличил свою скорость [8].

Предположение о связи S-вспышек с возникновением компонентов в миллисекундном джете дает возможность по-новому интерпретировать изменения VLBI-структуры ЗС 345 в соответствии с имеющимися данными по оптической переменности. Увеличение углового разделения двойного источника 1971—1976 гг. хорошо аппроксимируется прямой, экстраполяция которой к нулю дает эпоху отделения от ядра движущегося компонента, равную  $1966.3 \pm 0.3$  [11]. Эта эпоха практически точно совпадает с началом первой из зафиксированных оптических S-вспышек ЗС 345, максимум которой приходится на 1967 г. (рис. 1b).

Таким образом, для всех трех случаев, когда компоненты джета показывали равномерное движение от ядра, при этом с существенно разными скоростями: 3.7 с в 1971—1976 гг., 9.5 с (C2) и 7.0 с (C3) в 1979—1981 гг. ( $H_0 = 100 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$ ,  $q_0 = 0.05$ ), линейная экстраполяция к эпохам нулевого разделения компонентов от ядра дает хорошее согласие с начальными фазами всех наблюдавшихся с 1966 г. по 1980 г. оптических S-вспышек (рис. 1). Подобное совпадение оптических и радиоданных дает возможность предположить, что в 1971—1976 гг. наблюдался компонент C'1, ассоциирующийся с оптической S-вспышкой 1967 г. C'1 — наше обозначение в отличие от C1 — удаленного ( $\sim 18'' \cdot 10^{-3}$ ) и слабого компонента джета, обнаруженного на частоте 2.3 ГГц [18].

Предположение о том, что расширение источника в 1971—1976 гг. объясняется выбросом компонента C'1, независимого от более поздних компонентов C2 и C3, означает, что реально, после 1971 г. ЗС 345 имел структуру более сложную, чем простой двойной источник, модель которого использовалась для подгонки наблюдательных данных до 1977 г. Угловое разделение компонента C2 в 1971—1972 гг. было меньше существовавшего тогда предела разрешения, так что ядерный компонент двойного источника представлял собой на самом деле бленду ядра и компонента C2.

Переобработка Коттоном [16] наблюдательных данных, полученных в эпоху 1974.5 на 7.9 ГГц, а также Шрамлом и др. [16] наблюдений на 10.7 ГГц действительно показывают существование тройного источника.

При этом угловое разделение от ядра третьего, сравнительно более слабого компонента в эпоху 1974.5 составляет  $\sim 2'' \cdot 10^{-3}$  (рис. 1а), что хорошо соответствует линейно экстраполированному на эту эпоху угловому разделению компонента С2. Коттон [16] определил, что третий (внешний) компонент в эпоху 1974.5 составлял около 15% плотности общего потока. Из данных по переменности ЗС 345 на 7.9 ГГц [3] получаем плотность потока для внешнего компонента  $\sim 1.7$  Ян. С другой стороны интерполяция данных по переменности и величинам относительных вкладов компонентов тройного источника на начало 1979 г. между 5 и 10.7 ГГц ([9], рис. 6.7) показывает, что компонент С2 составлял  $\sim 0.1$  от плотности общего потока или  $\sim 0.8$  Ян. Таким образом, плотность потока от третьего (внешнего компонента в эпоху 1974.5 была примерно в два раза больше по сравнению с компонентом С2 в 1979 г., что согласуется с общей тенденцией к убыванию плотности потока от движущихся компонентов, прослеженной в наблюдениях 1978—1981 гг. [9]. Следовательно, и по угловому разделению от ядра, и по плотности потока третий компонент источника, обнаруженный в эпоху 1974.5, может быть отождествлен с С2.

Далее, после 1975 г. до появления гибридных карт ЗС 345, ясно показывающих существование тройного источника с компонентами джета С2 и С3, наблюдательные данные хуже соответствовали модели простого двойного источника [8]. По-видимому, это происходило не только, как предполагали Коэн и др. [8], из-за появления нового компонента С3. По наблюдениям 1976—1977 гг. можно предположить существование сложной структуры, включающей уже четыре компонента: ядро и С3 (бленда), С'1 и С2 (рис. 1а). Однако из-за недостаточно высокого углового разрешения и, возможно, заметного различия плотностей потоков компоненты С'1 и С3 никогда не были зафиксированы одновременно.

Компоненты джета при своем движении быстро эволюционируют. VLBI-наблюдения 1978—1981 гг. С2 и С3 на 5 и 10.7 ГГц показали, что спустя несколько лет после своего возникновения оба компонента джета, удаляясь от ядра, быстро ослабевали. Плотности потоков от них уменьшались в 2—3 раза за  $\sim 3$  года [9]. Компонент С2 спустя 11 лет после возникновения ( $\sim 1970.4$ ) ослаб до порога обнаружения на 10.7 ГГц [9]. Наблюдения 1975—1977 гг. на 10.7 ГГц, интерпретированные в рамках модели двойного источника, также показывают уменьшение плотности потока для компонента джета (предполагаемый С'1); в эпоху 1977.13 она составляла  $\sim 2.1$  Ян (при ошибке  $\sim 20\%$ ) [11]. По аналогии с наблюдаемыми изменениями потоков С2 и С3 [9] можно считать, что, по-видимому, и у С'1 в течение 1977—1978 гг. продолжалось дальнейшее существенное ослабление потока. В это же время новый компонент С3 был более ярким, чем С'1. По данным VLBI 1978—1981 гг. на 10.7 ГГц плотность потока от С3 быстро уменьшалась (примерно в 3 раза за 2 года [9]). На начало

1979 г. она составляла  $\sim 0.3$  от плотности общего потока или  $\sim 2.6$  Ян ([9], рис. 6, 7). Таким образом, в 1977—1978 гг. С3 был, по-видимому, существенно ярче, чем С'1.

Уменьшение углового разделения «внутреннего» компонента джета в эпоху 1977.5 (рис. 1b) может объясняться тем, что неразрешенный еще от ядра С3 эффективно уменьшал взаимное угловое разделение С'1 и ядра. На интервале 1977.5—1978.5, по-видимому, наблюдалась бленда С'1 и С3. Затем, с 1979 г. в качестве «внутреннего» компонента вместо С'1 стал наблюдаться С3 как более яркий. С'1 через 13 лет после своего возникновения, вероятно, был уже достаточно слабым, кроме того, в это время он уже трудно разрешим из-за небольшого углового разделения с С3.

Таким образом, вся совокупность наблюдавшихся изменений миллисекундной структуры 3С 345 в 1971—1981 гг. (рис. 1a) не противоречит предположению о существовании независимого от С2 и С3 компонента джета С'1, возникшего в 1966 г. В этом случае для всех трех компонентов джета С'1, С2 и С3 для наблюдавшихся величин углового разделения от ядра  $\sim (1'' \div 5'') \cdot 10^{-3}$  нет оснований предполагать изменений позиционных углов или видимых скоростей движения. Альтернативные гипотезы, отождествляющие компонент джета двойного источника 1971—1976 гг. с компонентами С2 (Козн и др. [8]) или С3 (Шрамл и др. [16]), предполагают значительно более сложную картину движения компонентов: либо увеличение примерно в два раза за короткий промежуток времени скорости компонента С2, либо неоднократное изменение скорости совместно с изменением позиционного угла у компонента С3.

Отметим, что у обоих «сверхсветовых» источников 3С 273 и 3С 120, для которых VLBI-наблюдения проводятся столь же часто, как для 3С 345, обнаруживается сложная четырехкомпонентная структура. Компоненты джетов у 3С 273 и 3С 120 сохраняют постоянные скорости на масштабах  $\sim (1'' \div 9'') \cdot 10^{-3}$ , систематически уменьшаясь по плотности потоков [19, 20].

Предположение о связи оптических s-вспышек 3С 345 с выбросом из ядра компактных радиокомпонентов позволило нам ранее, на основании лишь оптических наблюдений переменности 3С 345, предсказать появление нового радиокомпонента джета [1], который должен ассоциироваться с последней оптической s-вспышкой 1982—1983 гг. (рис. 1b). Начальная фаза этой вспышки приходится приблизительно на эпоху 1981.0 с неопределенностью около 1 года из-за недостаточной полноты ряда наблюдений. Если собственное движение нового компонента принять соответствующим средней скорости компонентов С2 и С3 (т. е. около  $0.36 \cdot 10^{-3}$  /год), то к началу 1984 г. его разделение от ядра должно было составить около  $1'' \cdot 10^{-3}$  [1].

Действительно, VLBI-наблюдения 3С 345 на частотах 10.8 и 22.2 ГГц, полученные, соответственно, для четырех и трех эпох в течение 1981—1983 гг. [12], показали отделение от ядра нового компонента. Существенное повышение углового разрешения дало возможность зафиксировать компонент с углового разделения  $\sim 0.''3 \cdot 10^{-3}$ . К началу 1983 г. разделение достигло  $\sim 0.''6 \cdot 10^{-3}$ , при этом обнаружилось, что для таких масштабов разделения происходит поворот позиционного угла компонента ( $\Delta Q \approx 35^\circ$ ) и увеличение скорости его движения от  $\sim 3$ с до бс. Однако уже при угловом разделении  $\sim 0.''5 \cdot 10^{-3}$  оба эти параметра оказались очень близки средним позиционным углам и скоростям движения предыдущих компонентов джета [12].

В табл. 1 приведены основные данные для компонентов миллисекундной радиоструктуры 3С 345 и ассоциирующихся с ними оптических вспышек.

Таблица 1

Радио-компонент	$T_0^{\text{радио}}$	$T_0^{\text{опт.}}$	$\beta_{\text{вид.}}$	$Q^\circ$
С'1	$1966.3 \pm 0.3$	1966.3(0.2)	$3.7 \pm 0.2$	$-75 \pm 1.8$
С 2	$1970.4 \pm 1.1$	1970.0(0.3)	$9.5 \pm 1.2$	$-74 \pm 1.6$
С 3	$1974.9 \pm 0.8$	1975.0(0.3)	$7.0 \pm 1.2$	$-83 \pm 2$
С 4	(1981.1) для $r \approx 0.''3 \cdot 10^{-3}$	1981.0(1.0)	( $6.2 \pm 1.3$ ) для $r \approx 0.''5 \cdot 10^{-3}$	( $-93 \pm 2$ ) для $r \approx 0.''6 \cdot 10^{-3}$

$T_0^{\text{радио}}$  — экстраполированная эпоха нулевого разделения компонентов джета от ядра, определенная по VLBI-наблюдениям.  $T_0^{\text{опт.}}$  — эпоха начальных фаз оптических s-вспышек; в скобках указан интервал неопределенности фиксирования  $T_0^{\text{опт.}}$ .  $\beta_{\text{вид.}} = (v/c)_{\text{вид.}}$  — видимая скорость (в проекции на картинную плоскость в единицах скорости света) движения компонентов джета из [9, 11, 12]; ( $H_0 = 100 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$ ;  $q_0 = 0.05$ ;  $z = 0.595$ );  $Q^\circ$  — наблюдаемый средний позиционный угол компонентов джета из [8, 11, 12].

Необходимо отметить некоторые причины, которые, возможно, приводят к различию истинных  $T_0^{\text{опт.}}$  и  $T_0^{\text{радио}}$  от приведенных в таблице.

Для рассматриваемых масштабов углового разделения компонентов джета от ядра линейная экстраполяция, судя по рис. 1а, является достаточно хорошим приближением. Однако на масштабах меньших  $1'' \cdot 10^{-3}$  наблюдаются существенные изменения как скоростей, так и позиционных

углов движения радиокомпонентов [12]. Поэтому определенные линейной экстраполяцией нулевые эпохи разделения должны, по-видимому, отличаться от истинных. Определенные из кривой блеска  $T_0^{\text{опт}}$  также могут соответствовать не моментам возникновения оптических s-вспышек, а некоторым ненулевым и, вероятно, несколько различным для каждой вспышки фазам их развития, в том случае если s-вспышки перекрываются. Однако достаточно хорошее совпадение  $T_0^{\text{опт}}$  и  $T_0^{\text{радио}}$  свидетельствует о том, что влияние этих причин либо мало, либо они в значительной степени компенсируют друг друга.

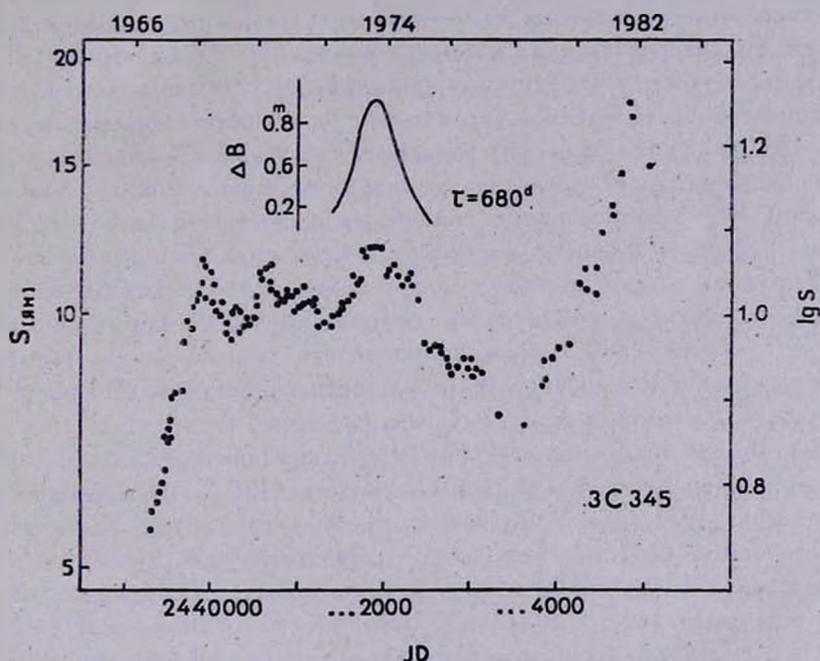


Рис. 2. Переменность ЗС 345 на частоте 10.7 ГГц. До 1976 г. наблюдения являются однородным рядом (Алгонкинская радиоастрономическая обсерватория) [21, 22]. Типичная среднеквадратичная ошибка единичного наблюдения  $\sim 0.5$  Ян до сентября 1971 г. и далее  $\sim 0.2$  Ян [22]. С 1976 г. изменения плотности потока составлены по данным из работ [9, 11, 22, 23]. Отдельно приведена оптическая s-вспышка 1970—1972 гг. при запаздывании в 680 дней ( $\Delta B$  — разность величин от компонента I).

2. Связь оптических s-вспышек с радиопеременностью. ЗС 345 обладает высокой переменностью излучения на сантиметровых волнах. На рис. 2 приведены данные по изменениям плотности потока на 10.7 ГГц. Переменность на 6.7 и 5 ГГц повторяет те же основные особенности кривой переменности, но с временной задержкой около года [9, 22].

Возникновение и эволюция компонентов джета должны как-то проявляться в кривой переменности плотности общего потока на 10.7 ГГц, поскольку при небольших угловых разделениях вклад от движущихся компонентов сравним или даже равен вкладу от неразрешенного ядра [9].

Ковн и др. [3], сопоставив изменения углового разделения компонентов двойного источника 1970—1976 гг. с переменностью на 7.9 ГГц, отметили, что эпоха нулевого разделения компонентов приблизительно совпадает со значительным увеличением плотности общего потока, который в течение 2-х лет удвоился и остался примерно на том же уровне. Такое согласие предполагало общее происхождение радиовспышки и начала «сверхсветового» расширения 1970—1976 гг. Однако при линейной экстраполяции углового разделения С2 и С3 Унвин [7] нашел, что их нулевые эпохи не совпадают с какими-либо очевидными особенностями в кривой переменности. По аналогии с увеличением плотности общего потока в 1966—1967 гг. Унвин и др. [9] полагают, что новый резкий подъем после 1979 г. сопровождается отделением от ядра следующего компонента джета. При этом *VLBI*-наблюдения с полной очевидностью показали, что этот подъем обусловлен ядерным компонентом источника [9].

Исходя из предполагаемой связи оптических *S*-вспышек 3С 345 с выбросом компактных компонентов джета из ядра, мы попытались найти сходные с *S*-вспышками изменения плотности радиопотока и тем самым определить, какие из особенностей в радиопеременности 3С 345 могут быть связаны с выбросами из ядра компонентов джета.

Для 3С 345 был проведен кросс-корреляционный анализ [24] ~ 10-летних рядов оптической и радиопеременности (10.7 ГГц) в интервале наблюдений до 1977 г., т. е. до нового подъема, связанного с активностью ядерного компонента миллисекундной радиоструктуры [9]. Анализ показал высокую степень корреляции радиопеременности (предварительно была вычтена постоянная составляющая в 8.4 Ян) с компонентом II (*S*-вспышками) в оптической переменности. Основными особенностями, приведшими к высоким значениям коэффициента корреляции, являются оптическая *S*-вспышка с максимумом в 1971 г. и радиовспышка 1973 г., имеющие не только очень близкие характерные времена изменения, но и почти одинаковую форму. При этом наилучшее их совпадение достигается при сдвиге  $\tau = 680$  дней (рис. 2).

Нужно отметить, что имеющийся ряд наблюдений мал — 10 лет, в течение которых наблюдались три радиовспышки. Недостаточность наблюдательных данных сказывается и в том, что если между радио- и оптическими событиями существует корреляция с временным запаздыванием радио относительно оптики, то оптический ряд становится недостаточным уже при величинах запаздывания более ~ 800 дней.

Считая наиболее вероятной взаимосвязь оптической S-вспышки 1971 г. с радиовспышкой 1973 г., можно предложить два варианта сопоставления остальных радио- и оптических вспышек. Первый: оптическая вспышка 1967 г. может ассоциироваться с радиовспышкой 1970 г. при  $\tau \approx 1000$  дней, при этом радиовспышка 1968 г. должна быть связана с оптической вспышкой, произошедшей до начала оптических наблюдений при  $\tau > 900$  дней. Второй: оптическая S-вспышка 1967 г. взаимосвязана с радиовспышкой 1968 г. при  $\tau \approx 400$  дней, а радиовспышка 1970 г. ассоциируется тогда с небольшим по продолжительности оптическим максимумом 1969 г. (на рис. 1b проведен пунктиром; его возможное происхождение обсуждалось в работе [1]).

В любом из этих вариантов величины сдвигов для первых двух радиовспышек достаточно близки к наиболее надежно установленному запаздыванию в 680 дней.

Итак, имеющиеся данные по радио- и оптической переменности ЗС 345 приводят к выводу о высокой вероятности существования корреляции между радиовспышками, происшедшими в 1968—1974 гг. и оптическими S-вспышками при запаздывании около 400—1000 дней. Независимо Ллойд [5] также отмечал возможность корреляции (без разделения на компоненты) оптических и радиовспышек у ЗС 345 при запаздываниях в 1.1 и 2 года.

То, что оптические S-вспышки ассоциируются, с одной стороны, с выбросом компактных компонентов джета, а с другой коррелируют с радиовспышками 1968—1974 гг., позволяет именно эти изменения в плотности общего радиопотока связать с возникновением движущихся радиокомпонентов. Радиовспышки 1968—1974 гг. могут быть обусловлены либо переменностью ядерного компонента источника, либо могут являться вкладом от самих движущихся компонентов джета. Вторая возможность кажется более естественной — VLBI-наблюдения показывают, что вклад от разрешенных компонентов джета составлял существенную часть от плотности общего потока; максимально  $\sim 3\text{--}5$  Ян [9, 11, 25], а характерные времена радиовспышек сходны с временами эволюционных изменений плотностей потоков от компонентов джета [9]. Тогда компонент С2 должен ассоциироваться с радиовспышкой 1972—1974 гг.; С1 — с одной из вспышек 1968 г. или 1970 г. Вклад от компонента С3, который должен был проявиться (при сходных по величине запаздываниях) в 1978—1979 гг., остался, по-видимому, незамеченным из-за резкого увеличения активности неразрешенного ядра [9]. Радиовспышка, связанная с оптической S-вспышкой 1982 г. и, соответственно, с компонентом С4, может проявиться, при относительной стабильности ядерного компонента, в 1984—1985 гг.

3. *Заключение.* Обнаруженная на примере квазара 3C 345 связь между оптическими s-вспышками (характерное время 1—2 года) и выбросами радиоконпонентов миллисекундного джета показывает, что одна из причин оптической переменности подобных объектов связана с широко распространенным явлением струйных выбросов из ядра. Для 3C 345 амплитуда этих вспышек  $\sim 1^m$  (в полосе *B*), что составляет значительную часть общей переменности ( $\sim 3^m$ ).

Следует отметить, что практически все объекты, у которых обнаружены или подозреваются сверхсветовые скорости движения компонентов миллисекундных джетов, известны как источники со значительной оптической переменностью.

Ленинградский государственный  
университет

## OPTICAL MANIFESTATION OF SUPERLUMINAL MOTION IN THE QUASAR 3C 345

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

All the 1971—1982 data (5—15 GHz) on superluminal motions in the VLBI structure of 3C 345 are compared with its optical variability in *B* band. The extrapolated moments of ejection of compact jet components well coincide with the initial phases of the "slow" optical flares (with characteristic times of 1—2 ys) observed since 1966. The beginning of the last optical s-flare with maximum brightness in 1982—1983 is consistent with the time of ejection of the newly detected jet component. The s-flares correlate with the total flux density variations at 10.7 GHz with time delays of about 400—1000 days. This permits us to connect the arising motive radio components with the relatively small radio bursts of 1968—1974. We conclude that part of the optical variability of extragalactic objects must be connected with jet events in their nuclei.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. К. Бабаджанянц, Е. Т. Белоконь, *Астрофизика*, 21, 217, 1984.
2. B. H. Andrew, J. M. MacLeod, G. A. Harvey, W. J. Mead, A. J., 83, 863, 1978.
3. M. H. Cohen, K. I. Kellermann, D. B. Shaffer, R. P. Linfield, A. T. Moffet, J. D. Romney, G. A. Seelstad, I. I. K. Pauling-Toth, E. Preuss, A. Witzel, R. T. Schilizzi, B. J. Geldzahler, *Nature*, 268, 405, 1977.
4. М. К. Бабаджанянц, Е. Т. Белоконь, Н. С. Денисенко, Е. В. Семенов, *Астрон. ж.*, 62, 672, 1985.

5. *C. Lloyd, M. N. RAS, 209, 697, 1984.*
6. *M. H. Cohen, S. C. Unwin, Symp. IAU N 97, Eds. D. S. Heeschon, C. M. Wade, Dordrecht, Reidel, 1982, p. 345.*
7. *S. C. Unwin, Symp. IAU N 97, Eds. D. S. Heeschon, C. M. Wade, Dordrecht, Reidel, 1982, p. 357.*
8. *M. H. Cohen, S. C. Unwin, T. J. Pearson, G. A. Seitelstad, R. S. Simon, R. P. Linfield, R. C. Walker, Ap. J., 269, L1, 1983.*
9. *S. C. Unwin, M. H. Cohen, T. J. Pearson, G. A. Seitelstad, R. S. Simon, R. P. Linfield, R. C. Walker, Ap. J., 271, 536, 1983.*
10. *J. J. Wittels, I. I. Shapiro, W. D. Cotton, C. C. Counselman, H. F. Hinteregger, C. A. Knight, A. E. E. Rogers, A. R. Whitney, T. A. Clark, L. K. Hutton, A. E. Niell, B. O. Rönnäng, O. E. H. Rudbeck, A. J., 81, 933, 1976.*
11. *G. A. Seitelstad, M. H. Cohen, R. P. Linfield, A. T. Moffet, J. D. Romney, R. T. Schiltzsi, D. B. Shaffer, Ap. J., 229, 53, 1979.*
12. *R. L. Moore, J. A. Biretta, A. C. S. Readhead, L. Baath, Symp. IAU, N 110, Eds. R. Fantl, K. Kellermann, G. Setti, Dordrecht, Reidel, 1984, p. 109.*
13. *M. H. Cohen, S. C. Unwin, R. S. Simon, G. A. Seitelstad, T. J. Pearson, R. P. Linfield, R. C. Walker, Ap. J., 247, 774, 1981.*
14. *J. H. Spencer, K. J. Johnston, I. I. K. Pauling-Toth, A. Witzel, Ap. J., 251, L61, 1981.*
15. *N. Bartel, M. I. Ratner, I. I. Shapiro, T. A. Herrng, B. E. Corey, Symp. IAU N 110, Eds. R. Fantl, K. Kellermann, G. Setti, Dordrecht, Reidel, 1984, p. 113.*
16. *J. Schraml, I. I. K. Pauling-Toth, A. Witzel, K. I. Kellermann, K. J. Johnston, J. H. Spencer, Ap. J., 251, L57, 1981.*
17. *A. C. S. Readhead, T. J. Pearson, M. H. Cohen, M. S. Ewing, A. T. Moffet, Ap. J., 231, 299, 1979.*
18. *M. H. Cohen, S. C. Unwin, K. R. Lind, A. T. Moffet, R. S. Simon, P. N. Wilkinson, R. E. Spencer, R. S. Booth, G. D. Nicolson, A. E. Niell, L. E. Yoing, Ap. J., 272, 383, 1983.*
19. *S. C. Unwin, J. A. Biretta, Symp. IAU N 110, Eds. R. Fantl, K. Kellermann, G. Setti, Dordrecht, Reidel, 1984, p. 105.*
20. *R. C. Walker, J. M. Benson, G. A. Seitelstad, S. C. Unwin, Symp. IAU N 110, Eds. R. Fantl, K. Kellermann, G. Setti, Dordrecht, Reidel, 1984, p. 121.*
21. *W. J. Medd, B. H. Andrew, G. A. Harvey, J. L. Locke, Mem. RAS, 77, 109, 1972.*
22. *B. H. Andrew, J. M. MacLeod, G. A. Harvey, W. J. Medd, A. J., 83, 863, 1978.*
23. *P. A. Feldman, J. M. MacLeod, B. H. Andrew, IAU Circ., N 3637, 1981.*
24. *M. K. Бабаджанянц, Е. Т. Белоконь, В. А. Горохов, Астрофизика, 22, 247, 1985.*
25. *D. B. Shaffer, K. I. Kellermann, G. H. Purcell, I. I. K. Pauling-Toth, E. Preuss, A. Witzel, D. Graham, R. T. Schiltzsi, M. H. Cohen, A. T. Moffet, J. D. Romney, A. E. Niell, Ap. J., 218, 353, 1977.*