

Переменность потока излучения блазара 1633+382 в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн

А. Е. Вольвач, М. Г. Ларионов¹, Х. Д. Аллер², М. Ф. Аллер²

*Лаборатория радиоастрономии НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”,
Кацивели, Ялта, 98688, Украина
E-mail: volvach@crao.crimea.ua*

¹*Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук,
ул. Профсоюзная, 84, г. Москва, Россия*

²*Радиообсерватория Мичиганского университета,
Анн Арбор, MI 48109, США*

Статья поступила в редакцию 22 апреля 2005 г.

Исследована переменность излучения внегалактического источника 1633+382 на частотах 4.8, 8, 14.5, 22 и 36 ГГц за период с 1974 по 2005 гг. Долговременные вариации потока объекта содержат составляющие переменности с периодами около 3 и 30 лет, которые могут объясняться влиянием нутационных и прецессионных движений в тесной двойной системе черных дыр. Быстрая составляющая переменности потока напрямую не связана с вращением центральной черной дыры.

Введение

Со времени открытия переменности внегалактических радиоисточников [1, 2] прошло более 40 лет, однако физический механизм изменения потока до настоящего времени точно не известен. В ходе экспериментальных и теоретических исследований [3] было установлено, что гигантское энерговыделение и его изменения происходят в компактных околоядерных областях источников, причем степень компактности окончательно не определена до настоящего времени. Это объясняется, в первую очередь, недостаточным разрешением не только больших наземных радиотелескопов, но и глобальной радиоинтерферометрической сети. На уровне углового разрешения в десятки микросекунд дуги центральные области удаленных космических источников, имеющих быструю переменность потока, в ряде случаев представляются точечными неразрешенными объектами.

Чрезвычайная важность рассматриваемой астрофизической задачи определяет масштабы экспериментов по картографированию скрытых от наблюдателя областей компактных ядер активных галактик. Для их наблюдения требуются радиоинтерферометры с базами, превышающими наземные, т. е. наземно-космические.

Наземно-космическая научная программа “РадиоАстрон” предусматривает проведение исследования морфологии и динамики околоядерных областей источников, где происходит указанное мощное энерговыделение. Этот международный космический проект предполагает запуск на вытянутую к Луне орбиту спутника Земли, на борту которого будет установлен 10-метровый радиотелескоп, работающий совместно с сетью наземных инструментов.

Программой исследований предусмотрено проведение наблюдений с применением высокочувствительных радиометров на частотах 12, 22, и 36 ГГц на радиотелес-

копе РТ-22 НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО)”. Для реализации проекта подготавливается научная программа, существенной частью которой является исследование компактных образований внутри внегалактических источников. Предварительно был составлен каталог радиоисточников, имеющих избыток плотности потока на высоких частотах [4], т. е. объектов с инвертированными спектрами излучения, которые представляют интерес для космической программы, поскольку содержат сверхкомпактные компоненты, имеющие основную долю плотности потока радиоисточника.

Уровень компактности радиоисточников можно оценить исходя из вариации их потока излучения в течение суток. С повышением периодичности наблюдений увеличивается вероятность того, что быстрые изменения плотности потока присущи самому источнику, а не галактической среде, в которой распространяется излучение. С этой точки зрения желательно использовать частоты 22 ГГц и выше, например, 36 ГГц. Объекты, имеющие короткие временные переменности потока, являются наиболее перспективными для программы “РадиоАстрон”.

В работе приведены результаты исследований переменности излучения внегалактического источника 1633+382 (4С 38.41). Обнаружена переменность плотности потока на частотах 4.8, 8, 14.5, 22, и 36 ГГц в период с 1974 по 2005 гг. Приведены результаты наблюдений быстрой переменности источника на частоте 36 ГГц в мае 2004 г.

Характеристики переменности источника 1633+382 и методика наблюдений и обработки данных

Зарегистрирована переменность плотности потока излучения источника 1633+382 в различных диапазонах длин волн [5, 6]. В оптическом диапазоне переменность потока достигает 3^m . Объект 1633+382 является также ярким источником в гамма-диапазоне – его светимость составляет около $5 \cdot 10^{48}$ эрг/с. Наблюдаются видимые сверхсветовые скорости движения (до $10c$, c –

скорость света), и источник известен как переменный в мм диапазоне длин волн [7, 8]. В его структуре преобладает ядерная компонента [9]. В конце 2001 г. в источнике была зарегистрирована вспышка, ее амплитуда на частоте 90 ГГц составляла около 9 Ян [10]. Длительность этой вспышки, как и нескольких повторных, не установлена. Для коротких вариаций потока излучения на частоте 230 ГГц с амплитудой несколько Ян верхняя граница по времени составляет 8 дней. На фоне значительных изменений потока отмечены более мелкие вариации от 1 до 3 Ян.

Приведенные параметры указывают на то, что объект исследований является ярким блазаром, излучение которого может регистрироваться в широком диапазоне длин волн, от радио- до гамма-диапазона.

Наблюдения проводились на 22-метровом радиотелескопе НИИ “КрАО” на частотах 22 и 36 ГГц с использованием модуляционных радиометров, имеющих флуктуационную чувствительность 0.04 К при постоянной времени 1 с [11, 12]. Перед измерением излучения источника его положение уточнялось методом сканирования. Поглощение в атмосфере Земли определялось методом “разрезов” атмосферы при различных углах места антенны. Антенная температура источника измерялась методом ON-ON [13]. Радиотелескоп устанавливался на источник поочередно главным и опорным (условно) лепестками диаграмм направленности, формирующимися при диаграммной модуляции и имеющими взаимно-ортогональные поляризации. Антенная температура источника определялась как разность между усредненными в течение 30 с откликами радиометра в двух различных положениях антенны. Измеренные антенные температуры, с учетом поглощения атмосферы, пересчитывались в плотности потоков по данным калибровочных источников 2037+421, 1228+126, 2105+420 [11].

На 26-метровом радиотелескопе РТ-26 радиообсерватории Мичиганского университета (УМРАО) наблюдения источника 1633+382 на частотах 4.8, 8, 14.5 ГГц проводятся с 1974 г. Методика наблюдений и обработки данных на РТ-26 приведена в работе [14].

Долговременная переменность излучения источника 1633 + 382

Долговременные и короткопериодические вариации плотности потока во внегалактических источниках имеют различную природу. Переменности плотности потока за год и десятилетия связаны с различными механизмами изменения потока. Помимо струйного истечения вещества с релятивистскими скоростями, зарегистрировано винтовое движение выброшенных облаков плазмы, которое может регулироваться магнитными полями [15]. Могут присутствовать вековые, монотонные изменения плотности потока, связанные как с накоплением излучающей материи в областях, прилегающих к источнику выброса, так и с ослаблением среднего уровня излучения от источника за счет удаления и расширения выбросов. Кроме того, активность ядерной компоненты может изменяться вследствие изменения темпа аккреции. Смена режима аккреции может вызывать значительные изменения в характере переменности потока излучения. Вращение черных дыр, возможные прецессионные и нутационные явления в аккреционном диске, нестационарная аккреция могут создавать очень сложную картину переменности плотности потока излучения активных ядер галактик (АЯГ) аналогичную той, что наблюдается в кратных внутригалактических системах (в первую очередь, в микрокваразах).

На рис. 1 приведены графики изменения плотности потока излучения источника 1633 + 382 на частотах 4.8, 8, 14.5, 22 и 36 ГГц. К данным, полученным на РТ-22 НИИ "КраО" и РТ-26 УМРАО и опубликованным ранее в работах [14, 16-20], добавлены результаты последних наблюдений.

В изменениях плотности потока излучения источника можно выделить характерные вариации за период около 3 лет. Кроме того, видны более короткие вспышки излучения источника длительностью в несколько месяцев. Вспышечная активность источника этим не ограничивается. В минимуме излучения величина плотности потока колеблется, изменяясь в $1.5 \div 2$ раза. На рис. 1

для указанных частот видно, что разброс значений временных периодов вариаций существенно превосходит ошибки измерений (каждое значение соответствует усреднению за неделю). Такое усреднение не обеспечивает выделения более короткопериодических вариаций плотности потока излучения, которые также могут присутствовать, как и изменений излучения на протяжении многих десятков лет, которые видны на приведенных графиках в виде изменения среднего уровня потока от объекта. То же относится и к результатам длительного мониторинга, выполненного на сантиметровых волнах в лаборатории Мичиганского университета (верхние три графика на рис. 1).

Совместный анализ данных долговременной переменности источника 1633 + 382 на частотах 4.8, 8, 14.5, 22, и 36 ГГц обнаруживает практически синхронные изменения плотности потока излучения на всех частотах с интервалом около 3 лет.

Такая переменность не связана с изменением оптической толщи в источнике за счет расширения и "просветления" образований, выброшенных из ядерной области. Простое истечение вещества из центральной области источника 1633 + 382, как и возникновение уярчений на пути его распространения, также не могут объяснить это явление. Наблюдается процесс, который близок к периодическому. Так, с 1982 по 2005 г. квазипериод порядка 3-х лет присутствует с той или иной выразительностью в вариациях потока излучения на всех рассматриваемых частотах. Ввиду изменения амплитуды переменности потока от периода к периоду, данный процесс не похож на гармонический, связанный с вращением.

В миллиметровом диапазоне длин волн некоторые изменения потока излучения превышают базовый уровень более чем в 2 раза (на частоте 36 ГГц в 1983 и 1995 гг.). В то же время в 1992-1993 гг. на высоких частотах наблюдается сильная короткопериодическая модуляция потока, которая, по-видимому, маскирует эти периодические изменения. Подтверждением этому может служить появление этого периода в изменении плотности потока излучения источника 1633 + 382 на частоте 4.8 ГГц в 1992-1993 гг.

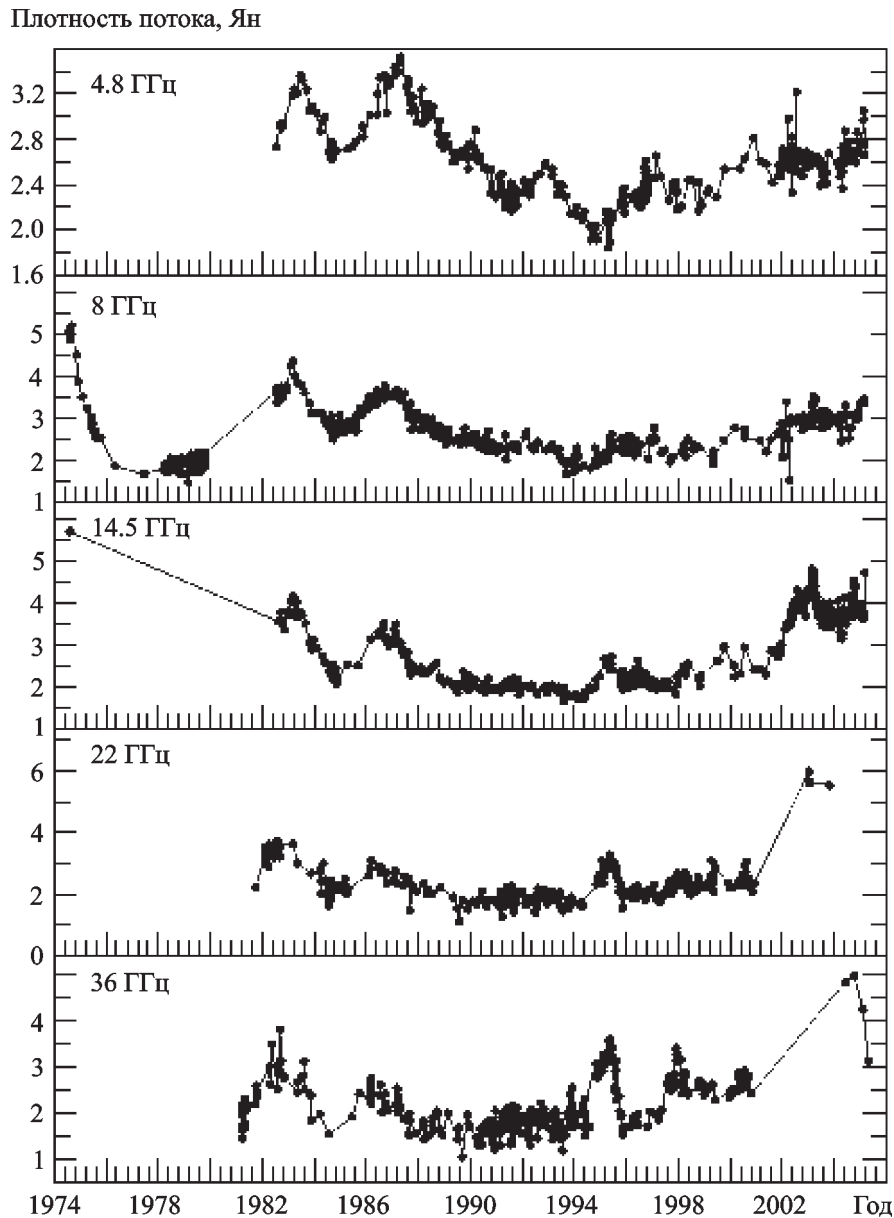


Рис. 1. Зависимость плотности потока излучения источника 1633+382 на исследуемых частотах

Следует отметить мощную вспыхечную активность источника 1633+382. Из наблюдений на частотах 8 и 14.5 ГГц видно, что в 1974 г. произошло многократное увеличение излучения. Не удалось зарегистрировать начало вспыхки и ее максимальное значение. Но даже крутизна спада потока излучения после вспыхки указывает на значительную величину потока в момент его максимума. В следующем разделе будет упо-

мянуто о новой вспыхке подобного рода, произошедшей в 2001-2002 гг. и зарегистрированной на миллиметровых волнах. Последствия этой вспыхки проявляются до настоящего времени в виде повышенного уровня излучения в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн.

Такая высокая вспыхечная активность с возможным периодом около 28-30 лет может служить основанием для объясне-

ния природы этого явления. По аналогии с микроквазарами, расположенными в нашей Галактике и представляющими собой результат активности тесных двойных систем, мы можем предположить, что в источнике 1633+382 имеется также тесная двойная система из двух черных дыр и аккреционного диска. Прецессионные и нутационные явления в таких системах неизбежны. Например, в SS 433 такая конфигурация приводит к появлению не только нутационного периода, но и связанных с этим периодом выбросов сгустков плазмы примерно с тем же интервалом.

В АЯГ мы имеем другие масштабы явлений, так как в их центральных областях находятся массивные и сверхмассивные черные дыры. Однако выбросы из АЯГ могут быть синхронизированы как с прецессионным, так и с нутационным периодами, характерными для тесных двойных систем.

Можно предположить, что ядерная область источника 1633+382 содержит тесную двойную систему из черных дыр, имеющих, возможно, общий аккреционный диск. Тогда период переменности около 30 лет может быть периодом прецессии в тесной двойной системе. В определенной фазе этого периода происходят активные процессы, приводящие к мощному истечению вещества вдоль магнитных силовых линий. Изменение уровня активности источника в течение прецессионного цикла можно аппроксимировать некоторой циклической кривой. Если максимумы активности приходятся на 1974 и 2003 гг., то минимум – на 1990 г. Общий характер поведения среднего уровня потока излучения на рис. 1 подтверждает это предположение.

Что касается вариаций плотности потока излучения источника 1633+382 за период около 3 лет, то подобные изменения были отмечены в другом объекте АО 0235+16 с периодом около 6 лет [21].

Периодические изменения плотности потока излучения от источника могут быть связаны с движениями вещества по винтовой линии и дополнительными колебаниями вследствие нутационных процессов в тесной

системе двух черных дыр разной массы. При этом, может быть, уместна аналогия с выбросами сгустков плазмы в галактическом объекте SS 433. Там на фоне периодической составляющей изменения потока за счет прецессии мы наблюдаем изменение активности за период около 3 лет вследствие нутационного движения в тесной системе, состоящей из двух или более черных дыр.

Таким образом, мы высказываем предположение, что вращение черных дыр, аккреция вещества на диск, прецессионные и нутационные явления в ядре источника 1633+382 в той или иной степени, регулируют активность выбрасываемого вещества и, следовательно, уровень излучения. Необходимо добавить, что темп аккреции вещества на черные дыры может изменяться в зависимости от флуктуаций неоднородностей в падающей материи, которые могут значительно изменять сам режим аккреции, о чем упоминалось выше.

Если связать изменения плотности потока за период около 30 лет с предполагаемым винтовым движением выброшенного из ядерной области вещества, то можно оценить характерный линейный размер витка линии, по которой происходит движение выбрасываемого из объекта вещества. Тогда для найденного временного периода вариаций излучения 30 лет, при релятивистских скоростях движения выбросов, в системе координат источника длина витка составит около 2.5 пк. Из наблюдений известно о существовании струйных явлений в околоядерных областях активных галактик с характерными размерами в несколько парсек (“парсекские струи”, [15]). Таким образом, полученное значение не противоречит предположению о том, что изменение потока излучения с периодом 30 лет может быть связано с прецессионным периодом в тесной системе, состоящей из черных дыр.

Если наши предположения относительно прецессионного периода верны, то из наблюдаемого на рис. 1 характера переменности излучения можно сделать вывод о том, что основная модуляция плотности потока происходит вблизи от гравитационного радиуса черной дыры.

Если бы удалось надежно зафиксировать долговременную периодичность изменений излучения источника 1633+382 за период около 30 лет, то можно было бы уверенно говорить о связи этого явления с прецессией в центральной черной дыре.

Быстрые вариации излучения источника 1633+382

При исследовании быстрой переменности излучения у внегалактических источников основную неопределенность вносит распространение излучения в галактической среде.

Рефракционные и стинцилляционные эффекты при взаимодействии излучения и неоднородностей среды в значительной степени зависят от длины волны. С увеличением количества сеансов наблюдений эти эффекты ослабевают. На длинах волн 1 см и короче основной составляющей переменности плотности потока излучения может стать переменность, присущая самому источнику излучения. В этой связи наблюдения на частотах 22 и 36 ГГц следует считать перспективными с точки зрения выявления вариаций плотности потока, присущих самому источнику, а не среде, в которой распространяется излучение.

Исследование быстрой переменности излучения источника 1633+382 проводилось на частоте 36 ГГц в мае 2004 г. на РТ-22 НИИ "КрАО". Графики зависимостей плотности потока от времени для источника 1633+382 и источников сравнения приведены на рис. 2. Флуктуации плотности потока излучения источника 1633+382 превышают изменения плотности потока в калибровочных источниках. Для более детального анализа флуктуаций потоков излучения исследуемого источника и источника сравнения были выделены фрагменты изменений потоков объектов в ночь с 21 на 22 мая 2004 г. (рис. 3).

Анализ характера изменений плотностей потоков излучения калибровочных и исследуемого источников показывает, что относительные среднеквадратичные отклонения значений потоков (σ/P) калибровочных источников в шесть раз меньше, чем для исследуемого объекта. Из-за высокого отношения сигнал/шум для исследуемого ис-

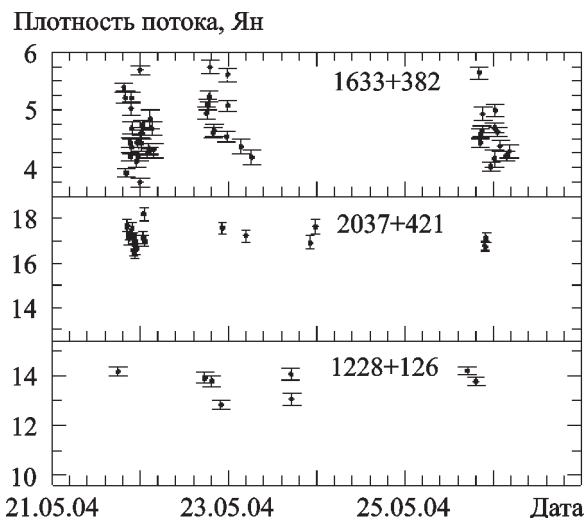


Рис. 2. Временные зависимости плотностей потока излучения источников 1633+382, 2037+421, 1228+126. Наблюдения выполнены в мае 2004 г.

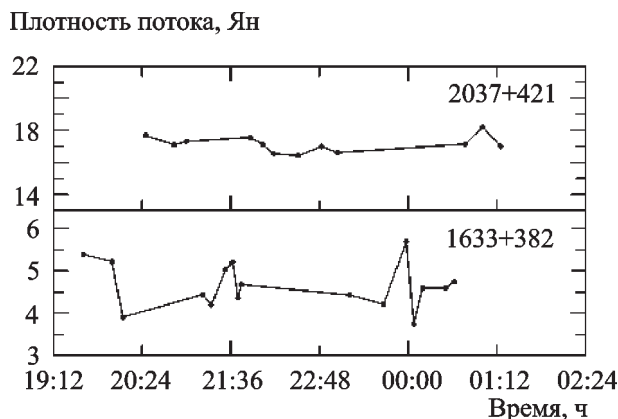


Рис. 3. Изменения плотностей потока излучения источников 2037+421, 1633+382 в ночь с 21 на 22 мая 2004 г.

точника и источника сравнения вклад шумовой составляющей мал. Поэтому относительные флуктуации потока для каждого радиоисточника определяются, в основном, вариациями эффективной площади при изменении угла места, точностью наведения антенны на источник, изменениями поглощения в атмосфере и другими факторами, одинаково влияющими на относительные измерения потоков излучения исследуемого источника и источника сравнения.

Если наблюдаемые вариации излучения источника 1633+382 присущи самому источнику, то их минимальные временные периоды составляют десятки минут. Столь быстрые изменения потока соответствуют линейным масштабам, соизмеримым с радиусами массивных и сверхмассивных черных дыр ($10^{13} \div 10^4$ см).

Процессы, которые могут происходить вблизи гравитационного радиуса массивных черных дыр с такими временными масштабами, нам не известны. Минимальные периоды вращения таких черных дыр могут составлять от единиц до десятков часов. Но если бы переменность потока излучения внегалактических источников была связана с вращением черных дыр, то наблюдались бы периодические составляющие в излучении переменных источников. Так как этого нет, то быструю переменность потока излучения от источника нельзя связать непосредственно с вращением черной дыры.

Наряду с быстрым увеличением плотности потока излучения наблюдаются также и быстрые его уменьшения. То же самое заметно и в период порядка недели (время усреднения одного значения на рис. 1), причем не обнаруживается какой-либо зависимости изменений плотности потока от частоты наблюдений. Они присутствуют и на самой низкой частоте 4.8 ГГц (например, в первой половине 2002 г.). Подобный характер изменения плотности потока излучения может объясняться влиянием неоднородностей материи, находящейся вблизи области излучения.

Для подтверждения этого предположения необходимы дальнейшие одновременные наблюдения на нескольких частотах и в различных диапазонах.

Заключение

Представлены результаты многочастотного мониторинга внегалактического источника 1633+382 в период с 1974 по 2005 гг. на радиотелескопе РТ-22 НИИ “КрАО” и в радиообсерватории Мичиганского университета. Результаты наблюдений указывают на то, что в долговременной переменности источника присутствует составляющая

изменения потока излучения с периодом около 3 лет на фоне значительного изменения среднего уровня потока излучения с периодом около 30 лет.

Изменения излучения источника могут инициироваться прецессионным и нутационным движениями в ядерной области объекта, приводящими к выбросам излучающего вещества.

Если эффект быстрой переменности источника реален, то он не может быть связан с вращением черной дыры. Не исключено, что за быструю переменность в источнике ответственны неоднородные массы вещества, аккрецирующие на черную дыру. Вспышечная активность и быстрая переменность излучения требуют дальнейшего подтверждения и изучения одновременно на нескольких частотах и в разных диапазонах длин волн.

Литература

1. Dent W. A. Variation in the Radio Emission of 3C273 and Other Quasi-Stellar Sources // *Astronomical Journal*. – 1965. – Vol. 70. – P. 672.
2. Sholomitskii G. B. Fluctuations in the 32.5-cm Flux of CTA 102 // *Soviet Astronomy*. – 1965. – Vol. 9. – P. 516.
3. Дагкесаманский Р. Д. Физика внегалактических источников радиоизлучения. – М.: Мир, 1987. – С. 368.
4. Вольвач А. Е., Кардашев Н. С., Ларионов М. Г. Об исследовании компактных радиоисточников для программы “Радиоастрон” // *Труды ГАИШ МГУ*. – 2004. – Т.75. – С. 184-185.
5. Barbieri C., Romano G., di Serego S., Zambon M. Survey of the optical variability of compact extragalactic objects // *Astron. Astrophys.* – 1977. – Vol. 59, No. 3. – P. 419-426.
6. Mattox J. R., Bertsch D. L., Fichtel C. E., Hartman R. C., Hunter S. D., Thompson D. J., Dingus B. L., Sreekumar P., Kanbach G., Mayer-Hasselwander H. A. High Energy Gamma Ray Sources Near the Galactic Plane at Longitudes $60(\text{deg}) < l < 125(\text{deg})$ // *Bulletin of the American Astronomical Society*. – 1993. – Vol. 25. – P. 1294.
7. Barthel P. D., Conway J. E., Myers S. T., Pearson T. J., Readhead A. C. S. New superluminal quasar 1633+382 and the blazar-gamma-ray connection // *Astrophysical Journal*. – 1995. – Vol. 444, No. 1. – P. 121-124.
8. Xu W., Wehrle A. E., Marscher A. P. VLBA Monitoring of Three Gamma-Ray Bright Blazars:

- AO0235+164, 1633+382 (4C 38.41), & 2230+114 (CTA 102) // ASP Conference Series eds. J. A. Zensus, G.B. Taylor, & J. M. Wrobel. – 1998. – Vol. 144. – P. 175.
9. Murphy D. W., Browne I. W. A., Perley R. VLA Observations of a Complete Sample of Core-Dominated Radio Sources // R. A. S. Monthly Notices. – 1993. – Vol. 264, No. 2. – P. 298.
10. Sohn B. W., Krichbaum T. P., Agudo I., Witzel A., Zensus J. A., Ungerechts H., Terasranta H. 86 GHz polarimetry of OV1633+382 after a major mm flare // Proceedings of the 7th Symposium of the European VLBI Network, edited by R. Bachiller, F. Colomer, J. -F. Desmurs, and P. de Vicente. – (c) Observatorio Astronomico Nacional of Spain. – 2004. – P. 85-88.
11. Моисеев И. Г., Нестеров Н. С. Калибровочные радиосточники в миллиметровом диапазоне волн // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. – 1985. – Т. 73. – С. 154.
12. Струков И. А., Скулачев Д. П. Итоги науки и техники // Астрономия. – М.: ВИНТИ, 1986. – Т. 31. – С. 385.
13. Ефанов В. А., Моисеев И. Г., Нестеров Н. С. Обзор внегалактических радиосточников на длине волны 1.35 см // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. – 1979. – Т. 60. – С. 3.
14. Aller M. F., Aller H. D., Hughes P. A. The Long-term Centimeter-band Total Flux and Linear Polarization Properties of the Pearson-Readhead Survey Sources // Bulletin of the American Astronomical Society. – 2001. – Vol. 33. – P. 1516.
15. Begelman M. C., Blandford R. D., Rees M. J. Massive black hole binaries in active galactic nuclei // Nature. – 1980. – Vol. 287. – P. 307.
16. Ефанов В. А., Моисеев И. Г., Нестеров Н. С., Тиури М., Урпо С. Наблюдения радиосточников на РТ-22 КАО и РТ-14 РХУТ в мм диапазоне волн // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. – 1981. – Т. 64. – С. 103-108.
17. Salonen E., Terasranta H., Urpo S., Tiuri M., Moiseev I. G., Nesterov N. S., Valtaoja E., Haarala S., Lehto H., Valtaoja L., Teerikorpi P. and Valtonen M. Five years monitoring of extragalactic radio sources. Observations at 12, 22 and 37 GHz // Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. – 1987. – Vol. 70. – P. 409-435.
18. Terasranta H., Tornikoski M., Valtaoja E., Urpo S., Nesterov N., Lainela M., Kotilainen J., Wiren S., Laine S., Nilsson K. and Valtonen M. Ten years monitoring of extragalactic radio sources at 22, 37 and 87 GHz // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. – 1992. – Vol. 94. – P. 121.
19. Нестеров Н. С., Вольвач А. Е., Стрепка И. Д. Наблюдения переменных внегалактических радиосточников на частоте 36 ГГц // Письма в АЖ. – 2000. – Т. 26, №4. – С. 249-252.
20. Teräsraanta H., Achren J., Hanski M., Heikkilä J., Holopainen J., Joutsamo O., Juhola M., Karla-

- maa K., Katajainen S., Keinänen P., Koivisto P., Koskimies M., Könönen P., Lainela M., Lähtenmäki A., Mäkinen K., Niemelä T., Nurmi P., Pursimo T., Rekola R., Savolainen T., Tornikoski M., Torppa J., Valtonen T., Varjonen N., Vilenius E., Virtanen J., Wiren S. Twenty years monitoring of extragalactic sources at 22, 37 and 87 GHz // Astronomy and Astrophysics. – 2004. – Vol. 427. – P. 769-771.
21. Romero G. E., Fan J. H., Nuza S. E. The Binary Black Hole Scenario for the BL Lacertae Object AO 0235+16 // Chinese Journal of Astronomy & Astrophysics. – 2003. – Vol. 3, No. 6. – P. 513-525.
22. Ott M., Witzel A., Quirrenbach A., Krichbaum T. P., Standke K. J., Schalinski C. J., Hummel C. A. An updated list of radio flux density calibrators // Astron. Astrophys. – 1994. – Vol. 284. – P. 331-339.

Змінність потоку випромінювання блазара 1633 + 382 у сантиметровому і міліметровому діапазонах довжин хвиль

**О. Є. Вольвач, М. Г. Ларіонов,
Х. Д. Аллер, М. Ф. Аллер**

Досліджено змінність випромінювання позагалактичного джерела на частотах 4.8, 8, 14.5, 22 і 36 ГГц за період з 1974 до 2005 рр. Довготермінові варіації потоку об'єкта мають складові змінності з періодами близько 3 і 30 років, що можуть пояснюватись впливом нутаційних і прецесійних рухів у тісній подвійній системі чорних дірок. Швидка складова змінності потоку прямо не пов'язана з обертанням центральної чорної дірки.

The cm and mm Variability of the Blazar 1633 + 382 Radiant Flux

**A. E. Volvach, M. G. Larionov,
H. D. Aller, and M. F. Aller**

The radiant flux density variability of the extragalactic source is studied for the 1974-2005 period at the frequencies of 4.8, 8, 14.5, 22 and 36 GHz. The components of about 3 and 30 years of the long-term flux variability can be explained by the nutational and precession motions in a close double black-hole system. The fast flux variability component is not directly connected with rotation of the central black hole.