

УДК 523.62-726

ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

© 2013 г. В. И. Власов

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва

e-mail: vlasov@prao.ru

Поступила в редакцию 26.04.2011 г.

После доработки 29.08.2011 г.

Обсуждаются более медленные, чем межпланетные мерцания, флуктуации интенсивности космических радиоисточников, наблюдаемые при радиоастрономических исследованиях солнечного ветра. Показано, что в дневное время (в среднем от 8 до 16 ч) эти вариации имеют не ионосферное происхождение, а вызваны крупномасштабными возмущениями в солнечном ветре. Делается вывод о реальной возможности привлечения таких вариаций для радиоастрономических исследований околосолнечной межпланетной среды и для прогнозирования космической погоды.

DOI: 10.7868/S0016794013020168

1. ВВЕДЕНИЕ

При всех радиоастрономических наблюдениях излучения космических источников проявляются разнообразными изменениями в регистрируемом сигнале. Главным образом это связано с влиянием неоднородностей межзвездной, межпланетной и ионосферной плазмы (в основном ее электронной компоненты) на радиоволны по пути от источника до наблюдателя на Земле. Все подобные эффекты искажают результаты наблюдений, и их необходимо учитывать при астрономических исследованиях радиоисточников. И напротив, эти нежелательные эффекты являются хорошим средством для изучения характеристик среды дистанционными методами посредством радиопросвечивания сигналами космических источников. Эти радиоастрономические методы широко развиваются и используются на протяжении уже более полувека. Заметим кстати, что получили широкое развитие дистанционные радиофизические методы исследования солнечного ветра, ионосферы Земли и атмосфер планет методами радиопросвечивания сигналами с космических аппаратов [Яковлев, 1998].

Первые радиоастрономические исследования околосолнечного пространства были начаты в 1951 г. [Виткевич, 1951] по наблюдениям рассеяния радиоволн на электронных неоднородностях сверхкороны Солнца. После открытия в 1964 г. межпланетных мерцаний космических радиоисточников [Hewish et al., 1964] основным радиоастрономическим средством дистанционного исследования солнечного ветра стал “метод мерцаний”.

Межпланетные мерцания – это быстрые (порядка 1 с) флуктуации амплитуды сигнала, вызванные перемещением дифракционной карти-

ны перед наблюдателем со скоростью солнечного ветра. В принципе, межпланетные мерцания присутствуют в любое время суток, но в основном они наблюдаются в дневное время.

Ионосферные мерцания космических радиоисточников известны и используются для исследования неоднородной ионосферы давно [Гундзе и Чжаохань, 1982], практически с момента зарождения радиоастрономии, задолго до обнаружения межпланетных мерцаний. Это более медленные, чем межпланетные флуктуации амплитуды сигнала (от секунд до минут), вызванные перемещением дифракционной картины на поверхности Земли со скоростью ионосферного ветра. Хорошо известны ночные ионосферные мерцания радиоисточников, особенно интенсивные в поздние вечерние и ранние утренние часы и сильно ослабленные в дневное время.

Межзвездные мерцания являются предметом исследования неоднородностей межзвездной среды. В наблюдениях межпланетных мерцаний они практически не проявляются, поскольку характерное время межзвездных мерцаний для наблюдаемых нами источников очень большое и составляет часы, дни и более. Поэтому здесь мы их вообще можем не рассматривать.

Однако, медленные (десятки секунд и минуты) флуктуации интенсивности радиоизлучения космических источников эпизодически проявляются практически при всех радиоастрономических наблюдениях независимо от времени суток. Но если эти вариации имеют не ионосферное происхождение, а вызваны крупномасштабными возмущениями в солнечном ветре, то они представляют как познавательный, так и практический интерес для солнечно-земной физики. Осо-

бенно ценными они могут оказаться для выявления крупномасштабных возмущений в ближних областях околосолнечной среды, где межпланетные мерцания полностью подавлены эффектом рассеяния радиоволн. А это значит, что их можно будет использовать при изучении солнечно-земных связей и, в частности, для прогнозирования космической погоды. Это явилось основным мотивом нашего внимания к наблюдаемым медленным вариациям интенсивности космических радиоисточников.

Целью работы является определение происхождения таких вариаций, выявление их связи с крупномасштабными возмущениями в сверхкороне Солнца и оценка возможности их научного и прикладного использования.

2. СВИДЕТЕЛЬСТВА ПРОЯВЛЕНИЯ МЕДЛЕННЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПРИ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОКОЛОСОЛНЕЧНОЙ И МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ

1. Наблюдения рассеяния радиоволн на электронных неоднородностях сверхкороны Солнца в основном проводились интерференционным способом. Наблюдался мощный источник радиоизлучения в Крабовидной туманности, просвечивающий близкие области околосолнечного пространства. При этом размеры баз радиоинтерферометров подбирались так, чтобы максимально ослабить радиопомехи от Солнца, но надежно регистрировать изменения в амплитуде интерференционной картины излучения от Крабовидной туманности. Уже в первых таких измерениях были обнаружены случаи нарушения (замирания или усиления) интерференционной картины продолжительностью от нескольких секунд до нескольких минут [Виткевич, 1956; Slee, 1961; Бабий и др., 1965]. Наблюдалась также нерегулярные смещения интерференционных лепестков аналогичных масштабов времени. Эти события интерпретировались, как наличие в околосолнечном пространстве крупномасштабных электронных неоднородностей размером в сотни тысяч километров, движущихся со скоростями порядка тысячи км/с.

2. Кроме того, в Крабовидной туманности расположен компактный источник (нейтронная звезда) с большой плотностью потока радиоизлучения в диапазоне метровых волн [Пынзарь и Удальцов, 1983]. Из-за очень малого углового размера его излучение хорошо мерцает на неоднородной межпланетной плазме. Поэтому он был одним из основных мерцающих источников при первых радиоастрономических измерениях скорости солнечного ветра по наблюдениям межпланетных мерцаний на трех пространственно-разнесенных радиотелескопах [Виткевич и Власов,

1972]. При этом было обнаружено, что при просвечивании близких к Солнцу областей, где начинает преобладать эффект рассеяния волн, обычные (секундные) межпланетные мерцания исчезают, однако, остаются крупномасштабные (порядка минуты) вариации источника 3С144. К сожалению, тогда мы не придали большого значения этому явлению и не провели его хотя бы элементарный анализ. Сохранилась лишь переведенная с диаграммных лент на кальку копия фрагментов регистрации сигнала радиоисточника 3С144 в фазе его видимого удаления от Солнца. Ее фотография показана на рис. 1. Эти наблюдения получены в 1970 г. на частоте 43 МГц. На рисунке видно, что межпланетные мерцания (быстрые, порядка 1 с, флуктуации) наблюдаются вдали от Солнца. Ближе к Солнцу такие мерцания отсутствуют. Здесь преобладает рассеяние радиоволн. Видно, что медленные (десятки секунд и минуты) вариации интенсивности радиоисточника имели место в пределах всех приведенных на рисунке дней наблюдений. Причем видно также, что с удалением от Солнца такие вариации наблюдаются независимо и одновременно с обычными межпланетными мерцаниями.

3. И, наконец, многолетние наблюдения межпланетных мерцаний космических радиоисточников малых угловых размеров показывают, что помимо быстрых флуктуаций (то, что мы называем межпланетными мерцаниями), одновременно присутствуют более медленные флуктуации интенсивности. Традиционно мы их приписывали ионосферным мерцаниям, хорошо развитым в вечерние, ночные и утренние часы и ослабленным днем. А межпланетные мерцания хорошо наблюдаются днем и слабее или вообще отсутствуют ночью. Однако, с постановкой и проведением продолжительных серий непрерывных наблюдений большого числа мерцающих источников (двухмесячные наблюдения 100–150-ти радиоисточников ежедневно) стало очевидно, что значительные вариации систематически проявляются также и в дневных наблюдениях на фоне межпланетных мерцаний. Это хорошо видно на рис. 2, где показаны примеры записи сигнала от радиоисточника 3С48 по наблюдениям в различные дни года и, соответственно, в различное время суток.

3. ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ РАДИОИСТОЧНИКА 3С144 ПРИ ПРОСВЕЧИВАНИИ СВЕРХКОРОНЫ СОЛНЦА

С 10 мая по 15 июля 2006 г. с помощью радиотелескопа БСА ФИАН на частоте 111 МГц проведены пробные ежедневные наблюдения радиоисточника 3С144. Целью таких наблюдений было выявление медленных вариаций интенсивности радиоисточника и последующая попытка выявления возможной связи этих вариаций с индексами

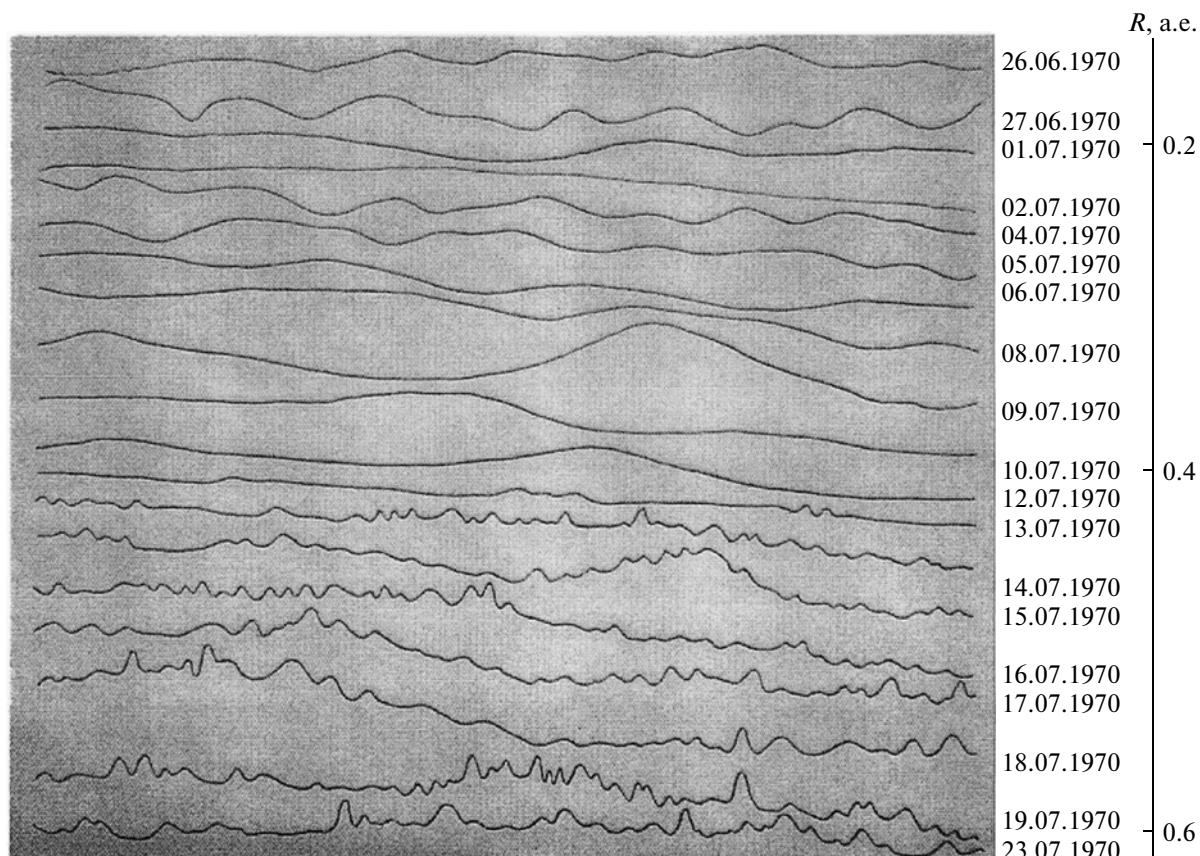


Рис. 1. Пример медленных вариаций интенсивности радиоисточника 3C144 по наблюдениям 1970 г., на частоте 43 МГц (по горизонтали — длительность записи составляет 2.5 мин). Справа по вертикали показаны даты наблюдений и шкала соответствующих расстояний от Солнца.

солнечной и геомагнитной активности. Эти наблюдения удалось получить с помощью отдельных антенных полотен при проведении технических работ на радиотелескопе БСА ФИАН. Работы сопровождались ежедневными контрольными наблюдениями ряда радиоисточников, в число которых входил и источник 3C144 (Крабовидная туманность). Это один из наиболее интенсивных радиоисточников и, следовательно, его можно уверенно наблюдать относительно простыми антеннами радиотелескопов. Но самое ценное в том, что на небе он расположен в этот период вблизи эклиптики и ежегодно затмевается сверхкоронай Солнца, т.е. просвечивает ближние к Солнцу области межпланетной среды. Наибольшее сближение, т.е. минимальное (порядка 3°) видимое угловое расстояние от Солнца он имеет 15 июня.

Наблюдения действительно показали наличие нерегулярных, крупномасштабных (порядка 20–60 с) вариаций интенсивности радиоисточника. На рисунке 3 показан небольшой фрагмент этих наблюдений, а на рис. 4 приведены средние для соответствующих дней наблюдений амплитуды вариаций $\langle I(t) - \langle I(t) \rangle \rangle$, где $I(t)$ — интенсивность

сигнала источника на выходе радиотелескопа. Здесь угловые скобки означают усреднение по времени. Видно, что наиболее сильные вариации, до 40% от интенсивности источника (1500 Ян, $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт/м}^2 \text{ Гц}$) иногда наблюдались в области максимального сближения радиоисточника с Солнцем 11–17 июня 2006 г. В целом, проявление таких вариаций было весьма нерегулярным. Довольно сильные вариации (до 20–40%) наблюдались на больших расстояниях от Солнца (60–80 солнечных радиусов, R_S), а полное их отсутствие наблюдалось даже на близких (20–30 R_S) расстояниях. И это естественно, поскольку наблюдается один источник, а относительные характеристики неоднородностей (плотность, угловой размер, направление и величина скорости), с которыми предположительно связаны наблюдаемые вариации, совершенно различны.

Итак, результаты этих наблюдений вполне согласуются с вышеупомянутыми выводами прежних исследований о солнечной природе наблюдаемых медленных флуктуаций интенсивности космических радиоисточников при просвечивании ими ближних от Солнца областей межпланетной среды. Однако в литературе имеются также указа-

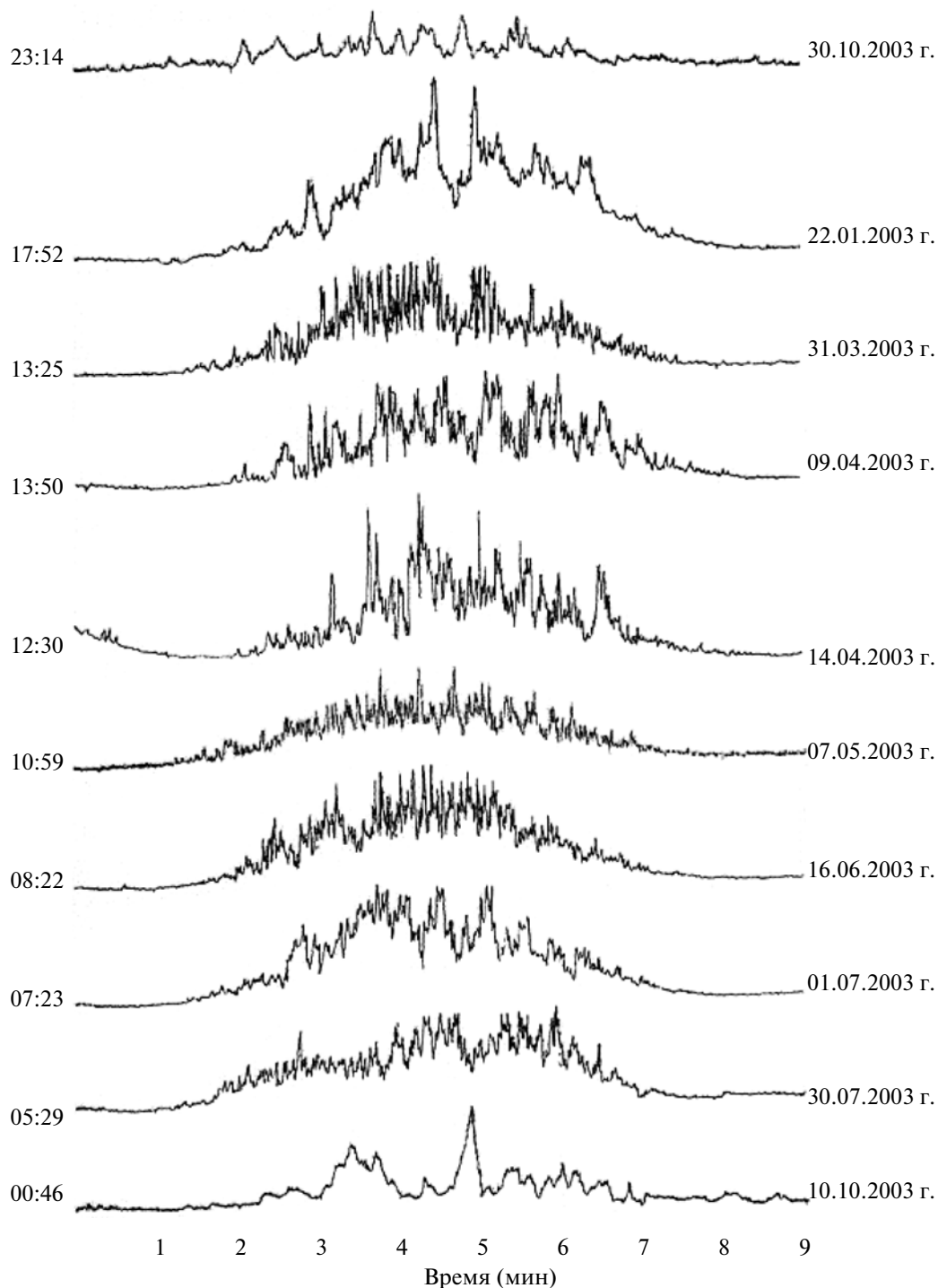


Рис. 2. Примеры записи сигнала от радиоисточника 3C48 по наблюдениям 2003 г. в различное время суток (видны мерцания и медленные вариации). Слева по вертикали обозначены моменты времени начала записи, справа — даты наблюдений.

ния, что возможной причиной таких вариаций могут быть и ионосферные мерцания. В большинстве работ, посвященных исследованию характеристик ионосферных неоднородностей радиоастрономическими методами, отмечается (см., например, обзор [Ерухимов, 1962]), что ионосферные мерцания являются сугубо ночным явлением, но

иногда они наблюдаются и в дневное время. Правда, “появляемость” и амплитуда дневных мерцаний обычно значительно меньше, чем ночью. А в работе [Перельгин, 1967], например, отмечалось даже, что в дневное время наблюдается небольшое усиление ионосферных мерцаний по сравнению с утренними и вечерними часами. Таким об-

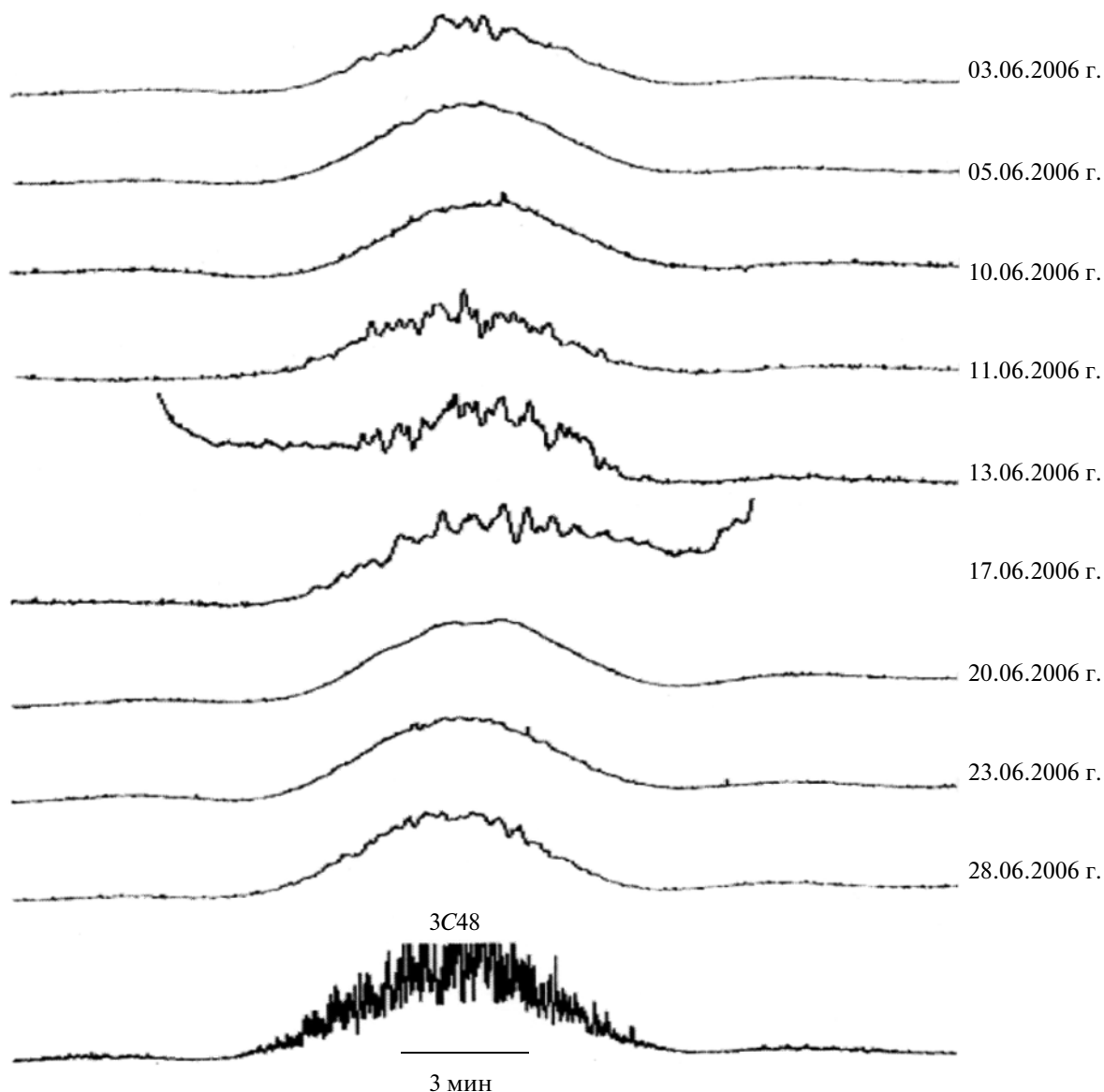


Рис. 3. Примеры наблюдений источника 3C144 в июне 2006 г. На нижней кривой для сравнения показана запись межпланетных мерцаний источника 3C48.

разом, возможны обе эти первопричины образования медленных вариаций интенсивности радиоисточников.

4. АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ ОКОЛОСОЛНЕЧНОЙ, НЕ ИОНОСФЕРНОЙ, ПРИРОДЫ ВАРИАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ В ДНЕВНОЕ ВРЕМЯ

4.1. Решающий эксперимент

Решающим и желательно постоянно действующим при таких исследованиях экспериментом, позволяющим надежно отделить межпланетные (околосолнечные) вариации от ионосферных

мерцаний могли бы быть наблюдения космических радиоисточников, проводимые одновременно на трех близко расположенных (например, в вершинах треугольника со сторонами $\sim 0.5\text{--}1$ км) радиотелескопах. При этом, поскольку скорость солнечного ветра составляет несколько сотен км/с, а скорость ионосферных неоднородностей ~ 100 м/с, на таких разнесенных радиотелескопах для ионосферных мерцаний будет наблюдаться запаздывание в несколько секунд, а для межпланетных вариаций запаздывание практически не будет наблюдаться. Можно было бы в режиме реальных наблюдений автоматически выделять межпланетные вариации, отсеивая ионосферные мерцания.

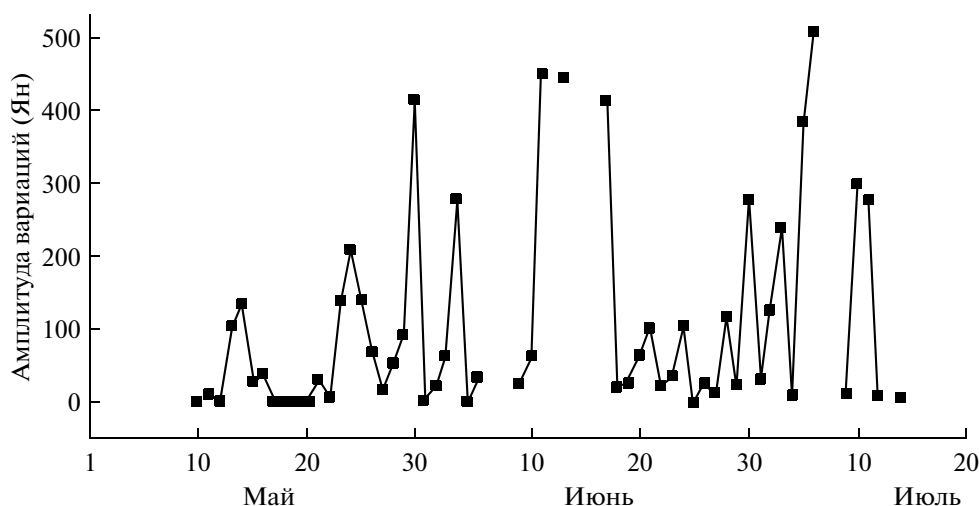


Рис. 4. Вариации интенсивности 3C144 в мае–июле 2006 г.

4.2. Суточное распределение вариаций интенсивности космических радиоисточников

Все прежние выводы о характере ионосферных мерцаний сделаны по результатам наблюдений космических радиоисточников 3C405 (Лебедь) и 3C461 (Кассиопея). Эти источники, в отличие от радиоисточника 3C144 (Крабовидная туманность), просвечивают далекие от Солнца области межпланетной среды, примерно в районе орбиты Земли и далее. Кроме того, все наблюдения проводились в разное время и в различных условиях солнечной активности. Поэтому, чтобы исключить возможные неопределенности, связанные с такими различиями в прежних данных, в течение 2006–2009 гг. нами были проведены непрерывные ежедневные наблюдения одновременно тех же источников (3C405 и 3C461) и трех источников (3C123, 3C144, 3C274), просвечивающих в дневное время ближние к Солнцу области. В результате получены суточные распределения вариаций интенсивности для каждого радиоисточника. На рисунке 5 показаны примеры суточного распределения частоты появления максимальных индексов флуктуаций (вариаций) интенсивности космических радиоисточников 3C144 и 274, просвечивающих в дневное время околосолнечное пространство, и радиоисточников 3C405 и 461, соответственно просвечивающих дальние области межпланетной среды. Четко видно различие в суточном ходе наблюдаемых вариаций. В ночные, утренние и вечерние часы вариации хорошо видны во всех данных. В дневное время такие вариации хорошо развиты только в околосолнечной среде и максимальны в полуденные часы. В дальних областях межпланетной среды околополуденные вариации интенсивности космических источников минимальны.

4.3. Суточное распределение ионосферных мерцаний спутниковых радиосигналов

Еще более убедительные данные о дневной ионосфере дают наблюдения радиосигналов искусственных спутников Земли. В этом случае влияние межпланетной среды полностью исключается, и наблюдаются лишь ионосферные мерцания. На рисунке 6 показаны примеры суточного распределения частоты появления для максимальных индексов мерцаний спутниковых радиосигналов на частоте 136 МГц (кривая 1) и для мерцаний интенсивностью >6 дБ на частоте 257 МГц (кривая 2). Эти графики построены по данным сезонных распределений частоты появления мерцаний, приведенных в обзоре [Ааронс, 1982]. Видно, что днем, примерно от 8 до 16 ч, ионосферные мерцания либо слабые, либо вообще не наблюдаются. По-видимому, некоторое повышение вариаций в околополуденное время по данным прежних наблюдений ионосферных мерцаний космических радиоисточников [Ерухимов, 1962; Перельгин, 1967], можно объяснить не ионосферным, а околосолнечным межпланетным происхождением вариаций в условиях более высокой активности Солнца в годы соответствующих измерений.

4.4. Отождествление крупномасштабных возмущений в свехкороне с активными событиями на Солнце

Наглядным подтверждением околосолнечной природы наблюдаемых вариаций могло бы быть выявление крупномасштабных возмущений в свехкороне и прямое отождествление их с активными процессами на Солнце. К сожалению, по наблюдениям единичных радиоисточников мы не можем получить изображение неоднородности

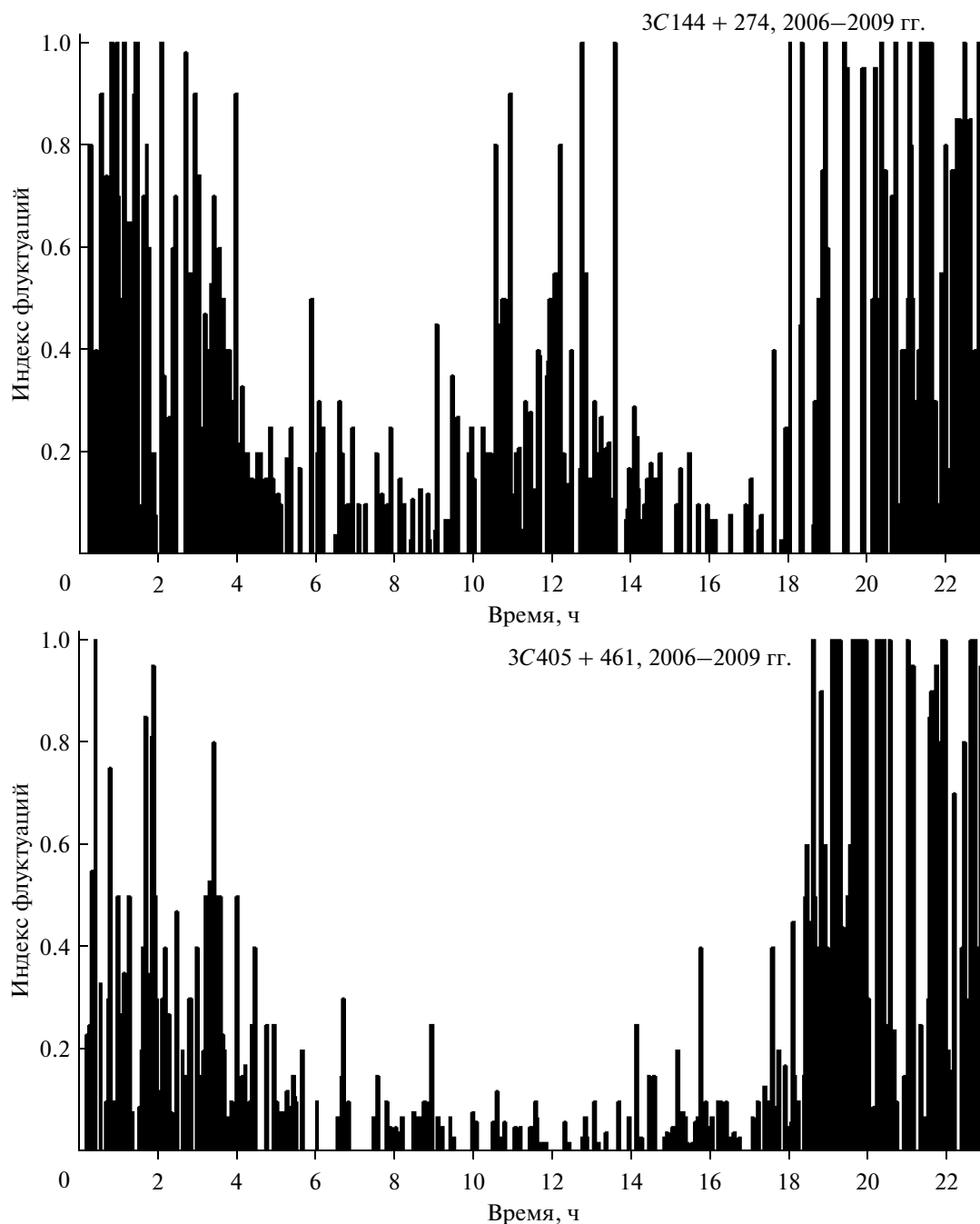


Рис. 5. Суточный ход вариаций интенсивности космических радиоисточников 3C144, 3C274 и 3C405, 3C461, просвечивающих в дневное время соответственно близкие и далекие от Солнца области межпланетной среды.

в целом. Для этого необходимо наблюдать одновременно достаточно большое количество рассеянных по небу (“сетку”) радиоисточников. Попробуем, однако, отождествить наблюдаемые в отдельные дни возмущения из Солнца и сильные вариации интенсивности радиоисточника 3C144 (см. рис. 4). В качестве примера сопоставим сильные вариации интенсивности источника 3C144 от 6 июля 2006 г. (рис. 4), и выброс вещества в короне Солнца (СМЕ), зарегистрированный космиче-

скими аппаратами SOHO и LASCO 4 июля 2006 г. (рис. 7б), (<http://www.swpc.noaa.gov/alert/>). Выброс произошел в 19:44 UT из активной области № 898 с координатами $\sim 25^\circ W$ и $8^\circ S$ Солнца. Источник 3C144 наблюдался 6 июля в 11 ч местного времени, т.е. в 7 ч UT. В это время он просвечивал межпланетную среду вблизи плоскости эклиптики, в западной стороне от Солнца, на расстоянии $\sim 80 R_\odot$ (рис. 7а). Принимая для СМЕ началь-

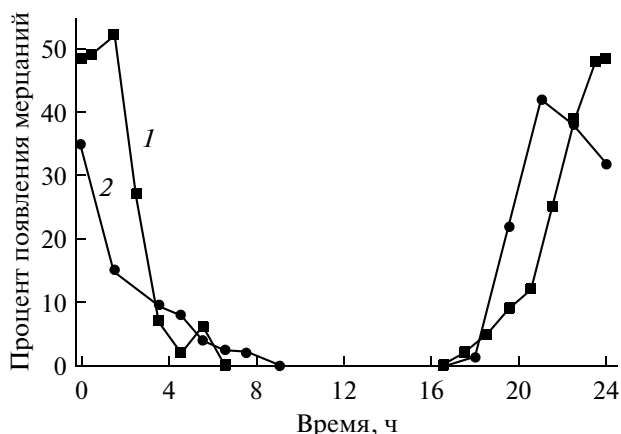


Рис. 6. Суточный ход ионосферных мерцаний интенсивности радиосигналов от искусственных спутников Земли на частотах 136 МГц (кривая 1) и 257 МГц (кривая 2).

ную скорость, время и соответствующие расстояния, приведенные на рис. 7в и предполагая постоянство ускорения, получаем, что выброс достиг просвечиваемой области 6 июля, ~ в 5 ч УТ. Таким образом, наблюдаемые 6 июля вариации радиоисточника действительно могли быть вызваны этим мощным выбросом вещества из Солнца.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Итак, по-видимому, эти факты наличия вариаций интенсивности излучения космических радиоисточников, наблюдаемых в дневное время, так же как вариации амплитуды и смещения лепестков интерференционной картины при просвечивании сверхкороны Солнца, могут быть интерпретированы проявлениями дифракции, рефракции и фокусировки на крупномасштабных неоднородностях солнечного ветра. К сожалению, хотя такие вариации были обнаружены еще более полувека назад, широкого применения они не получили. Очевидно, однако, что подобные вариации наряду с межпланетными мерцаниями могут быть хорошим дополнительным “инструментом” для радиоастрономических исследований солнечного ветра. Особенно это было бы полезно для исследования ближних от Солнца (до 0.5 а.е.) областей межпланетной среды. Исследования этих областей и сейчас встречают много практических трудностей. Метод “мерцаний” в метровом диапазоне волн дает информацию в основном о более удаленной межпланетной среде. Например, в наших наблюдениях на частоте ~100 МГц мерцают радиоисточники, просвечивающие околосолнечное пространство на расстояниях от Солнца, начиная от ~0.4 а.е. и далее. Ближе к Солнцу мерцания можно было бы наблюдать в диапазоне более коротких длин волн. Однако, иметь современные

радиотелескопы специально для таких наблюдений, к тому же в очень широком диапазоне рабочих частот, практически не представляется возможным. “Пионер” радиоастрономических исследований ближней и дальней сверхкороны, метод “рассеяния”, требует наличия нескольких специализированных радиотелескопов, что практически также нереально. Уже по этим причинам важно попытаться использовать медленные вариации интенсивности наблюдаемых источников как для исследования солнечного ветра, так и возможного практического их применения. Понятно, что для обсуждаемой здесь задачи прогнозирования космической погоды, необходимы непрерывные наблюдения достаточно большого числа космических радиоисточников, просвечивающих окрестности Солнца в пределах всех доступных гелиоцентрических расстояний, широт и долгот. Заметим, что реализация надежной службы такого прогнозирования важна также и для самих исследований крупномасштабной неоднородной структуры солнечного ветра.

Возможность краткосрочного (1–3 сут) прогнозирования геомагнитной активности по межпланетным мерцаниям радиоисточников была высказана ранее в работах [Власов, 1979, 1981; Власов и др., 1985; Hewish and Duffett-Smith, 1987]. Прогнозирование по наблюдениям обсуждаемых здесь вариаций также возможно по методике, аналогичной прогнозированию по наблюдениям межпланетных мерцаний. Для этого желательно ежедневно наблюдать в околополуденное время (~ от 10 до 14 ч) порядка 30–50 радиоисточников, относительно равномерно рассеянных по небу. Далее необходимо, как и при наблюдениях мерцаний, оперативно определить ключевые параметры возмущения (угловые размеры, направление распространения, скорость фронта) и оценить вероятность и время его прихода к Земле. Подробнее основные вопросы методики и практической реализации такого прогнозирования и, в частности, проблемы постановки радиоастрономического мониторинга межпланетной среды по наблюдениям межпланетных мерцаний обсуждаются нами в работе [Власов и др., 2010].

Заметим, что прогнозирование по наблюдениям вариаций имеет даже ряд преимуществ перед прогнозированием только по наблюдениям межпланетных мерцаний.

– Увеличивается заблаговременность предсказания, поскольку информация о крупномасштабных возмущениях солнечного ветра от ближних к Солнцу областей поступает раньше, чем по наблюдениям мерцаний.

– Появляется возможность непосредственно отождествлять крупномасштабные возмущения в околосолнечной среде с активными событиями на Солнце.

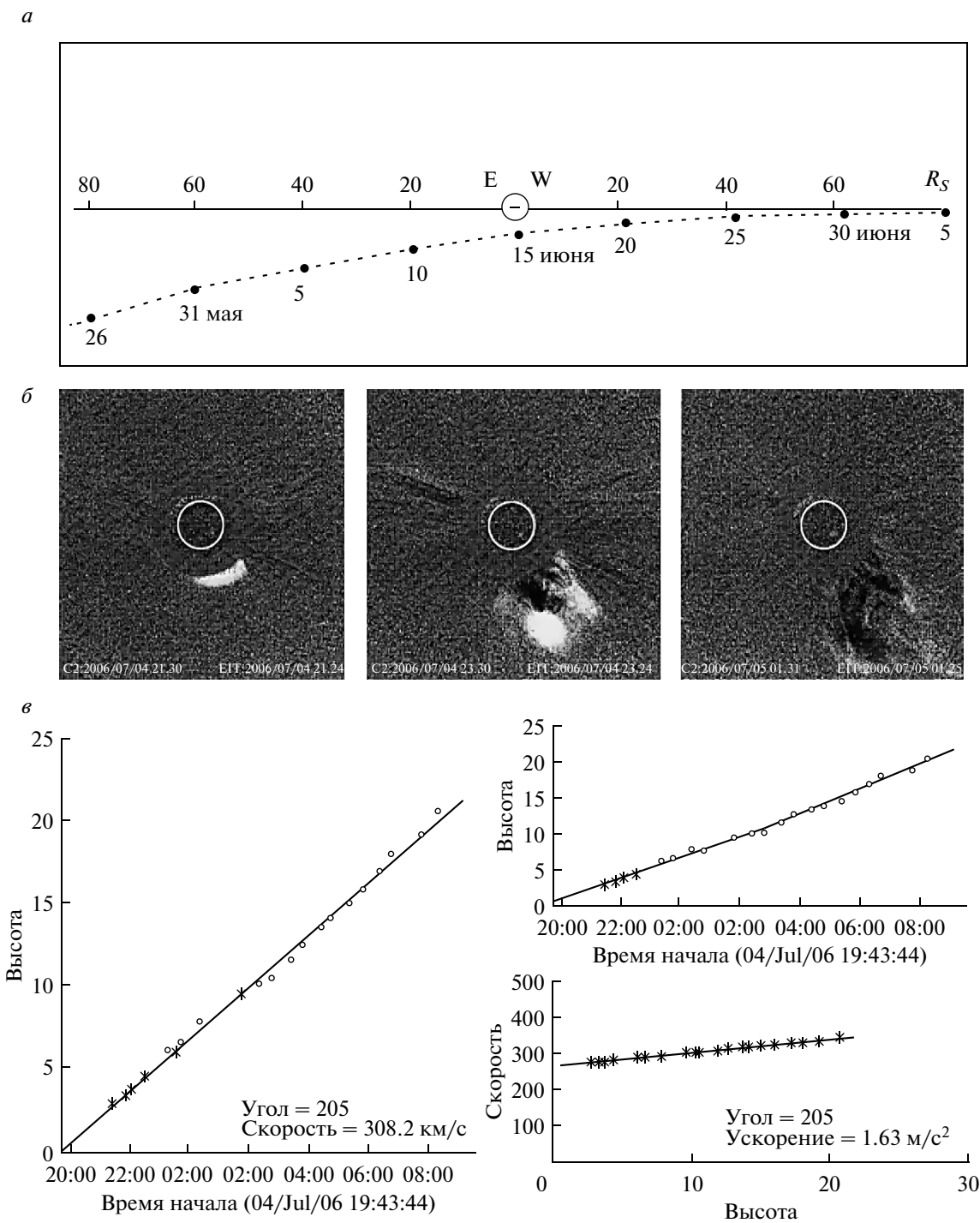


Рис. 7. *a* – схема видимого на небе относительного положения радиоисточника 3C144 и Солнца в различные дни наблюдений; *б* – выброс вещества из солнечной короны (СМЕ), зафиксированный аппаратами SOHO и LASCO 4 июля 2006 г.; *в* – характеристики наблюдаемого выброса (координаты, скорость и ускорение).

– Наблюдения можно реализовать на более простых и потому более доступных специализированных радиотелескопах.

Это возможно потому, что для регистрации обсуждаемых вариаций пригодны более мощные

радиоисточники. Кроме того, можно поднять чувствительность радиотелескопа увеличением времени интегрирования выходного сигнала радиометра, поскольку наблюдаются флуктуации более медленные, чем межпланетные мерцания.

Можно также наблюдения таких вариаций вести на более низких частотах, где интенсивность радиоисточников в среднем значительно выше. Все это существенно облегчает требования к радиотелескопу. Практически это имеет принципиальное значение для радиоастрономических исследований крупномасштабных возмущений в солнечном ветре и особенно для прогнозирования. В силу случайного характера солнечных событий, генерирующих неоднородности в солнечном ветре, такие наблюдения требуется проводить непрерывно в режиме мониторинга солнечного ветра в пределах всей внутренней гелиосферы. Но любой современный радиотелескоп предназначен для решения разнообразных астрофизических задач. Объективно, он не может быть предоставлен только для одной задачи и, тем более, для таких длительных и непрерывных наблюдений. Однако если радиоастрономические методы прогнозирования космической погоды окажутся высокоэффективными и будут востребованы, вопрос доступности радиотелескопов для таких наблюдений будет еще актуальней. При этом, очевидно, потребуется несколько (“мировая сеть”) таких радиотелескопов. А пока нам предстоит практически на основе реальных макетных испытаний изучить и показать возможности прогнозирования, равно как и возможности исследования крупномасштабных неоднородностей солнечного ветра по наблюдениям обсуждаемых вариаций интенсивности космических радиоисточников.

6. ВЫВОДЫ

По представленным результатам радиоастрономических наблюдений вариаций интенсивности космических источников можно сделать следующие основные выводы.

– В дневное время (в среднем от 8 до 16 ч) вариации (медленные флуктуации) интенсивности космических радиоисточников в основном имеют не ионосферное, а межпланетное (околосолнечное) происхождение.

– Ионосферные мерцания космических радиоисточников в дневное (околополуденное) время практически отсутствуют (по-видимому, ионосфера либо однородна, либо отсутствует горизонтальный ионосферный ветер).

– Это открывает возможность по радиоастрономическим наблюдениям выявлять и исследовать крупномасштабные возмущения в солнечном ветре близких от Солнца, практически недоступных другим методам, областей межпланетной среды.

– Это значит также, что их можно будет использовать для изучения солнечно-земных связей, а также для прогнозирования космической погоды.

Работа поддержана РФФИ грант № 10-02-00078 и программой ОФН РАН “Плазменные процессы в солнечной системе”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ааронс Дж. Глобальная морфология ионосферных мерцаний // ТИИЭР. Т. 70. № 4. С. 46–66. 1982.
- Бабий В.И., Виткевич В.В., Власов В.И., Горелова М.В., Суховой А.Г. Сверхкорона Солнца по наблюдениям 1959–1963 гг. // Астрон. журн. Т. 42. С. 107–116. 1965.
- Виткевич В.В. Новый метод исследования солнечной короны // Докл. АН СССР. Т. 77. С. 585–593. 1951.
- Виткевич В.В. Наблюдения рассеяния радиоволн на электронных неоднородностях солнечной короны // Тр. 5-го совещания по вопросам космогонии (радиоастрономия). Отв. ред. В.Л. Гинзбург. С. 203–223. М.: изд-во АН СССР. 1956.
- Виткевич В.В., Власов В.И. Характеристики межпланетных электронных неоднородностей по наблюдениям 1967–1969 гг. // Астрон. журн. Т. 49. № 5. С. 595–607. 1972.
- Власов В.И. Радиоизображения межпланетной турбулентной плазмы // Астрон. журн. Т. 56. № 1. С. 96–105. 1979.
- Власов В.И. О возможности прогнозирования геофизической активности по межпланетным мерцаниям радиоисточников // Геомагнетизм и аэронаомия. Т. 21. № 3. С. 441–444. 1981.
- Власов В.И., Шишов В.И., Шишова Т.Д. Связь между вариациями индекса геомагнитной активности и параметров межпланетных мерцаний // Геомагнетизм и аэронаомия. Т. 25. № 2. С. 254–258. 1985.
- Власов В.И., Чашей И.В., Свидский П.М. Прогнозирование геофизических возмущений по наблюдениям межпланетных мерцаний космических радиоисточников // Тр. Института Прикладной Геофизики им. Е.К. Федорова. Ред. Данилов А.Д. Вып. 89. С. 139–158. М.: изд-во ИПГ 2010.
- Гундзе Е., Чжаохань Л. Мерцания радиоволн в ионосфере // ТИИЭР. Т. 70. № 4. С. 5–45. 1982.
- Ерухимов Л.М. Исследование неоднородностей электронной плотности в ионосфере радиоастрономическими методами и с помощью искусственных спутников Земли // Изв. вузов. Радиофизика. Т. 5. № 5. С. 839–865. 1962.
- Перельгин В.П. Исследование неоднородной структуры ионосферы при наблюдении космических дискретных источников // Ионосферн. исслед. № 21. С. 47–53. 1967.
- Пынзарь А.В., Удальцов В.А. Поиск Галактических компактных радиоисточников // Астрон. журн. Т. 60. С. 493–502. 1983.
- Яковлев О.И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга. 432 с. 1998.
- Hewish A., Scott P.F., Wills D. Interplanetary scintillation of small diameter radio sources // Nature. V. 203. P. 1214–1217. 1964.
- Hewish A., Duffett-Smith P.J. A new method of forecasting geomagnetic activity and proton showers // Planet. Space Sci. V. 35. P. 487–491. 1987.
- Slee O.B. Observations of the solar corona out to 100 solar radii // Monthly Notices. V. 123. P. 223–231. 1961.