

## Свойства быстрых всплесков III типа в декаметровом диапазоне длин волн

В. Н. Мельник, А. А. Коноваленко, Х. О. Рукер<sup>1</sup>, Б. П. Руткевич,  
Э. П. Абринин, В. В. Доровский, А. И. Браженко<sup>2</sup>,  
А. Лекашо<sup>3</sup>, А. А. Станиславский

*Радиоастрономический институт НАН Украины,  
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина  
E-mail: melnik@ira.kharkov.ua*

<sup>1</sup>*Институт космических исследований, Грац, 8042, Шмиделитрассе, 6, Австрия*

<sup>2</sup>*Полтавская гравиметрическая обсерватория Института геофизики им. С. И. Субботина,  
ул. Мясоедова, 27/29, г. Полтава, 36029, Украина*

<sup>3</sup>*Париж-Мейдон обсерватория, Париж, CNRS UMR 8644, Франция*

*Статья поступила в редакцию 13 июня 2007 г.*

Сообщается о первых наблюдениях быстрых всплесков III типа на частотах  $10 \div 30$  МГц. Проанализировано более 1000 таких всплесков, которые были зарегистрированы в период с 2002 по 2004 г. Скорости дрейфа этих всплесков в несколько раз превышают скорости дрейфа декаметровых всплесков III типа. Длительности большинства быстрых всплесков около  $1 \div 2$  с. Наиболее часто эти всплески появляются в дни, когда активная область находится вблизи центрального меридиана. Предлагается объяснение больших скоростей дрейфа декаметровых быстрых всплесков III типа, которое основано на учете как групповой скорости электромагнитных волн, так и скорости генерирующего излучение электронов.

### Введение

Впервые быстрые всплески III типа наблюдались в 1959 г. Янгом и др. [1] на частотах  $500 \div 950$  МГц. Полученные в этой работе значения скорости частотного дрейфа превышали  $2000$  МГц/с, а иногда были бесконечными. Наряду со всплесками с отрицательной скоростью частотного дрейфа (от высоких частот к низким) наблюдались также всплески с положительной скоростью дрейфа. Характерные длительности этих всплесков лежали в интервале от  $0.3$  до  $0.2$  с, и потоки – от  $5 \cdot 10^4$  до  $10^8$  Ян ( $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{Гц})$ ). В [1]

также было отмечено, что всплески с большей скоростью дрейфа имеют меньшую длительность.

Кунду и др. [2] обнаружили, что быстрые всплески III типа как правило занимают область частот  $400 \div 800$  МГц, однако иногда они наблюдаются в более широком диапазоне от  $200$  и вплоть до  $950$  МГц. Эти всплески, согласно [1, 2], обычно встречаются в группах по  $3 \div 10$  всплесков. Причем у некоторых из них меняется знак скорости частотного дрейфа при дрейфе из области низких частот в область высоких частот.

Элгерой [3] детально проанализировал свойства 402 быстрых всплесков III типа, которые наблюдались им в диапазоне частот  $310 \div 340$  МГц. Он пришел к заключению, что из общего числа 50, 17 и 33 % всплесков имеют соответственно отрицательные, положительные и бесконечные ( $> 500$  МГц/с) значения скорости дрейфа. Средняя длительность быстрых всплесков III типа оказалась равной 0.26 с. Это составляет четвертую часть от средней длительности обычных всплесков III типа (1.1 с) на этих частотах. Элгерой отметил, что быстрые всплески III типа встречаются группами, и определил средний интервал между всплесками, который составил 1.1 с. Он исследовал также зависимость скорости дрейфа и длительности быстрых всплесков III типа от положения на диске Солнца активной области, которая ассоциируется с этими всплесками. Оказалось, что длительность всплесков увеличивается по мере удаления активной области от центрального меридиана. В то же время число всплесков с бесконечным и положительным значением скорости дрейфа становится меньше. Указанные результаты привели Элгероя к выводу о том, что эффекты распространения излучения в солнечной короне являются существенным фактором при формировании быстрых всплесков III типа.

Гопал Рао [4] исследовал поляризацию всплесков III типа различной длительности на более низких частотах. Он обнаружил, что самые короткие всплески с длительностью  $1 \div 2$  с имели высокую степень поляризации (до 70 %). Хотя скорости дрейфа всплесков в этой работе не определялись, Зайцев и Левин [5] отнесли их к быстрым всплескам III типа, исходя из их малой длительности.

В 1984 г. Зайцев и Левин [5] сделали попытку обнаружить быстрые всплески III типа в декаметровом диапазоне длин волн на частотах 16 и 25 МГц при анализе данных наблюдения бури, происходившей 6-7 июня 1977 г. Они пришли к заключению, что если такие всплески и существовали, то их скорости дрейфа и длительности были близки к значениям для обычных всплесков III типа.

Что касается возможных объяснений явления быстрых всплесков III типа, то здесь мож-

но выделить, по сути, только два. Первая модель [1, 3] основывается на теории обычных всплесков III типа, в которой большая скорость дрейфа быстрых всплесков связывается с неоднородностями, имеющими большие градиенты плотности в нижней короне Солнца. Существование всплесков с положительным дрейфом обусловлено движением ответственных за всплески потоков электронов по направлению к Солнцу. Недавно Леденев [6] предположил, что положительный частотный дрейф можно объяснить уменьшением групповой задержки сигнала, когда источник излучения движется в направлении уменьшения плотности. Он также обратил внимание на тот факт, что для вычисления групповой задержки сигналов, приходящих с разных уровней короны, необходимо учитывать достаточно высокие скорости электронов, ответственных за всплески III типа.

Зайцев и Левин [5] предложили другую модель, в которой все всплески III типа (как быстрые, так и обычные) связываются с одним и тем же потоком электронов, в котором электроны имеют различные скорости. При этом обычные всплески генерируются основной массой электронов, в то время как быстрые всплески возбуждаются самыми быстрыми электронами на переднем фронте потока. Поскольку скорость быстрых электронов приблизительно вдвое превышает скорость основной части потока, следует ожидать, что скорости дрейфа быстрых и обычных всплесков также будут отличаться в два раза. Явление быстрых всплесков III типа связывалось в работе [5] с возбуждением циклотронных волн. Поскольку скорость процессов возбуждения этих волн определяется величиной магнитного поля, наиболее благоприятные условия для генерации быстрых всплесков III типа, согласно модели Зайцева–Левина, имеются в нижней короне. То есть указанные всплески должны появляться преимущественно на высоких частотах, что полностью подтверждалось наблюдениями, имевшимися в то время.

В настоящей статье мы сообщаем о первых наблюдениях быстрых всплесков III типа в декаметровом диапазоне длин волн ( $10 \div 30$  МГц).

Их свойства подобны свойствам таких же всплесков в высокочастотной области. Мы отмечаем также существенную зависимость частоты появления таких всплесков от местоположения активной области на диске Солнца. По нашему мнению, это указывает на решающую роль эффектов распространения излучения в формировании этих всплесков. Кроме того, в статье обсуждается возможное объяснение явления быстрых всплесков III типа, основанное на учете скоростей как источников излучения, так и групповых скоростей излучаемых волн при нахождении скоростей частотного дрейфа всплесков.

### Наблюдения

Быстрые всплески III типа, обсуждаемые в статье, наблюдались на радиотелескопе УТР-2 в 2002-2004 гг. Во время наблюдений на телескопе использовались 3 секции общей площадью 30000 м<sup>2</sup>, что давало диаграмму направленности телескопа 1×13°. В 2002 г. регистрация производилась с помощью цифрового спектрального поляриметра (DSP [7]), который обеспечивал высокое частотное (12 кГц) и временное (от 20 до 100 мс) разрешения в полосе частот 18÷30 МГц. Кроме того, в 2002-2004 гг. использовался также 60-канальный спектрометр с временным разрешением до 10 мс и частотным разрешением 300 кГц в полосе частот от 10 до 30 МГц.

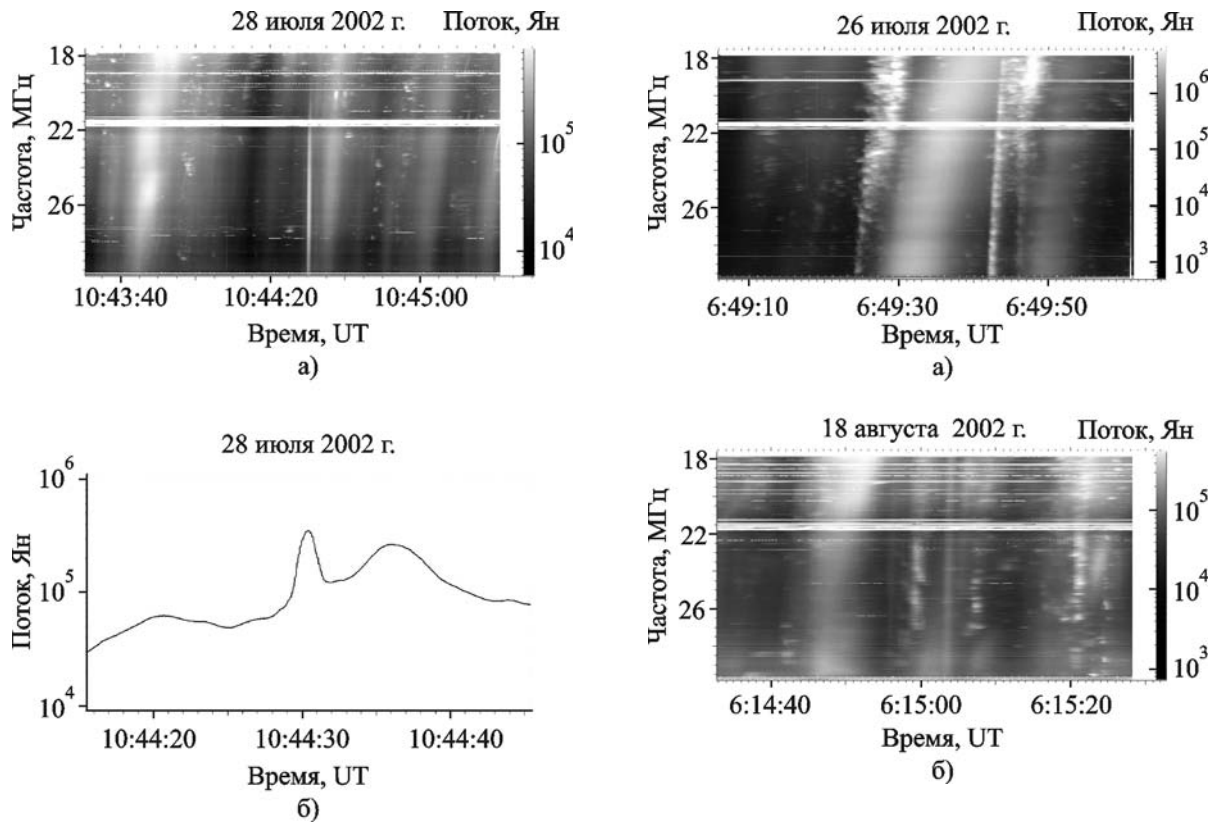
В декаметровом диапазоне длин волн, на частотах 10÷30 МГц, скорости дрейфа обычных всплесков III типа равны 2÷4 МГц/с, а длительности – 4÷10 с [8, 9]. Однако иногда во время бурь всплесков III типа нами были зарегистрированы быстро дрейфующие всплески со скоростями дрейфа, существенно превышающими эти значения. Как правило длительности этих всплесков меньше длительности обычных всплесков III типа. В настоящей статье рассматриваются указанные быстрые всплески III типа (в англоязычной литературе для этих всплесков употребляется термин Type III-like bursts [3]) на выборке из более чем 1100 всплесков, которые были зарегистрированы во время пяти бурь в 2002-2004 гг. (см. таблицу). Общее время наблюдений составило 120 ч.

**Таблица.** Частота появления быстрых всплесков III типа во время пяти бурь в 2002-2004 гг. Жирным шрифтом выделены дни, когда активная область пересекала центральный меридиан на диске Солнца

Год	Число, месяц	Число всплесков в минуту	Длительность наблюдений	Число всплесков
2002	13.07	0.02	5 ч 36 мин	7
	14.07	0.03	4 ч 57 мин	8
	15.07	0.04	4 ч 48 мин	10
	<b>16.07</b>	<b>0.06</b>	<b>3 ч 47 мин</b>	<b>13</b>
	17.07	0.00	3 ч 40 мин	1
2002	26.07	0.07	5 ч 28 мин	24
	27.07	0.09	6 ч 17 мин	33
	<b>28.07</b>	<b>0.46</b>	<b>6 ч 14 мин</b>	<b>171</b>
	29.07	0.02	5 ч 37 мин	6
	30.07	0.06	2 ч 52 мин	10
2002	16.08	0.04	7 ч 00 мин	16
	<b>17.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3 ч 26 мин</b>	<b>24</b>
	18.08	0.06	7 ч 30 мин	28
	<b>19.08</b>	<b>0.08</b>	<b>1 ч 18 мин</b>	<b>6</b>
2003	01.07	0.00	7 ч 30 мин	2
	03.07	0.09	2 ч 56 мин	16
	<b>04.07</b>	<b>0.40</b>	<b>6 ч 20 мин</b>	<b>153</b>
	05.07	0.28	4 ч 39 мин	77
	06.07	0.03	6 ч 31 мин	11
2004	17.06	0.07	5 ч 04 мин	20
	18.06	0.20	6 ч 05 мин	71
	<b>19.06</b>	<b>0.45</b>	<b>5 ч 44 мин</b>	<b>156</b>
	20.06	0.33	6 ч 03 мин	121
	<b>21.06</b>	<b>0.40</b>	<b>5 ч 20 мин</b>	<b>131</b>
	22.06	0.19	5 ч 32 мин	62

Все быстрые всплески III типа имели отрицательные значения скорости частотного дрейфа (пример такого всплеска приведен на рис. 1, а). В отличие от временного профиля обычных всплесков III типа (быстрый рост и относительно медленный спад), у всех быстрых всплесков профиль практически симметричен (рис. 1, б).

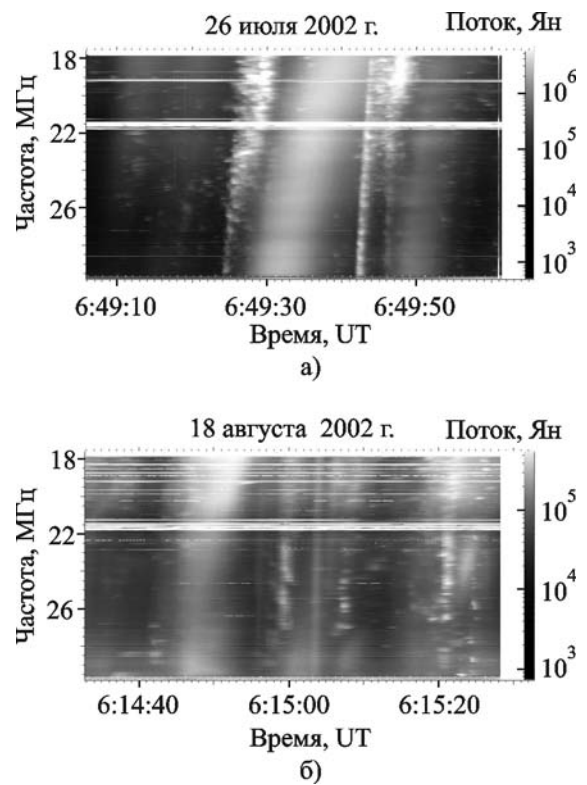
В декаметровом диапазоне мы наблюдали быстрые всплески III типа с тонкой частотной структурой (рис. 2, а). Мы будем называть



**Рис. 1.** а) Быстрый всплеск III типа (10:44:30) на фоне обычных всплесков III типа; б) временной профиль этого всплеска

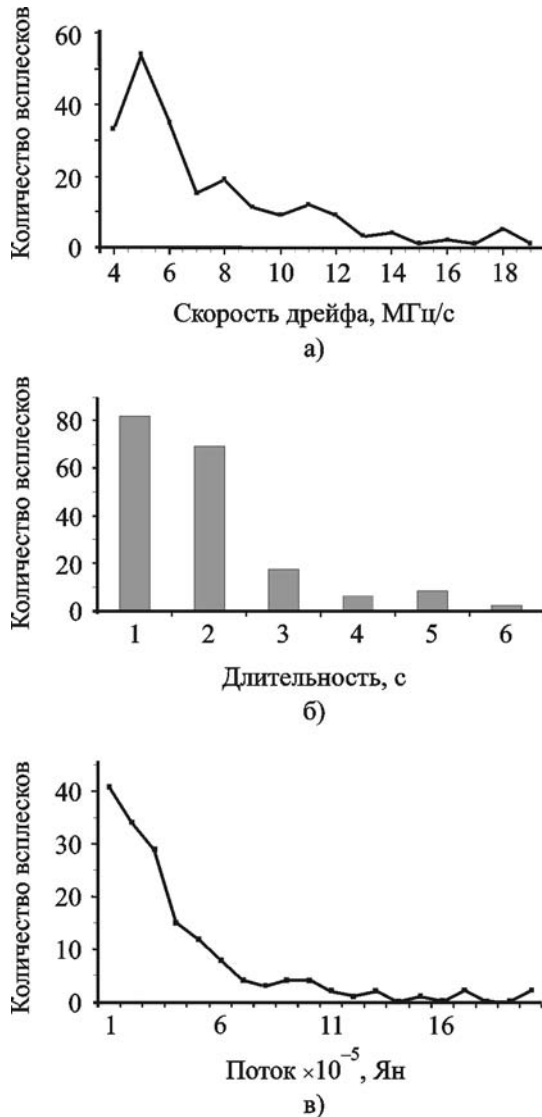
такие всплески быстрыми всплесками IIIb типа, поскольку их частотная структура подобна той, что имеется у всплесков IIIb типа. Заметим, что сообщений о наблюдении таких всплесков в высокочастотной области (в метровом и дециметровом диапазонах) до настоящего времени не было.

При статистическом анализе к быстрым всплескам III типа мы относили всплески со скоростью частотного дрейфа выше 4 МГц/с, которые регистрировались почти во всем диапазоне наблюдений. Можно сказать, что практически у всех быстрых всплесков по всему треку всплеска скорость дрейфа остается постоянной величиной. Максимальная обнаруженная нами скорость дрейфа была у всплеска, наблюдавшегося 18 августа 2002 г. (рис. 2, б). Его скорость около 40 МГц/с. Мы не нашли



**Рис. 2.** а) Быстрый всплеск IIIb типа (06:49:42) на фоне обычных всплесков III и IIIb типов; б) быстрый всплеск III типа (06:15:04) с наибольшей наблюдавшейся скоростью дрейфа (40 МГц/с)

всплески с бесконечными значениями скорости дрейфа (в нашем случае больше 100 МГц/с) или всплески с обратной скоростью дрейфа, которые наблюдались бы в полосе частот, сравнимой с полной полосой наблюдений (10 ÷ 30 МГц). Вместе с тем было несколько случаев, когда в диапазоне частот 4 ÷ 5 МГц регистрировались всплески с положительным дрейфом (от низких частот к высоким). Их мы не относили к быстрым всплескам III типа. Гистограммы распределения по скоростям дрейфа для всплесков каждой бури очень похожи (для бури 26-30 июля 2002 г. такая гистограмма показана на рис. 3, а). Видно, что скорости дрейфа быстрых всплесков могут достигать значений 20 МГц/с, что превышает значения скоростей дрейфа обычных всплесков III типа в 5 ÷ 10 раз.

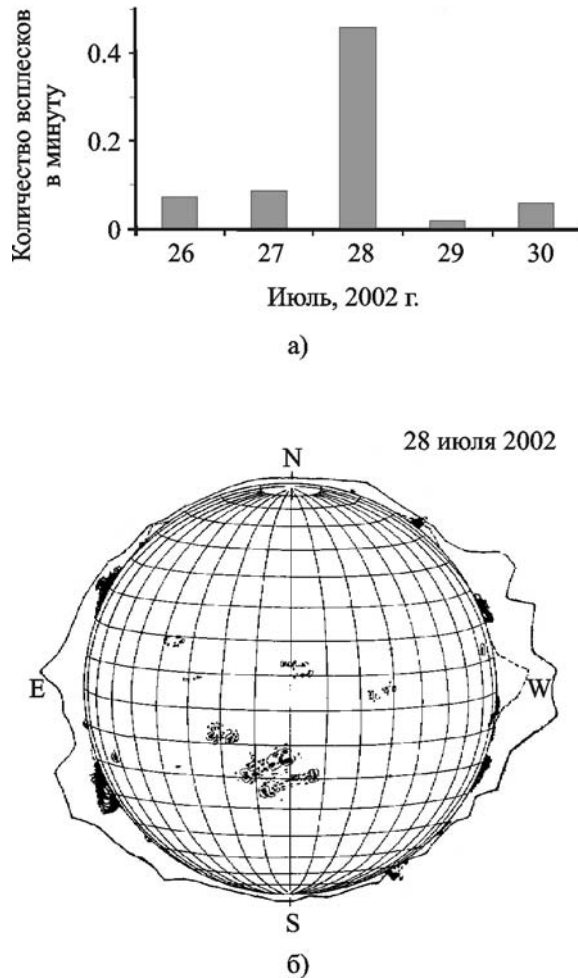


**Рис. 3.** Гистограммы распределения быстрых всплесков III типа для бури 26-30 июля 2002 г. по скоростям дрейфа (а), длительностям (б) и потокам излучения (в)

Как видно из рис. 3, б, подавляющее число наблюдавшихся нами быстрых всплесков имеют длительности  $1 \div 2$  с, что в  $4 \div 5$  раз меньше длительности обычных всплесков III типа в декаметровом диапазоне. Аналогичное отношение длительностей отмечалось в [3] для высокочастотных всплесков III типа. Что касается потоков излучения наблюдаемых нами всплесков, то они меньше (рис. 3, в), чем для высокочастотных аналогов. Следует отметить,

что в отличие от распределения по скоростям дрейфа и длительностям распределения по потокам для различных бурь довольно существенно отличаются. Это, по нашему мнению, может быть связано с размерами активных областей на Солнце, с которыми ассоциируется активность в декаметровом диапазоне. В то же время скорость дрейфа и длительность всплесков, по-видимому, определяются параметрами короны, которые не так сильно подвержены влиянию этих областей, так как источники всплесков находятся на значительных расстояниях от поверхности Солнца.

Нами была исследована частота появления быстрых всплесков III типа в зависимости от местоположения на диске Солнца соответствующей активной области. Так как наблюдения проводились в течение различных интервалов времени, то при анализе использовалась частота появления быстрых всплесков в данный день, которая определялась как отношение числа быстрых всплесков ко времени наблюдения за этот день. Оказалось, что доля быстрых всплесков III типа в течение бури сильно коррелирует с положением активной области на диске Солнца. Так, для бури 26-30 июля 2002 г. наибольшая частота появления наблюдалась 28 июля, когда активная область находилась вблизи центрального меридиана (рис. 4). В этот день частота появления всплесков почти в десять раз превышала частоту появления всплесков в соседние дни. Аналогичная ситуация наблюдалась и для других бурь (13-17 июля 2002 г. и 1-6 июля 2003 г.), когда вблизи центрального меридиана находилась только одна активная область. В случае двух следовавших одна за другой активных областей (здесь примером являются бури имевшие место 16-19 августа 2002 г. и 17-22 июня 2004 г.) в распределении частоты появления было два максимума, соответствовавших дням их прохождения через центральный меридиан (см. таблицу). Это свойство быстрых всплесков III типа подтверждает аналогичное свойство высокочастотных всплесков III типа, которое отмечалось в [3], однако в декаметровом диапазоне оно более ярко выражено. Таким образом, наши наблюдения подтверждают указан-



**Рис. 4.** а) Частота появления быстрых всплесков III типа в различные дни во время бури 26-30 июля 2002 г.; б) положение активной области на диске Солнца 28 июля 2002 г.

ную в [3] связь этого явления с эффектами распространения излучения в короне Солнца, и, по нашему мнению, именно эти эффекты распространения могут явиться причиной быстрых всплесков III типа. Исходя из зависимости частоты появления быстрых всплесков III типа от дня наблюдения (рис. 4, а) получаем ограничение “сверху” – приблизительно  $10^\circ$  – на диаграмму направленности излучения этих всплесков. Наши попытки выделить временные структуры меньшие одного дня (в день с максимальной частотой появления быстрых всплесков) не увенчались успехом.

## Обсуждение результатов

До наших наблюдений в декаметровом диапазоне длин волн считалось, что явление быстрых всплесков III типа характерно в основном для частот, больших 200 МГц. Регистрация большого количества таких всплесков в декаметровом диапазоне позволяет по-новому взглянуть на причину этого явления. Дело в том, что модели, предложенные ранее для объяснения высокочастотных быстрых всплесков III типа, сталкиваются с трудностями при объяснении низкочастотных всплесков. Действительно, если связывать появление таких всплесков с большими градиентами плотности в короне [1, 3], то кажется маловероятным, что на высотах, сравнимых с радиусом Солнца, возможно существование неоднородностей, в которых плотность, например, уменьшается в 10 и больше раз по сравнению с окружающей короной. Причем размер этих областей также должен быть сравним с радиусом Солнца, так как обсуждаемые всплески имеют постоянную большую скорость дрейфа в полосе частот от 30 до 10 МГц. Более того, как видно из рис. 1, 2, быстрые всплески III типа наблюдаются одновременно с обычными всплесками III типа, которые генерируются электронами, движущимися в средней короне. И конечно, не в пользу моделей, основанных на сильных неоднородностях в солнечной короне, говорит обнаруженная нами существенная зависимость частоты появления быстрых всплесков от положения на диске Солнца.

Как видно из рис. 3, а, распределение быстрых всплесков по скоростям частотного дрейфа монотонно уменьшается в области значений  $6 \div 10$  МГц/с, где должно было бы наблюдаться повышенное число быстрых всплесков согласно модели Зайцева–Левина [5]. Более того, по нашим наблюдениям, скорость дрейфа быстрых всплесков III типа может превышать стандартные значения скорости для обычных всплесков III типа больше чем в десять раз, что приводит в рамках этой модели к сверхсветовым скоростям потоков электронов, отвечающих за генерацию быстрых всплесков III типа. Действительно, обычно используемое выражение для ско-

рости частотного дрейфа  $df/dt$  имеет следующий вид:

$$\frac{df}{dt} \approx \frac{df}{dn} \frac{dn}{dr} v_s, \quad (1)$$

где  $v_s$  – скорость электронов, генерирующих всплеск;  $n$  – плотность плазмы в точке генерации электромагнитной волны;  $df/dn = f_{pe}/2n$  в случае, если излучение происходит на первой гармонике, или на плазменной частоте, т. е.  $f = f_{pe}$  ( $f_{pe} = \sqrt{4\pi e^2 n/m}$  – плазменная частота,  $e$  и  $m$  – заряд и масса электрона). Для обычных всплесков III типа согласно (1) скорость дрейфа всплеска  $2 \div 4$  МГц/с соответствует скорости электронов  $\approx 0.3c$  ( $c$  – скорость света). Тогда для скоростей дрейфа  $20 \div 30$  МГц/с скорость электронов должна существенно превышать скорость света. Все перечисленное выше заставляет искать новые возможности для объяснения феномена быстрых всплесков III типа.

При получении (1) предполагается, что скорость источника излучения меньше скорости излучаемой электромагнитной волны. Это справедливо вдали от места инжекции, но вблизи не всегда верно. Учтем при выводе выражения для скорости дрейфа всплеска как групповую скорость излучаемых электромагнитных волн  $v_{gr}$ , так и скорость источника излучения, распространяющегося под углом  $\alpha$  к наблюдателю,  $v_s$  (рис. 5). Разность времени прихода к наблюдателю волн на частотах  $f_1$  и  $f_2$  равна

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{r_{12}}{v_s} + \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{v_{gr}} \approx \frac{r_{12}}{v_s v_{gr}} (v_{gr} - v_s \cos \alpha), \quad (2)$$

где  $r_{12}$  – расстояние между уровнями генерации волн на частотах  $f_1$  и  $f_2$ ,  $R_1$  и  $R_2$  – расстояния от места генерации волн на частотах  $f_1$  и  $f_2$  до наблюдателя, а  $t_1$  и  $t_2$  – время прихода этих волн к наблюдателю. При получении (2) учитывалось, что  $r_{12} \ll R_1, R_2$ . В случае близких значений  $f_1$  и  $f_2$  имеем для скорости дрейфа следующее выражение:

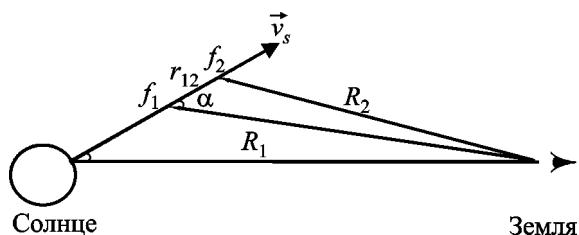


Рис. 5. Схема распространения пучка электронов для описания теоретической модели

$$\frac{df}{dt} \approx \frac{f_2 - f_1}{t_2 - t_1} \approx \frac{df}{dn} \frac{dn}{dr} \frac{v_s v_{gr}}{v_{gr} - v_s \cos \alpha}. \quad (3)$$

Видно, что если групповая скорость волны близка к скорости электронов, то скорость дрейфа может становиться большой и даже менять знак. Поэтому, в частности, для объяснения положительных значений скоростей дрейфа всплесков нет необходимости предполагать, что источник излучения движется к Солнцу (к такому же выводу пришел Леденев [6]). Из выражения (3) следует, что этот эффект наиболее ярко проявляется при малых углах  $\alpha$ , т. е. когда электроны движутся почти по направлению к наблюдателю. С увеличением угла  $\alpha$  для появления всплесков с большими скоростями необходимы все большие скорости электронов. Заметим, что при  $v_{gr} \approx c$ , а  $v_s \ll c$  выражение (3) переходит в (1). При получении (3) мы предполагали, что излучаемая волна имеет строго определенное значение частоты и волнового числа, а также что источник излучения точечный. На самом деле поток электронов генерирует волны в некоторой полосе частот, а область, из которой выходит излучение, достаточно большая (на декаметровых волнах ее сечение сравнимо с размером диска Солнца). Учет этих особенностей может быть сделан только при численном решении задачи, что выходит за рамки настоящей статьи. Здесь же мы хотели обратить внимание на принципиальную возможность объяснения явления быстрых всплесков III типа, не прибегая к предположению о существовании крупномасштабных неоднородностей с большими градиентами плотности.

## Заключение

Обнаруженные нами быстрые всплески III типа на частотах  $10 \div 30$  МГц имеют скорости дрейфа, достигающие до 40 МГц/с. Это более, чем в 10 раз, превышает скорость дрейфа обычных всплесков III типа. Длительность быстрых всплесков III типа в большинстве случаев составляет  $1 \div 2$  с, что в  $4 \div 5$  раз меньше длительности обычных всплесков. Такая же особенность отмечалась [3] и у высокочастотных, метровых и дециметровых, быстрых всплесков III типа. В декаметровом диапазоне быстрые всплески не такие интенсивные, как обычные всплески III типа. При анализе зависимости частоты появления быстрых всплесков III типа от местоположения активных областей на диске Солнца нами было обнаружено, что наибольшее количество таких всплесков наблюдается в день прохождения активной области центрального меридиана. Аналогичная особенность, но менее выраженная, имеется для высокочастотных быстрых всплесков III типа [3]. Это свойство, по нашему мнению, может быть связано только с эффектами распространения излучения к наблюдателю. При этом оказывается важным при нахождении скорости дрейфа всплеска учитывать не только групповую скорость излучаемой электромагнитной волны (как это обычно делается), но и скорость излучающих их электронов. Примерное равенство этих скоростей может приводить не только к росту скорости дрейфа, но и к смене ее знака. Таким образом, отпадает, например, необходимость прибегать в таких случаях (при положительном значении скорости дрейфа всплеска) к предположению о движении излучающих электронов по направлению к Солнцу.

Работа частично выполнялась в рамках проекта INTAS-03-5727 и Программы сотрудничества между Австрийской академией наук и Национальной академией наук Украины.

## Литература

1. Young C. W., Spencer C. L., Moreton G. E., Roberts J. A. A preliminary study of the dynamic spectra of solar radio burst in the frequency range 500–900 MC/S // *Astrophys. J.* – 1961. – Vol. 133. – P. 243-254.
2. Kundu M. R., Roberts J. A., Spencer C. L., Kuiper J. W. A comparison of the dynamic spectra of solar radio bursts in the decimeter - and meter - wave length ranges // *Astrophys. J.* – 1961. – Vol. 133. – P. 255-259.
3. Elgaroy O. Type III-like Solar Radio Bursts // *Astron. Astrophys.* – 1980. – Vol. 82. – P. 308-313.
4. Gopal Rao U. V. The polarization structure of type III solar radio bursts // *Aust. J. Phys.* – 1965. – Vol. 18. – P. 283-286.
5. Zaitsev V. V. and Levin B. N. A possible generation mechanism of type III-like solar radio burst // *Astron. Astrophys.* – 1984. – Vol. 134. – P. 268-272.
6. Ledenev V. G. On the group delay and the sign of frequency drift of solar type III radio bursts // *Sol. Phys.* – 2000. – Vol. 197. – P. 387-397.
7. In *Planetary Radio Emission IV: Kleewein P., Rosolen C., Lecacheux A. New Digital Spectrometers for Ground Based Decameter Radio Astronomy / Edited by H. O. Rucker, S. J. Bauer, A. Lecacheux.* – Vienna: Austrian Academy of Sciences Press, 1997. – P. 349-358.
8. Abranin E. P., Bazelian L. L., Rapoport V. O., Tsybko Ia. G. Variations of type III burst parameters during a decametric solar storm // *Sol. Phys.* – 1980. – Vol. 66. – P. 333-346.
9. Abranin E. P., Bazelyan L. L., Tsybko Y. G. The stability of decametric type III burst parameters over the 11-year solar activity cycle - The frequency drift rate of radio bursts // *Astron. Zh.* – 1990. – Vol. 67. – P. 141-150.

## Властивості швидких сплесків III типу у декаметровому діапазоні довжин хвиль

**В. М. Мельник, О. О. Коноваленко, Г. О. Рукер, Б. П. Руткевич, Е. П. Абранін, В. В. Доровський, А. І. Браженко, А. Лекашо, О. О. Станіславський**

Повідомляється про перші спостереження швидких сплесків III типу на частотах  $10 \div 30$  МГц. Проаналізовано понад 1000 таких сплесків, що були зареєстровані в період з 2002 до 2004 р. Швидкості дрейфу цих сплесків у декілька разів перевищують швидкості дрейфу декаметрових сплесків III типу. Тривалість більшості швидких сплесків близько  $1 \div 2$  с. Найчастіше ці сплески з'являються днями, коли активна область знаходиться поблизу центрального меридіану. Пропонується пояснення великих швидкостей дрейфу декаметрових швидких сплесків III типу, котре ґрунтується на урахуванні як групової швидкості електромагнітних хвиль, так і швидкості генеруючих вихорів електронів.



## **Properties of Fast Type III-like Bursts in Decameter Wavelengths**

**V. N. Mel'nik, A. A. Konovalenko,  
H. O. Rucker, B. P. Rutkevych,  
E. P. Abranin, V. V. Dorovsky,  
A. I. Brazhenko, A. Lecacheux,  
and A. A. Stanislavsky**

We report about the first observations of Type III-like bursts at frequencies  $10 \div 30$  MHz. More than 1000 such bursts during 2002-2004 are analyzed. Frequency drifts of these bursts are several times of those for decameter Type III bursts. The Type III-like bursts durations are about 1-2 s. It is shown that these bursts are mainly observed within days when active region is located near the central meridian. The explanation of high values for Type III-like bursts drift rates based on taking into account both Type III electron velocity and group velocity of generated electromagnetic waves is proposed.