

РАДИОАСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА

УДК 523.9, 520.27

В. Н. МЕЛЬНИК¹, А. И. БРАЖЕНКО², А. А. КОНОВАЛЕНКО¹,
В. В. ДОРОВСКИЙ¹, А. В. ФРАНЦУЗЕНКО², Х. О. РУКЕР³,
М. ПАНЧЕНКО³, А. А. СТАНИСЛАВСКИЙ¹

¹Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: melnik@ri.kharkov.ua

²Полтавская гравиметрическая обсерватория Института геофизики
им. С. И. Субботина НАН Украины,
ул. Мясоедова, 27/29, г. Полтава, 36029, Украина
E-mail: brazhai@gmail.com

³Институт космических исследований Австрийской академии наук,
Шмидльштрассе, 6, Грац, 8042, Австрия
E-mail: helmut.rucker@oeaw.ac.at

НЕОБЫЧНЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ ВСПЛЕСК В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН. 2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Предлагается модель, описывающая появление и излучение необычного солнечного всплеска, который наблюдался 3 июня 2011 г. на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2 на частотах 16 ± 28 МГц. Мы связываем этот всплеск с небольшим выбросом, который был инициирован залимбовой активной областью NOAA1222. Именно этот выброс находился на высотах от $2.3R_{\odot}$ до $2.8R_{\odot}$, когда происходило излучение на второй гармонике местной плазменной частоты. Мы считаем, что при взаимодействии этого выброса с корональной плазмой были ускорены электроны в направлении от Солнца и к Солнцу, которые при помощи плазменного механизма генерировали излучение, наблюдавшееся на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2 и космическом аппарате “Сtereo-A”. Предлагаемая модель позволяет объяснить ряд свойств этого всплеска, таких как положительный и отрицательный частотный дрейф, длительность, резкий обрыв излучения на частоте 27.5 МГц и тонкую частотную структуру.

Ключевые слова: Солнце, радиоизлучение, декаметровый диапазон, необычный всплеск, длительность, частотный дрейф, активные области, плазменный механизм генерации

1. Введение

В статье [1] сообщалось об обнаружении необычного всплеска, который наблюдался 3 июня 2011 г. на радиотелескопах УТР-2 (Харьковская обл.) и УРАН-2 (Полтавская обл.) на декаметровых волнах. Этот всплеск не похож ни на один из известных типов всплесков спорадического радиоизлучения Солнца по скорости частотного дрейфа, длительности и внутренней структуре. Скорость частотного дрейфа составляет около 100 кГц/с на частотах ниже 22 МГц и значительно больше, до 500 кГц/с, на частотах выше 22 МГц.

© В. Н. Мельник, А. И. Браженко, А. А. Коноваленко,
В. В. Доровский, А. В. Французенко, Х. О. Рукер,
М. Панченко, А. А. Станиславский, 2012

Причем на частотах выше 22 МГц скорость частотного дрейфа положительна, а на меньших частотах она отрицательна. Полная длительность этого всплеска также отличается на частотах больших и меньших 22 МГц. На частотах меньших 22 МГц длительность достигает 80 с, а на более высоких частотах – всего 50 с. Вместе с тем видно, что внутренняя структура всплеска очень похожа на всех частотах [1]. Особым этот всплеск является еще и по той причине, что он, по-видимому, связан с активной областью NOAA1222, находившейся за лимбом и невидимой с Земли. Объяснить особенности длительности и скорости дрейфа необычного всплеска только эффектом лимбового излучения, учитывая

ющим конечность скорости распространения радиоволн [2, 3], на наш взгляд не представляется возможным.

В настоящей работе анализируется возможный источник радиоизлучения необычного всплеска, обсуждаются его свойства.

2. Анализ данных космических аппаратов СОХО и Стерео-А

Данные, полученные космическим аппаратом (КА) “СОХО” 3 июня 2011 г. (рис. 1), показывают, что во время, близкое ко времени наблюдения необычного всплеска, в декаметровом диапазоне длин волн в северо-западном направлении от Солнца наблюдался компактный выброс (на рис. 1 он показан стрелками).

Такие выбросы очень редкое явление. Они существенно меньше по своим размерам, чем обычные корональные выбросы масс, но, как видно, на протяжении длительного времени сохраняют свою форму. По-видимому, это происхо-

дит благодаря тому, что они представляют собой магнитные структуры, удерживающие плазму от диффузии в окружающую корону.

В это время на северо-западной части диска Солнца активных областей не наблюдалось (рис. 2, а). Однако за лимбом, на долготах $100^\circ \div 105^\circ$ и $130^\circ \div 140^\circ$ относительно центрального меридиана, находились две активные области NOAA1224 и NOAA1222 (рис. 2, б). Как отмечено в [1], начало активных процессов именно в области NOAA1222 наилучшим образом согласуется во времени с регистрацией необычного всплеска и, скорее всего, с появлением компактного выброса (рис. 1, а). Так как радиоизлучение на декаметровых волнах, в соответствии с плазменным механизмом излучения, выходит из областей, расположенных на высотах $(2 \div 3)R_\odot$, то естественно связать необычный всплеск с выбросом, который находился на этих высотах в это время.

На рис. 3 по данным коронографов LASKO C2 и LASKO C3 представлена зависимость расстоя-

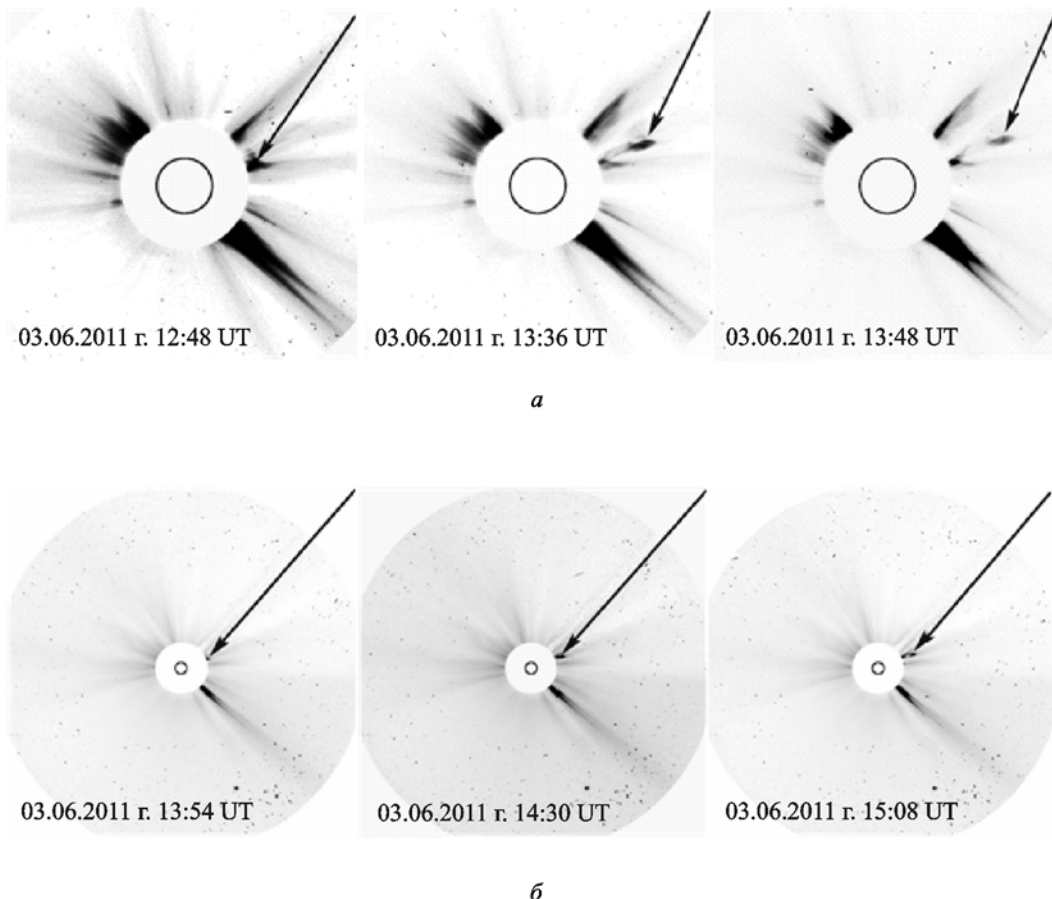


Рис. 1. Выброс, наблюдавшийся на широкоугольных спектрометрических коронографах, установленных на борту КА “СОХО”, LASCO C2 (а) и LASCO C3 (б), в северо-западном направлении 3 июня 2011 г.

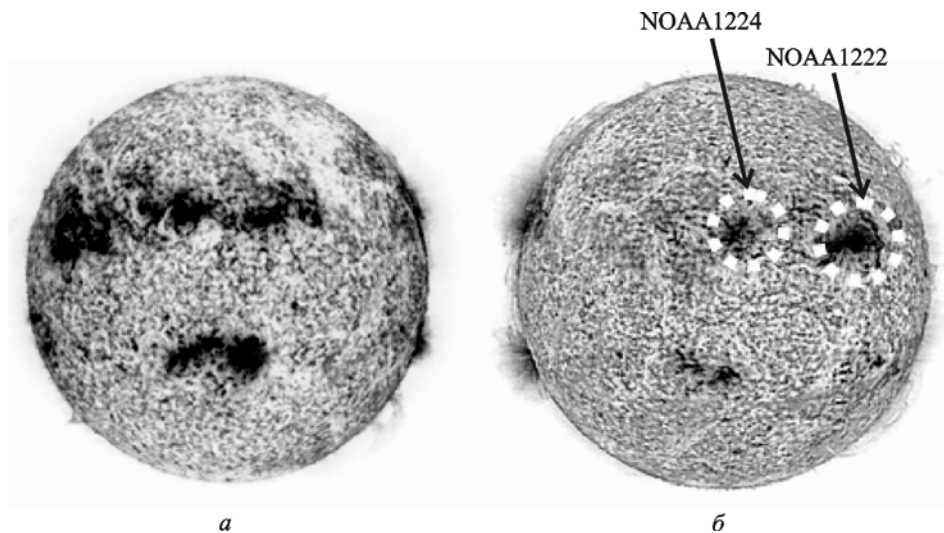


Рис. 2. Расположение активных областей на диске Солнца 3 июня 2011 г. по данным КА “СОХО” (а) и КА “Стерео-А” (б)

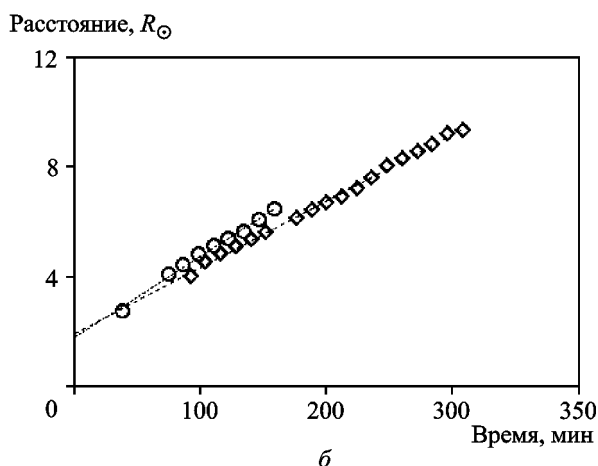
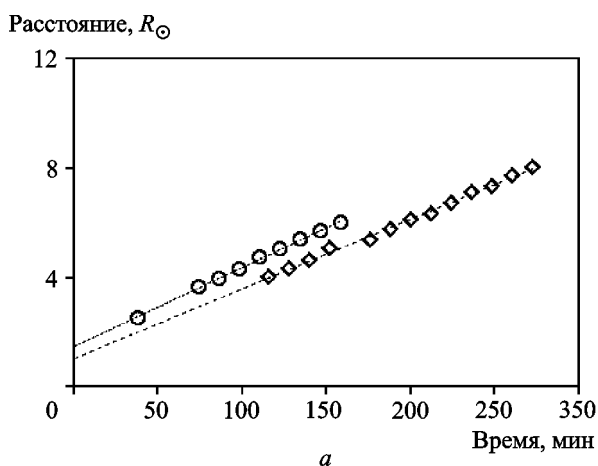


Рис. 3. Перемещение переднего края (а) и центра (б) компактного выброса в картинной плоскости по данным коронографов LASCO C2 (круги) и LASCO C3 (ромбы)

ний от центра Солнца переднего края $r_{f,p}$ и центра выброса $r_{c,p}$ от времени в картинной плоскости. Видно, что выброс движется практически с постоянной скоростью, несколько замедляясь с удалением от Солнца. Аппроксимация линейной функцией дает следующие законы перемещения переднего края и центра выброса во времени:

$$r_{f,p} = 2.95 \cdot 10^{-2} t + 1.79,$$

$$r_{c,p} = 2.91 \cdot 10^{-2} t + 1.45,$$

где $r_{f,p}$ и $r_{c,p}$ измеряются в солнечных радиусах R_{\odot} , а t – в минутах.

Полученные из этих зависимостей линейные скорости распространения переднего края выброса и его центра составляют соответственно 344 и 340 км/с вблизи Солнца (по данным LASCO C2) и 284 и 298 км/с вдали от Солнца (по данным LASCO C3). То есть вблизи Солнца центр выброса движется с меньшей скоростью, чем передний край, а вдали от Солнца, наоборот, он движется быстрее переднего края выброса. В 12:10 UT, когда появился необычный всплеск на частоте 21.5 МГц, передний край и центр выброса находились соответственно на расстоянии $1.8R_{\odot}$ и $1.4R_{\odot}$ от центра Солнца в картинной плоскости в предположении постоянства скоростей переднего края и центра выброса. Изменения продольного r_l и поперечного r_t размеров компактного выброса с расстоянием от Солнца по данным коронографов LASCO C2 и LASCO C3 показаны на рис. 4 и описываются уравнениями:

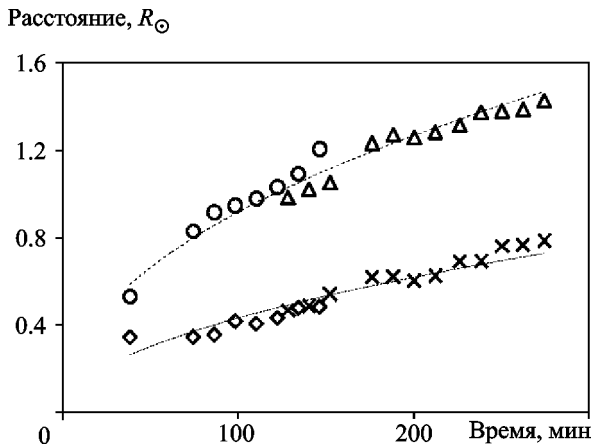


Рис. 4. Продольный и поперечный размеры компактного выброса: круги – продольный размер по данным LASCO C2; треугольники – продольный размер по данным LASCO C3; ромбы – поперечный размер по данным LASCO C2; кресты – поперечный размер по данным LASCO C3

$$r_l = 0.57 \cdot 10^{-2} t + 0.37,$$

$$r_t = 0.15 \cdot 10^{-2} t + 0.26.$$

Здесь r_l , r_t также измеряются в солнечных радиусах R_\odot , а t – в минутах.

Если поперечный размер выброса увеличивается со скоростью 25 км/с практически линейно во времени, то продольный растет с замедлением: ближе к Солнцу скорость расширения составляет 67 км/с, а вдали от Солнца – 35 км/с, т. е. почти в два раза меньше. Скорость расширения выброса как в продольном, так и в поперечном направлениях существенно меньше скорости его перемещения, что говорит о более медленном изменении плотности выброса по сравнению с изменением плотности окружающей плазмы. Это возможно, если имеется сила, сдерживающая расширение выброса, которая, по нашему мнению, обусловлена наличием у выброса достаточно большого магнитного поля. По этой причине мы будем называть выброс магнитным жгутом.

3. Выход излучения из залимбовой области

Из залимбовой области солнечной короны может выходить только излучение второй гармоники. На то, что излучение необычного выброса происходит на второй гармонике местной плазменной

частоты, указывает и относительно низкая степень поляризации излучения необычного всплеска, составляющая около 10 % [1]. Напомним в связи с этим, что в парах всплесков ШПб-Ш типов излучение всплеска Ш типа происходит на второй гармонике и его поляризация в декаметровом диапазоне составляет 10 ÷ 20 %, в то время как всплеск ШПб типа, который является первой гармоникой излучения, имеет поляризацию существенно более высокую, до 60 ÷ 80 % [4, 5].

Обсудим возможность регистрации на Земле излучения второй гармоники, если оно выходит из области, находящейся за лимбом. На рис. 5 представлена схема распространения залимбового излучения, источник которого находится на расстоянии R_H от центра Солнца. Положение источника определяется долготным углом α (здесь и далее α отсчитывается от лимба).

Вторая гармоника излучения может распространяться в направлении на Землю, если расстояние R_l больше расстояния R_F , соответствующего высоте в короне, на которой местная плазменная частота $\omega_F = \omega_{pe}(R_F) = \sqrt{4\pi e^2 n(R_F) / m}$ (e и m – заряд и масса электрона, $n(R_F)$ – плотность плазмы на расстоянии R_F от центра Солнца) равна удвоенной плазменной частоте $\omega_H = 2\omega_{pe}(R_H)$ в месте излучения второй гармоники,

$$R_l > R_F. \tag{1}$$

В случае обратного неравенства излучение второй гармоники не сможет пройти через солнеч-

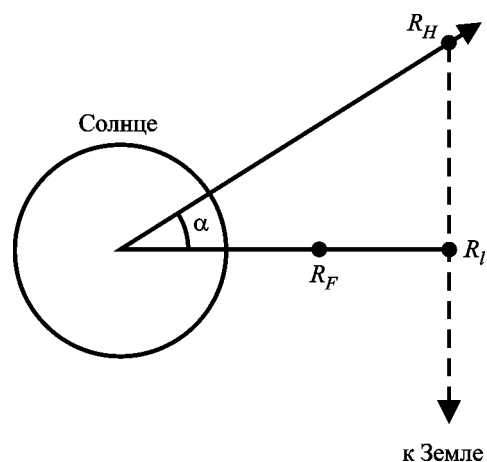


Рис. 5. Схема распространения излучения на удвоенной плазменной частоте $\omega_H = 2\omega_{pe}(R_H)$ по направлению к Земле

ную корону по направлению к Земле. Выполнение условия (1) зависит от модели короны – изменения плотности короны Солнца от расстояния.

Используя модель Ньюкирка, $n = n_N \cdot 10^{4.32/r}$ (где $n_N = 4.2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$, $r = R/R_\odot$) [6], получаем неравенство (1) в виде

$$R_H > \frac{2.16}{\log 2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right).$$

В случае модели Баумбаха–Аллена, $n = n_{BA} \times (1.55r^{-6} + 2.99r^{-16})$ (где $n_{BA} = 10^8 \text{ см}^{-3}$, $r = R/R_\odot$) [7], (для простоты вычислений мы учитывали только первое слагаемое, которое вносит основной вклад на больших расстояниях от Солнца) неравенство (1) выглядит следующим образом:

$$\cos \alpha > 2^{-1/3}.$$

На рис. 6 на плоскости “частота – долготный угол” показаны области выхода излучения на удвоенной плазменной частоте по направлению к Земле для моделей Ньюкирка и Баумбаха–Аллена.

В модели солнечной короны Баумбаха–Аллена на Землю приходит излучение второй гармоники в случае, если источник имеет долготные углы $\alpha < 37.5^\circ$. Причем это излучение будет наблюдаться во всем частотном диапазоне. При углах α больших 37.5° вторая гармоника плазменной частоты не может быть принята на Земле. Если же плотность короны Солнца изменяется по закону Ньюкирка, то максимальная

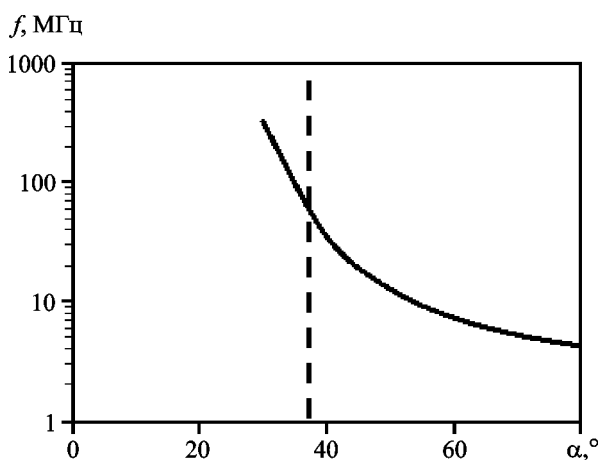


Рис. 6. Области выхода излучения второй гармоники местной плазменной частоты в солнечной короне в залимбовой области по направлению к Земле в моделях Баумбаха–Аллена (штриховая линия) и Ньюкирка (сплошная кривая)

частота регистрируемого излучения на Земле зависит от долготного угла – с его увеличением частота очень быстро уменьшается (на рис. 6 эта область расположена ниже сплошной кривой).

4. Модель происхождения необычного всплеска

Мы связываем появление необычного всплеска в декаметровом диапазоне длин волн с магнитным жгутом, о котором шла речь выше. Как уже говорилось ранее, примерно с 11:36 UT область NOAA1222 начала проявлять повышенную активность, что, по-видимому, и послужило причиной выброса магнитного жгута. Полагая, что магнитный жгут движется радиально от активной области, расположенной на долготном угле α , найдем уравнения движения переднего края $r_f(t)$ и его центра $r_c(t)$:

$$r_f = (2.95 \cdot 10^{-2}t + 1.79) \cos^{-1} \alpha, \quad (2)$$

$$r_c = (2.91 \cdot 10^{-2}t + 1.45) \cos^{-1} \alpha. \quad (3)$$

Из (2) и (3) получаем, что при долготном угле активной области NOAA1222 $\alpha = 40^\circ \div 50^\circ$ формирование магнитного жгута началось приблизительно в 11:36 UT, а центральная часть жгута была образована на 6 мин позже, т. е. около 11:42 UT. Таким образом, жгут был образован в самом начале повышенной активности области NOAA1222. Продольный размер жгута с учетом долготного угла в момент образования имеет размер $l = 0.17R_\odot$. Линейные скорости переднего края жгута и его центра при этом будут составлять соответственно 450 и 443 км/с (при $\alpha = 40^\circ$) и 535 и 528 км/с (при $\alpha = 50^\circ$). В момент начала необычного всплеска передняя часть жгута находилась на расстоянии $R = 1.8R_\odot / \cos \alpha = (2.22 \div 2.55)R_\odot$. В соответствии с моделью солнечной короны Ньюкирка на высотах $(2.68 \div 2.9)R_\odot$ выходит излучение второй гармоники местной плазменной частоты 21 ÷ 23 МГц, и именно на этих частотах начался необычный всплеск. Близость этих значений дает основания предположить, что магнитный жгут мог явиться причиной излучения необычного всплеска. Действительно, при движении такого магнитного жгута в плазме возможными механизмами ускорения частиц могут быть, например, магнитное пересоединение [8] или уско-

рение частиц силой Лоренца [9]. Если ускорение частиц происходит на всей длине магнитного жгута, то частицы при постоянном ускорении могут достигать скорости по порядку величины равной $v \approx 2L/\Delta t$ (где L – длина жгута, а Δt – длительность процесса ускорения, которая в нашем случае равна нескольким десяткам секунд). Принимая во внимание, что длина жгута $\approx 0.5R_{\odot}$, а время излучения $50 \div 80$ с, получаем значения скорости частиц: $v_s = (0.8 \div 1.4) \cdot 10^9$ см/с. Частицы могут ускоряться как по направлению к Солнцу, так и в направлении от Солнца. В солнечной короне эти частицы возбуждают ленгмюровские волны l , которые затем в процессах рассеяния на ионах, $l+i=t+i$ (где i – ионы, а t – поперечные волны), и своего слияния, $l+l=t$, трансформируются в поперечные электромагнитные волны, генерируя излучение на первой и второй гармонике местной плазменной частоты соответственно [10]. Первая гармоника излучения, генерируемая в залимбовой области солнечной короны, не может распространяться по направлению к Земле. Вторая гармоника, как было показано выше, может регистрироваться на Земле. Если пучок ускоренных частиц движется радиально с долготным углом α , то в модели короны Ньюкирка на некоторой частоте возможность прохождения по направлению к Земле, как было нами показано выше, утрачивается и регистрируемое излучение обрывается на частоте $f_{pe} = \frac{\omega_p}{2\pi} (0.90 \cdot 10^4) \sqrt{(4.2 \cdot 10^4) \cdot 10^{4.32/R_H}}$. В случае если $\alpha = 42^\circ$, частота $f = 27.5$ МГц. Именно на такой частоте наблюдается обрыв в излучении необычного всплеска [1].

5. Скорость дрейфа необычного всплеска

Как отмечалось, одним из необычных свойств обсуждаемого всплеска является скорость его частотного дрейфа. Со стороны высоких частот (> 22 МГц) всплеск имеет положительную скорость дрейфа и ее значение около 500 кГц/с. Ниже частоты 22 МГц скорость частотного дрейфа отрицательна со значением около 100 кГц/с. В предложенной модели формирования радиоизлучения необычного всплеска с ускорением частиц при взаимодействии магнитного жгута с корональной

плазмой та часть всплеска, которая имеет положительную скорость дрейфа, генерируется частицами, движущимися по направлению к Солнцу, а часть всплеска, имеющая отрицательную скорость дрейфа – частицами, распространяющимися в направлении от Солнца. Скорость дрейфа всплеска излучения вызванного частицами, распространяющимися под углом α , определяется известным уравнением [11]:

$$\frac{df}{dt} = \frac{df}{dn} \frac{dn}{dr} \frac{v_s c}{c - v_s \cos \alpha}. \quad (4)$$

Для частиц, являющихся источником излучения на второй гармонике со скоростью дрейфа $df/dt = 100$ МГц/с и $df/dt = 500$ МГц/с, из (4) в модели Ньюкирка получаем значения линейных скоростей $v_s = 0.38 \cdot 10^9$ см/с и $v_s = 1.8 \cdot 10^9$ см/с соответственно. Эти значения близки к полученным выше при оценке скорости частиц, ускоренных магнитным жгутом.

6. Неоднородности в корональной плазме

В работе [1] отмечалось, что необычный всплеск имеет тонкую структуру в виде волокон – излучений длительностью около $50 \div 80$ с и частотной шириной $300 \div 400$ кГц. Они в отличие от похожих структурных деталей всплесков Шб, страй, в несколько раз шире – в декаметровом диапазоне длин волн страй имеют частотную ширину $50 \div 70$ кГц. Кроме того, страй если и имеют скорость частотного дрейфа, то она постоянна. В это же время скорость дрейфа волокон необычного всплеска непостоянна. Мы связываем наличие таких волоконных уярчений с неоднородностью плотности солнечной короны. Эта идея впервые была высказана Такакурой и Юзефом [12] для объяснения страй в цепочках всплесков Шб. В работе [13] при численном рассмотрении задачи разлета потока быстрых электронов через плазму с флуктуациями плотности было показано, что в областях с меньшей плотностью уровень генерации ленгмюровских волн выше, чем в областях с большей плотностью, и можно ожидать, что уровень излучения из этих областей будет повышенный. Размер таких неоднородностей может быть получен из выражения для вариации плазменной частоты $\delta\omega_{pe} \approx d\omega_{pe}/dr \delta r$. Отсюда на-

ходим характерные размеры неоднородностей: $\delta r \approx \Delta f R_{\odot} / f \approx 10^{-2} R_{\odot}$. Следовательно, корональная плазма, через которую проходят ускоренные частицы над активной областью, существенно неоднородна.

7. Яркостная температура излучения необычного всплеска

Полагая, что источником излучения необычного всплеска являются частицы, ускоренные магнитным жгутом, можно предположить, что поперечный размер потока быстрых частиц по порядку величины совпадает с поперечным размером магнитного жгута на высоте, где ускоряются быстрые частицы, т. е. $d \approx 0.2 R_{\odot}$. Тогда, учитывая, что максимальный поток излучения необычного всплеска $F = 10^3$ с. е. п. (1 с. е. п. = 10^{-22} Вт/(м²·Гц)), получаем для яркостной температуры излучения $T_{\text{я}} = \frac{\lambda^2 F_{\lambda}}{2k\Omega} \approx 10^{12}$ К на частоте $f = 22$ МГц ($\lambda = 13.6$ м) при $\Omega = \pi d^2 / 4R_{\text{СЗ}}^2 = 0.7 \cdot 10^{-6}$ (где k – постоянная Больцмана, $R_{\text{СЗ}}$ – расстояние от Солнца до Земли). Такие температуры могут быть объяснены в рамках плазменного механизма излучения, обычно привлекаемого для рассмотрения, например, всплесков III типа [4, 14].

8. Заключение

Приведены доводы в пользу того, что необычный всплеск, который 3 июня 2011 г. наблюдался одновременно на радиотелескопах УТР-2 и УРАН-2, генерируется в корональной плазме, находящейся за солнечным лимбом. Высказывается предположение, что этот всплеск связан с магнитным жгутом, который явился результатом активности области NOAA1222. Представлена модель, в которой предполагается, что на высоте $R = (2.3 \div 2.8) R_{\odot}$ в короне Солнца магнитный жгут, взаимодействуя с корональной плазмой, ускорил электроны или протоны до больших, $v_s = (0.8 \div 1.4) \cdot 10^9$ см/с, скоростей. Эти частицы, двигаясь к Солнцу и от Солнца, явились источником излучения необычного всплеска. Представленная модель позволяет объяснить ряд свойств необычного всплеска, таких, как положительная и отрицательная скорость частотного дрейфа, длительность, резкий обрыв излучения на частоте 28 МГц, тонкая частотная структура.

Работа была проведена частично в рамках проекта “SOLSPANET” (номер FP7-PEOPLE-2010-IRSES-269299). Авторы выражают благодарность коллективу NASA за политику открытого доступа к данным, полученным КА “СОХО”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браженко А. И., Мельник В. Н., Коноваленко А. А., Доровский В. В., Французенко А. В., Рукер Х. О., Панченко М., Станиславский А. А. Необычный солнечный всплеск в декаметровом диапазоне длин волн. 1. Наблюдения // Радиофизика и радиоастрономия. – 2012. – Т. 17, № 2. – С. 99–105.
2. Abranin E. P., Bazelyan L. L., Rapoport V. O., and Tsybko Ya. G. Variations of type III burst parameters during a decametric solar storm // Sol. Phys. – 1980 – Vol. 6, No. 1. – P. 333–346.
3. Fainberg J. and Stone R. G. Type III solar radio burst storms observed at low frequencies // Sol. Phys. – 1970 – Vol. 15, No. 2. – P. 433–445.
4. Suzuki D. and Dulk G. A. Bursts of Type III and V. In: Solar Radiophysics. McLean N. J. and Labrum N. R. editors. – Cambridge: Cambridge University Press, 1985. – 516 p.
5. Браженко А. И., Мельник В. Н., Коноваленко А. А., Доровский В. В., Ваццишин П. В., Французенко А. В., Рукер Х. О. Сравнительная характеристика компонентов в парах IIIb-III по данным наблюдений на радиотелескопе УРАН-2 // Odessa Astronomical Publications. – 2011. – Vol. 24. – P. 153–155.
6. Newkirk G., Jr. The solar corona in active regions and the thermal origin of the slowly varying component of solar radio radiation // Astrophys. J. – 1961. – Vol. 133. – P. 983–1013.
7. Allen C. W. Interpretation of Electron Densities from Corona Brightness // Mon. Not. R. Astron. Soc. – 1947. – Vol. 107. – P. 426–432.
8. Прутц Э. П. Солнечная магнитогидродинамика – М: Мир, 1985. – 413 с.
9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982. – 620 с.
10. Ginzburg V. L. and Zhelezniakov V. V. On the Possible Mechanisms of Sporadic Solar Radio Emission (Radiation in an Isotropic Plasma) // Sov. Astron. – 1958. – Vol. 2. – P. 653–672.
11. Hartz T. R. Type III solar radio noise bursts at hectometer wavelengths // Planet. Space Sci. – 1969. – Vol. 17. – P. 267–287.
12. Takakura T. and Yousef S. Type IIIb radio bursts: 80 MHz source position and theoretical model // Sol. Phys. – 1975. – Vol. 40, No. 2. – P.421–438.
13. Kontar E. P. Dynamics of electron beams in the solar corona plasma with density fluctuations // Astron. Astrophys. – 2001. – Vol. 375, No. 2. – P. 629–637.
14. Melnik V. N. and Kontar E. P. Plasma Radio Emission of Beam-Plasma Structures in the Solar Corona // Sol. Phys. – 2003. – Vol. 215, No. 2. – P. 335–341.

*В. М. Мельник¹, А. І. Браженко², О. О. Коноваленко¹,
В. В. Доровський¹, А. В. Французенко², Г. О. Рукер³,
М. Панченко³, О. О. Станіславський¹*

¹Радіоастрономічний інститут НАН України,
вул. Червонопрапорна, 4, м. Харків, 61002, Україна

²Полтавська гравіметрична обсерваторія
Інститута геофізики НАНУ,
вул. М'ясоєдова, 27/29, м. Полтава, 36014, Україна

³Інститут космічних досліджень
Австрійської академії наук,
Шмідльштрассе, 6, Грац, 8042, Австрія

НЕЗВИЧАЙНИЙ СОНЯЧНИЙ СПЛЕСК У ДЕКАМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ ХВИЛЬ. 2. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Пропонується модель, що описує появу та випромінювання незвичайного сонячного сплеску, який спостерігався 3 червня 2011 р. на радіотелескопах УТР-2 та УРАН-2 на частотах $16 \div 28$ МГц. Ми пов'язуємо цей сплеск із невеликим викидом, ініційованим залімбовою активною областю NOAA1222. Саме цей викид мав місце на висотах від $2.3R_{\odot}$ до $2.8R_{\odot}$, коли відбувалося випромінювання на другій гармоніці місцевої плазмової частоти. Вважаємо, що взаємодія цього викиду з корональною плазмою призвела до прискорення електронів у напрямку від Сонця і до Сонця, які за допомогою плазмового механізму генерували випромінювання, що спостерігалось на радіотелескопах УТР-2 та УРАН-2 та космічному апараті "Стерео-А". Пропонована модель дозволяє пояснити низку властивостей цього сплеску, таких, як позитивний і негативний частотний дрейф, тривалість, різкий обрив випромінювання на частоті 27.5 МГц, а також тонку частотну структуру.

*V. N. Melnik¹, A. I. Brazhenko², A. A. Konovalenko¹,
V. V. Dorovskyi¹, A. V. Frantsuzenko², H. O. Rucker³,
M. Panchenko³, and A. A. Stanislavsky¹*

¹Institute of Radio Astronomy, National Academy
of Sciences of Ukraine,
4, Chervonopraporna St., Kharkiv, 61002, Ukraine

²Poltava Gravimetric Observatory, S. Subotin Institute of
Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine,
27/29, Miasoiedov St., Poltava, 36029, Ukraine

³Institut für Weltraumforschung der Österreichischen
Akademie der Wissenschaften,
6, Schmiedlstrasse, Graz, 8042, Austria

AN UNUSUAL BURST AT DECAMETER WAVELENGTHS. 2. INTERPRETATION

The model which describes appearance and process of radio emission of an unusual burst observed by the UTR-2 (Kharkiv, Ukraine) and URAN-2 (Poltava, Ukraine) radio telescopes at $16 - 28$ MHz is proposed. We suppose that the unusual burst is caused by the small ejection initiated by the active region NOAA1222. This behind-limb region was situated at the heights $2.3R_{\odot}$ to $2.8R_{\odot}$, when radio emission of the unusual burst at the second harmonic was started. We believe that due to interaction of this ejection with coronal plasma some electrons were accelerated. These electrons propagating towards and outwards the Sun were sources of the UTR-2, URAN-2 and STEREO-A recorded unusual burst. The mechanism of radio emission was plasma one. The proposed model allows explaining such properties of the unusual burst as its positive and negative drift rates, duration, abrupt stopping of radio emission at 27.5 MHz and its fine frequency structure.

Статья поступила в редакцию 18.01.2012