

**Ю.И. Логачёв, Г.А. Базилевская, Э.В. Вашенюк, Е.И. Дайбог, В.Н. Ишков,
Л.Л. Лазутин, Л.И. Мирошниченко, М.Н. Назарова, И.Е. Петренко,
А.Г. Ступишин, Г.М. Сурова, О.С. Яковчук**

Каталог

солнечных протонных событий 23-его цикла солнечной активности (1997-2009 гг.)

Москва – 2014

*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
(НИИЯФ МГУ), г. Москва*
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), г. Москва
Полярный геофизический институт КНЦ РАН (ПГИ КНЦ РАН), г. Мурманск
*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г. Москва, г. Троицк*
Геофизический центр РАН (ГЦ РАН), г. Москва
Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, г. Москва
*Научно-исследовательский институт физики Санкт-Петербургского
государственного университета, г. С.-Петербург*

Авторский коллектив:

Ю.И. Логачёв (НИИЯФ), **Г.А. Базилевская** (ФИАН), **Э.В. Вашенюк** (ПГИ),
Е.И. Дайбог (НИИЯФ), **В.Н. Ишков** (ИЗМИРАН, ГЦ РАН), **Л.Л. Лазутин**
(НИИЯФ), **Л.И. Мирошниченко** (ИЗМИРАН, НИИЯФ), **М.Н. Назарова** (ИПГ),
И.Е. Петренко (ИПГ), **А.Г. Ступишин** (С-П ГУ), **Г.М. Сурова** (НИИЯФ),
О.С. Яковчук (НИИЯФ)

под редакцией **Логачёва Ю.И.**

Каталог

солнечных протонных событий 23-его цикла солнечной активности (1997-2009 гг.)

Предварительный вариант

Москва - 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие редактора	4
Описание материалов Каталога	5
Введение	5
Описание части 1	5
Описание части 2	15
Сводная таблица СПС 1996 - 2006 гг.	18
Приложение 1	19
Приложение 2	19
Часть 1	23
События 1997 г.	24
События 1998 г.	35
События 1999 г.	88
События 2000 г.	131
События 2001 г.	203
События 2002 г.	306
События 2003 г.	399
События 2004 г.	445
События 2005 г.	485
События 2006 г.	551
Часть 2	570
События 1997 г.	571
События 1998 г.	576
События 1999 г.	599
События 2000 г.	615
События 2001 г.	653
События 2002 г.	713
События 2003 г.	760
События 2004 г.	787
События 2005 г.	809
События 2006 г.	848
Сводная таблица СПС 1996 - 2006 гг.	856

Предисловие редактора

Настоящий «Каталог солнечных протонных событий за 23-й цикл СА (1997-2009 гг.)» является продолжением Каталогов предыдущих выпусков, начиная с 1970 г. [1–5]. В Каталоге собраны и систематизированы данные о солнечных событиях с генерацией протонов, для которых максимальный поток протонов $E_p > 10$ МэВ превышал значение $J_p = 1$ pfu. Таких событий в 23-ем цикле солнечной активности оказалось 142. Отметим, что в последние два года (2007 – 2008 г.) 23 цикла солнечной активности протонных событий с заметным потоком частиц (> 1 pfu) не было, последнее событие, представленное в Каталоге относится к декабрю 2006 года.

Кроме данных о потоках протонов, измеренных несколькими аппаратами, в Каталоге приведены сведения об источниках частиц и о связанном с данным событием излучением в оптическом, рентгеновском и радиодиапазонах. Для каждого события приведен интегральный энергетический спектр зарегистрированных протонов. Некоторые события имеют сложный временной профиль потоков протонов с двумя, иногда тремя максимумами, в этих событиях для каждого из максимумов приведен отдельный энергетический спектр. На основе построенного энергетического спектра протонов по оригинальной методике вычисляется максимальная энергия протонов (E_{max}) для данного возрастания потоков протонов. Эта максимальная энергия в событии рассчитывается относительно потоков галактических космических лучей, постоянство которых гарантирует однородность определения E_{max} для событий различной мощности.

В отличие от предыдущих каталогов каждое событие теперь иллюстрируется обзорными графиками рентгеновского излучения, потоков электронов и протонов, скорости солнечного ветра, напряженности межпланетного магнитного поля и Dst -вариаций во временном интервале, охватывающем данное событие. Каждое событие начинается с подробной Легенды события, кратко характеризующее событие, подробным сведениям о котором посвящены основные страницы.

В число авторов Каталога входят представители разных институтов, сотрудники разных специальностей: космических лучей, солнечников, радиофизиков, геофизиков и межпланетного пространства, что обеспечивало широкий охват явлений, связанных с генерацией частиц солнечными вспышками и их распространением в пространстве.

Опыт работы с ранее выпущенными каталогами показал, что они очень полезны для различных статистических исследований ускоренных солнечных частиц, поиска закономерностей в их спектральных характеристиках, для изучения физических процессов, связанных с ускорением и распространением солнечных частиц. Сведения об энергетических спектрах необходимы при оценке и прогнозировании радиационной обстановки во внутренней гелиосфере. Данные каталога будут полезны при изучении проникновения частиц в магнитосферу Земли, при исследовании некоторых геофизических явлений, таких как поглощение космического радиоизлучения в полярной шапке, прогнозирование условий распространения радиоволн и других вопросов в рамках общей проблемы солнечно-земных связей.

Работа по созданию каталога поддержана грантом РФФИ №

Авторы-составители каталога выражают благодарность за поддержку работ над каталогом директору НИИЯФ МГУ профессору Панасюк М.И., директору ИЗМИРАН профессору Кузнецову В.Д., директору ИПГ Росгидромет профессору Лапшину В.Б., заведующему Долгопрудненской научной станцией ФИАН доктору ф.-м. наук Махмутову В.С. Обсуждение и благожелательная критика материалов каталога оказала благотворное влияние и всем нашим коллегам выражается искренняя признательность.

Описание материалов Каталога

Введение

В Каталоге представлены данные о потоках заряженных частиц в событиях 23-цикла солнечной активности (1997-2009 гг.), зарегистрированных на различных космических аппаратах на 1 а.е. и наземными средствами. В минимуме солнечной активности 2007-2009 гг. событий, отвечающих условиям Каталога, не было, поэтому в Каталоге представлены данные только за 1997-2006 гг.

Событием считается такое возрастание потоков частиц на 1 а.е. при котором максимальный поток протонов с энергией >10 MeV превышает $1 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$, или, другими словами $J_p(>10 \text{ MeV}) > 1 \text{ pfu}$. Как правило, оценка этого критического потока ориентируется на среднечасовые значения показаний прибора ESP геостационарных спутников Земли GOES. Если данные этих аппаратов недоступны или магнитосфера Земли сильно возмущена оценка критических потоков проводится по совокупности других, представленных в Каталоге аппаратов. Описание приборов и характеристики космических аппаратов даны ниже.

Описание части 1

В части 1 Каталога приводятся данные о потоках заряженных частиц в событиях, зарегистрированных на 1 а.е. в период с 1997 по 2006 гг. Все представленные потоки частиц в Каталогах являются среднечасовыми значениями, время всюду – UT.

Описание каждого события начинается с наименования события, относящегося к дате возникновения (начала) события, обозначенного двумя способами:

YYYY.MM.DD – (YYYY-DOY), например, первое событие Каталога, начавшееся 04 ноября 1997 года, именуется как **1997.11.04 – (1997-308)**. Трехзначное число в скобках дает день года, что часто бывает удобно при сравнении с другими справочными данными.

Описание каждого события начинается с ЛЕГЕНДЫ, включающей некоторые общие сведения о событии. Ниже дан пример легенды и пояснения её каждой строки.

Event 2004.07.25 – (2004-207)

Particle event: To($E_p > 10 \text{ MeV}$) – 25d17^h

$T_{\text{max}_1}(E_p > 10 \text{ MeV})$ – 25d21^h, $J_{\text{max}_1}(E_p > 10 \text{ MeV})$ – $27 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr}$

$T_{\text{max}_2}(E_p > 10 \text{ MeV})$ – 26d23^h, $J_{\text{max}_2}(E_p > 10 \text{ MeV})$ – $430 \text{ /cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr}$

Duration of the event – 4 days

Maximum recorded proton energy of the event – $E_{\text{max}_1} = 140 \text{ MeV}$

– $E_{\text{max}_2} = 155 \text{ MeV}$

Sources: ● solar flare 25d14^h19^m, M1.1/1F, N08W33, AR10652

○ solar flare 26d17^h23^m, M1.1/2N, N03W45, AR10652

Main X-ray burst 1-8 Å: onset – 25d14^h19^m, max – 25d15^h14^m, $\Phi = 0.065 \text{ J/m}^2$

● CME: 25d14^h54^m; $V = 1333 \text{ km/s}$; $\Delta\phi = 360^\circ$; $dA = 204^\circ$

▲ SC 26d22^h49^m;

Здесь:

Event 2004.07.25 – (2004-207) — имя события.

В разделе **Particle event** дано:

В первой строке:

Particle event: To($E_p > 10 \text{ MeV}$) – 25d17^h – день и время начала события To по потоку протонов $E_p > 10 \text{ MeV}$ в соответствии с показаниями s/c GOES или совокупности других, представленных в Каталоге аппаратов. Точность указания времени начала события лежит в пределах 1 часа.

Более точное определение времени начала события, даже если использовать данные с более высоким временным разрешением, из-за вариаций фонового счета приборов является затруднительным и может привести к дезинформации о реальном времени начала события в протонной компоненте.

Во второй (второй-a and второй-b) строке:

$$T_{\max 1}(E_p > 10 \text{ MeV}) - 25 \text{d}21^{\text{h}}, J_{\max 1}(E_p > 10 \text{ MeV}) - 27 / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr}$$

$$T_{\max 2}(E_p > 10 \text{ MeV}) - 26 \text{d}23^{\text{h}}, J_{\max 2}(E_p > 10 \text{ MeV}) - 430 / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr}$$

- даны день и время максимума (в данном событии в двух максимумах) потока протонов с энергией $> 10 \text{ MeV}$ в событии по данным совокупности представленных в Каталоге аппаратов, регистрировавших данное событие, и значение в максимумах потока $J_p (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr})^{-1}$, как правило, по показаниям прибора ESP геостационарных спутников Земли GOES или совокупности показаний тех же аппаратов, по которым выделены максимумы в данном событии. В данном примере в событии наблюдалось два максимума и в ЛЕГЕНДЕ отведено две строки: 2a and 2b.

Точность указания времени максимального потока протонов $T_{\max}$ составляет 1 час, точность определения потока протонов $J_{\max} (E_p > 10 \text{ MeV})$ не хуже $\pm 10\%$.

Невысокая точность фиксации времени максимального потока протонов определяется использованием часовых средних значений потоков частиц на протяжении всего события и тем, что время максимального потока протонов предназначено, главным образом, для выделения конкретного максимума потоков в сложных событиях с несколькими максимумами, чтобы не перепутались значения потоков при построении энергетических спектров по данным различных s/c.

В третьей строке:

- указана полная длительность события (для сложного события – включая все отмеченные максимумы). В приведенном примере: Duration of the event – 4 days

В последней строке приведены максимальные энергии протонов для каждого максимума данного события ($E_{\max 1}$ и $E_{\max 2}$), вычисленные по специально разработанной методике на основе построенного энергетического спектра протонов для данного события или для каждого максимума в событии. В данном примере:

Maximum recorded proton energy of the event – $E_{\max 1} = 140 \text{ MeV}$

– $E_{\max 2} = 155 \text{ MeV}$

Значение $E_{\max}$ носит оценочный характер, возможно отклонение $\pm 10\%$.

Методика определения $E_{\max}$ приведена в приложении 1.

Второй раздел ЛЕГЕНДЫ относится к источникам частиц, наблюдавшихся вблизи Земли. В приведенном примере события **Event 2004.07.25 – (2004-207)** дано:

Sources: • solar flare 25d14^h19^m, M1.1/1F, N08W33, AR10652
 Ø solar flare 26d17^h23^m, M1.1/2N, N03W45, AR10652
 Main X-ray burst 1-8 Å: onset – 25d14^h19^m, max – 25d15^h14^m, $\Phi = 0.065 \text{ J/m}^2$
 • CME: 25d14^h54^m; $V = 1333 \text{ km/s}$; $\Delta\phi = 360^\circ$; $dA = 204^\circ$
 ▲ SC 26d22^h49^m;

Если источником частиц является солнечная вспышка, то в первой строке приведены её основные характеристики: время максимума вспышки в линии H α (25d14^h19^m) – день, часы, минуты вспышки, рентгеновский и оптический балл вспышки (M1.1/1F), координаты вспышки (N08W33) и номер активной области, где произошла вспышка (AR10652). Если для рентгеновского и оптического балла вспышки указана обратная очередность (например, 2N/M1.6), это значит, что оптическая вспышка наблюдалась более надежно, чем рентгеновская.

В начале этой строки ставится условный знак, характеризующий причастность вспышки к данному протонному событию и уверенность её привязки:

- – данная вспышка определенно является источником наблюдаемых протонов;
- ⊙ – данная вспышка с большой вероятностью является источником наблюдаемых протонов;
- – вспышка, возможно, является источником протонов данного события, но есть причины, по которым эта возможность подвергается сомнениям;
- ∅ – вспышка не является основным источником, но внесла (или могла внести) вклад в наблюдаемые потоки протонов.

Если источником протонов является не отождествляемая вспышка, то используются следующие обозначения:

- – вспышка (или активность) за западным или восточным лимбом Солнца;
- ◇ – активность области на диске Солнца, модуляционные эффекты в межпланетном пространстве.

Методика определения вспышки, являющейся источником частиц в данном событии, приводится в приложении 2.

Во второй строке **Sources** даются сведения о всплеске мягкого рентгеновского излучения в диапазоне 1–8 Å (12.4 – 1.55 keV), по данным s/c GOES: начало и максимум всплеска (в данном примере 25d14^h19^m и 25d15^h14^m), полный поток энергии за всё время всплеска в Дж/м² ($\Phi = 0.065 \text{ J/m}^2$).

В третьей строке приведены сведения о корональном выбросе вещества (CME), связанном с рассматриваемым событием (если выброс имел место): время выброса – в данном примере – 25d10^h54^m, скорость выброса (1674 km/s), угловой растрор коронального выброса вещества вблизи Солнца ($\Delta\phi = 360^\circ$) и угол первого появления данного CME, обнаруженного коронографом LASCO-SOHO – ($dA = 273^\circ$). Данные по CME выложены в каталоге CME LASCO (SOHO). В последней строке при наличии одного или нескольких SC после знака ▲ или Δ указываются дата и время начала SC на 1 а.е.: ▲ – SC, внесшее изменения в потоки частиц, Δ – SC, не отразившееся на профилях потоков частиц.

Пример полной ЛЕГЕНДЫ события (**Event 2004.07.25 – (2004-207)**) приведен в начале описания.

В Каталог включены не только изолированные возрастания потоков протонов с простым временным профилем, имеющим один максимум, но и некоторые события

со сложным временным профилем с несколькими возрастаниями, которое считалось одним событием с несколькими максимумами. В событиях со многими максимумами для построения спектров выбирались наиболее яркие из них (как правило, два, редко три максимума). Для каждого выбранного максимума в таблицах, описанных ниже, приведены такие же сведения, как и для событий с одним максимумом.

После легенды приведены обзорные графики, отражающие для периода описываемого события в солнечных протонах ситуацию на Солнце: мягкое рентгеновское излучение Солнца по данным s/c GOES с высоким временным разрешением (1 минута), поток электронов по данным прибора EPHIN s/c SOHO и поток протонов с энергией $E_p > 10$, > 30 and > 100 MeV по данным s/c GOES (среднечасовые значения), ситуацию в межпланетном пространстве (скорость солнечного ветра и напряженность ММП) и возмущенность магнитосферы Земли (значения Dst).

Эти графики захватывают гораздо больший промежуток времени, чем длительность рассматриваемого события. Период, относящийся к данному событию, выделен легкой его затушевкой.

Временные профили протонов и электронов в обзорных графиках наглядно демонстрируют ситуацию на Солнце, тип события (одионое, составное или сложное), число максимумов в сложном событии, вклад ударных волн в потоки частиц, форбуш-спады в солнечных частицах и первые представления о спектре протонов в интервале энергий 10-100 MeV. Сопутствующие всплески мягкого рентгеновского излучения свидетельствуют о возможном источнике, вспышке на Солнце и ее мощности. Очень интересным представляется сопоставление потоков

протонов и электронов, неодинаковое поведение которых характеризует особенности источников частиц в событии. Это явление пока слабо разработано и приводимые профили потоков электронов и протонов могут способствовать началу его исследования.

Пример обзорной картины показан ниже для события 1997.11.06. Затусевкой показан период, относящийся к данному событию, во временном промежутке, охватывающем гораздо больший временной интервал.

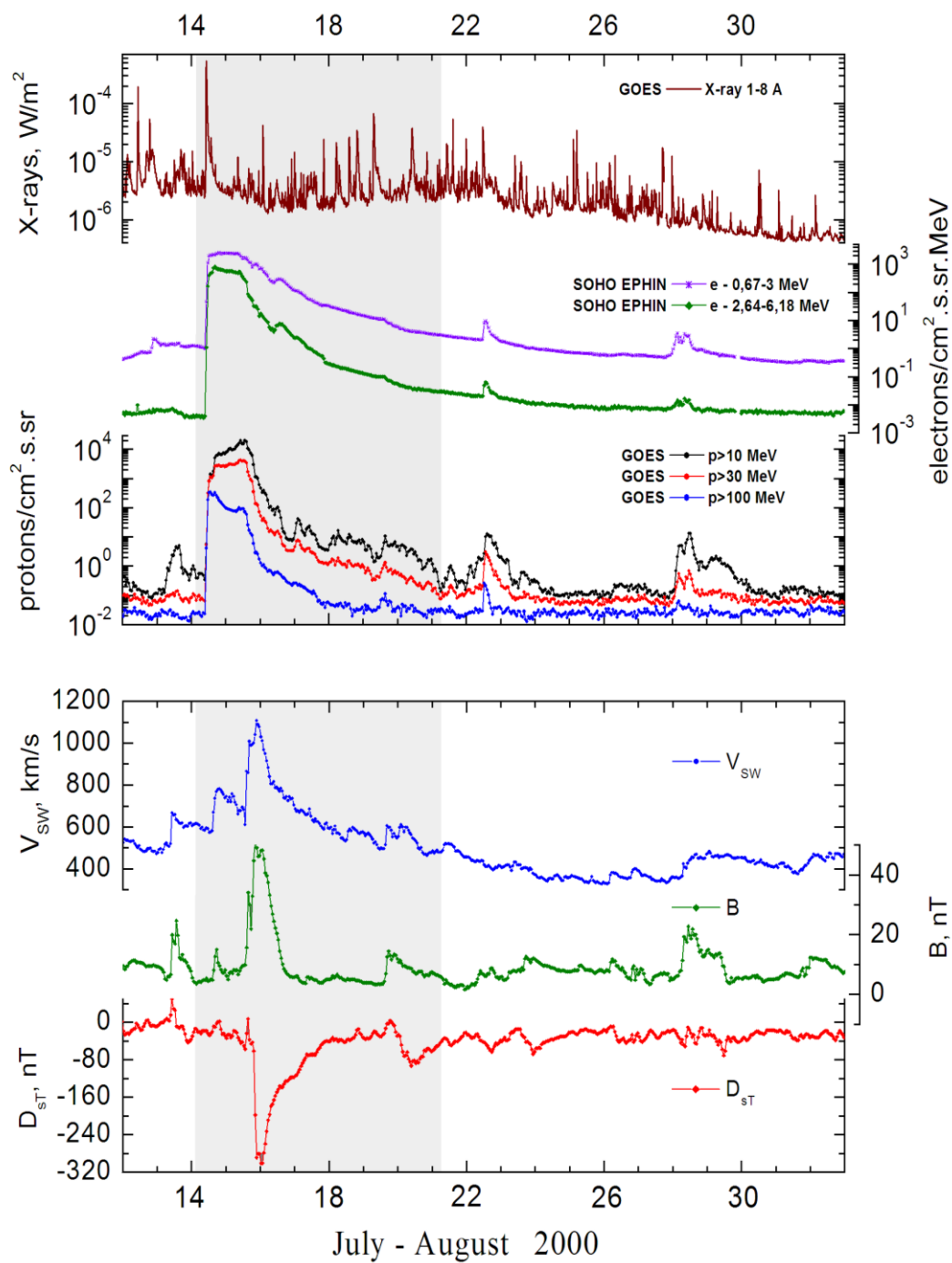
После обзорной картины события расположен график интегрального энергетического спектра в максимуме (максимумах) события.

В спектре каждого максимума представлены все измеренные потоки протонов на всех аппаратах, включенных в таблицы потоков, приведенные ниже. По большинству аппаратов приведены интегральные потоки протонов непосредственно из таблиц Internet'a, выложенных авторами эксперимента. К таким аппаратам относятся GOES, IMP-8, ACE и POES. Аппараты SOHO, STEREO и PAMELA дают дифференциальные потоки протонов, пересчет которых в интегральные проводился авторами каталога.

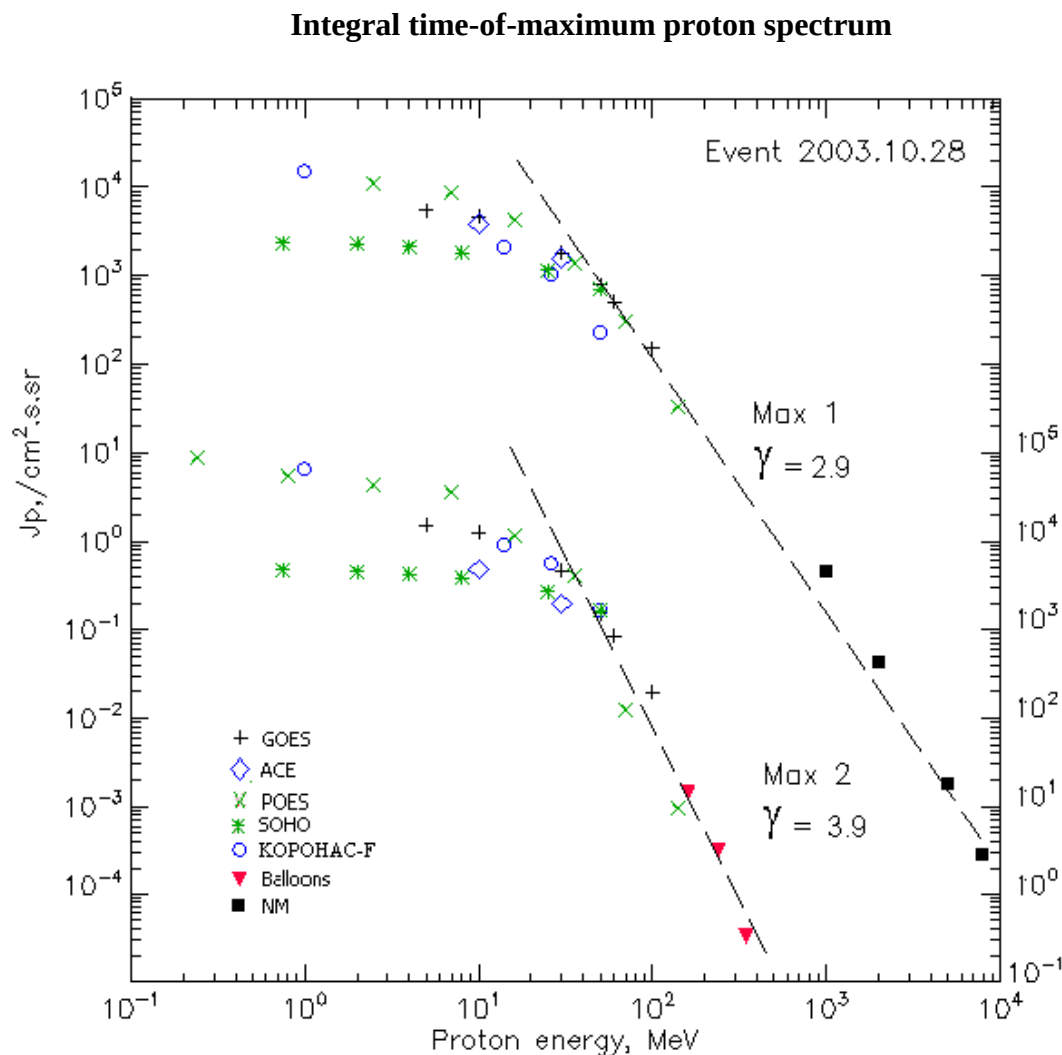
Данные экспериментов на спутниках Земли METEOR и CORONAS-F получены непосредственно из организаций, проводивших эксперименты – ИПГ и НИИЯФ МГУ соответственно. Измерения в стратосфере проводились в ФИАНе и данные получены из первых рук. Результаты измерений на нейтронных мониторах взяты из мировой сети данных. Адреса соответствующих сайтов приведены в списке литературы в конце данного описания.

Аппараты ACE и SOHO расположены в точке Лагранжа L1, краткое описание орбит спутников Земли дано в разделе «Аппараты и приборы». Там же приведены принципиальные схемы приборов для регистрации протонов.

Particle fluxes and associated phenomena



Пример обзорных графиков, характеризующих ситуацию на Солнце и в околоземном пространстве. Затемненный участок относится к рассматриваемому событию.



Пример интегральных энергетических спектров в двух максимумах события 2003.10.28, зарегистрированного большим числом аппаратов, шарами-зондами в стратосфере и нейтронными мониторами.

Интегральные спектры строились по максимальным потокам протонов всех энергий, зарегистрированных в данном событии (если в событии выделено два-три максимума, то для каждого максимума). Дифференциальные потоки пересчитывались в интегральные с учетом ширины энергетических окон ΔE и интегральных потоков высокоэнергичных каналов SOHO EPHIN ($E > 50$ MeV), GOES EPS ($E > 100$ MeV) или определенных по совокупности данных других приборов.

Высокоэнергичная часть спектра аппроксимировалась степенной функцией ($J_p \sim E^{-\gamma}$), приведенной на графике для каждого спектра с указанием значения показателя степени γ . Эта процедура, из-за значительного разброса точек, полученных разными

приборами, не претендует на высокую точность определения γ , которая оценивается в $\pm 10\%$.

Определенный разброс точек спектра, полученных различными аппаратами, наблюдается в области самых низких и самых высоких энергий, в средней части спектра совпадение, как правило, хорошее. Разброс в области высоких энергий вызван ошибками при выделении сигнала из фона при низких значениях потока энергичных протонов. Разброс на низких энергиях может быть вызван тем, что поток частиц в максимуме события часто имеет анизотропное пич-угловое распределение, и измеренный поток зависит от приемной апертуры регистрирующего прибора и места его нахождения (магнитосфера или свободное пространство).

Спектры протонов, как правило, не могут быть описаны единым степенным законом, при уменьшении энергии наблюдается переход к меньшим показателям спектра. Этот переход вполне объясним эффектами выхода и распространения протонов в пространстве.

К сожалению, современные экспериментальные данные не охватывают интервал энергий 200–500 МэВ, а измерение потока протонов с энергией > 600 МэВ производится прибором с очень высоким уровнем экспериментального фоновых счета, не позволяющего измерять малые потоки протонов. Эти обстоятельства препятствуют определению спектра для событий средней мощности. В некоторых случаях этот пробел заполняется данными аэростатных измерений, отсутствующих для большинства событий, для мощных событий помогают данные нейтронных мониторов.

Переход от прямых показаний нейтронных мониторов (процент возрастных скоростей счета в событии к фоновой скорости счета) к потокам протонов за границей магнитосферы Земли сложная задача, решение которой для каждого события осуществляется отдельно. Отметим только, что для исключения эффектов сильной анизотропии потоков солнечных частиц в начале события, использовались данные нейтронных мониторов, усредненные за час наблюдений, что ближе всего соответствует интервалу времени измерения потоков протонов на космических аппаратах. Один из авторов Каталога является представителем группы экспериментаторов, работающих с нейтронными мониторами.

После обзорных графиков и энергетических спектров протонов расположены таблицы потоков протонов по данному событию. В таблице приведены значения потоков протонов разных энергий в максимуме события (в нескольких максимумах) различными космическими аппаратами.

В первом столбце таблицы приведены S/C и приборы, регистрировавшие протоны.

Для большинства s/c используются общепринятые обозначения, BALLOONS – измерения в стратосфере, NM – наземные измерения нейтронными мониторами.

Для приборов используются шифры, принятые на данном S/C, описание приборов дано в разделе: S/C и приборы.

Во втором столбце приведены энергии, к которой относятся сведения в данной строке. В третьем столбце дано время (без указания дня) начала возрастания потока протонов данной энергии, использованы среднечасовые значения потоков (например, 18^h).

В четвертом столбце приведено время достижения потока максимального значения (по среднечасовым значениям). При максимуме в тот же день, что и начало события, день не указывается, при максимуме на следующий день или позже, кроме времени указывается и день (например, 18^h – если максимум совпадает с днем начала события и 07d18^h – если максимум наступил на следующий день или позже). Если в событии было два или три максимума, они разделены «флеш»-знаком (например 11^h/21^h – оба максимума в один день или 21^h/07d18^h – второй максимум на следующий день или ещё позже).

В пятом столбце приводятся измеренные потоки протонов в максимуме событий. Никаких поправок в оригинальные данные, кроме вычета фоновых значений, в таблице не производится. Точность измерения и представления данных в таблице не хуже 10%. Если максимумов в событии выделено два-три, потоки между ними разделены «флеш»-знаком, в соответствии со временем максимумов в 4-ом столбце.

В шестом столбце приводится длительность события (в сутках). Отметим, что этом параметр испытывает наибольшие вариации как от прибора к прибору, так и для разных энергий протонов. Точность измерений здесь не хуже ± 1 суток.

Описание таблиц потоков частиц.

В первом столбце указаны обозначения космических аппаратов и вид наземных наблюдений солнечных протонов в данном событии. Приняты следующие обозначения:

GOES – геостационарный аппарат

Meteor – спутник Земли, круговая полярная орбита на высоте $H = 1000$ км,
измерения солнечных частиц проводится только в полярных шапках.

IMP-8 – спутник Земли, орбита на расстоянии 20 – 30 Re.

SOHO – s/c в точке Лагранжа L1

KORONAS – спутник Земли, круговая полярная орбита на высоте $H = 500$ км,
измерения солнечных частиц проводится только в полярных шапках

POES – спутник Земли, круговая полярная орбита на высоте $H = 1000$ км,
измерения солнечных частиц проводится только в полярных шапках

Bal – измерения на баллонах (Bal Mi – полеты в Мирном, Bal Mo – полеты в
Москве, Bal Mu – полеты в Мурманске)

НМ – измерения нейтронами мониторами.

Во втором столбце приведены энергии протонов и электронов:

интегральные каналы обозначаются как $>E$ (>5 ; >10 и т.д., что значит >5 MeV; >10 MeV и т.д.),

дифференциальные как $E_1 - E_2$ (например 6.5 – 8 означает, что измерения проводится в интервале энергий от 6.5 MeV до 8 MeV).

В третьем столбце приведено время начала регистрации частиц данной энергии.

Точность времени начала регистрации по данному каналу, как правило, не лучше 30 мин. По некоторым s/c, для некоторых событий точность определения времени начала может быть лучше, что отмечается приведением ошибки измерения (например, ± 5 мин). Время начала регистрации частиц относится к дате события, отраженной в его имени. Если начало события наблюдалось в более поздний день, то перед цифрами времени начала события приводится соответствующая дата (например: 18^h30^m – при совпадении даты события и начала регистрации частиц

данной энергии или dd13^h30^m – при задержке прихода частиц относительно даны события).

В четвертом столбце указано время наблюдения максимального потока частиц данной энергии с точностью до получаса. Если событие сложное с несколькими максимумами, то приводится время каждого максимума в одной строке, которые разделены знаком слэш (/). Если максимум (или один из максимумов) события наблюдался в более поздний день, то перед цифрами времени начала события приводится соответствующая дата (например: 21^h – при совпадении даты события и максимума потока частиц данной энергии или dd23^h – при задержке максимума потока частиц относительно даны события).

В пятом столбце указано значение максимального потока частиц или в строчку через слэш-знак значения всех максимумов, соответственно обозначенным в четвертом столбце. Фоновые потоки частиц всюду вычтены.

В шестом столбце указана продолжительность события для каждой энергии частиц. Точность длительности событий, как правило сутки-двое, большую точность гарантировать практически невозможно.

Седьмой столбец отведен для примечаний.

Ниже приведен пример таблицы для первого события 1997.11.04 Каталога

Table of the fluxes integral of proton for the event 1997.11.04

S/c, instruments	Ep, MeV	To	Tmax(1)/Tmax(2))	Jmax(1)/Jmax(2), #/cm2.s.sr	Duration	Comments
GOES						
GOES 9	>5	07 ^h	11 ^h /5d03 ^h	89.0/40.4	>2d	Фон
GOES 9	>10	07 ^h	11 ^h /5d02 ^h	65.6/17.5	>2d	определен
GOES 9	>30	07 ^h	11 ^h / -	19.1/ -	>2d	за период:
GOES 9	>50	07 ^h	09 ^h / -	8.6/ -	>2d	(97110300-
GOES 9	>60	07 ^h	09 ^h / -	6.0/ -	>2d	97110405)
GOES 9	>100	07 ^h	09 ^h / -	2.3/ -	>2d	
METEOR						
METEOR	>5		- /<5d01 ^h 16 ^m	- />52		
METEOR	>15		- /<22 ^h 39 ^m	- />13		
METEOR	>25		- /<21 ^h 46 ^m	- />3.4		
METEOR	>30	07 ^h 48 ^m	11 ^h 17 ^m / -	11/ -	1.8d	
METEOR	>40		<20 ^h 53 ^m / -	>2.4		
METEOR	>90	06 ^h 58 ^m	09 ^h 33 ^m / -	1.7/ -	21h	
METEOR	>600	06 ^h 58 ^m	08 ^h 43 ^m / -	0.07/ -	13h	
IMP-8						
CPME	>1	>06 ^h	13 ^h 30 ^m /5d06 ^h	105/370	~2d	0.9
CPME	>4	>06 ^h	13 ^h 30 ^m /5d04 ^h	56/41.3	~2d	0.8
CPME	>10	>06 ^h	12 ^h 30 ^m /5d03 ^h	28.6/2.3	~2d	0.75
CPME	>30	>06 ^h	<10 ^h 30 ^m /5d01 ^h	10/0.1	~2d	0.65
CPME	>60	>06 ^h	<10 ^h 30 ^m / -	5.3/ -	~2d	0.55
ACE						
SIS	>10	05 ^h 30 ^m	09 ^h 30 ^m / -	89/ -	>2d	1.8

После таблиц потоков частиц для каждого события показаны интегральные энергетические спектры протонов, построенные по максимальным значениям потоков протонов на основе приведенных выше таблиц. Никаких поправок при построении спектров не вводилось, что отражается на разбросе точек в энергетических спектрах. В событиях с несколькими максимумами спектры строились для каждого максимума отдельно, иногда на отдельных рисунках.

Различными символами нанесены значения интегральных потоков протонов, зарегистрированные в разных экспериментах. Стрелка вверх (вниз) у символа означает, что приведенное значение потока является нижним (верхним) пределом.

Для каждого спектра приведены принятые обозначения.

Для большинства спектров, начиная с некоторой энергии, спектр можно аппроксимировать прямой линией (законом $J(E) \sim E^{-\gamma}$). Значение γ при такой аппроксимации указывается рядом с аппроксимирующей прямой.

Последняя строка в каждом событии содержит ссылки на опубликованные работы, в которых в том или ином виде рассматривается данное событие.

Описание части 2

В этом разделе Каталога приводится информация о солнечных вспышечных событиях, которые указаны в Части 1 в качестве источников соответствующих возрастных потока протонов. Здесь приводятся данные о всех вспышечных событиях, упомянутых в Части 1, независимо от степени надёжности отождествления: об вспышечных событиях, рассматриваемых как бесспорные ($\bullet$), вероятные ($\odot$, $\square$), возможные ($\circ$, $\square$) источники, а также о вспышках ($\emptyset$), вносящих дополнительный вклад в то или иное возрастание потока частиц. Описание каждого события начинается с ЛЕГЕНДЫ (см. Часть 1), включающей некоторые общие сведения о событии.

После легенды в заглавной строке для каждого вспышечного события указаны дата, степень надёжности отождествления ($\bullet$, $\odot$, $\square$, $\circ$, $\square$ или $\emptyset$), номер активной области по данным службы Солнца NOAA США (AR), и порядковый номер события.

В первой строке общей для вспышечного события таблицы приведены данные об вспышечном излучении в линии $H\alpha$ ($\lambda 6563 \text{ \AA}$): время (мировое) начала, максимума и конца вспышки; координаты и оптический балл вспышки, а также сведения о структуре вспышки по системе MAC [1]. Те вспышки и рентгеновские всплески излучение и (или) радиоизлучение которых разделить не представляется возможным, приводятся в следующих строках. Последняя характеристика $H\alpha$ -вспышки закодировано в виде набора латинских букв (по системе издания Solar Geophysical Data), обозначающих следующее:

A – эруптивный протуберанец, основание которого находится на расстоянии меньше 90° от центрального меридиана;

B – вероятный конец вспышки большого балла;

D – яркая точка;

E – две или больше ярких точек;

F – несколько эруптивных центров;

G – в окрестности вспышки нет видимых пятен;

H – вспышке сопутствуют высокоскоростные возмущения тёмного (в поглощении) волокна;

K – несколько максимумов интенсивности;

L – признаки внезапной активизации волокна, находящегося вблизи вспышки;

M – вспышка в белом свете;

N – в непрерывном свете присутствуют поляризационные эффекты;

O – наблюдения вспышки велись в линиях K и H CaII;

P – во вспышке наблюдалась эмиссия в линии D3;

Q – во вспышке наблюдалась эмиссия линий бальмеровского континуума;

R – отмечена асимметрия линии $H\alpha$, что позволяет предположить выброс вещества с большими скоростями;

S – уярчение следует за исчезновением волокна;

U – две яркие вспышечные ленты, параллельные или сходящиеся;

V – наличие взрывной фазы вспышки; значительное и внезапное расширение области эмиссии вспышки примерно за 1 минуту;

W – большое увеличение площади эмиссии вспышки после максимума интенсивности;

X – необычно расширена линия H α ;
 Y – наблюдались арочные вспышечные системы;
 Z – тень большого пятна залита эмиссией вспышки.

Во второй строке приведены данные о всплеске мягкого рентгеновского излучения в диапазоне 1 – 8 Å (1.6 – 12.7 кэВ): время начала, максимума, конца всплеска, рентгеновский балл (класс) события, в соответствии с таблицей 1, и полный поток излучения в стандартном диапазоне мягкого рентгена в J/m².

Классификация вспышек по рентгеновскому излучению

<i>Class</i>	<i>Peak (W/m²)</i>
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$
X	$I \geq 10^{-4}$

В последующих строках содержится информация о всплесках жёсткого рентгеновского и гамма-излучений, наблюдавшихся во время данного вспышечного события. Основной материал по жёсткому рентгеновскому излучению за 1996 – 2010 гг. взят из каталогов солнечных вспышек <http://www.ssl.berkeley.edu/~moka/rhessi/catalogs.html> с соответствующих приборов космических аппаратов BATS (OSSE), YOHKOH (Y), RHESSI (HESSI), HINODE (H), КОРОНАС-Ф (КОРОНАС SONG), и помечено соответствующими значками.

В Каталоге приводятся имеющиеся в этих каталогах сведения: диапазон энергий в кэВ и МэВ, времена начала, максимума и конца рентгеновского всплеска (часы, минуты, секунды) и интенсивность излучения в максимуме события (фотон·см⁻²). Сведения о жёстких рентгеновских всплесках с КА КОРОНАС-Ф взяты из[1].

Следующие строки таблицы содержат информацию о радиоизлучении, сопровождающем данное вспышечное событие.

Для того чтобы полнее отразить общую спектрально-временную структуру радиовсплеска, в частности, наличие микроволновой и дециметровой компонент, имеющих обычно различное время максимума (и разный частотный спектр), были взяты частоты, на которых ведёт наблюдение Служба Солнца и которые публикуются в Solar Geophysical Data и (<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/radio-bursts/reports/fixed-frequency-listings>). Критерием отбора частот являлось по возможности равномерное их распределение в диапазоне наблюдений, с отношением соседних частот не более 2. При наблюдениях на одной и той же частоте (или близких частотах) разными станциями Службы Солнца предпочтение отдавалось станции, наиболее репрезентативно, с точки зрения авторов, представляющей наблюдения (точно определенные моменты времени и поток, общее соответствие поведению спектра, синхронность моментов максимума). В случае выделения нескольких максимумов по времени в конкретном радиодиапазоне данные приводятся в одной таблице группами по каждому максимуму.

Для каждой из частот приводится собственно частота (первые 2 столбца) время начала, максимума (с точностью до десятых долей минуты) и конца всплеска (3-5 столбцы), а также десятичный логарифм максимальной плотности потока радиоизлучения в единицах $10^{-22}\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{Гц}$ (седьмой столбец). В шестом столбце условно закодирован вид частотного спектра радиовсплеска на волнах дециметрового и сантиметрового диапазонов. При этом, как и в предыдущих выпусках наших Каталогов, использованы следующие обозначения:

"P": например, P5 – спектр имеет максимум на частоте 5 ГГц;

"/": 1/9 – плотность потока радиоизлучения минимальна на частоте 1 ГГц и возрастает до частоты 9 ГГц; информация об интенсивности всплеска на более высоких и низких частотах отсутствует;

"\": 0.6\9 – плотность потока уменьшается при повышении частоты от 0.6 ГГц до 9 ГГц;

"U": U2 P7 – плотность потока минимальна на частоте 2 ГГц и достигает максимума на частоте 7 ГГц;

"–": 3–9 – плоский частотный спектр в диапазоне 3 – 9 ГГц.

Если элемент обозначения указан в квадратных скобках (например [P5]), это означает, что данный параметр определён недостаточно надёжно из-за неполноты или противоречивости исходных данных.

В большинстве явлений для описания спектра радиовсплеска приходится использовать различные комбинации этих обозначений.

После таблицы приведен спектр радиоизлучения в максимуме всплеска (для каждого выделенного максимума). В ряде случаев спектр не представляется репрезентативным (например, при отсутствии ряда частот или при значительном разбросе по времени максимума) и не приводится.

Последующие строки описывают динамический спектр (DS) метровой компоненты радиоизлучения. При подготовке этой части каталога использовались стандартные данные, использующиеся в Службе Солнца (<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/radio-bursts/reports/spectral-listings>). Здесь приведены данные о спектральном типе всплеска (первый столбец), его особенности по классификации, принятой в Solar Geophysical Data (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/radio-bursts/reports/spectral-listings/docs/SPEC_NEW.FMT) (второй столбец), время начала и конца явления (третий и пятый столбцы), а также балл, характеризующий относительную интенсивность радиовсплеска (седьмой столбец). В шестом столбце указан частотный диапазон (в МГц), в котором наблюдался всплеск. Как и в случае всплесков на фиксированных частотах, при наблюдении явления несколькими станциями преимущество отдавалось станциям, наиболее репрезентативно представившим событие.

В последующих строках приводятся данные

– о наблюдениях солнечных нейтронов с указанием прибора на котором они наблюдались по [2].

– данные о динамических явлениях осуществившихся в данном вспышечном событии, в оптическом диапазоне наблюдений, как то выбросы близлежащего солнечного волокна (DSF) перед вспышкой или во время вспышки, спрея (SPY),

лимбового эруптивного протуберанца (EPL) и коронального выброса вещества (CME).

Данные о корональном выбросе вещества взяты из каталога прибора LASCO космической обсерватории SOHO по каталогу http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/ и включают в себя следующие характеристики:

- время первого наблюдения КВВ в поле зрения прибора,
- среднюю скорость распространения в картинной плоскости в км/с,
- ускорение,
- угловые размеры КВВ в картинной плоскости (ширина) явления в градусах; в тех случаях когда приводится угловая ширина 360° речь идёт о КВВ типа «гало», которые обычно инициированы вспышечными событиями в центральной зоне солнечного диска, как на видимой стороне солнечного диска, так и с обратной.
- угол первого появления данного КВВ в градусах, который отсчитывается от Северного полюса Солнца против часовой стрелки.

Следует иметь в виду, что отсутствие данных о КВВ в какой либо вспышке не означает, что явление определённо не имело места. Возможно, что в таких событиях в подходящее время вообще не было наблюдений («gap»), либо локализация вспышки далеко от лимба создавала неблагоприятные условия для регистрации КВВ

Литература

1. Kuznetsov, S.N, V. G. Kurt, I. N. Myagkova, B. Yu. Yushkov, K. Kudela, Gamma-Ray Emission and Neutrons from Solar Flares Recorded by the SONG Instrument in 2001–2004 / Solar System Research, 2006, Vol. 40, No. 2, pp. 104–110.
2. Muraki, Y., Solar Neutron Events that have been found in Solar Cycle 23 / SEE-2005 , Nor Amberd, Armenia September 29th 2005

Сводная таблица СПС 1996 - 2006 гг.

Для обзора всех событий в сокращенном варианте в Каталоге приводится общая таблица основных данных по каждому из 142 событий, включенных в Каталог. В таблице представлены сводные данные по зарегистрированным потокам протонов и их источников, как правило, вспышек на Солнце.

По протонам приведены времена начала событий и максимума (или максимумов) потоков протонов с энергией > 10 МэВ, максимальный поток протонов $J_p(>10 \text{ МэВ})$, длительность события, показатель интегрального спектра γ в степенном приближении $J_p(E) \sim E^{-\gamma}$ по максимальным потокам протонов разных энергий и максимальная энергия протонов в событии, определенная по данной в Описании каталога методике.

По источникам частиц даются основные сведения о солнечных вспышках, вызвавших данное событие, указывается степень надежности отождествления события со вспышкой, балл-мощность и координаты вспышки, номер активной области, где произошла вспышка. Часть вспышек удалось отождествить даже в случае их залимбового положения, что указывается в таблице.

Такая общая таблица позволяет проводить простейшие статистические исследования не обращаясь к каждому конкретному событию.

Приложения:

Приложение 1

Методика определения максимальной энергии ускоренных на Солнце частиц в зарегистрированных солнечных протонных событиях.

По показаниям всех приборов, приведенных в табличных данных, строится интегральный энергетический спектр протонов для данного события. Высокоэнергичный участок спектра экстраполируется до пересечения с 10% потоками протонов в энергетическом спектре ГКЛ в соответствующий временной период. Точка пересечения этих двух спектров принимаются за наибольшие значения ускоренных в событии протонов ($E_{\max}$ и $J_{\max}$).

Недостаток этой методики состоит в очень сильной зависимости $E_{\max}$ и $J_{\max}$ от наклона спектра протонов в данном событии. Так, если наклон спектра $J(>E) \sim E^{-\gamma}$ имеет $\gamma \leq 1.5$, то, в очень редких случаях мощных вспышек, спектр протонов в событии вообще может не пересечься со спектром ГКЛ и значение $E_{\max}$ будет бесконечно большим. В этом случае вступает в действие отбор по нейтронным мониторам, которые отсутствие частиц очень высокой энергии надежно регистрируют.

Таким образом, мы считаем, что этот метод вполне применим для не очень мощных вспышек и полученные значения $E_{\max} \leq 1000$ MeV можно будет сравнивать с различными параметрами солнечных вспышек для поиска возможных механизмов ускорения частиц на Солнце.

Приложение 2

Определение источников возрастных потоков протонов во вспышечных событиях на Солнце

Особенно важной и трудной задачей для каждого события в СКЛ является его отождествление с конкретным активным процессом на Солнце – комплексом солнечных взрывных явлений, солнечным вспышечным событием, хотя в редких случаях, это могут быть межпланетные ударные волны (УВ) от предыдущего вспышечного события. Решение этой задачи затруднено отсутствием детального знания механизма ускорения частиц во вспышках и условий их выхода из области ускорения. Отождествление (или «привязка») оказывает существенное воздействие на представление о распространении ускоренных во вспышке частиц в межпланетном пространстве. Неправильная привязка к вспышке может привести к неправильным оценкам коэффициентов диффузии частиц в пространстве, к смещению популяций частиц, ускоренных во вспышке и на УВ, связанной со вспышкой или корональным выбросом вещества (КВВ), к неправильному определению скорости УВ и к ошибкам в оценке других явлений. В любом случае не всегда возможно найти собственно оптическую вспышку как источник СПС, особенно для залимбовых событий. К сожалению, во многих случаях реальное отождествление вспышек-источников частиц остается субъективным. В

описываемых каталогах эта субъективность сведена к минимуму благодаря комплексному учету всей имеющейся по данной вспышке информации.

Достоверное отождествление наиболее вероятных источников потоков протонов со вспышечными явлениями на Солнце и их проявлениями в межпланетном пространстве – наиболее важная и ответственная задача при составлении любых подобных каталогов. В наших Каталогах оно проводилось с учётом различных достаточно обоснованных и проверенных статистических закономерностей, ни одной из которых, однако не придавалось решающего значения. Рассматривались три вида данных:

- потоки заряженных частиц, их временные профили, анизотропия и энергетические спектры;
- электромагнитное излучение вспышек в рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах, их спектральные характеристики, поведение во времени и другие параметры;
- структура магнитного поля и эволюция активных областей, их вспышечная активность [Акиньян и др., 1983; Laurenza, et al., 2007].

Первый вид данных давал возможность предварительно оценить локализацию и временной интервал вспышечного события, которое с определённой долей вероятности могло быть искомым источником данного протонного события. Быстрое (часы) нарастание потока частиц с $E > 10$ МэВ до максимума, жёсткий спектр (индекс интегрального степенного спектра $\gamma \leq 3$), с высокой степенью анизотропии ($A \geq 50$) потоков протонов с большой вероятностью свидетельствует о том, что вспышечное событие произошло на западном полушарии Солнца. Медленное нарастание (> 10 часов), широкий максимум и, как правило, более мягкий спектр ($\gamma \geq 3$) с большой вероятностью указывают на источник (вспышечное событие) на восточной полусфере Солнца [McCracken and Rao, 1970; Lanzerotti, 1974; Переяслова и др., 1980; Reinhard and Wibberenz, 1974; Vashenyuk et al., 1977; Laurenza, et al., 2007]. Если найдены основания считать источником СПС солнечное вспышечное событие, расположенное на западной полусфере Солнца, то рассматривались все вспышечные события, предшествовавшие началу возрастания частиц в пределах 1–10 часов, для определения конкретного источника. В случае восточного вспышечного события, указанный интервал расширялся до 2 – 3 суток.

Мы рассматриваем солнечное вспышечное событие как совокупность явлений в атмосфере Солнца, которые вслед за первичным (одноразовым или последовательным) энерговыделением, проявляются во всех диапазонах электромагнитного и корпускулярного излучений со всем спектром сопутствующих динамических явлений. К ним, в частности, можно отнести распространение УВ и магнитогидродинамических волн и возмущений в короне Солнца и КВВ от места первичного энерговыделения [Ishkov, 2008]. Это определение со значимой долей вероятности помогает отождествить положение источника солнечных протонов даже при отсутствии данных в каком-либо диапазоне электромагнитных волн и, особенно, в случае залимбовых событий. В подготавливаемом в настоящее время каталоге СПС за 23 цикл СА появилась возможность включить данные о динамических явлениях, таких как выбросы солнечных волокон, лимбовые выбросы и другие явления в оптическом диапазоне, сопровождающие солнечные вспышечные события и характеризующие особенности вспышечного энерговыделения и, несомненно,

связанные с механизмами выхода солнечных частиц. Наиболее информативным из них являются корональные выбросы вещества, регулярные наблюдения которых начались с 1996 г. (КА SOHO). основные характеристики КВВ приводятся в каталоге, создавая наиболее полную картину вспышечного события, ответственного за данное СПС. Если протонное вспышечное событие происходит достаточно далеко за лимбом (обычно за западным), то его единственным свидетельством будет именно КВВ, конечно, если он будет типа «гало» или «частичное гало III». [Park and Moon, 2012].

При анализе электромагнитного излучения вспышечного события прежде всего обращалось внимание на рентгеновский ($1-8 \text{ \AA} = 1-12.5 \text{ кэВ}$) балл вспышки, который для вспышек на видимом диске Солнца (E70 – W70) должен превышать M1, причём вспышки среднего балла ($M < 5$) обычно должны быть большой длительности (> 1 часа) и измеряемый поток излучения Φ в данном диапазоне рентгена не должен быть меньше $\Phi = 5 \cdot 10^{-2} \text{ J/m}^2$. Вспышки меньшего балла могут быть источником возрастания заряженных частиц, если вспышечное событие осуществилось за лимбом Солнца, когда наблюдатель видит верхнюю часть вспышечного события и рентгеновское излучение регистрируются только лишь частично. В очень редких случаях солнечные вспышечные события небольшого рентгеновского балла могут быть расположены на видимом диске Солнца, тогда они сопровождаются всем спектром динамических явлений, как в оптике, так и радиодиапазоне. Данные в оптическом диапазоне (до полёта SDO: Solar Dynamical Observatory) обычно в линии водорода $H\alpha - \lambda = 6563 \text{ \AA}$, дают точную локализацию вспышки, косвенно говорят об энергетике и временной структуре самого процесса вспышки. Однако, если вспышечное событие происходит вблизи лимба Солнца, оптический балл будет значимо меньше реального из-за видимого сокращения площади эмиссии вспышек. Значимым диагностическим фактором является радиоизлучение вспышечного события: протонные вспышки, как правило, сопровождаются динамическими радио всплесками II и (или) IV типа [Дорман и Фейнберг, 1956; Sakurai, 1974; Švestka and Fritzova-Svestkova, 1974; Warwick, 1962], наличием достаточно интенсивного радиоизлучения на сантиметровых ($\sim 9 \text{ ГГц}$) и метровых ($\sim 245 \text{ МГц}$) волнах при относительно слабой плотности потока в дециметровом диапазоне. Длительность нарастания микроволнового всплеска обычно ≥ 5 минут (U-образный частотный спектр) [Gastelli et al., 1967; Gastelli et al, 1973; Акиньян и др., 1980]. При выборе наиболее вероятного вспышечного события – источника СПС принимались во внимание оценки потоков протонов, полученные по радиоданным с учётом гелиодолготы вспышечных событий (ослабление потоков протонов с восточной полусферы), интенсивности и частотного спектра микроволновых всплесков (интенсивность и энергетический спектр потока протонов) и метровой компоненты радиоизлучения, которые отражают условия выхода частиц из области вспышки [Акиньян и др., 1980; Авдюшин и др., 1980; Акиньян и др., 1981].

Существенным дополнительным фактором при отождествлении возрастания потока протонов с тем или иным вспышечным событием являются характеристики АО или комплекса активных областей (КАО), в котором осуществилось данное событие. Протонные вспышечные события происходят в АО, в которой наблюдается быстрое всплывание нового магнитного потока большой величины, превращающего простую группу пятен в сложную. В таких АО вспышечное энерговыделение обычно

реализуется в виде серии вспышек большой и средней мощности в ограниченный промежуток времени [Ишков, 1998]. Особо необходимо отметить вспышечную активность КАО, состоящих из двух и более соседних групп пятен, связанных общим магнитным полем. Большое вспышечное событие обычно захватывает основные компоненты КАО, а его магнитная структура с большой вероятностью способствует выходу больших потоков протонов. Из 11 СПС с потоком протонов в максимуме больше $3 \cdot 10^3$ pfu за последние 4 солнечных цикла СА (1976–2012), вызванных вспышками с рентгеновским баллом $X \geq 3$ десять осуществились в КАО [Ишков, 2012].

Особый класс составляют возрастания потока протонов, вызванные залимбовыми вспышечными событиями. Основными признаками, указывающими на связь данного возрастания с залимбовой вспышкой являются:

- наблюдение высокоскоростных обширных корональных выбросов вещества и (или) метровых радиовсплесков II и (или) IV типа при отсутствии подходящих вспышечных событий на видимой полусфере;
- недавний (до 4 суток) уход за западный лимб вспышечной АО сложной магнитной конфигурации с большой вероятностью скорого всплытия нового магнитного потока;
- ожидаемый выход (до 3 суток) на видимый диск Солнца АО, которая на прошлом обороте была в высокой степени вспышечно-активной и ушла за западный лимб в полном развитии.

В случае присутствия этих признаков делается вывод, что источник вспышечного события, возрастания частиц, находится на невидимой полусфере Солнца.

В некоторых событиях возрастание протонов не отождествляется ни с какими явлениями, сопровождающими большое вспышечное событие, тогда приходится делать вывод, что его источник неизвестен.

Для всех событий в Каталогах указана достоверность вклада источника в данное СПС, основанная на вышеописанных подходах. Степень уверенности, с которой осуществлена привязка протонного события к источнику обозначается соответствующими значками, которые полностью совпадают со схемой, разработанной в Каталоге [Dodson et al. 1975]. Схема позволяет отразить мнение авторов о том, что данное вспышечное событие определённо, с большой вероятностью или возможно является источником возрастания потока частиц, или внесла вклад в наблюдаемые потоки частиц.

Источник события выбирался на основе совместного анализа информации о временных профилях потоков заряженных частиц, электромагнитном излучении вспышек (в линии H α , рентгеновском и радиодиапазонах) и характеристик соответствующих активных областей на Солнце. Критерии, использованные при отождествлении источников, изложены в отдельном разделе «Об идентификации источников возрастаний потоков протонов во вспышках на Солнце».