

УДК 539.122.164.074.3, 523.9, 52-73

**И. В. Архангельская, Ю. Д. Котов, А. И. Архангельский,
А. С. Гляненко**

Институт астрофизики Московского инженерно-физического института (державного університету)

**Полетная калибровка и обработка данных
аппаратуры АВС-Ф, установленной
на космическом аппарате КОРОНАС-Ф**

Апаратуру АВС-Ф призначено для вивчення характеристик потоків жорсткого рентгенівського та γ -випромінювання від Сонця, сонячних спалахів, γ -спалахів, а також вивчення потоків нейтронів. Експеримент проводиться на космічному апараті КОРОНАС-Ф. Наводяться результати обробки даних з детектора СОНГ-Д. За даними його політних калібровок енергетичні діапазони реєстрації гамма-випромінювання складають $(0.127 \pm 0.023) - (11.1 \pm 0.043)$ МеВ (м'який діапазон) і $(4.4 \pm 1.4) - (94 \pm 3)$ МеВ (жорсткий діапазон). За два роки виділено близько 2500 спалахових подій, із них 8 % — сонячні спалахи, підтверджені даними GOES і HESSI; 0.5 % — γ -спалахи, підтверджені даними HETE; 57 % — події явно магнітосферного походження; 8 % — події, що не мають явного магнітосферного походження, але не підтверджені даними HETE, GOES і HESSI; 26.5 % подій склали квазістаціонарні екваторіальні висипання тривалістю кілька сотень секунд, які спостерігались на кількох послідовних витках орбіти супутника в екваторіальній області і також добре ідентифіковані на картах швидкості рахунку, усереднених за місяць. Кількість таких висипань за місяць не є постійною величиною, але і не залежить явно від кількості сонячних спалахів в γ -діапазоні. Зареєстровані події тривалістю кілька мілісекунд, дуже подібні на γ -події, джерелом яких є атмосфера Землі (TGF), що виникають при електричних розрядах між верхнім шаром хмар та іоносферою.

ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ

Експеримент АВС-Ф проводиться в рамках міжнародної програми КОРОНАС (Комплексные Орбитальные Околосолнечные Наблюдения Активного Солнца) на спеціалізованій автоматическій станції КОРОНАС-Ф, успішний запуск котрої був произведен 31 июля 2001 года. Спутники серии КОРОНАС (первый спутник, разработанный в рамках этого проекта (КОРОНАС-И), был запущен 2 марта 1994 г.) запускаются на полярную орбиту с высотой порядка 500 км и наклоном 82.5°. Подобная квазисинхронная орбита обеспечивает наличие периодов длительностью до 20 дней, в течение которых спутник остается вне тени Земли.

Експеримент АВС-Ф (Амплитудно-Временная спектрометрия Солнца) является продолжением эксперимента АВС на борту спутника КОРОНАС-И [8]. Так же, как и в эксперименте АВС, аппаратура АВС-Ф [1] предназначена для работы с детектором СОНГ-Д комплекса СКЛ, разработанного НИИЯФ

МГУ. Детектор СОНГ-Д (Солнечные Нейтроны и Гамма-кванты) представляет собой сцинтилляционный детектор на основе CsI(Tl) диаметром 200 мм и высотой 100 мм, окруженный для защиты от заряженных частиц антисовпадательным пластиковым защитным детектором [2]. Принципиально новым, по сравнению с экспериментом АВС на борту КОРОНАС-И, является использование рентгеновского спектрометра РПС-1, с полупроводниковым детектором (ППД) из теллурида кадмия размерами 4.9×4.9 мм, толщиной 2.5 мм [4]. Эксперимент с РПС-1 подготовлен совместно МИФИ и ИКИ РАН, информация с этого прибора обрабатывается в ИКИ РАН. Таким образом, аппаратура АВС представляет собой систему электроники для бортовой обработки информации с двух детекторов: СОНГ в мягком и жестком гамма-диапазонах и РПС-1 в рентгеновском диапазоне с энергией от 3 до 30 кэВ. Аппаратура АВС-Ф предназначена для изучения характеристик потоков жесткого рентгеновского и γ -излучения от Солнца, солнечных

вспышек и γ -всплесков, а также изучения потоков нейтронов по результатам анализа двумерных распределений зависимости полного энерговыделения в детекторе СОНГ-Д от отношения медленного компонента высвечивания к полному компоненту световыхода.

Прибор АВС-Ф имеет два режима работы: фоновый, в котором проводится анализ потоков излучения, и поиск событий типа «вспышка». Аппаратура переключается в режим регистрации вспышки при превышении скорости счета в мягком γ -диапазоне на 6 стандартных отклонений за время 16 мс относительно среднего значения скорости счета за предыдущие 128 бинов по 16 мс. Информация с прибора АВС-Ф передается при помощи двух телеметрических систем: циклической телеметрической системы РТС-9 и системы съема научной информации ССНИ. Вне зависимости от режима работы аппаратуры на циклическую телеметрию (цикл опроса РТС-9 составляет 2.5 с) выводятся следующие данные о нагрузках детекторов в различных энергетических диапазонах:

- скорость счета в четырех энергетических диапазонах: 3—5, 5—10, 10—20 и 3—30 кэВ с детектора РПС;

- суммарная скорость счета с детектора СОНГ-Д в низкоэнергетическом и высокоэнергетическом гамма-диапазонах;

- суммарная скорость счета в канале, соответствующем двумерным распределениям;

- суммарная скорость счета с антисовпадательной защиты (АСЗ) детектора СОНГ-Д.

Остальная научная информация передается посредством системы съема научной информации. В фоновом режиме на ССНИ выводятся следующие данные:

- энергетические спектры фоновых потоков излучения в рентгеновском (с РПС) и низкоэнергетическом гамма (с СОНГ-Д) диапазонах (время накопления каждого спектра 16 с, после сжатия число каналов спектра, получаемого с детектора РПС-1, уменьшается до 32, число каналов спектра, получаемого с детектора СОНГ-Д, уменьшается до 82, всего в этой моде передается 114 спектральных каналов);

- последовательные двумерные распределения (матрицы) зависимости полного энерговыделения в детекторе СОНГ-Д от отношения медленного компонента высвечивания к полному компоненту световыхода, которые используются для определения потоков нейтронов (размер матрицы 64×64 канала, время накопления 128 с);

- тестовые массивы, содержащие информацию о реализуемых режимах работы прибора и результа-

ты самотестирования аппаратуры.

Во всплесковом режиме на ССНИ выводятся следующие данные:

- энергетические спектры потоков излучения в рентгеновском (с РПС) и низкоэнергетическом гамма (с СОНГ-Д) диапазонах (время накопления каждого спектра 1 с, после сжатия число каналов спектра, получаемого с детектора РПС-1, уменьшается до 32, число каналов спектра, получаемого с детектора СОНГ-Д, уменьшается до 82, всего в этой моде передается 114 каналов спектра);

- временной профиль всплескового события в низкоэнергетическом гамма-диапазоне с временным разрешением 1 мс (всего выводится 4096 каналов временного профиля, т. е. полная длительность выводимого временного профиля около 4 с);

- энергетических спектров потоков излучения в высокоэнергетическом гамма-диапазоне с детектора СОНГ-Д (время накопления каждого спектра 4 с, число каналов спектра после сжатия уменьшается до 114).

ПОЛЕТНАЯ КАЛИБРОВКА АППАРАТУРЫ АВС-Ф В ГАММА-ДИАПАЗОНАХ

В данной работе приводятся предварительные результаты обработки данных аппаратуры АВС-Ф с детектора СОНГ-Д. Полетная калибровка аппаратуры АВС-Ф в мягком гамма-диапазоне проводилась с использованием спектра, полученного в результате суммирования спектров на 765 участках орбиты в области экватора с общим временем накопления около 80 часов (рис. 1). Для большей наглядности спектр умножен на квадрат номера

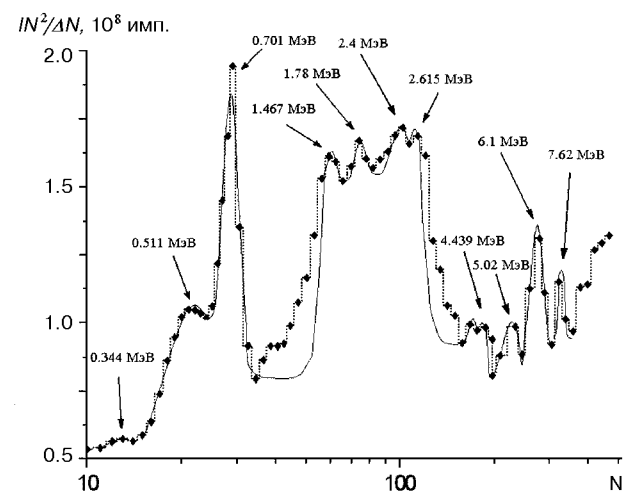


Рис. 1. Спектр, по которому проводилась полетная калибровка в мягком гамма-диапазоне

Фоновые линии, выделенные в энергетическом спектре при калибровке в мягком гамма-диапазоне

Е, МэВ	Спектральные линии
0.386 + 0.443	$^{127}\text{I} (n, 2n) \ ^{126}\text{I} + ^{127}\text{I} (n, \gamma) \ ^{128}\text{I}$
0.511 + (0.480 + 0.569)	$e^+e^- + (^{127}\text{I} (n, 2n) \ ^{126}\text{I})$
(0.605 + 0.795) + 0.651	$(^{133}\text{Cs}(n, \gamma) \ ^{134}\text{Cs}) + ^{127}\text{I} (n, 2n) \ ^{126}\text{I}$
1.46	$^{40}\text{K} + ^{39}\text{K} (n, \gamma) \ ^{40}\text{K}$
1.78	$^{27}\text{Al} (n, \gamma) \ ^{28}\text{Al}$
2.21	$^{27}\text{Al} (n, 2n) \ ^{28}\text{Al}$
2.61	^{208}Tl
4.43	$^{12}\text{C}^*$
4.93 + 5.10	$^{30}\text{Si} (n, \gamma) \ ^{31}\text{Si}$
5.92 + 6.02	$^{58}\text{Fe} (n, \gamma) \ ^{59}\text{Fe}$
7.62	$^{58}\text{Fe} (n, \gamma) \ ^{59}\text{Fe}$

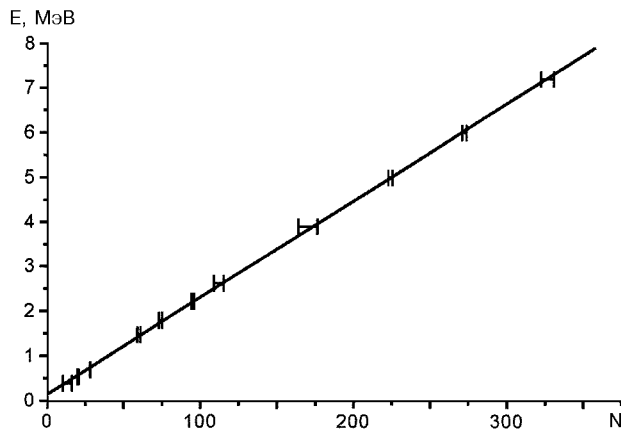
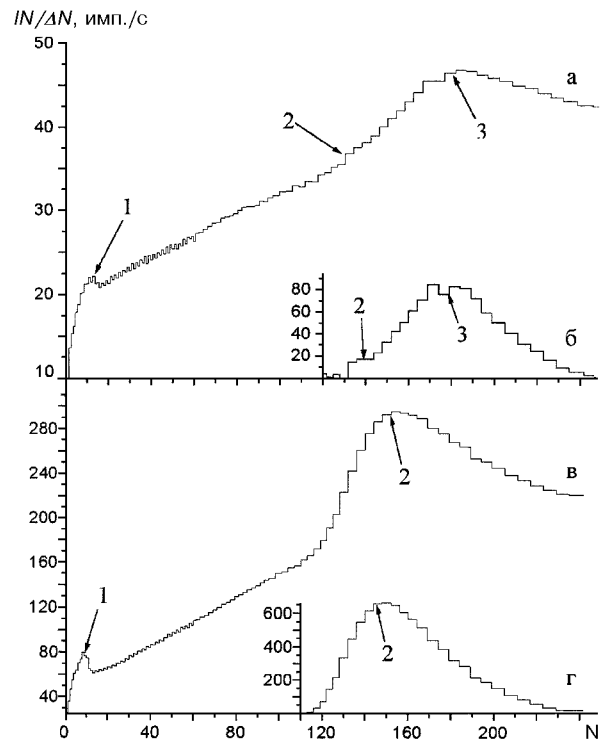


Рис. 2. Калибровочная зависимость энергии от номера канала в мягком гамма-диапазоне

канала. В спектре выделено и идентифицировано 11 фоновых линий. Процессы, в которых формируются идентифицированные фоновые линии, и энергии для этих линий приведены в таблице. Зависимость энергии E от номера энергетического канала N приведена на рис. 2. Эта зависимость хорошо аппроксимируется линейной функцией

$$E, \text{ МэВ} = (0.127 \pm 0.023) + N(0.0238 \pm 0.0002);$$

диапазон работы прибора в низкоэнергетической гамма-области имеет границы (0.127 ± 0.023) — (11.1 ± 0.043) МэВ. Аппаратура АВС-Ф разрабатывалась таким образом, чтобы обеспечивалась линейная зависимость энергии от номера энергетиче-

Рис. 3. Спектры, по которым проводилась полетная калибровка в жестком гамма-диапазоне: а — накопленный в области экватора, б — накопленный в области экватора после вычета подложки, в — накопленный в полярной области после вычета подложки. Цифрами указаны следующие спектральные особенности: 1 — ядерные линии, 2 — ионизационные потери протонов, 3 — γ -кванты от распадов π^0

ского канала и предполетная калибровка была линейной [3]. Линейность полетной калибровки показывает, что выделенные фоновые линии были правильно идентифицированы, и их количества достаточно для калибровки аппаратуры АВС-Ф в этом энергетическом диапазоне.

Полетная калибровка аппаратуры АВС-Ф в жестком гамма-диапазоне проводилась по 114-канальным энергетическим спектрам, накопленным во всплесковой моде. Всплесковая ячейка аппаратуры АВС-Ф была включена в конце ноября 2001 г. К настоящему моменту времени накоплена информация за $8 \cdot 10^6$ с работы всплесковой ячейки (исследовались срабатывания на короткие (длительностью меньше 0.1 с) вариации потока гамма-излучения, не связанные с солнечными вспышками и гамма-всплесками, т. е. после окончания таких событий аппаратура регистрировала данные в жестком диапазоне еще около 30 с, а потом уже

переключалась в фоновую моду работы), что по длительности сопоставимо с работой прибора в фоновом режиме за несколько месяцев и чего вполне достаточно для изучения фоновых условий. Полетная калибровка аппаратуры АВС-Ф в диапазоне высоких энергий проводилась с использованием спектра, полученного суммированием спектров на 2992 участках орбиты в области экватора с общим временем накопления около 30 ч (рис. 3, а, б). Для большей наглядности представления спектр умножен на номер канала. В спектре было выделено три детали. Первая была идентифицирована как сумма ядерных линий, образовавшихся в результате активации материалов космического аппарата (железа и алюминия) под действием медленных нейтронов (положение максимума 7.62 МэВ по данным калибровок сцинтилляционных детекторов, которые были установлены на других аппаратах [6, 9]). Для определения природы деталей 2 и 3 использовался спектр, полученный суммированием спектров на 1786 участках орбиты в областях полярных шапок с общим временем накопления около 18 ч (рис. 3, в, г). Порог геомагнитного обрезания в областях полярных шапок (~ 2 ГэВ) существенно ниже, чем в экваториальных областях (~ 14.7 ГэВ). Кроме того, спектр релятивистских протонов в этом диапазоне энергий падающий, поэтому линия, соответствующая ионизационным потерям релятивистских протонов, должна быть более ярко выражена в спектре, накопленном в областях полярных шапок, т. е. особенность 2 соответствует ионизационным потерям релятивистских протонов. Положение ее максимума (58.5 МэВ) определялось посредством моделирования энергосвечения протонов в детекторе СОНГ-Д (их распределение считалось изотропным, так как спутник имеет одноосную ориентацию на Солнце, а данные, по которым был получен калибровочный спектр, усреднялись за 3 месяца для получения времени накопления 30 ч). Третья особенность обусловлена регистрацией γ -квантов от распада π^0 -мезонов (положение этой линии 67.5 МэВ [5]), так как эта линия почти не проявляется в спектре, накопленном в полярной шапке (π^0 -мезоны в основном образуются в ядерных взаимодействиях релятивистских заряженных частиц в области геомагнитного экватора). По результатам полетной калибровки диапазон работы аппаратуры в моде регистрации жесткого гамма-излучения составляет $(4.4 \pm 1.4) - (94 \pm 3)$ МэВ, а зависимость энергии E от номера энергетического канала N описывается функцией

$$E, \text{ МэВ} = (4.4 \pm 1.4) + N(0.36 \pm 0.01).$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Фоновые загрузки детекторов зависят от целого ряда факторов, включающих в себя массу и конфигурацию спутника, параметры орбиты, материал детекторов, их расположение на борту и уровень солнечной активности. Влияние всех этих факторов приводит к тому, что фон в каждом конкретном эксперименте довольно специфичен. Типичные временные профили скорости счета в мягком и жестком гамма-диапазонах приведены на рис. 4. Отчетливо видны области полярных шапок (1 — южная, 2 — северная), область Южно-Атлантической магнитной аномалии (3), при пересечении которой в некоторых случаях возникают перегрузки электроники прибора спутника, обусловленные большими потоками регистрируемых частиц; области радиационного пояса (5). Наибольший интерес представляют области вблизи экватора (4), благоприятные для регистрации всплесковых событий — солнечных вспышек и гамма-всплесков.

Карта суммарной скорости счета, усредненной за 19 месяцев полета спутника, приведена на рис. 5, а. На ней хорошо видны области радиационного пояса и Южно-Атлантической магнитной аномалии. Карты, полученные по данным месячной обра-

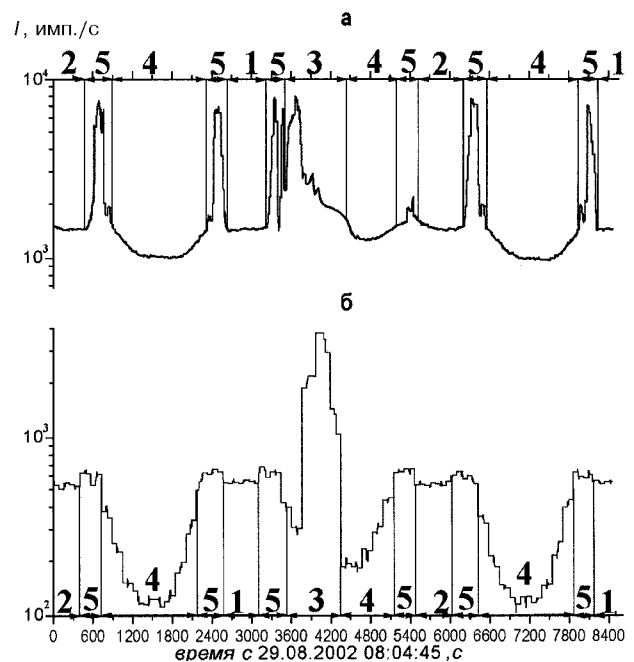


Рис. 4. Типичные временные профили скорости счета в низкоэнергетическом (а) и высокоэнергетическом (б) диапазонах. Указанные области: полярные шапки (1 — южная, 2 — северная), Южно-Атлантическая магнитная аномалия (3), области вблизи экватора (4), радиационный пояс (5)

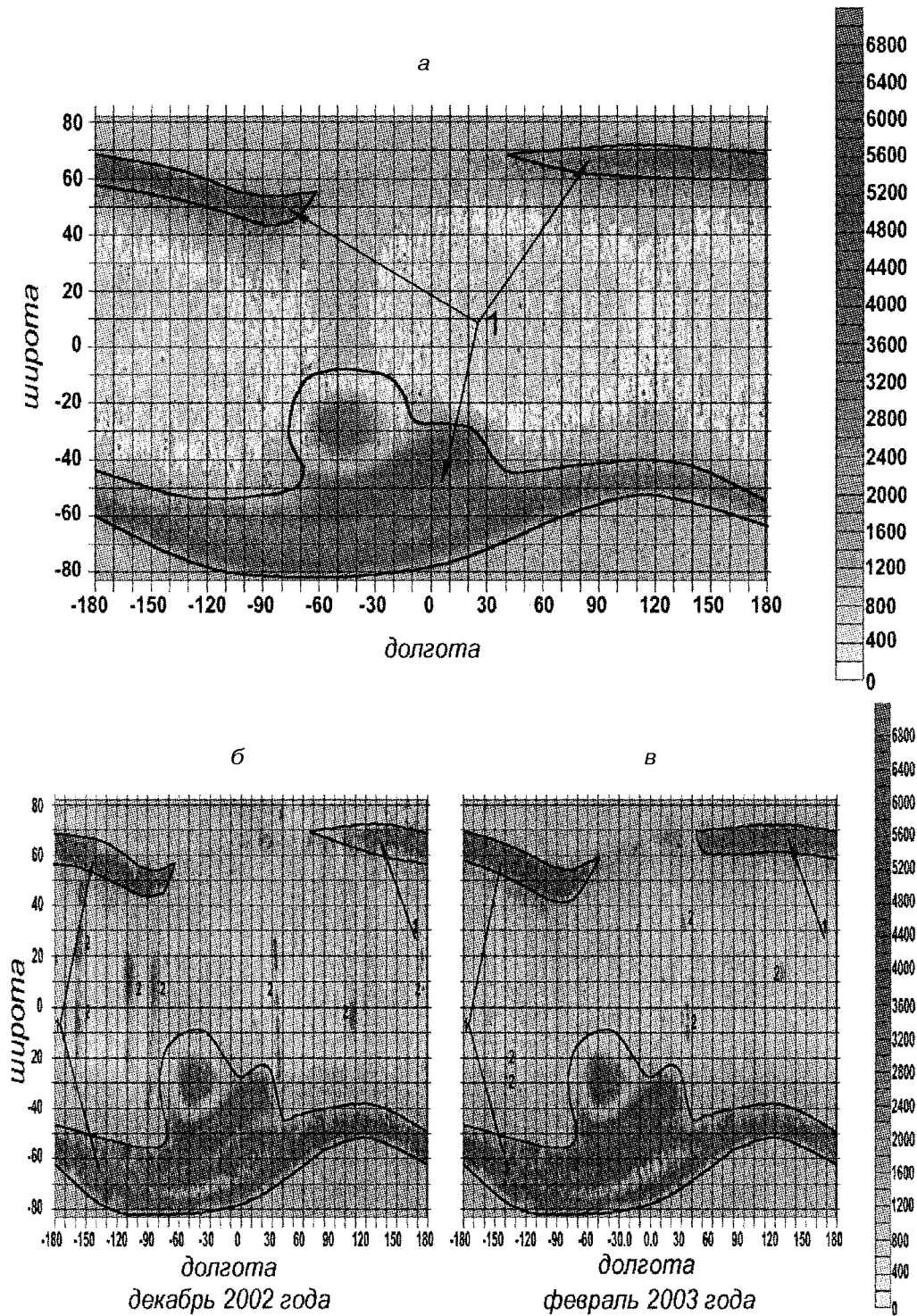


Рис. 5. Карты суммарной скорости счета, построенные по данным: *а* — усредненным за 19 месяцев полета спутника, *б* — усредненным помесячно (за декабрь 2002 г. и февраль 2003 г.). Цифрами обозначены: 1 — радиационный пояс и Южно-Атлантическая магнитная аномалия; 2 — квазистационарные экваториальные высыпания

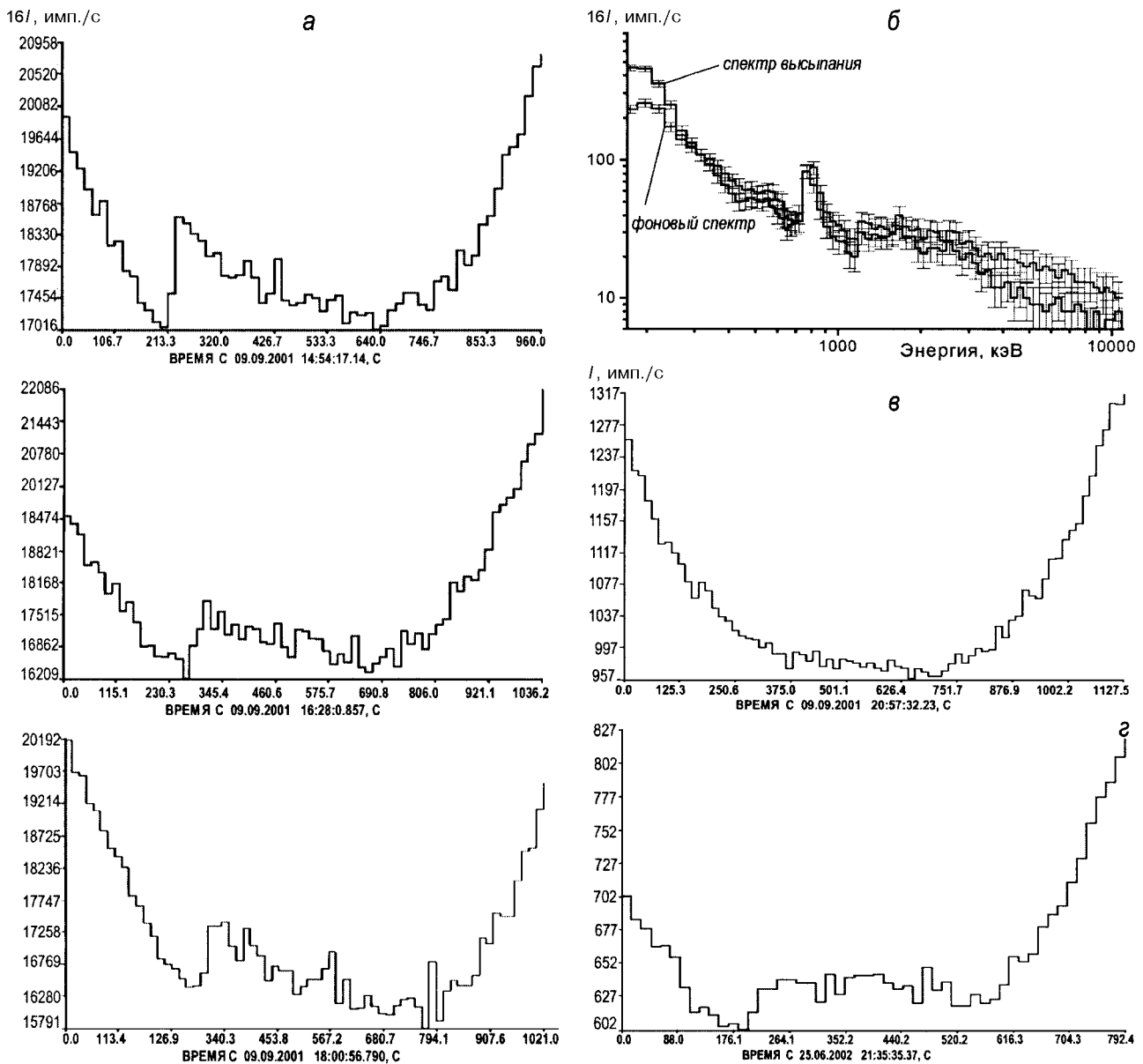


Рис. 6. Долгоживущие квазистационарные экваториальные высыпания: *а* — эволюция временных профилей долгоживущего экваториального квазистационарного высыпания 9 сентября 2001 г. на трех последовательных витках орбиты; *б* — спектр долгоживущего экваториального квазистационарного высыпания 9 сентября 2001 г.; *в* — временной профиль скорости счета в области геомагнитного экватора на витке без экваториального высыпания; *г* — временной профиль долгоживущего экваториального квазистационарного высыпания, зарегистрированного 25 июня 2002 г. в той же координатной области, что и высыпания, которое наблюдалось 9 сентября 2001 г.

ботки за декабрь 2002 г. и январь 2003 г. приведены на рис. 5 б, в. На этих картах, кроме областей радиационного пояса и Южно-Атлантической магнитной аномалии 1, видны долгоживущие экваториальные квазистационарные высыпания 2.

Долгоживущие квазистационарные экваториальные высыпания наблюдаются на нескольких после-

довательных витках орбиты спутника в области геомагнитного экватора. Длительность таких высыпаний составляет несколько сотен секунд, соответственно размер области составляет 4—10° по широте. Время жизни квазистационарных экваториальных высыпаний составляет несколько часов. Спектр и типичный временной профиль долгоживущего

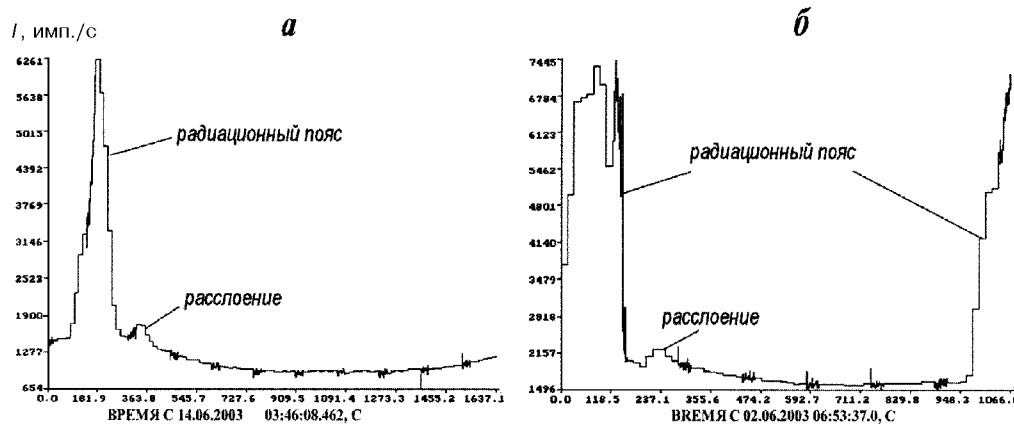


Рис. 7. Временные профили гамма-излучения, наблюдавшегося во время прохождения космическим аппаратом КОРОНАС-Ф расслоений радиационного пояса: *а* — по направлению к геомагнитному экватору, *б* — по направлению к полярной шапке

экваториального квазистационарного высыпания показаны на рис. 6. На этом же рисунке показан типичный временной профиль в экваториальной области без квазистационарного высыпания. Видно, что во время высыпания скорость счета превышает фоновое значение более чем на 10σ . Основная часть энергосвыделения во время таких высыпаний приходится на диапазон $E_\gamma < 300$ кэВ. За время работы аппаратуры АВС-Ф (более чем два года) было зарегистрировано около 700 подобных событий, причем некоторые наблюдались в одной и той же координатной области с интервалом несколько месяцев (рис. 6, *з*). Исследования показали, что число долгоживущих экваториальных квазистационарных высыпаний за месяц не является постоянной величиной, но и не имеет явной зависимости от числа солнечных вспышек в γ -диапазоне.

За все время работы аппаратуры АВС-Ф было зарегистрировано примерно 2500 всплесковых событий с длительностью более 20 с, причем более 400 из них имеет явно не магнитосферное происхождение, т. е. представляют собой гамма-излучение солнечных вспышек и гамма-всплесков. Остальные события идентифицированы как долгоживущие квазистационарные экваториальные высыпания (см. выше) и расслоения радиационного пояса. Расслоения радиационного пояса (иногда их называют отрогами радиационного пояса) представляют собой области, которые отстоят от радиационного пояса на несколько сотен километров по направлению к геомагнитному экватору или к полярной шапке. Эти области заполнены электронами, от которых наблюдается гамма-излучение в диапазоне $E_\gamma < 200$ кэВ (рис. 7).

Около 200 зарегистрированных событий идентифицированы как солнечные вспышки, подтверж-

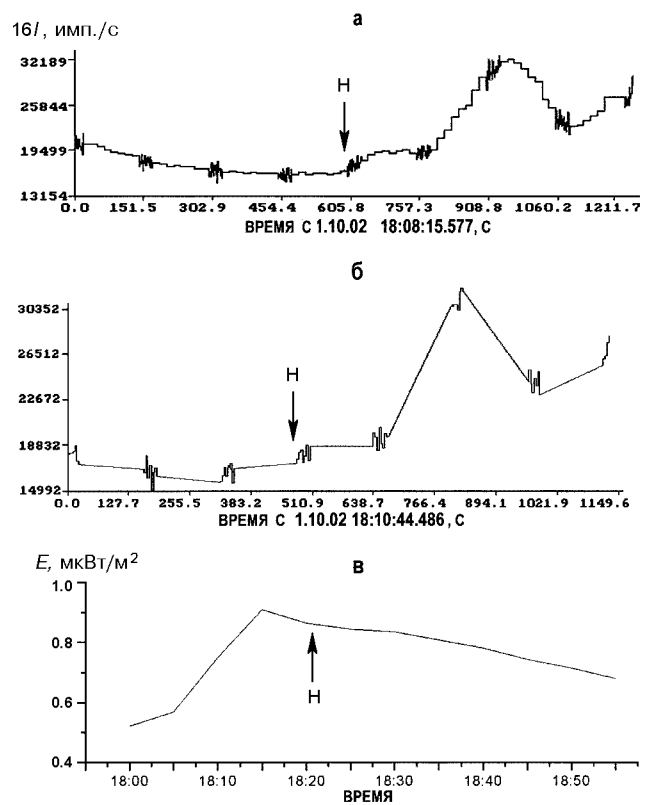


Рис. 8. Временные профили солнечной вспышки 1 октября 2002 г. по данным аппаратуры АВС-Ф: *а* — в мягком гамма-диапазоне, *б* — в жестком, *в* — по данным GOES-8; H — начало гамма-вспышки

денные данными, экспериментов GOES и HESSI. Гамма-излучение солнечной вспышки, показанное на рис. 8, началось в момент второго нарастания рентгеновского излучения примерно в 18:20. Эта

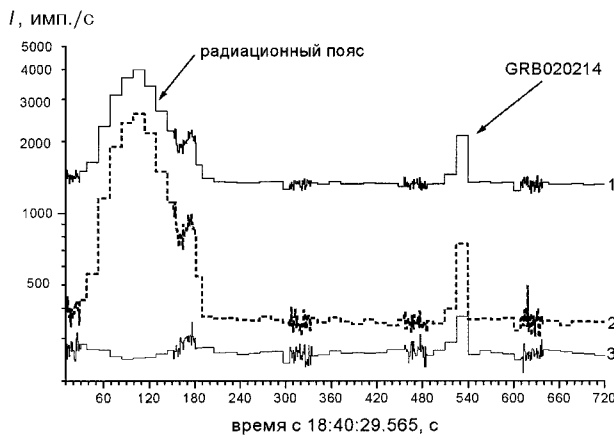


Рис. 9. Временной профиль гамма-всплеска GRB020214 по данным аппаратуры АВС-Ф в мягком гамма-диапазоне в трех энергетических окнах: 0.1—11 МэВ (1), 0.41—11 МэВ (2) и 0.56—2.3 МэВ (3)

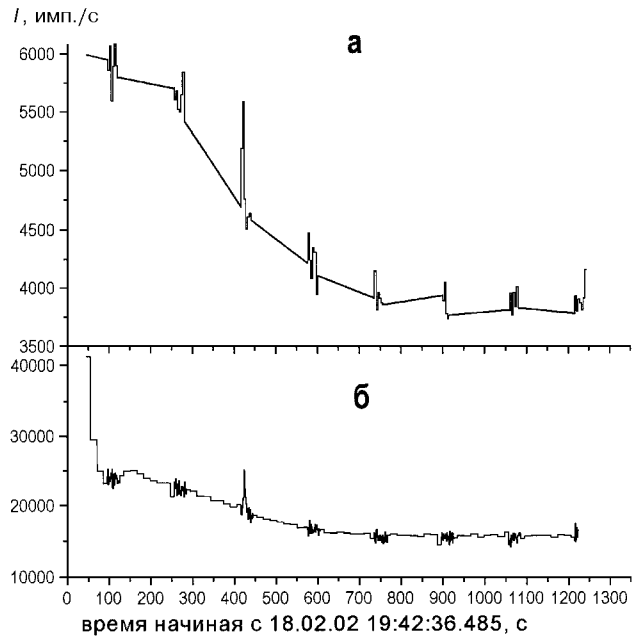


Рис. 11. Временной профиль события, зарегистрированного 18 февраля 2002 г. вне тени Земли в жестком (а) и мягком (б) гамма-диапазонах

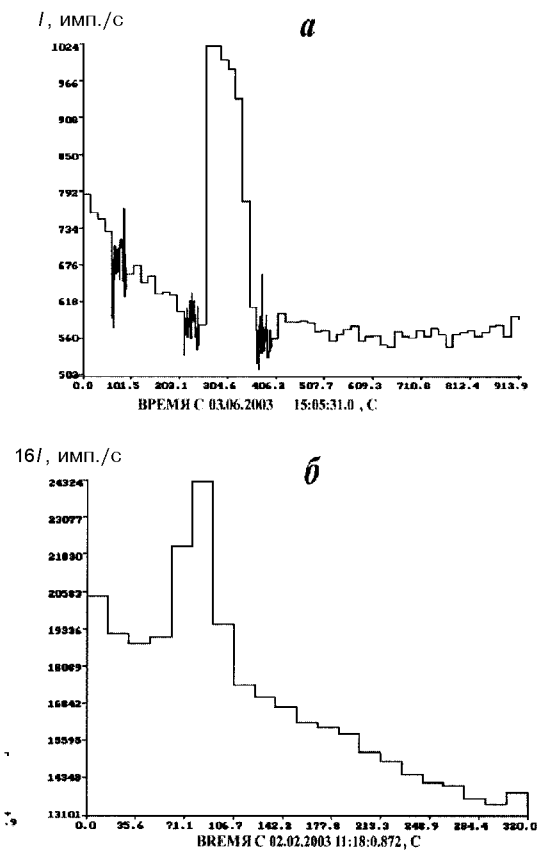


Рис. 10. Типичные временные профили событий, не имеющих явного магнитосферного происхождения, но не подтвержденных данными других экспериментов, зарегистрированные в мягком гамма-диапазоне: а — вне тени Земли 3 июня 2003 г.; б — в тени Земли 2 февраля 2003 г.

вспышка была зарегистрирована аппаратурой АВС-Ф как в низкоэнергетическом, так и в высокоэнергетическом гамма-диапазонах, а также приборами, установленными на космическом аппарате GOES-8 в энергетическом диапазоне 0.1—0.8 нм. Несколько десятков событий были идентифицированы как гамма-всплески, причем эта идентификация подтверждается данными эксперимента НЕТЕ-2. На рис. 9 приведен временной профиль гамма-всплеска по данным аппаратуры АВС-Ф в низкоэнергетическом диапазоне, зарегистрированного одновременно АВС-Ф и НЕТЕ-2. Первое возрастание интенсивности гамма-излучения имеет отношение к радиационному поясу, второе — собственно гамма-всплеск. Кроме данных НЕТЕ-2, немагнитосферное происхождение этого события подтверждается еще его наблюдением в диапазоне энергий $E_\gamma < 500$ кэВ. Здесь не проявляется гамма-излучение, связанное с квазистационарными экваториальными высыпаниями и отрогами радиационного пояса.

Примерно 200 зарегистрированных событий не имеют явного магнитосферного происхождения, т.е. не связаны координатно с магнитосферными особенностями и во время них наблюдается более жесткое гамма-излучение, чем это характерно для событий, имеющих магнитосферное происхождение, но эти события не подтверждены данными

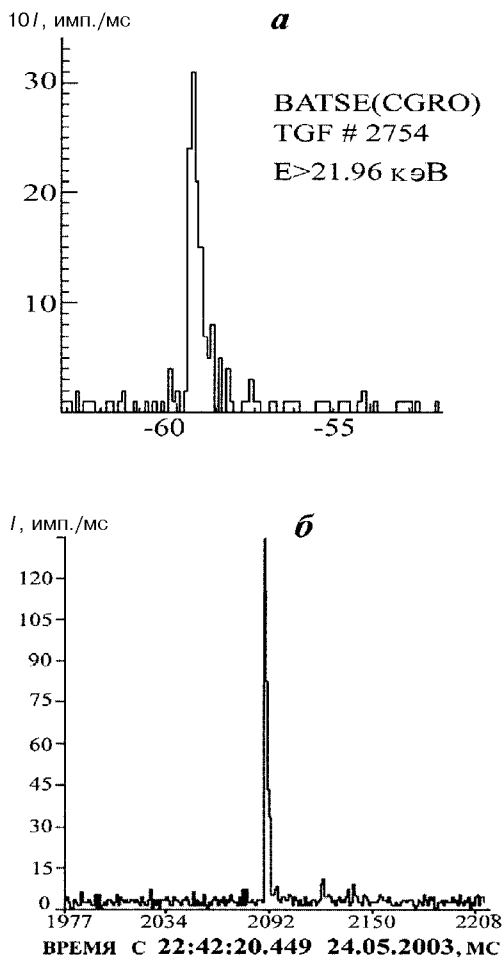


Рис. 12. Примеры временных профилей TGF по данным BATSE (а) и временные профили TGF-подобных событий по данным аппаратуры ABC-Ф в мягком гамма-диапазоне (б)

других экспериментов. Такие события наблюдаются как в тени Земли, так и вне ее (рис. 10). Некоторые из зарегистрированных событий наблюдаются не только в низкоэнергетическом, но и в высокоэнергетическом гамма-диапазоне. Пример подобного события приведен на рис. 11. Кроме того, были зарегистрированы очень короткие события длительностью несколько миллисекунд, очень похожие на γ -события, источником которых является атмосфера Земли (Terrestrial GAMMA Flashes — TGF), возникающие при электрических разрядах между верхним слоем облаков и ионосферой [7], которые впервые были зарегистрированы аппаратурой BATSE, установленной на американском космическом аппарате CGRO. Пример временного профиля TGF по данным BATSE приведен на рис. 12, а.

TGF возникают при взаимодействии вещества атмосферы и так называемых уходящих (runaway) электронов, образовавшихся при ионизации молекул атмосферы Земли космическими лучами и затем ускоренных в процессе многократного рассеяния и при взаимодействии с электромагнитным полем грозовой формации. Другими словами, это тормозное излучение, направленное вдоль пучка электронов, средняя энергия γ -квантов около 1 МэВ. Типичный временной профиль TGF-подобного события по данным аппаратуры ABC-Ф в мягком гамма-диапазоне приведен на рис. 12, б. В настоящее время выясняются погодные условия в момент регистрации этих событий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За более чем два года работы аппаратуры ABC-Ф было выделено примерно 2500 всплесковых событий, из них 8 % составили солнечные вспышки, подтвержденные данными экспериментов GOES и HESSI, 0.5 % — γ -всплески, подтвержденные данными HETE, 57 % — события явно магнитосферного происхождения, в том числе и расслоения радиационного пояса; 8 % — события, наблюдавшиеся как в тени Земли, так и вне ее в мягком и жестком гамма-диапазонах и не имеющие явного магнитосферного происхождения, но не подтвержденные данными HETE, GOES и HESSI. 26.5 % событий составили квазистационарные экваториальные высыпания. Кроме того, были зарегистрированы короткие события длительностью несколько миллисекунд, очень похожие на γ -события, источником которых является атмосфера Земли (Terrestrial GAMMA Flashes — TGF), возникающие при электрических разрядах между верхним слоем облаков и ионосферой.

На основании анализа поступающих данных можно сделать вывод, что в течение более чем двух лет функционирования космического аппарата КОРОНАС-Ф аппаратура ABC-Ф работает в штатном режиме без признаков ухудшения ее технических характеристик.

Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки Российской Федерации по теме «Анализ и интерпретация наблюдательных данных для исследования солнечной активности и ее проявлений в околоземном пространстве и земной атмосфере на фазе спада солнечной активности».

1. Архангельский А. И., Глянченко А. С., Котов Ю. Д. и др. Эксперимент ABC-Ф по регистрации быстропеременных потоков космического и солнечного гамма-излучения в

- проекте КОРОНАС-Ф // Приборы и техника эксперимента.—1999.—№ 5.—С. 16—23.
2. Архангельский А. И., Гляненько А. С., Котов Ю. Д. и др. Модернизация эксперимента АВС-Ф в проекте КОРОНАС-Ф // Науч. сессия МИФИ-99: Сб. науч. тр. — М.: МИФИ, 1999.—Т. 4.—С. 30—31.
 3. Архангельский А. И., Гляненько А. С., Павлов А. В. Предполетная калибровка прибора АВС-Ф комплекса научной аппаратуры КОРОНАС-Ф // Науч. сессия МИФИ-2002: Сб. науч. тр. — М.: МИФИ, 2002.—Т. 7.—С. 18—19.
 4. Гляненько А. С., Ковалень В. Ю., Котов Ю. Д. и др. Рентгеновский полупроводниковый (CdTe) спектрометр для исследования излучения солнечных вспышек и их предвестников // Изв. ВУЗов. Радиофизика.—1996.—34, N 11-12, С. 1500—1503.
 5. Dermer C. D. Secondary production of neutral pi-mesons and the diffuse galactic gamma radiation // *Astron. and Astrophys.*—1986.—157.—P. 223—229.
 6. Esposito J. A., Bertsch D. L., Chen A. W., et al. In-flight calibration of EGRET on the Compton GAMMA-Ray Observatory // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1999.—123.—P. 203—217.
 7. Inan U., Reising S. C., Fishman G. J., et al. On the association of terrestrial gamma ray bursts with lightning and implications for sprites // *Geophys. Res. Lett.*—1996.—23, N 9.—P. 1017—1022.
 8. Kotov Yu. D., Belousova I. V., Glianenko A. S., et al. Background conditions in the range from 30 keV to 5 MeV in the orbit of CORONAS satellites // *J. Moscow Phys. Soc.*—1996.—N 6.—P. 415—423.
 9. Thomson D. J., Bertsch D. L., Fichtel C. E., et al. Calibration of the Energetic GAMMA-Ray Experiment Telescope (EGRET) for the Compton GAMMA-Ray Observatory // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1993.—86.—P. 629—656.

INFLIGHT CALIBRATION AND RESULTS OF TREATMENT OF DATA FROM THE AVS-F APPARATUS ONBOARD THE CORONAS-F SATELLITE

I. V. Arkhangel'skaia, Yu. D. Kotov, A. I. Arkhangel'skii, A. S. Glianenko

The AVS-F apparatus is intended for the study of characteristics of hard X-ray and γ -ray fluxes from the Sun, solar flares, γ -ray bursts and for the investigation of fluxes of neutrons. The experiment is carried out onboard the satellite CORONAS-F. Results of the SONG-D data processing are discussed. On the basis of data of the SONG-D in-flight calibrations, the boundaries of detection ranges for γ -rays are found to be (0.127 ± 0.023) — (11.1 ± 0.043) MeV (low energy band) and (4.4 ± 1.4) — (94 ± 3) MeV (high energy band). During two-year operation of the AVS-F apparatus, about 2500 flare events were detected. From them, 8 % are solar flares confirmed by an analysis of the GOES and HESSI data; 0.5 % are γ -ray bursts confirmed by the analysis of the HETE data, 57 % are events obviously of magnetosphere origin, 8 % are events not obviously magnetosphere origin but not confirmed by the analysis of the HETE, GOES, and HESSI data, and 26.5 % of events are quasistationary equatorial precipitations with a duration of several hundred seconds which were observed on some sequential orbits in the equatorial area and also well identified on count rate maps created on the basis of the data averaged over a month. The number of such precipitations for one month is not constant but also not obviously depend on the number of solar flares in γ -range. Short events with a duration of some milliseconds were detected. They are very similar to γ -events a source of which is the Earth's atmosphere (Terrestrial Gamma Flashes). It is supposed that TGF occur during electrical discharge between a high layer of thunderstorm clouds and ionosphere.