ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (государственный университет)

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Лабораторный практикум

Под редакцией Ю.Д. Котова

Рекомендовано УМО «Ядерные физика и технологии» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений

Москва 2008

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА:

Лабораторный практикум. Под ред. Ю.Д. Котова. М.:МИФИ, 2008 – 112 с.

Авторы: Ю.Д. Котов, И.В. Архангельская, М.В. Бессонов, А.С. Буслов, Р.А. Зятьков, П.А. Калмыков, А.В. Кочемасов.

Практикум основан на проводимой в МИФИ опытно-конструкторской работе по созданию научной аппаратуры для спутникового проекта «КОРОНАС-ФОТОН», а также наземной инфраструктуры и программных средств для получения, хранения и анализа научной информации, поступающей с работающих на спутнике мониторов излучения Солнца в диапазоне энергий от жесткого ультрафиолета до гамма-квантов высокой энергии.

В теоретической части содержится краткое описание существующих представлений о солнечной активности и солнечно-земных связях, приведены данные о комплексе научной аппаратуры космического аппарата «КОРОНАС-ФОТОН», описаны научные приборы, данные с которых используются при выполнений заданий практикума.

Лабораторные работы посвящены получению навыков обработки телеметрической научной и служебной информации на этапах от ее приема, преобразования, использования базы данных до получения временных профилей передаваемых приборами параметров и энергетических спектров зарегистрированного излучения.

Практикум предназначен для студентов старших курсов и аспирантов.

Подготовлено в рамках Инновационной образовательной программы МИФИ.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук В.В. Кадилин

СОДЕРЖАНИЕ

Георетическая часть	
	5
Раздел 2. Задачи мониторинга радиационной активности	
Солнца и солнечных вспышек	10
Раздел 3. Российский спутниковый проект «КОРОНАС-	
ФОТОН»	13
3.1. Научная программа и задачи проекта «КОРОНАС-	
ФОТОН»	14
3.2. Описание приборов КНА «ФОТОН», информация с	
которых используется в лабораторных работах	20
	20
3.2.2 Поляриметр жесткого рентгеновского	
	22
3.2.3. Быстрый рентгеновский монитор БРМ	25
излучения ФОКА	27
	30
Раздел 1. Солнечная активность и солнечно-земные связи Раздел 2. Задачи мониторинга радиационной активности Солнца и солнечных вспышек Раздел 3. Российский спутниковый проект «КОРОНАС-ФОТОН». 3.1. Научная программа и задачи проекта «КОРОНАС-ФОТОН». 3.2. Описание приборов КНА «ФОТОН», информация с которых используется в лабораторных работах. 3.2.1. Спектрометр высокоэнергичных излучений «Наталья-2М».	
	48
	50
класса	59
Описание стандарта FITS.	60
	7
, a	

Лабораторная работа №4. Освоение методики оценки качества и визуализации	
информации с научных приборов КА «КОРОНАС	77
ФОТОН»	
Состав программного обеспечения и порядок работы с ПО	
Первичная обработка данных	
Массивы с информацией о УКС	
Тестовые массивы	
Энергетический спектр	
Порядок выполнения работы	89
Лабораторная работа №5	
Анализ данных спутникового прибора ФОКА по	
измерению потока экстремального ультрафиолетового	
излучения Солнца	
Измерение потока ультрафиолетового излучения Солнца	
Порядок выполнения работы	96
Лабораторная работа №6	
Временной профиль солнечных вспышек в вакуумном	
ультрафиолете и рентгеновских диапазонах	
Классификация солнечных вспышек	
Задание на лабораторную работу	98
Порядок выполнения лабораторной работы	99
1.Выборка данных из базы SolarSoft	
2.Выборка данных из электронного архива	
3.Преобразование данных в текстовый формат	100
4.Скачивание с сайта GOES coomветствующих	
файлов с информацией	
5.Построение графиков	104
Лабораторная работа №7	
Методика полетной калибровки гамма-спектрометров	104
Компоненты фона гамма-спектрометров на низких	
околоземных орбитах	
Задание на лабораторную работу	108
Порядок выполнения лабораторной работы	109
1.Выборка данных из электронного архива	109
2.Преобразование данных в текстовый формат	
3.Построение графиков	111

Раздел 1. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ

В настоящее время не только специалистами в области физики Солнца, климатологами и исследователями во многих смежных областях, но и большинством населения нашей планеты осознано влияние солнечной активности на многие процессы, идущие на Земле и непосредственно определяющие условия жизни и здоровье людей.

Примером проблемы, выходящей на первый план для всего человечества, является проблема возможного изменения климата (потепления) в долговременной перспективе (в масштабах столетий и тысячелетий) и связанное с этим изменение погоды в краткосрочном прогнозе (в масштабе десятилетий). Статистически достоверно установлена многими метеорологическими, палеонтологическими, гляциологическими и иными измерениями тенденция к потеплению, проявляющаяся с начала 1990-х годов. В частности, средняя температура за это время в Северном полушарии возросла на 0,5°С.

Подавляющая часть энергии приходит на Землю от Солнца в виде излучения в видимом оптическом диапазоне. Светимость Солнца с точностью 0.1% является постоянной величиной. Из-за наклона оси вращения Земли к плоскости орбиты и эллиптичности равной орбиты солнечный поток меняется, приводя к сезонному изменению температуры на земной поверхности. Из-за эллиптичности орбиты на Землю в целом падает в январе на 7% больше излучения, чем в июне. Эти сезонные изменения потока падающего излучения стабильны на масштабе сотен лет и точно предсказываемы.

Другой, и существенно менее определенной, причиной вариации излучения Солнца является солнечная активность, связанная с магниитогидродинамическими процессами в атмосфере Солнца, приводящими, в частности, к образованию в фотосфере Солнца областей с пониженной температурой (4000-4500 К) по сравнению с 5800°К невозмущенной фотосферы (пятна на Солнце). Со времени первого наблюдения их Г.Галилеем в 1615 г. и систематического 20-летнего наблюдения Г. Швабом была установлена периодичность с достижением максимума числа пятен каждые 11 лет.

Совокупность инструментальных наблюлений ежелневного числа. характеризующегося числом Вольфа, приведена на рис. 1, а реконструированная по дендрохронологии радиоуглерода зависимость усредненсолнечных ного числа пятен в прошлые 11400 лет показана на рис. 2. Эту зависимость следует сравнивать со сглаженной аппроксимацией.

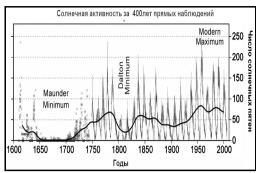


Рис. 1. Временное поведение среднего числа солнечных пятен в день (усреднение по месяцу) за последние 400 лет. Серые точки – эпизодические наблюдения, серая линия – данные систематических наблюдений, черная линия – сглаженная зависимость солнечной активности от времени

указанной на рис 1 черной линией. Хотя на первый взгляд полная светимость Солнца должна уменьшаться с ростом числа пятен, однако ситуация оказывается скорее обратной: в текущую эпоху солнечный поток на орбите Земли в максимуме активности превышает его величину на величину $\sim 1,3~{\rm BT/m^2},$ что составляет только 0,1% от его средней величины $1366~{\rm Bt/m^2}.$ Увеличение потока в максимуме активности связано с наличием вокруг пятен областей активности с увеличенной яркостью.

Уровень солнечной активности В течение последних 70 лет являяется уникальным: послелний период подобной активностью был 8000 лет назад. За последние 11400 лет, указанные на рис. 2, только в течение 10% времени солнечная активность была столь же высокой как в нашу эпоху. Интересно, что все предыду-

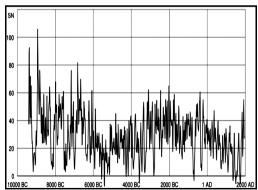


Рис. 2. Поведение солнечной активности за последние 11400 лет. Данные до 1615 г. получены на основании дендрохронологии

щие эпизоды высокой активности были короче нынешнего. Не

исключено, что в настоящее время активность Солнца (на временных масштабах более 11 лет) находится в некой критической точке и, возможно, например, снижение солнечной активности уже в наступающем 24-м и в других ближайших циклах.

Детальное поведение солнечной активности 23 цикла, закончившегося в 2008г., показано на рис.3. Сделанные полусотней исследователей предсказания поведения солнечной активности в следующем 24-м цикле обнаруживают существенный разброс: от величины 140 (± 20) числа солнечных пятен в максимуме цикла с достижением его 1 октября 2011 до величины 90 (± 10) в августе 2012, причем почти отсутствуют предсказания, что цикл будет средней мощности с числом пятен в максимуме около 114.

Приведенная неопределенность прогноза показывает серьезную недостаточность наших знаний о механизмах, определяющих поведение солнечной активности. Проведение детальных исследований

активности во время следующего, неординарного, цикла в различных энергетических диапазонах и сопоставление наблюдательных данных со столь различными теоретическими предсказаниями позволит существенно продвинуться в понимании этого явления.

Несмотря на малое изменение полного потока солнечного излучения в зависимости от степени активности Солнца, многими исследованиями установлена корреляция

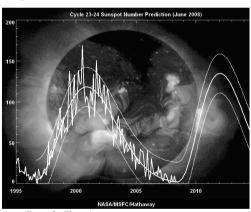


Рис. 3. Поведение солнечной активности в завершившемся 23 цикле: ломанная кривая — наблюдательные данные по июнь 2008 г., сплошная кривая для дат после второго полугодия 2008 г. — один из прогнозов. Пунктирные линии — ожидаемая неопределенность прогноза

между солнечной активностью и температурой земной поверхности, а тем самым и климатом. На рис. 4 приведено сопоставление поведения температуры. Стрелками указаны моменты крупных извержений вулканов, выбросы газов и пыли которых на большие высоты меняют планетарный радиационный баланс в атмосфере Земли.

Сравнение кривых этого рисунка и данных рисунка 2 указывает на высокую степень корреляции межвариацией температуры поверхности Земли и уровнем солнечной активности: синхронное снижение как числа солнечных пятен, так и температуры в период Маунминимума с деровского 1645 по 1725 гг. (малый ледниковый период). Дру-

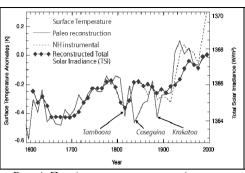


Рис. 4. Поведение температуры (реконструированное значение — сплошная черная кривая, прямые инструментальные измерения — черная пунктирная), величина солнечного потока — кривая, отмеченная черными ромбами.

гим примером корреля-ции служит минимум Далтона с 1790 по 1820 гг. В целом за пос-ледние 8000 лет обнаружено 18 интервалов с малым числом солнечных пятен, что в совокупности составляет четверть от указанного 8000-летнего срока.

Таблица 1. Потоки приносимой к Земле энергии различных компонентов солнечного излучения и их вариации за 11-летний цикл

come moco usry tenus a us dapaaqua sa 11 semina quisi				
Источник излучения	Полная энер-	Вариация в	Вариация в	Место
	гия, Вт\м²	цикле, Вт\м²	цикле, %	поглощения
Солнечное излучение				
Солнечная постоянная	1366	1,3	0,1	Поверхность и
				вся атмосфера
Видимое и инфракрасное	1090	1,1	0,1	Поверхность и
300 - 1200 нм				тропосфера
Ближний ультрафиолет 200	15,4	0,16	1,0	10 — 50 км
– 300 нм				
Рентген и мягкий ультра-	0,1	0,02	20,0	50 – 500 км
фиолет 0 – 200 нм				
Энергичные частицы				
Солнечные протоны	0,002			30 – 90 км
Галактические космические	0,000007			0 –90 км
лучи				
Солнечный ветер	0,0003			Выше 500 км

Измеренное изменение величины падающей солнечной радиации на 0,1% в зависимости от фазы 11-летней солнечной активности указывает, что учет лишь эффекта прямого теплового нагрева не может объяснить наблюдаемых вариаций температуры у

поверхности Земли. Имеются многочисленные аргументы, что климатические изменения обусловлены совокупностью прямого и опосредствованного воздействия составляющих солнечного излучения на геосферы (атмосферу, гидросферу, магнитосферу). Эти воздействия могут провоцировать процессы, оказывающие в свою очередь влияние на погоду и климат.

В табл. 1 показана приносимая к Земле энергия (в единицах Вт/м² у границы атмосферы), заключенная в разных компонентах излучения Солнца, а также вариация этих потоков за 11-летний солнечный цикл и эффективная высота поглощения соответствующего компонента.

Ультрафиолетовое излучение воздействует на верхние слои атмосферы, приводя, в частности, к возрастанию концентрации озонового слоя, влияя тем самым на нагрев стратосферы и на формирования стратосферных и тропосферных ветров. От уровня в ультрафиолетовом активности Солнца диапазоне плотности самых верхних атмосферы, распределение слоев очередь, на скорость торможения свою влияет космических аппаратов, работающих на околоземных орбитах.

Модуляция потока космических лучей солнечной активностью приводит к вариации облачного покрова, поскольку на образование облаков влияет ионизация среды заряженными частицами. Образование облаков изменяет альбедо Земли на несколько процентов, приводя к изменению радиационного баланса атмосферы, поверхности суши и морской поверхности.

Однако следует признать, что до сих пор точно не установлена причина указанной тенденции изменения климата. Среди специалистов рассматриваются две причины: во-первых, изменение средневековой величины излучения Солнца, и, во-вторых, антропогенная причина — изменение радиационного баланса атмосферы из-за парникового эффекта, возникающего в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека в индустриальную и постиндустриальную эпохи. От однозначного понимания вклада каждого из этих факторов напрямую зависит принятие всем человечеством политических, экономических и технических мер глобального характера. От этого понимания зависит и определение оптимального соотношения в ближайшем будущем между различными способами получения энергии: с выбросом продуктов горения исходного топлива на электростанциях (угля, мазута, сланцев и т.д.) или без такового (напорные и при-

ливные гидроэлектростанции, атомные и термоядерные энергетические блоки, ветряные установка для энергетики малой и средней мощности).

Раздел 2. ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА И СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

В исследовании временных и спектральных характеристик солнечных излучений в целом как Звезды, и, в частности, во время вспышечной и предвспышечной активности, решаются следующие основные задачи.

- Наблюдательные исследования деталей процессов, приводящих к возникновению солнечных вспышек, определяющих их периодичность и интенсивность, и на этом основании совершенствование моделей краткосрочного и долгосрочного прогноза солнечной активности.
- Получение наблюдательных данных по типу, энергиям и временному поведению излучений, генерируемых во вспышках и совершенствование на этой основе моделей, описывающих процессы разогрева вспышечной солнечной плазмы, ускорения частиц (электронов, протонов и ионов) вплоть до ультрарелятивистских энергий, распространения ускоренных частиц в атмосфере Солнца и выхода (выброс) плазмы и утечки энергичных частиц в межпланетное пространство.
- Получение усредненных по времени систематических данных с высокой абсолютной точностью об излучении Солнца в различных диапазонах длин волн.

Построение прогностических моделей поведения солнечной активности и их верификация для использования в различных отраслях деятельности (от выбора оптимального времени пребывания на курорте отдыхающих до определения сроков запуска космических миссий с человеком за пределы земной магнитосферы и проведения работ космонавтами за пределами защищенной от радиации жилой зоны космического корабля).

Солнечная активность, кроме образования солнечных пятен, проявляется и в сложных магнитогидродинамических процессах,

приводящих в частности, к возникновению на поверхности Солниа магнитных структур сложной формы. При споралически возникшем перестроении этих структур избыточная энергия магнитного поля преобразуется В другие формы энергии, приводя, в том числе, к выбросам вещества, нагреву

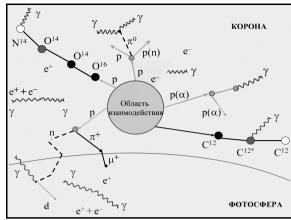


Рис. 5. Электромагнитные и ядерные процессы, приводящие к генерации электромагнитного излучения во время вспышек

плазмы до высоких температур и ускорению электронов, протонов и ионов вовлеченного в процесс вещества.

Ускоренные частицы, распростроняясь в намагниченном веществе солнечной атмосферы, сталкиваются с ядрами окружающего вещества, образуя гамма-кванты и вторичные частицы (нейтроны,

позитроны, пионы), а также возбужденные и радиоактивные ядра. Эти ядра распадаясь и/или переходя в основное состояние, порождают электромагнитное излучение различной энергии.

На рис. 5 схематично показаны процессы взаимодействия, идущие в атмосфере

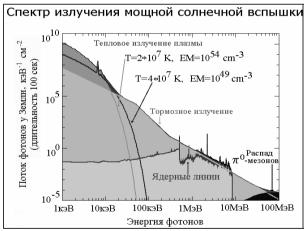


Рис. 6. Спектр электромагнитного излучения мощной солнечной вспышки длительностью 100с,

Т — температура плазмы во вспышечной области (в

1 — температура плазмы во вспышечной ооласти градусах Кельвина), ЕМ — мера эмиссии

Солнца во время мощных вспышек, а на рис. 6 — энергетический спектр электромагнитного излучения, формирующийся в показанных на рис. 5 процессах.

В интервале от 1кэВ до нескольких ГэВ спектр излучения можно разбить на следующие диапазоны.

- Тепловое рентгеновское излучение (1-20) кэВ возникает за счет теплового излучения нагретой плазмы до температур несколько миллионов градусов. Спектр излучения близок к чернотельному.
- Жесткое рентгеновское и мягкое гамма-излучение (20–300) кэВ образуется в результате тормозного излучение ускоренных электронов.
- Гамма-излучение в диапазоне от 300 кэВ до 8 МэВ состоит из двух компонент: непрерывного спектра от тормозного излучения электронов и совокупности ядерных линий различной ширины. Основной механизм образования линий переход возбужденных ядер в основное состояние. В этот же диапазон попадают две линии высокой интенсивности: линия 0,511 МэВ от аннигиляции позитронов и линия 2,22 МэВ от захвата медленных нейтронов протонами.
- В диапазоне от 8 до ~ 40 МэВ излучение создается тормозным излучением высокоэнергичных электронов. В этом диапазоне спектр не имеет спектральных особенностей и описывается степенной или экспоненциальной функцией.
- При энергиях выше 40 МэВ существенным может быть вклад гамма-квантов от распада $\pi^{o} \rightarrow 2\gamma$. Максимум числа гамма-квантов от этого процесса приходится на энергию ~70 МэВ.

Излучение в интервале от ультрафиолета до тысяч ГэВ взаимодействует в верхних слоях атмосферы Земли, поэтому для его регистрации требуется проведение внеатмосферных наблюдений (мониторинга) во всех диапазонах электромагнитного спектра, начиная от ближнего ультрафиолета и кончая самыми высокими энергиями (вплоть до десятков ГэВ, а возможно и выше). Поэтому указанные выше исследования имеют комплексный характер с привлечением данных, полученных различными приборами, методами и установками в различных странах. Эти исследования, в силу значимости их практических применений, определяются и финансируются национальными (США, Европа, Япония) программами и координируются в международном плане.

Для исследований жестких излучений Солнца в данное время используются приборы, устанавливаемые на спутниках Земли и

иных космических аппаратов (КА). К аппаратуре, размещаемой для мониторинга на автоматических КА, предъявляются во многих отношениях более жесткие требования, чем для приборов и установок, эксплуатируемых на Земле, а именно:

- максимальное соотношение между весом и объемом детектора и основными характеристиками для прибора в целом;
- высокая прочность (на стадии выведения на орбиту);
- высокая стойкость к вакууму, радиационному фону;
- высокая стабильность в течение нескольких лет (иногда выше 10 лет) и возможность осуществления градуировок на борту;
- высокая живучесть (резервирование систем и блоков, применение особо надежных изделий, большой объем предполетной отработки на стендах, возможность внесения изменений в математические бортовые программы приборов по телесистемам связи);
- обеспечение высокой информативности приборов и линий радиосвязи с КА;
- создание такой аппаратуры всегда носит инновационный характер по следующим причинам: созданный прибор имеет характер пилотного (опытного) образца, поскольку летный экземпляр изготавливается по конструкторской и технологической документации, доработанной на основании проведенных испытаний и выпущенной с соблюдением ГОСТов. Работа ведется под контролем ВП МО на всех этапах, начиная с ТЗ на прибор.

Раздел 3. РОССИЙСКИЙ СПУТНИКОВЫЙ ПРОЕКТ «КОРОНАС-ФОТОН»

Данный практикум основан на наблюдательных данных со спутниковых приборов космического проекта «КОРОНАС-ФОТОН». При их получении, хранении и распространении используются программно-аппаратные средства, созданные в МИФИ в ходе подготовки комплекса спутниковой аппаратуры.

Институт Астрофизики в качестве подразделения МИФИ (ИАФ МИФИ) образован в 1997 г. для выполнения предложенного и

МИФИ обоснованного российского космического проекта «КОРОНАС-ФОТОН» по исслелованию высокоэнергичных процессов в солнечных вспышках и влиянию их излучений на околоземное пространство и на верхние слои земной атмосферы. МИФИ является головной организацией по научной программе экспериментов проекта «КОРОНАС-ФОТОН», ПО бортовой научной комплекса аппаратуры спутника его эксплуатации. В ИАФ МИФИ будут поступать телеметрические научные и навигационные данные, которые должны накапливаться, распределяться каналам сортироваться И ПО участникам проекта и иным пользователям научной информацией для оперативной и научной ее обработки.

Основные характеристики научной аппаратуры, установленной на борту спутника «КОРОНАС-ФОТОН», а так же краткие сведения о космическом аппарате приведены ниже.

3.1. Научная программа и задачи проекта «КОРОНАС-ФОТОН»

КОРОНАС (Комплексные **ОР**битальные **О**колоземные **Н**аблюдения **А**ктивности Солнца) — Российская программа исследования физики Солнца и солнечно-земных связей с помощью серии космических аппаратов, которая предусматривает запуск на околоземную орбиту трех солнечно-ориентированных спутников.

«КОРОНАС-ФОТОН» — третий аппарат в этой серии. Двумя другими спутниками программы являлись «КОРОНАС-И» (запущен 2 марта 1994 г.) и «КОРОНАС-Ф» (запущен 31 июля 2001 г.).

Запуск космического аппарата «КОРОНАС-ФОТОН» планируется осуществить в начале 2009 г. с космодрома Плесецк.

Головная организация по комплексу научной аппаратуры проекта «КОРОНАС-ФОТОН» — **МИФИ**.

Научный руководитель проекта — директор ИАФ МИФИ **Ю.Л. Котов.**

Tехнический руководитель — главный конструктор комплекса научной аппаратуры — заместитель директора ИАФ МИФИ В.Н. Юров.

Задачей проекта «КОРОНАС-ФОТОН» является исследование процессов накопления энергии и ее трансформации в энергию уско-

ренных частиц во время солнечных вспышек, изучение механизмов ускорения, распространения и взаимодействия энергичных частиц в атмосфере Солнца, исследование корреляции солнечной активности с физико-химическими процессами в верхней атмосфере Земли.

Задачами научных приборов являются непрерывные измерения в режиме мониторинга следующих исходных параметров и величин электромагнитного и ядерного излучений:

- регистрация спектров жесткого электромагнитного излучения в широком энергетическом диапазоне от 20 кэВ до 2000 МэВ с высоким временным и амплитудным разрешением и подробным исследованием гамма-линий;
- построение изображений диска Солнца с высоким угловым и временным разрешением в рентгеновских линиях;
- измерение линейной поляризации рентгеновского излучения солнечных вспышек;
- регистрация нейтронов солнечного происхождения;
- мониторинг жесткого ультрафиолетового, жесткого рентгеновского и вариаций интенсивности солнечного излучения;
- регистрация потоков, энергетических спектров и направления прихода электронов, протонов и ядер;
- регистрация космических гамма-всплесков;
- регистрация рентгеновского излучения от областей плоскости эклиптики, в которых находятся достаточно интенсивные рентгеновские источники.

На основании комплексных измерений параметров и величин электромагнитного и ядерного излучений будут исследованы проблемы, относящиеся к следующим областям науки:

> К физике Солнца:

- особенности эволюции функции распределения для высокоэнергичных частиц (вплоть до энергий несколько гигаэлектронвольт) с высоким временным разрешением;
- различия в динамике ускорения электронов и протонов (ядер);
- угловая анизотропия взаимодействующих частиц на основании анализа спектров излучения и параметров линейной поляризации жесткого рентгеновского излучения;
- эффекты направленности в области гамма-излучения высоких энергий;

- уточнение механизмов и условий ускорения электронов и протонов на разных фазах вспышки, а также параметров области удержания (распространения) ускоренных частиц;
- определение обилия элементов в области генерации гамма-излучения методом гамма-спектроскопии и по скорости захвата нейтронов низких энергий в атмосфере Солнца;
- восстановление энергетических спектров ускоренных протонов и ядер и динамики этих спектров по соотношению ядерных гамма-линий;
- выполнение непрерывной диагностики физического состояния солнечной плазмы методом изображающей спектроскопии;
- долговременные наблюдения вариаций интенсивности;
- уточнение параметров мод глобальных солнечных колебаний характеристик внутренних слоев Солнца на основе непрерывных наблюдений солнечного излучения в диапазоне 280-1500нм;
- изучение зависимости параметров солнечных колебаний от уровня солнечной активности;
- процессы первичного энерговыделения в солнечной короне (процессы формирования горячей (10-20 МК) и сверхгорячей вспышечной (> 20 МК) плазмы;

> К физике солнечно-земных связей:

- характеристики выбросов корональных масс и их влияния на солнечно-земные связи;
- динамика параметров верхней атмосферы Земли на основе мониторинга в жестком ультрафиолете;
- динамика области проникновения солнечных космических лучей (СКЛ) в магнитосферу Земли во время геомагнитных возмущений;
- динамика потоков релятивистских электронов в магнитосфере Земли;
- поведение электронов в области внутреннего радиационного пояса Земли

> К астрофизике:

- изучение рентгеновского и гамма-излучения космических гаммавсплесков;
- динамика спектров и потоков рентгеновского излучения галатических и внегалактических рентгеновских источников, ядер активных галактик, жесткого рентгеновского диффузного фона.

Основные характеристики КА «КОРОНАС-ФОТОН» приведены в табл. 2, состав комплекса научной аппаратуры – в табл. 3., схема его размещения на КА показана на рис. 7., фотография во время тепловакуумных испытаний в НИИЭМ – на рис. 8.

Таблица 2. Основные характеристики космического аппарата (КА) «КОРОНАС-ФОТОН»

Характеристика КА	Значение
Вес КА, кг	1900
Вес комплекса научной аппаратуры, кг	540
Параметры орбиты:	
• тип	круговая,
• высота, км	500
• наклонение, град	82,5
Точность ориентации:	
• продольной оси КА на Солнце, угл. мин.	лучше 5
• определения ориентации продольной оси КА на	не хуже 3
Солнце, угл. мин.	
Стабилизация угловых скоростей КА, град./с	не более 0,005
Точность определения местоположения КА на орбите:	
• вдоль орбиты, м	±1000
• по высоте и в боковом направлении, м	±500
Объем запоминаемой научной информации, Гбит в сутки	8,2
Объем информации, передаваемой за один сеанс связи, Мбит	2048
Срок активного существования	не менее трех лет

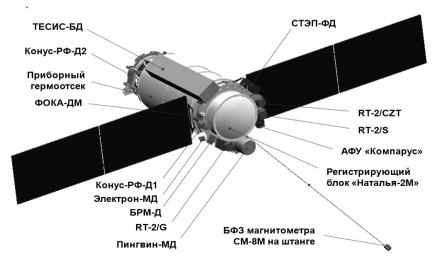


Рис. 7. Размещение комплекса научной аппаратуры на КА «КОРОНАС-ФОТОН»

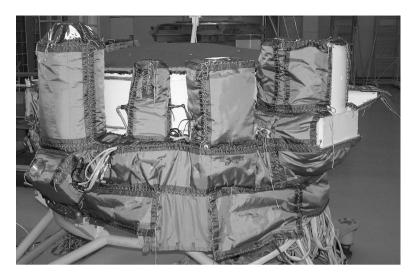


Рис.8. КНА «ФОТОН» на тепловакуумных испытаниях в НИИЭМ под экранно-вакуумной теплоизоляцией (ЭВТИ)

Таблица 3. Состав комплекса научной аппаратуры (КНА) «ФОТОН»

Таолица 5. Состав комплекса научной аппаратуры (КНА) «ФОТОН»				
Наименование	Характеристики, регистрируемое	Организация-		
аппаратуры	излучение	разработчик		
	Гамма-излучение и нейтроны			
Спектрометр		Московский инже-		
высокоэнергетичес	 • гамма-излучение 0,3 − 2000 МэВ; 	нерно-физический		
ких излучний	• нейтроны 20 – 300 МэВ	институт (МИФИ),		
«НАТАЛЬЯ-2М»		Россия		
Телескоп низкоэнергетичес кого гамма- излучения RT-2	 • рентгеновское излучение 15–150 кэВ в фосвич-моде; • гамма-излучение 0,15 − 1 МэВ в спектрометрической моде • изображение солнечных вспышек в жестком рентгене 	ТАТА институт фундаментальных исследований (TIFR), Мумбай (Бомбей), Индия		
Поляриметр- спектрометр жесткого рентгеновского излучения «ПИНГВИН-М»	 измерение линейной поляризации рентгеновского излучения 20–150 кэВ; рентген и гамма-спектрометрия 18 – 450 кэВ; мониторинг мягкого рентгеновского излучения 2 – 20 кэВ 	МИФИ, Россия; Физико-технический институт (ФТИ) им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия		
Рентгеновский и гамма- спектрометр «КОНУС-РФ»	Электромагнитное излучение солнечных вспышек и космических гамма-всплесков с энергией 10 кэВ – 12 МэВ, Подробное исследование области гамма-линий	ФТИ РАН, Россия		

Продолжение табл. 3

прооолжение таол. 3				
Рентгеновское излучение				
Быстрый рентгеновский монитор БРМ	Жесткое рентгеновское излучение 20 – 600 кэВ в шести каналах с временным разрешением до 2 – 3 мс	МИФИ, Россия		
Многоканальный монитор ультрафиолетовог о излучения ФОКА	 Жесткое УФ излучение в 3-х парах спектральных окон: 1 – 11 нм, 27 – 37 нм, 121,6 нм (Лайман-альфа); оккультационные измерения поглощения УФ-излучения в слоях атмосферы 150 – 500 км 	МИФИ, Россия;		
Телескоп солнечный/ изображающий спектрометр ТЕСИС	Регистрация изображений Солнца в узкополосных спектральных интервалах и монохроматических линиях излучения переходного слоя и короны: телескоп 130 - 136 Å, телескоп-коронограф 290 - 320 Å, корона (0,2 – 4) R _A спектрогелиометр 8,418 - 8,423 Å, 285 - 335 Å, фотометр-спектрогелиометр 1-12 Å, разрешение 0,05 Å. Поле зрения до 2 угл. град.	Физический институт (ФИ) им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия; Центр космических исследований Польской академии наук, Варшава, Польша		
Многоканальный солнечный фотометр СОКОЛ	Непрерывные измерения вариаций интенсивности оптического излучения Солнца в 7-ми спектральных каналах и диапазоне 280 - 1500 нм; поле зрения - 2°	Институт Земного Магнетизма, Ионо- сферы и Распрост- ранения Радиоволн (ИЗМИРАН) РАН, Троицк, Россия		
	Космические лучи			
Анализатор заряженных частиц «ЭЛЕКТРОН-М- ПЕСКА»	Регистрация потоков и энергетических спектров:	Научно- исследовательский институт ядерной физики (НИИЯФ) МГУ, Россия		
Телескоп электронов и протонов СТЭП-Ф	Регистрация потоков и спектров:	Харьковский национальный университет (ХНУ) им. В.Н. Каразина, Украина		
Обслуживающие системы КНА				
Магнитометр С М-8М	Измерение трех компонентов постоянного магнитного поля на орбите КА в диапазоне от –55 до +55 мкТл с погрешностью не более 0,3 мкТл	ФГУ НПП «Геологоразведка», Санкт- Петербург, Россия; МИФИ, Россия		

и регистрации научной информа-	Прием научной информации от 24 источников цифровых массивов (ИЦМ) по последовательному интер-	институт космических исследований (ИКИ)
· ·	фейсу со скоростью 62 или 125 Кбит/с и хранение в долговременной памяти;	РАН, Москва, Россия
TIX70 3.6	Подача питания на КНА и управление аппаратурой с помощью 160 разовых команд и командно- программной информации	ИКИ РАН, Россия ОАО «ОКБ ААЛАМ», Бишкек, Кыргызстан

3.2. Описание приборов КНА «ФОТОН», информация с которых используется в лабораторных работах

3.2.1. Спектрометр высокоэнергичных излучений «Наталья-2М»*

Научные задачи эксперимента:

исследование физических механизмов и условий ускорения электронов, протонов и ядер на различных фазах развития солнечных вспышек, а также определение физических параметров областей удержания (распространения) ускоренных частиц.

Цели эксперимента:

- изучение эволюции во времени энергетических спектров электромагнитного излучения широком энергетическом диапазоне от 0,3 МэВ до 2 ГэВ;
- регистрация нейтронов солнечного происхождения с энергиями 20 – 300 МэВ.

Прибор «Наталья-2М» состоит из регистрирующего блока, систем обработки и вывода информации и высоковольтного блока питания. Основные характеристики прибора приведены в табл. 4, внешний вид детектора антисовпадательной защиты регистрирующего блока показан на рис. 9, а схема регистрирующего блока – на рис. 10.

В регистрирующий блок прибора «Наталья-2М» входят два спектрометра, содержащие по восемь сцинтилляционных модулей

^{*}Разработчики аппаратуры: Ю.Д. Котов 1 , В.Н. Юров 1 , В.Т. Самойленко 1 , А.С.Гляненко 1 , А.И.Архангельский 1 , Е.Э.Лупарь 1 , И.В.Рубцов 1 , В.Г.Тышкевич 1 , В.В.Кадилин 1 , К.Ф.Власик 1 , П.Ю.Чистяков 2

¹Московский инженерно-физический институт, Россия ²ООО «Скинер», Москва, Россия

Таблица 4. Основные характеристики прибора «Наталья-2М»

Канал	Энергетическ ий диапазон, МэВ	Эффективная площадь, см ²	Энергетическое разрешение, <i>ΔЕ/Е</i>	Временное разрешение
	Рент	ген и гамма-излу	учение	
R (Roentgen)	0,3-2,5	920	10% (662 кэВ) изм.	1 мс
L (low gamma)	1 - 20	900	5% (2,5 МэВ) изм.	1 c
M (medium gamma)	7 – 200	800	6% (10 МэВ) расч.	1 c
H (high gamma)	50 – 2000	750	32% (500 МэВ) расч.	1 c
Нейтроны				
N (neutrons)	20 - 300	37 - 120	_	32 c

с кристаллами CsI(Tl), и защитные сцинтилляционные детекторы из полистирола.

Верхний спектрометр окружен антисовпадательной защитой, состоящей из колпака и плоского счетчика толщиной 1,5 см. Все сцинтилляционные модули спектрометров одинако-



модули *Рис. 9. Детектор антисовпадательной защиты АК*

вы и представляют собой блоки на основе кристаллов CsI(Tl) размером $4,5\times8\times36$ см. Блоки образуют два слоя (по четыре штуки в каждом), соседние слои повернуты относительно друг друга на 90° .

Каждый блок просматривается двумя фотоумножителями с противоположных сторон. Все измерительные каналы спектрометров при эксплуатации стабилизируются подачей сигналов от эталонного светового источника через волоконные световоды. Для абсолютной энергетической калибровки используются радиоактивные (р/а) гамма-источники "меченых" фотонов (60 Co). Выходные сигналы с противоположных предусилителей каждого блока сумммируются. В лабораторных условиях система стабилизации обеспечивает поддержание заданного усиления канала ФЭУ/электроника



Рис. 10. Регистрирующий блок спектрометра высокоэнергичных излучений «Наталья-2М»

не хуже 1,5% в широких диапазонах изменения температуры, напряжения питания, величины магнитного поля и загрузки спектрометра.

Неоднородность величины сигнала для различных положений р/а источника составляет около 2%. Измеренное на р/а источниках и оцененное численным

моделированием энергетическое разрешение для широкого параллельного пучка гамма-квантов составляет 10,0% (при $E=0,662~\mathrm{M}_{2}\mathrm{B}$); 6,0% (10 M₂B) и 32% (500 M₂B).

Разделение "гамма" и "нейтронных" событий осуществляется в верхнем спектрометре на основе анализа формы сцинтилляционного сигнала. Коэффициент n/γ -разделения около 10^3 .

3.2.2. Поляриметр жесткого рентгеновского излучения «ПИНГВИН-М»

Научные задачи эксперимента:

• исследование процессов накопления магнитной энергии и ее трансформации в энергию ускоренных частиц и излучений во время солнечных вспышек;

• изучение динамики процессов энерговыделения в слабых вспышках.

^{*}Разработчики аппаратуры: Ю.Д. Котов 1 , В.А. Дергачев 2 , В.Н. Юров 1 , А.С. Гляненко 1 , А.И. Архангельский 1 , Е.М. Круглов 2 , В.П. Лазутков 2 , Г.А. Матвеев 2 , Г.А. Пятигорский 2 , М.И. Савченко 2 , В.В. Хмылко 2 , Д.В. Скородумов 2 , Ю.А. Чичикалюк 2 , И.И. Шишов 2

¹ Московский инженерно-физический институт, Россия

 $^{^{2}}$ Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Цели эксперимента:

- измерение параметров линейной поляризации жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек в энергетическом диапазоне 20 – 150 кэВ;
- рентгеновская и гамма-спектроскопия солнечных вспышек в энергетическом диапазоне 18 450 кэВ;
- мониторинг мягкого рентгеновского излучения Солнца в диапазоне 2 20 кэВ.

Основные характеристики

Прибор «ПИНГВИН-М» позволяет измерять:

- 1) степень линейной поляризации рентгеновского излучения в диапазоне 20 150 кэB;
- 2) спектры излучения солнечных вспышек в диапазоне 18 450 кэВ (96 энергетических каналов);
- 3) спектры мягкого рентгеновского излучения в диапазоне 2 20 кэВ (12 каналов), в т.ч. в слабых ("тепловых") вспышках и на предвспышечной стадии.

Прибор работает в двух режимах: «ПАТРУЛЬ» и «ВСПЛЕСК».

Состав и принцип работы

Блок детекторов «ПИНГВИН-МД» (разрабатывается ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН) совместно с блоком электроники «ПИНГВИН-МЭ» (разрабатывается МИФИ) составляют научную аппаратуру «ПИНГВИН-М»

Блок «ПИНГВИН-МД» создан на основе сцинтилляционных и пропорциональных счетчиков. Связь блока «ПИНГВИН-МД» с бортовыми системами КА и ССРНИ осуществляется через блок «ПИНГВИН-МЭ».

В состав блока детекторов входят пять основных элементов (см. рис. 11):

- 1. Детектор-рассеиватель жесткого рентгеновского излучения сборка в виде диска из 4-х секторов кристаллов паратерфенила с приклеенными ФЭУ, включающими делители напряжения, предусилители и источники высоковольтного питания (ИВП).
- 2. Шесть детекторов рассеянного и прямого рентгеновского и гамма-излучения, собранные в правильный шестигранник вокруг рассеивателя. Каждый детектор содержит кристалл NaI(Tl), защиту от фона заряженных частиц по схеме "фосвич" и сборку ФЭУ.

- 3. Верхний антиэкранный детектор диск из пластического сцинтиллятора с ФЭУ.
- 4. Нижний антиэкранный детектор в виде стакана из пластического сцинтиллятора с двумя ФЭУ, охватывающий детектор-рассеиватель снизу и по боковой поверхности.
- 5. Две сборки детекторов мягкого рентгеновского излучения пропорциональные счетчики, предусилители, ИВП и блок аналогоцифровой обработки сигналов.

Степень линейной поляризации и позиционный угол плоскости поляризации жесткого рентгеновского излучения измеряются по асимметрии комптоновского рассеяния в случае поляризации падающего потока. Для этого используются детекторы-рассеиватели на основе паратерфенила, регистрирующие электроны отдачи при комптоновском рассеянии (методом совпадений), и детекторы из NaI(Tl) для регистрации рассеянного излучения.

В диапазоне энергий 20-500 кэВ регистрируется излучение, падающее на торцевые поверхности детекторов рассеянного излучения (в антисовпадении с импульсами от детекторарассеивателя). В диапазоне 20-150 кэВ излучение регистрируется детектором- рассеивателем (в антисовпадении с импульсами от детекторов рассеянного излучения).

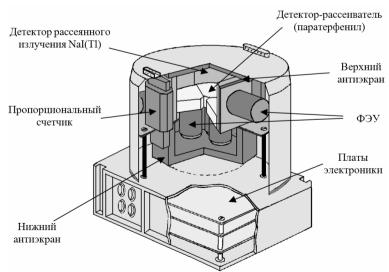


Рис. 11. Конструкция блока детекторов «ПИНГВИН-МД»

Спектры мягкого рентгеновского излучения в интервале $2-20~\rm kpB$ регистрируются двумя взаимозаменяемыми пропорциональными счетчиками с бериллиевыми входными окнами и наполнением чистым ксеноном. Ширина энергетических каналов меняется от $0.2~\rm go \sim 2~\rm kpB$ с ростом энергии квантов.

Для защиты от фона заряженных частиц и повышения стабильности работы используются верхний и нижний антисовпадательные детекторы (антиэкраны). Эффективность регистрации фона всеми антиэкранами – не хуже 0,999.

Системы стабилизации энергетической шкалы детекторов и контроля симметрии поляриметра позволяют поддерживать стабильность на уровне 1%.

Общий вес прибора «ПИНГВИН-М» составляет 43 кг, вес блока детекторов – 35 кг.

3.2.3. Быстрый рентгеновский монитор БРМ* Научные задачи эксперимента:

- исследование процессов накопления магнитной энергии и ее трансформации в энергию ускоренных частиц и излучений во время солнечных вспышек;
- изучение динамики процессов энерговыделения в слабых вспышках.

Цели эксперимента:

- быстрый мониторинг жесткого рентгеновского излучения Солнца в энергетическом диапазоне 20 600 кэВ с временным разрешением до 2 3 мс;
- определение временного профиля вспышек рентгеновского излучения на Солнце в шести поддиапазонах энергии.

быстрый

сцинтилляционный

Основные характеристики

приборе

детектор на основе алюмоиттриевого перовскита, активированного церием $YAlO_3(Ce)$. Основные параметры: время высвечивания — 28нс; плот-ность — 5,35 г/см³; максимальная длина волны в испускаемом спектре — 347 нм.

используется

Московский инженерно-физический институт, Россия

^{*}разработчики аппаратуры: Е.В. Федоровых, Ю.Д. Котов, В.Н. Юров, А.И.Архангельский, А.С. Гляненко, М.Ю.Запорожцев

Таблица 5. Параметры энергетических поддиапазонов прибора БРМ

Номер канала	Диапазон, кэВ	Эффективная площадь, см ²	Временное разрешение
1	20 - 30	20	
2	30 - 40	20	
3	40 – 50	20	
4	50 – 70	20	до 2 – 3 мс
5	70 - 130	20	до 2 — 3 мс
6	130 - 600	15	
7	20 - 600	15	
8	> 600	20	

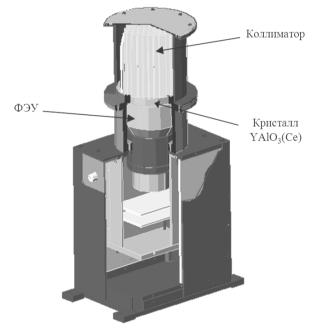


Рис. 12. Блок детектора БРМ-Д

Кристалл имеет форму цилиндра диаметром 70 мм и высотой 10 мм. БРМ регистрирует излучение в шести дифференциальных и двух интегральных каналах в диапазоне энергий 20 - 600 кэВ (см. табл. 5).

Прибор состоит из блока детектора БРМ-Д (см. рис. 12), который устанавливается вне гермоотсека и блока электроники БРМ-ЭМ, расположенного в гермоотсеке.

Принцип работы

Для уменьшения фона перед кристаллом установлен коллиматор с углом зрения 6°. Измерительный канал стабилизируется с помощью импульсов от прецизионного светового источника (светодиода), установленного в коллиматоре перед кристаллом. Время реакции системы стабилизации 1с. Система стабилизации регулирует напряжение питания ФЭУ, что позволяет устранить, в частности, влияние выходных характеристик ФЭУ во время больших загрузок детектора. Сигналы с ФЭУ разделяются по амплитуде на шесть каналов, соответствующих энергетическим диапазонам, указанным в таблице, и поступают в блок электроники БРМ-ЭМ для дальнейшей обработки. В блоке БРМ-Д предусмотрены также два интегральных канала для гамма-излучения.

Масса всего прибора БРМ 19,5 кг, масса блока детектора БРМ-Д 5,5 кг.

3.2.4. Многоканальный монитор ультрафиолетового излучения

Научные задачи эксперимента:

- изучение механизмов возникновения и развития солнечных вспышек и вариаций солнечного излучения;
- изучение состояния верхних слоев атмосферы Земли.

Цели эксперимента:

- мониторинг ультрафиолетового Солнца излучения В диапазонах длин волн:
 - (1-11) HM; (27-37) HM; 121.6 HM;
- определение корреляции между потоками излучения в XUV/EUV-диапазоне потоками излучения других энергетических диапазонах;
- оккультационные измерения поглощения ультрафиолетового излучения Солнца в слоях атмосферы Земли с высотами 150 – 500 км.

Основные характеристики

Монитор ФОКА предназначен для измерения абсолютной интенсив-ности мягкого рентгеновского и вакуумного ультрафиолетового излучений диска Солнца с временным разрешением до 0,1с в трех парах спектральных окон в XUV/EUV-диапазоне и в одном – оптическом.

^{*}Разработчики аппаратуры: Ю.Д. Котов, А.В. Кочемасов, В.Н. Юров. Московский инженерно-физический институт, Россия

Во время оккультационной моды — наблюдения диска Солнца через земную атмосферу — сканирование верхних слоев атмосферы Земли позволит получить распределение температуры и плотности, уточнить теоретические и эмпирические модели термосферы и ионосферы.

Прибор ФОКА ориентирован на Солнце.

Основными частями прибора являются (см. рис. 13):

- блок детекторов ФОКА-ДМ, расположенный на платформе научной аппаратуры спутника, ориентируемой на Солнце;
- блок электроники, находящийся в гермоотсеке спутника.

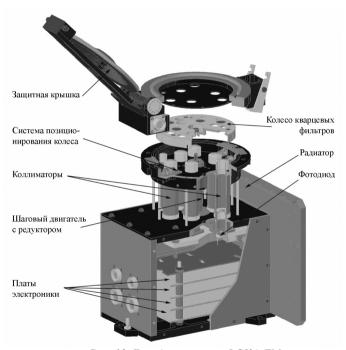


Рис. 13. Блок детекторов ФОКА-ДМ

В детекторе имеются семь каналов регистрации излучения (см. табл. 6). Каждый канал содержит кремниевый фотодиод фирмы AXUV в сборке с коллиматором, предусилитель и преобразователь «напряжение-частота-код». Спектральные диапазоны каналов N_1 , N_2 4 N_2 9, N_2 5 определяются фильтрами, нанесенными непосредственно на поверхность диодов.

Таблица 6. Параметры каналов регистрации излучения прибора ФОКА

Номер канала	Ширина спектрального диапазона, нм	Основные эмиссионные линии	Области возникновения
1	< 11		Корона
2	27 - 37	30,4 нм – НеІІ	Переходная область
3	121,6	Ly-α	Хромосфера
4	< 11		Корона
5	27 - 37	30,4 нм – HeII	Переходная область
6	121,6	Ly-α	Хромосфера
7	< 1100		Фотосфера

Каналы №3 и №6 имеют внешние интерференфильтры. шионные канале №7 фильтр отсутствует. Точность измерения абсолютной интенсивности порядка процентов нескольких от полного потока. Для измерения вклада фонов каналы могут перекрываться полностью поглощающими или кварцевыми фильтрами. В каждой паре эквивалентных каналов один,

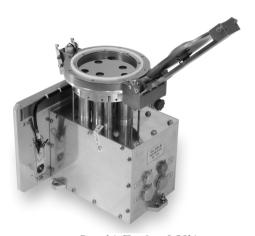


Рис. 14. Прибор ФОКА

основной, используется для постоянных измерений и один, резервный, для периодической калибровки основного. Подавляющую часть времени резервные каналы закрыты поглощающим корпусом детектора, что уменьшает деградацию этих каналов.

Масса блока детекторов ФОКА-ДМ составляет 3,3 кг. Фотография прибора ФОКА показана на рис. 14.

Примечание: Более подробное описание приборов, информация с которых используется для выполнения заданий по практикуму, содержится в Инструкциях по эксплуатации соответствующих приборов.

Раздел 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТОВ В КП

Комплекс наземных средств управления, планирования, приема, обработки, хранения и распространения научной (целевой) информации КА «КОРОНАС-ФОТОН», привлекаемых при проведении Программы научных исследований и экспериментов в космическом пространстве (ПНИ) КА «КОРОНАС-ФОТОН» включает в себя:

- центр управления полетом КА «КОРОНАС-ФОТОН» на базе ЦУП-М ФГУП «ЦНИИМаш» (ЦУП-М, г. Королев, Московская область);
- научный центр оперативного мониторинга Земли ФГУП «РНИИ КП» (НЦ ОМЗ, г. Москва) в составе:
- о приемный комплекс ПК-7 НЦ ОМЗ, используемый в качестве основного (штатного);
- о приемный комплекс ПК-2 НЦ ОМЗ используемый в качестве резервного (запасного);
- центр экспресс-обработки, накопления и хранения данных Института астрофизики МИФИ (ЦЭОНХД ИАФ МИФИ);
- рабочие места организаций-разработчиков научной аппаратуры проекта: МИФИ, ФИАН, ИЗМИРАН, НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН, ТАТА институт фундаментальных исследований (ТІFR), ФТИ РАН, ХНУ, ФГУ «НПП Геологоразведка», а также других пользователей научной информации (РМП);
- Средства связи и информационного обмена МИФИ-ЦУП, МИФИ-НЦ ОМЗ.

В целях проведения ПНИЭ КА «КОРОНАС-ФОТОН» МИФИ выполняет следующие функции:

- получает от ЦУП файл с начальными условиями движения КА (Ф002), заносит их в электронный архив и транслирует в НЦ ОМЗ;
- получает из ЦУП файл с расчетом зон радиовидимости КА «КОРОНАС-ФОТОН» по приемному пункту НЦ ОМЗ, заносит полученные данные в электронный архив;
- получает из НЦ ОМЗ план проведения профилактических и регламентных работ на технических средствах НЦ ОМЗ;
- составляет План-задание (исходные данные) для организации сеансов приема информации и передает их в НЦ ОМЗ.

План-задание формируется на одни сутки и поступает в НЦ ОМЗ до 14:00 предшествующих суток;

- получает с сервера НЦ ОМЗ по Интернет с использованием протокола FTP прошедшую первичную обработку информацию, принятую по двум радиочастотным каналам на ПК-7 и/или по этим же радиочастотным каналам на ПК-2, в формате, представленном в документе «Структура выходной информации комплекса ПК-7 при приеме сигнала КА «КОРОНАС-ФОТОН»;
- в течение 1 ч после каждого сеанса связи с КА получает из НЦ ОМЗ файл-отчет о качестве приема данных, причем формат файлов-отчетов должен соответствовать структуре описанной в документе «Структура служебных файлов-отчетов комплекса ПК-7 при приеме сигнала КА «КОРОНАС-ФОТОН»;
- записывает в базу данных эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН» первичные данные, принятые по всем каналам связи;
- ведет электронный архив поступившей информации с записью даты, времени и номера сеанса (витка);
- выделяет информацию ССРНИ из получаемых транспортных кадров БИС-КФ;
- осуществляет «сшивку» (отбор и сведение в единый файл, данных ССРНИ, соответствующих критериям целостности) телеметрических потоков, полученных по двум радиочастотным каналам;
 - проводит оценку качества «сшитой» информации;
- заносит «сшитые» данные в архив для долговременного хранения;
- разделяет файлы первичных данных ССРНИ полученные в сеансах, удовлетворяющих критериям целостности, по приборным признакам (цифровым источникам);
- размещает разделенные по цифровым источникам научные данные ССРНИ и служебные данные на FTP-сервере ЦЭОНХД ИАФ МИФИ для авторизованного доступа участников эксперимента (пользователей) не позже, чем через 2 ч после их поступления из НЦ ОМЗ;
- ведет протокол обращений участников эксперимента к архиву научных данных;
- не позднее, чем через 3 ч после очередного сеанса приема информации формирует для ЦУП донесение о выполнении сеанса приема целевой информации;

- получает из ЦУП телеметрическую информацию, касающуюся функционирования КНА.

МИФИ выполняет следующие функции по формированию для ЦУП заданий по управлению работой КНА.

- Дежурный оператор ЦЭОНХД регулярно считывает поступившие от пользователей заключения о функционировании приборов, составленные на основе экспресс-анализа, и запросы на планирование подачи управляющих команд. Полученная информация представляется в сводном виде и направляется в Оперативно-техническую группу проекта (ОТГП).
- Оперативно-техническая группа проекта составляет задание для подачи в ЦУП управляющих команд КНА «ФОТОН» с распределением приоритетов подачи команд, исходя из представленных заключений по работе аппаратуры и принятых оперативным руководством проекта решений. Оперативные решения принимаются на основании рекомендаций Научного совета проекта по программам исследований, информационных квот для отдельных приборов, анализа работоспособности приборов и технической возможности передачи заявленного объема управляющих команд.
 - ЦЭОНХД осуществляет передачу в ЦУП:
- экстренных заявок (для ближайшего сеанса связи) на подачу управляющих команд;
- «Плана работы КНА на неделю» (по средам, за неделю до начала плана);
- «Заявки на проведение сеанса управления КНА» не менее чем за 6 часов до времени ее реализации;
 - месячного отчета о результатах работы с КНА;
- донесения о выполнении сеанса приема целевой (научной) информации.
 - ЦЭОНХД получает из ЦУП:
 - «Программу сеанса связи» для согласования;
- экспресс-отчет о результатах реализации заявки на подачу управляющих команд;

Структура файлов и имен файлов, участвующих в обмене МИФИ с ЦУП определяется «Протоколом информационного обме-на ЦУП с МИФИ в процессе управления КА «КОРОНАС-ФОТОН»;

В рамках проведения научных экспериментов с использованием приборов и систем КА «КОРОНАС-ФОТОН» НЦ ОМЗ ФГУП «РНИИ КП» выполняет следующие функции.

- Получает из МИФИ начальные условия движения КА (Ф002) и План-задание для организации сеансов связи с КА по приему целевой (научной) информации. Структура файла начальных условий движения и Планов-заданий на прием целевой информации, а также порядок их подачи согласовывается МИФИ, ФГУП «РНИИ КП» и НЦ ОМЗ ФГУП «РНИИ КП» и утверждается Протоколом информационного взаимодействия МИФИ с НЦ ОМЗ.
- Обеспечивает прием информации с КА «КОРОНАС-ФОТОН» по двум радиоканалам одновременно на основном комплексе приема ПК-7 и, в случае необходимости, на резервном (запасном) комплексе приема ПК-2 в соответствии с Планом-заданием на прием целевой информации, поступающим из МИФИ.
- Передает в МИФИ План проведения профилактических и регламентных работ на технических средствах НЦ ОМЗ, сообщает об ограничениях на работу наземных комплексов.
- Размещает на своем FTP-сервере в течение 1 ч после приема информацию, принятую на приемном комплексе (после снятия помехозащищающего кодирования), и файлы-отчеты с оценкой качества принятой по каждому радиоканалу информации (сопутствующая информация).
- Осуществляет временное хранение информации в объеме до 10 Гбайт (с циклической перезаписью при превышении указанного объема данных) в оперативном архиве и долговременное хранение полного объема данных.

Для участников эксперимента (пользователей) принятая МИФИ целевая информация размещается для авторизованного доступа на FTP-сервере ЦЭОНХД ИАФ МИФИ в срок не позже 1 ч после приема с сервера НЦ ОМЗ.

Организации-разработчики научной аппаратуры в рамках проведения ПНИ с использованием соответствующих приборов КА «КОРОНАС-ФОТОН» выполняют следующие функции:

- проводят считывание с FTP-сервера ЦЭОНХД ИАФ МИФИ (по авторизованному доступу) научной (целевой) информации своего прибора;

- проводят экспресс-анализ принятой информации и размещают на FTP-сервере ЦЭОНХД ИАФ МИФИ файлы-отчеты о результатах экспресс-анализа данных;
- проводят учет и хранение принятых данных, их индексацию в базе данных;
- формируют файлы-запросы на подачу команд управления (экстренных, суточных и недельных) в форме, соответствующей утвержденным протоколам, и передают их на FTP-сервер ЦЭОНХД ИАФ МИФИ

4.1. Порядок взаимодействия МИФИ с ЦУП

Из ЦУП в $\hat{\text{МИФИ}}$ осуществляется передача следующих видов информационных сообщений.

- Отчета о результатах реализации заявки на подачу управляющих команд по протоколу FTP в форме текстовых файлов не позднее, чем через 20 минут после окончания сеанса связи с KA.
- Начальных условий движения центра масс КА (форма 002) в форме текстовых файлов с периодичностью, определяемой технологическим циклом ЦУП.
- Предварительного Плана сеансов управления КА на следующую неделю, еженедельно, по средам, в форме текстовых файлов.
- Телеметрической информации, поступившая по служебному каналу (в расшифрованном виде в формате текстовых файлов), по запросу МИФИ.
- Программы сеанса связи (для согласования) по факсу не позднее, чем за 3 ч до сеанса подачи команд.
- Файла с расчетом зон радиовидимости КА «КОРОНАС-ФОТОН» по приемному пункту НЦ ОМЗ («Суточный прогноз», «Долгосрочный прогноз»).

Из МИФИ в ЦУП осуществляется передача следующих видов информационных сообщений:

- Экстренных заявок на подачу управляющих команд, а также Заявки на проведение сеанса управления КНА и План работы КНА на неделю, не позднее, чем за 3 ч, 6 ч и за неделю до сеанса управления КНА соответственно.
- Донесений о выполнении сеанса приема целевой информации, не позднее, чем через 3 ч после очередного сеанса приема целевой информации.

• Месячного отчета о результатах работы с КА, не позднее, чем через три дня по окончании календарного месяца.

Структура файлов, имен файлов и передаваемых документов для информационного обмена МИФИ и ЦУП определяется «Протоколом информационного обмена ЦУП с МИФИ в процессе управления КА «КОРОНАС-ФОТОН».

В рамках проведения научных экспериментов с использованием приборов и систем КА «КОРОНАС-ФОТОН» ЦУП выполняет подготовку временных последовательностей управляющих команд «свет/тень» и «благоприятная/неблагоприятная зона» на КА (по исходным данным СГК).

Раздел 5. СБОР И ОБРАБОТКА НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Общая функциональная схема приема и распространения целевой (научной) и управляющей информации в проекте «КОРОНАС-ФОТОН» приведена на рис. 15.

Сбор целевой (научной) информации на борту КА осуществляется Системой сбора и распределения научной информации (ССРНИ). Каждый из приборов КНА «ФОТОН» имеет один или несколько признаков источника цифрового массива (ИЦМ). Для записи данных во внутреннюю память ССРНИ все 24 ИЦМ опрашиваются ССРНИ по выставленному флажку «данные готовы», причем передача данных от ИЦМ в ССРНИ ведется массивами по 960 бит в последовательном коде на скоростях 62,5 или 125 кбит/с (в соответствии с табл. 7). Общая информационная емкость памяти ССРНИ составляет 8 Гбит (1 Гб), причем распределение памяти между ИЦМ производится в соответствии с заранее выставленными квотами. Режим квотирования информации в процессе летных испытаний (ЛИ) может изменяться по командам Оператора проекта. Весь объем информации, хранимой во внутренней памяти ССРНИ, подвергается помехозащищающему кодированию.

Вывод научной (целевой) информации в бортовую радиолинию осуществляется через БИС-КФ (Бортовую Информационную Систему – «КОРОНАС-ФОТОН»). При этом ССРНИ в режиме реального времени снимает помехозащищающее кодирование, и на вход БИС-КФ информация поступает в виде отдельных кадров ССРНИ (табл. 8).

СХЕМА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ НКУ, НКПОИ И КА

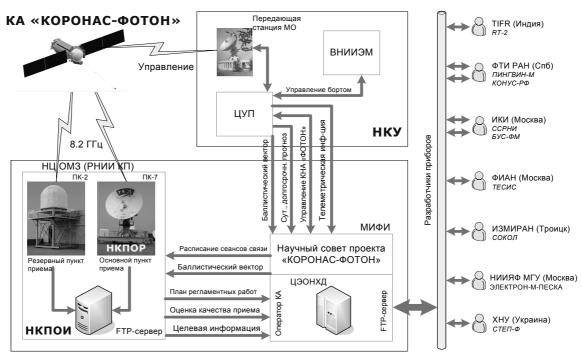


Рис. 15. Общая функциональная схема приема и распространения целевой (научной) и управляющей информации в проекте «КОРОНАС-ФОТОН».

В процессе ЛИ передача целевой (научной) информации на приемную станцию НЦ ОМЗ будет производиться на четырех витках (двух последовательных восходящих или нисходящих) в ходе двух сеансов связи в сутки. Прием информации будет вестись основным (ПК-7) или резервным (ПК-2) приемными комплексами НЦ ОМЗ по двум радиочастотным каналам одновременно на частотах 8128 и 8320 МГц со скоростью 7,68 Мбит/с (без избыточного кодирования) или 15,36 Мбит/с (с избыточным кодированием).

Таблица 7. Распределение ИЦМ

N	Источник	Пропускная способность ССРНИ для данного ИЦМ (байт/сутки)	Скорость передачи массива, кбит/с	Средняя скорость передачи информации, байт/с (бит/с)	Макс. время паузы между массивами, мс
1	Наталья-2M (R1+R2)	221184000	125	2400 (19200)	42
2	Наталья-2M (R3+R4)	221184000	125	2400 (19200)	42
3	Наталья-2М (БВРВ)	55296000	62.5	600 (4800)	184
4	СОКОЛ	55296000	125	2400 (19200)	42
5	Наталья-2M (L+T)	55296000	62.5	600 (4800)	184
6	Наталья-2М (М+Н)	55296000	62.5	600 (4800)	184
7	Наталья-2М (НГР)	221184000	125	2400 (19200)	42
8	PE3EPB	55296000	62.5	600 (4800)	184
9	ФОКА	55296000	62.5	600 (4800)	184
10	БРМ	221184000	125	2400 (19200)	42
11	ПИНГВИН-М	55296000	62.5	600 (4800)	184
12	PE3EPB	55296000	62.5	600 (4800)	184
13	КОНУС РФ-1	55296000	62.5	600 (4800)	184
14	КОНУС РФ-2	55296000	62.5	600 (4800)	184
15	ЭЛЕКТРОН-М- ПЕСКА	55296000	62.5	600 (4800)	184
16	СТЭП-Ф	55296000	62.5	600 (4800)	184
17	PE3EPB	55296000	62.5	600 (4800)	184
18	PE3EPB	55296000	62.5	600 (4800)	184
19	RT-2-1	55296000	125	600 (4800)	192
20	RT-2-2	55296000	125	600 (4800)	192
21	ТЕСИС-1	221184000	125	2400 (19200)	42
22	ТЕСИС-2	221184000	125	2400 (19200)	42
23	ТЕСИС-3	221184000	125	2400 (19200)	42
24	PE3EPB	55296000	62.5	600 (4800)	184

Таблица 8. Структура кадра целевой (научной) информации ССРНИ

Номер	Содержание	Значение байта		Примечание
байта	Содержание	dec	hex	Примечание
1		124	7C	
2	Маркер кадра ССРНИ (4 байта)	110	6E	
3		161	A1	
4		44	2C	
5	Идентификатор кадра (1 байт)	0255	0FF	Идентификатор кадра
6	Порядковый номер кадра	0255	0FF	Старший байт
7	(2 байта)	0255	0FF	Младший байт
8127	Массив информации (120 байт)	0255	0FF	
128	Контрольная сумма* (1 байт)	0255	0FF	

Таблица 9. Структура транспортного кадра БИС-КФ в режиме НП-1

Номер	Солоничания	Значение байта		Принамания
байта	Содержание	dec	hex	Примечание
1		26	1A	
2	Маркер транспортного кадра	207	CF	
3	(4 байта)	252	FC	
4		29	1D	
5	Служебный канал (1 байт)	0255	0FF	
6	Порядковый номер	0255	0FF	Младший байт
7	транспортного кадра	0255	0FF	
8	(3 байта)	0255	0FF	Старший байт
91024	Целевая информация (1016 байт)	0255	0FF	

Поступающая информация пакуется в транспортные пакеты БИС-КФ (табл. 9, 10), а так же подвергается ряду иных преобразований, перед выдачей в радиолинию (рис. 16.)

Расчет времени вхождения КА в радиоконтакт с приемным комплексом осуществляется Оператором проекта. При этом Оператор проекта рассчитывает точное время входа КА в зону приема с углом места выше 50 и выход из этой зоны. На основе этого расчета Оператором проекта заранее подготавливаются и направляются в ЦУП К-Ф управляющие команды для включения «Установки штатного режима сброса накопленной научной информации БИС-КФ» (Циклограмма №27). По итогам сеанса приема информации



Рис. 16. Функциональная схема преобразований информации перед выдачей в радиоканал



Рис.17. Функциональная схема преобразований информации в приемном тракте

Таблица 10. Структура транспортного кадра БИС-КФ в режиме НП-2

	, 12 21 1 1			
Номер	Содержание	Значени	ие байта	Применение
байта	Содержание	dec	hex	Примечание
1	Маркер начала	26	1A	
2	транспортного кадра	207	CF	
3	(4 байта)	252	FC	
4		29	1D	
5	Служебный канал (1 байт)	0255	0FF	
6	Порядковый номер	0255	0FF	Младший байт
7	транспортного кадра (3 байта)	0255	0FF	
8	траненортного кадра (3 байта)	0255	0FF	Старший байт
9896	Информация ССРНИ (888 байт)	0255	0FF	

Оператор проекта сравнивает расчетное и реальное время вхождения КА в радиоконтакт с приемным комплексом, и направляет отчет о сеансе приема в ЦУП К-Ф и иным заинтересованным организациям.

Информация, поступившая на приемную станцию, подвергается декодированию (снятию помехозащищающего кодирования Рида-Соломона и свёрточного кодирования), снабжается аннотирующим RSML-заголовком (рис. 17). К файлам целевой (научной) информации дописываются файлы сопутствующей информации, характеризующие качество сеанса приема. По итогам каждого сеанса приема в целевую директорию FTP-сервера НЦ ОМЗ не позднее чем через один час после сеанса связи, поступают 4 файла целевой (научной) информации (с двух витков по двум каналам) и 4 файла соответствующей им сопутствующей информации. с FTP-сервера Информация нц омз автоматизированным программно-аппаратным комплексом ЦЭОНХД ИАФ записывается на FTP-сервер ЦЭОНХД ИАФ МИФИ. Связь осуществляется по каналу Интернет.

Аппаратный комплекс ЦЭОНХД (рис. 18), представляет собой совокупность кластеров интернет-серверов, баз данных, рабочих мест операторов проекта и автоматизированных рабочих мест для экспресс-анализа данных, а так же сопутствующего сетевого оборудования (в том числе систем защиты каналов от несанкционированного доступа).

Структура аппаратных средств ЦЭОНХД, предполагает дублирование и горячее резервирование всех систем. Так, при выходе из строя одного из серверов кластера интернет-серверов, функции

обеспечения работы каналов связи интернет и выделенного канала связи с ЦУП К-Ф, автоматически переключается на второй сервер кластера. При этом каналы связи Интернет также дублированы: в случае выхода из строя основного канала Интернета (по выделенной линии от Центра системной интеграции МИФИ), система автоматически переключается на независимый ADSL-канал (по телефонной линии от коммерческого провайдера услуг Интернет). Аналогично, в случае выхода из строя одного из серверов кластера баз данных, второй сервер принимает на себя все функции автоматически. Файловый RAID-массив сделан по технологии RAID-5, включающей функции зеркалирования (перераспределе-ние поступающих данных между 16 дисками массива); при одновременном выходе из строя трех жестких дисков массива информация, записанная в RAID, не будет утеряна, а будет восстановлена с прочих дисков массива.

Система защиты каналов связи ЦЭОНХД, включает в себя мааршрутизаторы CISCO, работающие в функции аппаратного firewall. При этом все входящие порты TCP-IP, кроме тех, что необходимы для выполнения целевых функций системы аппаратных средств ЦЭОНХД, закрыты. Кроме того, используется аппаратный фильтр IP-адресов при доступе к СУБД ЦЭОНХД. Сервера баз данных находятся в независимой подсети, т.е. в локальной сети ЦЭОНХД.

С момента поступления на сервер целевая (научная) и сопутствующая информация индексируется в СУБД ЦЭОНХД, и записывается на долговременное хранение в файловый RAID-массив на кластере серверов баз данных ЦЭОНХД. После этого целевая (научная) информация поступает на обработку средствами специального ПО ЦЭОНХД по схеме, представленной на рис. 18):

- из транспортных потоков принятых данных выделяется целевая (научная) информация, удаляются RSML-заголовки и заголовки транспортных пакетов;
- проводится проверка целостности кадров научной информации ССРНИ по каждому из каналов на основе признака контрольной суммы кадра (128 байт) и составляется список целостных кадров, в каждом из каналов;
- проводится объединение информации из двух каналов в единый поток («сшивка»), содержащий максимальное количество целостных кадров ССРНИ из обоих каналов;

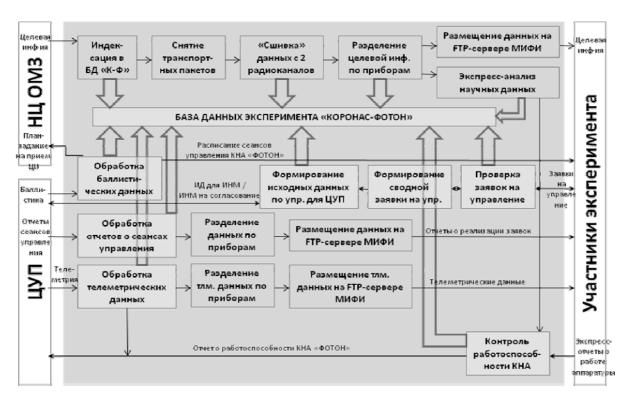


Рис. 18. Схема специального ПО ЦЭОНХД ИАФ МИФИ и информационный обмен со смежными организациями.

- нецелые кадры ССРНИ (с нарушенными контрольными суммами или неполным размером), помещаются в отдельный файл, уникальный для каждого сеанса приема информации;
- информация, содержащаяся в едином потоке подвергается разделению по признаку идентификатора кадра (указывающего на прибор-источник информации, согласно табл. 11);
- информация, разделенная по приборам-источникам, индексируется в СУБД ЦЭОНХД и размещается в файловый RAID-массив для долговременного хранения, а копия целевой (научной) информации по каждому из приборов за последние 30 дней полета размещается для авторизованного доступа пользователей и разработчиков приборов на FTP-сервере ЦЭОНХД ИАФ МИФИ.

Таблица 11. Список идентификаторов цифровых источников

Прибор	Цифровой источник	Идентифи катор кадра		Цифровой источник	Идентифи катор кадра
	R1+R2	00	КОНУС-РФ	КОНУС-2	13
НАТАЛЬЯ-2М	R3+R4	01	ЭЛЕКТРОН- М-ПЕСКА	ЭЛЕКТРОН- М-ПЕСКА	14
	БВРВ	02	СТЭП-Ф	СТЭП	15
СОКОЛ	СОКОЛ	03	RT-2	RT-2-1	18
	L+T	04	K1-2	RT-2-2	19
НАТАЛЬЯ-2М	M+H	05		ТЕСИС-1	20
	НГР	06	ТЕСИС	ТЕСИС-2	21
ФОКА	ФОКА	08		ТЕСИС-3	22
БРМ	БРМ	09		ССРНИ-1	48
ПИНГВИН-М	ПИНГВИН-М	10	ССРНИ	ССРНИ-2	55
КОНУС-РФ	КОНУС-1	12		ССРНИ-ТЕСТ	62

Информация для разработчиков приборов размещается в директориях согласно Протоколу информационного обмена между МИФИ и участниками эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН» (рис. 19), не позднее, чем через два часа после получения информации с приемной станции НЦ ОМЗ. Кроме целевой (научной) информации для доступа пользователей, размещается баллистическая информация в Ф002 и TLE форматах, а так же данные телеметрической системы.

Пользователи информации в течение одного часа рабочего времени должны обнаружить вновь поступившую информацию и забрать ее с FTP-сервера ЦЭОНХД на локальные рабочие места для экспресс-обработки информации. В процессе экспресс-обработки

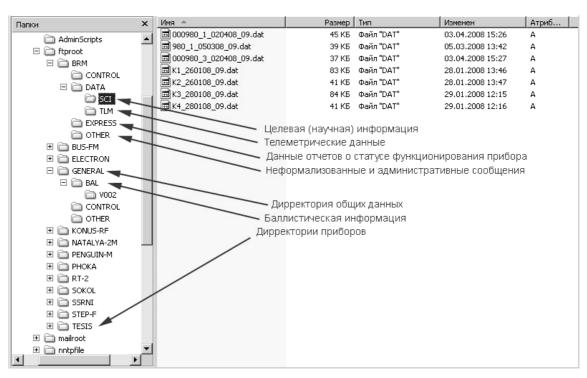


Рис. 19. Дерево каталогов FTP-сервера ЦЭОНХД ИАФ МИФИ

разработчики аппаратуры должны установить статус ее работоспособности.

Для этого проводится анализ целевой (научной) информации, и выборочные сравнения показаний всех датчиков и детекторов, размещенных на приборе, с прогнозируемыми значениями. В случае возникновения подозрений в неработоспособности какого-либо из узлов оборудования разработчики должны провести дополнительный анализ всей имеющейся целевой (научной) информации по данному датчику или детектору, а также проверить показания телеметрического оборудования: уровни температуры и напряжения на соответствующем узле прибора, суммарное потребление мощности и т.д.

По итогам экспресс-анализа поступивших данных организацияразработчик прибора должна выложить в целевую директорию на FTP-сервере ЦЭОНХД отчет о статусе функционирования прибора в форме, соответствующей Протоколу информационного обмена между МИФИ и участниками эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН».

На основе всех поступивших отчетов о статусе функционирования приборов КНА «ФОТОН», сотрудники ЦЭОНХД ИАФ МИФИ готовят сводный отчет о функционировании КНА «ФОТОН» для представления его в СГК, ЦУП или другие заинтересованные ведомства.

Управление КНА «ФОТОН» осуществляется ЦУП К-Ф по программе, подготовленной Оператором проекта.

Для обеспечения надежной и защищенной связи между Оператором проекта МИФИ и ЦУП К-Ф развернут выделенный канал связи по технологии ВОЛС (провайдер канала МТК «КОМКОР»). На оконечном оборудовании МИФИ и ЦУП К-Ф, обеспечивается разделение канала на голосовой и файловый потоки. Канал является выделенным, с прямой адресацией по IP-адресам оконечного оборудования, что гарантирует систему управления КА от несанкционированного доступа. При этом, в случае аварии на линии связи, провайдер обязуется восстановить связь в течение одного часа.

Файлообменным сервером является шлюзовой сервер ЦУП К-Ф, при этом МИФИ выступает как клиент FTP-сервера. В соответствующих директориях сервера (согласно Протоколу информационного обмена ЦУП с МИФИ в процессе управления КА «КОРОНАС-ФОТОН») со стороны ЦУП поступает информация:

- суточный и долгосрочный прогнозы радиовидимости КА (по трем пунктам управления МО РФ: П13, П14 и П15, а так же по приемной станции НЦ ОМ3: «Отрадное»), баллистическая форма Ф002;
- программа сеанса связи (после утверждения ИНМ по научной аппаратуре), и программы сеанса связи по сервисным системам СГК;
- экспресс-отчет о результатах сеанса управления, результаты обработки оперативных каналов (ИОК-1, ИОК-2);
 - файл расшифрованной телеметрической информации;
- информация о заказанных средствах НКУ, другие административные сообщения.

Со стороны Оператора в ЦУП К-Ф поступает информация:

- список управляющих команд для передачи в сеансе связи и информационные массивы для формирования сеанса управления КНА «ФОТОН»;
- донесение о результатах сеанса приема целевой (научной) информации;
- план работы КНА «ФОТОН» на неделю, прочие административные сообщения.

Данные суточного и долгосрочного прогнозов вместе с формой Ф002 используются Оператором для планирования сеансов связи и управления КА, а также для планирования сеансов приема информации на приемный комплекс НЦ ОМЗ. На основании этих данных Оператором формируется План работы КНА «ФОТОН» на неделю (для отправки в ЦУП К-Ф) и План-задание на прием информации (для отправки в НЦ ОМЗ).

От разработчиков приборов на FTP-сервер ЦЭОНХД поступают заявки на управление аппаратурой КНА «ФОТОН», в формате соответствующем Протоколу информационного обмена между МИФИ и участниками эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН». В ЦЭОНХД производится компилирование из частных заявок на управление, общей заявки, с расстановкой всех приборов по временам и типам выдаваемых команд. При этом Оператором формируются исходные информационные массивы для составления фраз КПИ следующих типов: «Выдача разовых КС со словами данных в заданные времена по БШВ» (№10), «Передачи КПИ в ССРНИ» (№6), «Выдача разовых программных команд в БВКУ в заданное время по БШВ» (№8), «Выдача разовых КС в ОУ с интервалом относительно друг друга» (№9). Кроме того, для прибора ТЕСИС

могут использоваться фразы КПИ «Передача информации в ССРНИ для транслирования в прибор ТЕСИС» (№21 и №22).

Оператор при составлении общей заявки на управление КНА «ФОТОН» проверяет, чтобы выдача команд для разных приборов не совпадала по времени, проверяет синтаксис команд для данного прибора, а так же следит за соблюдением квоты на управление, выделенной для всего КНА. В случае возникновения ошибок или наложений, дежурная смена ЦЭОНХД в оперативном режиме разрешает возникшие проблемы.

После составления общей заявки на подачу команд управления от всех разработчиков приборов Оператор преобразует данные к виду ИНМ в соответствии с Протоколом информационного обмена между ЦУП и МИФИ в процессе управления КА «КОРОНАС-ФОТОН» и направляет их в ЦУП К-Ф. ЦУП К-Ф сопоставляет данные с планом сеанса управления, составленным СГК по бортовым системам КА, и формирует Программу сеанса связи, которая направляется по факсу для утверждения в СГК и Оператору проекта.

Данные из ЦУП К-Ф в формате цифровых массивов поступают на передающие пункты МО РФ, откуда, с использованием КИС «Компарус» передаются на борт КА. По поступлению на борт вся командная информация направляется в Бортовую Управляющую Машину (БУМ) и Бортовой Комплекс Управления (БКУ). В зависимости от использованного типа фраз КПИ, БУМ распределяет команды, выдавая их по времени в БУС-ФМ (разовые команды) или в ССРНИ (управляющие командные слова). Память БУМ позволяет хранить до 3 Кб коман-дной информации для КНА, при этом за один сеанс может быть передано 30 разовых команд и 52 Кбит информации в КПИ. ЦУП К-Ф обеспечивает оперативность управления в начальный период полета — на всех видимых витках, при штатной эксплуатации — 1 сеанс управления в сутки.

По окончании сеанса управления ЦУП К-Ф формирует экспресс-отчет о сеансе управления, и размещает его вместе с данными ИОК в целевой директории на шлюзовом сервере ЦУП. Там же размещается расшифрованная телеметрическая информация. Оператор обеспечивает доступ участников эксперимента к указанным данным, и представляет заинтересованным организациям подробные данные телеметрии, приходящие по каналу целевой (научной) информации. На основе всех этих данных, разработчики приборов делают выводы о результатах сеанса управления и, в случае необходимости, корректируют программу работы прибора в будущем.

Лабораторная работа №1. Работа с клиентской частью СУБД ЦЭОНХД

<u>Результат работы:</u> полученные из БД ЦЭОНХД файлы дан-ных, относящиеся к указанному преподавателем прибору и интер-валу дат наблюдения, которые должны быть размещены в указан-ной преподавателем директории на компьютере рабочего места.

В процессе выполнения данной лабораторной работы студенты приобретают навыки обращения с базой данных СУБД ЦЭОНХД и выбора определенных полей для анализа информации.

Преподаватель выдает студентам таблицу, содержащую параметры поиска по базе данных (см. табл. 1.1). Студенты осуществляют поиск в базе данных по заданным параметрам и получают один или несколько файлов, которые они должны разместить в указанной преподавателем директории для последующего анализа.

Таблица 1.1. Пример параметров поиска по базе данных ЦЭОНХД

	whep mapas		поиски по бизе бинных ЦЭОПЛД	
Студент:		Груп	па:	
Параметры поис	ска	Найти данные, полученные:		
По номеру витка сброс	ca	1. Ha	а витке 83	
данных		2. 3a	все витки после 150	
		3. M	ежду 101 и 118 витками	
		4.		
По дате сброса данных	[1. 3a	10.03.2009	
1		2. 3a	март 2009	
		3. M	ежду 21.03.2009 и 18.04.2009	
		4.		
Для приборов (ЦИ)		1. 00 Наталья-2M (R1+R2)		
		2. 08	3 Фока	
		3. 09	Э БРМ	
		4.		
Результаты поиска:				
Прибор (ЦИ)	Дата	Виток	Имя файла	
1. Наталья-2M (R1+R2)	10.02.2009	102	000102 10022009 1324 00.dat	
2.				
3.				
Преподаватель:			Дата:	

Методика работы с СУБД ЦЭОНХД

Для начала работы с клиентской частью СУБД ЦЭОНХД следует в операционной среде Windows XP запустить файл client1.exe.

Интерфейс клиентской части СУБД ЦЭОНХД представляет собой окно с заголовком «СУБД К-Ф», содержащее четыре вкладки, соответствующие типам индексируемых файлов: «Файлы с 2-х каналов связи», «Сшитые исходные файлы», «Исходные файлы, сортированные по приборам», «FITS-файлы» (рис. 1.1).

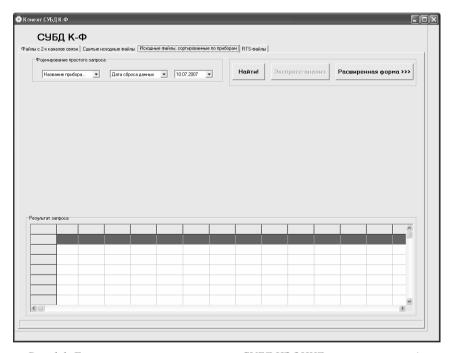


Рис. 1.1. Главное окно клиентской части СУБД ЦЭОНХД с открытой вкладкой «Исходные файлы, сортированные по приборам»

При запуске файла client1.exe автоматически производится попытка соединения с сервером MySQL, по параметрам, записанным в конфигурационном файле. В случае неудачного подключения, в строке состояния, расположенной в нижней части окна программы выводится сообщение об ошибке и параметры соединения. Пример такого сообщения приведен на рис. 1.2.

MySQL_connect: Failed to connect to database: Can't connect to MySQL server on '192.168.1.1' (0)

Рис. 1.2. Сообщение об ошибке соединения с сервером MySQL базы данных спутникового эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН»

Для повторной попытки подключения к серверу базы данных следует в главном меню программы вызвать вкладку «Сервер MySQL» и выбрать строку «Подключиться...» (рис. 1.3).

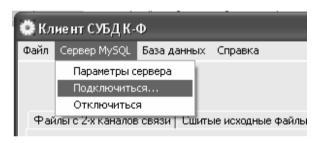


Рис. 1.3. Вид главного меню программы с открытой вкладкой «Сервер MySQL»

В случае нескольких неудачных попыток соединения (при верно записанных параметрах сервера в конфигурационном файле) следует обратиться к системному администратору ЦЭОНХД ИАФ МИФИ.

При удачном подключении к MySQL-серверу базы данных спутникового эксперимента «КОРОНАС-ФОТОН» в той же строке состояния в нижней части окна программы будем выведено сообщение «MySQL_connect: Connection to MySQL server is SUCCSSESFULL!!!» об успешном установлении связи с сервером.

Работа с исходными файлами, сортированными по приборам

Далее приводится описание работы с клиентской частью СУБД ЦЭОНХД на примере работы с вкладкой «Исходные файлы, сортированные по приборам», т.к. именно с ней будут работать

разработчики аппаратуры для выборки файлов данных на экспрессанализ и студенты в лабораторных работах.

По умолчанию работа программы начинается с режима формирования запроса в простой форме.

В этом случае окно программы содержит:

- главное меню программы;
- панель кнопок, в которую входят:
 - о экранная кнопка «Найти!»;
 - о экранная кнопка «Экспресс-анализ»;
 - о экранная кнопка «Расширенная форма»;
- панель «Формирование простого запроса»;
- панель «Результат запроса».

Для поиска интересующих файлов следует в панели «Формирование простого запроса» в раскрывающемся списке выбрать, по какому из двух критериев будет вестись поиск: по номеру витка сброса данных или по дате сброса данных. При выборе значения «Дата сброса данных» в раскрывающемся списке правее при нажатии кнопкой «мыши» на стрелочку появится пиктограмма в виде месячного календаря, на котором можно осуществить ввод интересующей даты (рис. 1.4).

При выборе значения «Номер витка сброса данных» ввод номера витка в окошко правее раскрывающего списка можно осуществить с клавиатуры или нажатием экранных клавиш вверх и вниз кнопкой «мыши».

Для окончательного формирования простого запроса необходимо указать название прибора. В раскрывающемся списке приведен полный список оборудования КНА «ФОТОН» с указанием номера цифрового источника, а также добавлена возможность выбора файлов, куда были занесены «битые» или нераспознанные информационные кадры из исходных файлов. Также предусмотрена возможность выбора всех типов данных одновременно.

Отправка запроса в простой форме на исполнение производится однократным нажатием левой кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!».

На время обработки запроса в строке состояния, расположенной в нижней части окна, помещается сообщение «Запрос выполняется...», а курсор мыши принимает вид песочных часов.

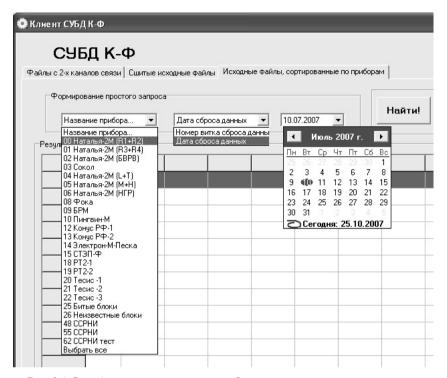


Рис. 1.4. Выпадающие списки в панели «Формирование простого запроса»

В результате обработки запроса в панель «Результат запроса» помещается таблица, а в строке состояния будет указано количество найденных записей в базе данных, удовлетворяющих введенному запросу (рис. 1.5). В случае отсутствия таковых, выводится сообщение о пустом результирующем наборе и рекомендация изменить критерии поиска.

Выбор интересующих записей из таблицы в панели «Результат запроса» осуществляется однократным нажатием кнопки «мыши» на соответствующую строку. Для дополнительных возможностей выделения диапазона или набора строк следует использовать клавиши Shift и Ctrl. Для выбора всего результирующего набора следует нажать кнопкой «мыши» на первый столбец первой строки таблицы, где изображен знак «№».

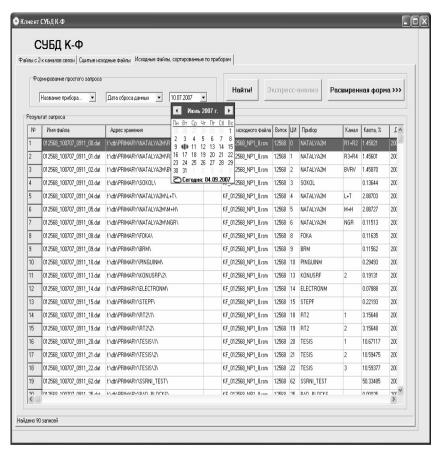


Рис. 1.5. Результат выполнения запроса в простой форме в главном окне клиентской части СУБД ЦЭОНХД

Экранная кнопка «Экспресс-анализ» и вкладка в главном меню программы «Файл—Закачать» становится активной при выделении хотя бы одной строки. Перечень выбранных строк отображается в строке состояния, расположенной в нижней части окна программы.

Для закачки файлов с кластера баз данных ЦЭОНХД ИАФ МИФИ необходимо в главном меню программы выбрать вкладку «Файл→Закачать». При этом откроется диалоговое окно сохранения файлов, где необходимо будет указать имя директории для закачки в нее файлов.

Для отправки файлов на экспресс-анализ, по окончанию процедуры выбора следует кнопкой «мыши» нажать на экранную кнопку «Экспресс-анализ». При этом ссылки на выбранные файлы будут переданы в программу экспресс-обработки, которая будет открыта в другом окне. При этом нет необходимости закрывать программу «Клиент СУБД ЦЭОНХД», т.к. реализована возможность их одновременной работы.

Для изменения (или уточнения) запроса к базе данных следует изменить (при необходимости) в раскрывающихся списках критерии запроса (виток или дата), ввести необходимые значения, выбрать название прибора и нажать кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!».

Для более детального поиска интересующих данных предусмотрена работа в режиме формирования сложного запроса. Для переключения в этот режим следует нажать кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Расширенная форма». При этом ее название изменится на «Простая форма».

В режиме формирования сложного запроса окно программы содержит (рис. 1.6):

- главное меню программы;
- панель кнопок, в которую входят:
 - о экранная кнопка «Найти!»,
 - о экранная кнопка «Экспресс-анализ»,
 - о экранная кнопка «Простая форма»;
- панель «Формирование сложного запроса», включая
 - о экранную кнопку «Очистить!»,
 - о экранную кнопку «Администратор»;
- панель «Сортировка»;
- панель «Результат запроса».

Формирование запроса производится по аналогии с работой по «Простой форме». Однако поиск можно осуществлять не только по названию прибора, номеру витка или дате сброса данных, но также и по имени файла, архивному адресу хранения файла, имени исходного файла (из которого были выделены информационные кадры, относящиеся к данному прибору), времени витка сброса данных, а также комбинаций этих условий с использованием логических операторов и операторов сравнения, допустимых в синтаксисе языка MySQL.

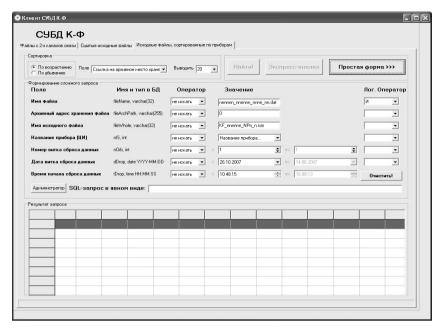


Рис. 1.6. Главное окно клиентской части СУБД ЦЭОНХД в режиме формирования сложного запроса

На панели «Формирование сложного запроса» расположены:

- столбец «Поле», содержащий имена полей таблицы, которые могут быть использованы для поиска файлов;
- столбец «Имя и тип в БД», в котором содержатся названия и тип полей в базе данных на сервере MySQL (используется для написания запросов в явном виде);
- столбец «Оператор», состоящий из выпадающих списков, содержащих операторы сравнения, которые могут быть применены для поиска по соответствующим полям;
- столбец «Значение», состоящий из элементов разных типов, позволяющих вводить корректные данные для поиска по соответсвующим полям;
- столбец «Лог. Оператор», состоящий из выпадающих списков, содержащих логические операторы, которые могут быть применены для создания логических связей между условиями поиска по различным полям;

- экранная кнопка «Очистить!», нажатием на которую производится сброс всех введенных значений, выбранных операторов сравнения и логических операторов на значения по умолчанию.
- экранная кнопка «Администратор», нажатием на которую осуществляется переход в режим администрирования (требуется пароль);
- строка «SQL-запрос в явном виде», где отображается на языке SQL сформированный в графической среде запрос, а в режиме администрирования строка доступна для редактирования и ввода пользовательского запроса к базе данных на языке SQL.

Для формирования запроса в графической среде, во-первых, необходимо выбрать из выпадающих списков оператор сравнения.

Для поля «Имя файла» доступны следующие операторы сравнения:

- «не искать» поиск по данному полю не производится;
- «=» (равно) производится поиск по точному совпадению с введенным значением;
- «!=» (не равно) производится поиск по всем значениям поля, кроме точно совпадающего с введенным значением;
- «%подобен%» производится поиск по всем значениям поля, содержащим введенные символы.

Для полей «Архивный адрес хранения файла», «Имя исходного файла» доступны аналогичные операторы сравнения.

Для поля «Название прибора (ЦИ)» доступны аналогичные операторы сравнения, кроме «%подобен%».

Для поля «Номер витка сброса данных» доступны следующие операторы сравнения:

- «не искать», «=», «!=» см. выше;
- «>», («>=») производится поиск по всем значениям поля, более (более или равно) введенного значения;
- «<», («<=») производится поиск по всем значениям поля, менее (менее или равно) введенного значения;
- «между» производится поиск по всем значениям поля, лежащим в интервале между двумя введенными значениями. При выборе оператора «между» окно для ввода второго значения становится активным

Для полей «Дата витка сброса данных», «Время начала сброса данных» доступны аналогичные операторы сравнения.

В столбце «Значение» для поиска по полю «Имя файла» следует ввести полное имя файла по указанному формату, либо часть имени файла (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Архивный адрес хранения файла» следует ввести полный путь к интересующим файлам, либо его часть (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Имя исходного файла» следует ввести полное имя исходного файла по указанному формату, либо часть имени исходного файла (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Название прибора (ЦИ)» следует в раскрывающемся списке выбрать название прибора аналогично работе в режиме формирования простого запроса.

Для поиска по полю «Номер витка сброса данных» следует ввести с клавиатуры либо с помощью экранных кнопок необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между») аналогично работе в режиме формирования простого запроса.

Для поиска по полю «Дата витка сброса данных» следует, аналогично работе в режиме формирования простого запроса, задать необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между»).

Для поиска по полю «Время начала сброса данных» следует ввести с клавиатуры либо с помощью экранных кнопок необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между»).

В столбце «Лог. Оператор» следует задать логическую связь между заданными условиями поиска. Для этого необходимо выбрать в выпадающих списках один из трех логических операторов («И», «ИЛИ», «ИЛИ НЕ») в строках полей, по которым будет вестись поиск (кроме последней).

Для исполнения запроса необходимо произвести однократное нажатие кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!» аналогично работе в режиме формирования простого запроса.

Результаты исполнения запроса аналогичны работе в режиме формирования простого запроса (рис. 1.7).

Для сброса веденных значений и задания нового запроса необходимо произвести однократное нажатие кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Очистить!».

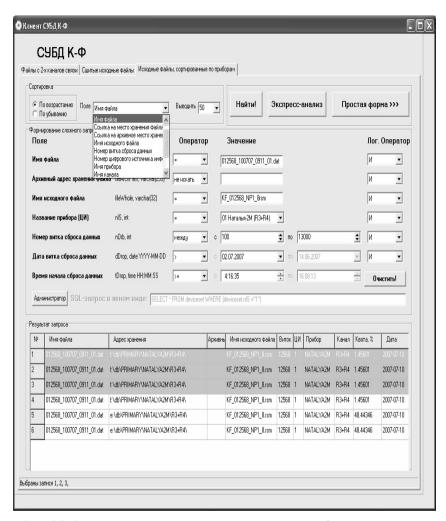


Рис. 1.7. Результат выполнения запроса в расширенной форме в главном окне клиентской части СУБД ЦЭОНХД

В режиме формирования сложного запроса доступна возможность сортировки данных в результирующем наборе. Для этого на панели «Сортировка» необходимо кнопкой «мыши» выбрать одно из значений в группе радио-кнопок: «По убыванию» или «По возрастанию». Далее необходимо указать в выпадающем

списке («Поле»). ПО какому полю необходимо провести сортировку. После этого В соседнем выпадающем списке («Выводить») указать какое максимальное количество записей набор результирующий должен содержать данных. сортировки необходимо произвести однократное выполнения нажатие кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!».

Выбор записей из результирующего набора и их закачка и отправка на экспресс-анализ аналогичны работе в режиме формирования простого запроса.

формирования режиме сложного запроса доступна возможность перехода в режим администрирования (требует ввода администрирования пароля). режиме доступны функции редактирования базы данных путем ввода в строку «SQL-запрос в явном виде» пользовательских запросов на языке SQL. Таким администрирования позволяет режим исправлять, добавлять, удалять записи из базы данных. Для входа в администрирования следует произвести однократное нажатие кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Администратор» в панели «Формирование сложного запроса» и ввести пароль в Запрещается окно. пользоваться администрирования без крайней необходимости изменения записей в базе данных. Пароль для входа в режим администрирования хранится у системного администратора ЦЭОНХД МИФИ.

Лабораторная работа №2. Знакомство с FITS-форматами записи наблюдательных данных и выборка из электронного архива по их полям совокупности экспериментальных данных заданного класса

<u>Иель работы:</u> освоить методику получения FITS-файлов с научными данными из СУБД ЦЭОНХД и, используя возможности информационной технологии FITS-файлов, получить представление о возможностях выбора данных по определенному критерию.

<u>Результат работы:</u> полученные из БД ЦЭОНХД файлы данных, относящиеся к указанному преподавателем критерию их отбора, которые необходимо разместить в указанной преподавателем директории на компьютере рабочего места, а их характеристики занести в выданную преподавателем таблицу вместе с ответами на содержащиеся в ней вопросы; должны быть построены графики зависимости выделенных полей данных FITS-файла от заданных параметров.

Onucaние стандарта FITS

В процессе проведения астрофизических экспериментов накапливаются массивы информации со сложной структурой организации данных. Для решения проблемы соответствия форматов записи и передачи обработанной информации между научными центрами в настоящее время в работе с астрофизическими данными широко используется FITS-стандарт — международный стандартизированный набор правил по организации структуры научных данных.

The Flexible Image Transport System (FITS) создавалась для стандартизации хранения астрофизических данных. Основной FITSформат (первоначальная форма) был разработан для хранения изображений. Записанный в этом формате файл содержал бинарный массив определенной длины, обычно многомерный, с предшествующим заголовком в кодировке ASCII, в котором описывалась организация и содержание массива. FITS-стандарт позже был расширен для размещения более сложных форматов данных, при этом файл состоял уже из совокупности массивов, каждый из которых сопровождался набором параметров – заголовком в кодировке ASCII. Таким образом, параметры структур данных составляют заголовок, где стандартизированным образом описывается их организация. Эти форматы были утверждены международным Астрономическим Союзом (IAU) в 1982 году. Набор общих правил, описывающих заголовок в ASCII-формате был утвержден на Генеральной ассамблее IAU в 1988 году и была создана рабочая группа (IAUFWG) с мандатом на поддержку будущих расширений FITS, рекомендованы методы построения файлов и список ключевых слов FITS. В настоящее время в FITS-формате возможно хранение данных, включая растровые, ASCII-текст, типов многомерные матрицы и двоичные таблицы. Например, в этом формате хранятся данные таких экспериментов, как Верро-SAX,

BATSE, RHESSI и др. Кроме того, для работы с данными в этом стандарте существуют библиотеки для компиляторов GNU C++ и GNU FORTRAN, поддерживаемые всеми операционными системами, например FITSIO и FTOOLS.

FITS-файл содержит одну или несколько записей типа "Заголовок + Данные" – Header Data Unit (HDU), а также может содержать "Other special records" – другие специальные записи или массивы данных. Заголовок состоит из определенных 80-символьных ключевых записей, имеющих вид:

Ключевое слово = значение/комментарий

Символы окончания строки (типа 0D 0A и т.д.) не присутствуют. Ключевое слово занимает первые 8 символов в строке и может состоять из заглавных букв латинского алфавита, цифр от 0 до 9, дефисов и подчеркиваний. Значение параметра, определяемого ключевым словом, может быть вещественным, целым, булевским – 'Т' или 'F' либо символьной строкой, заключенной в одинарные кавычки. Ключевое слово может не иметь значения или иметь неопределенное значение. Последнее ключевое слово всегда END.

Первая по счету HDU называется первичной и содержит, как правило, общую информацию о детекторе и событии и не содержит бинарной таблицы, а за ней может следовать любое количество дополнительных HDU, которые называются расширениями или продолжениями – см. табл. 2.1.

Таблица 2.1. Структура FITS-файла

10 C V (0 C C V)	C	TC V
№ байта (8 бит на байт)	Содержание	Комментарий
1-(2880xK)	Заголовок	Первичная HDU
(2880xK+1)-2280x(K1+K)	Данные	первичная про
(2880x(K1+K))+1)-2280x(K1+K+K2)	Заголовок	Продолжение HDU
(2880x(K1+K+K2))+1)-2280x(K1+K+K2+K3)	Данные	продолжение про
		Аналогичная структура
(2880x(K1+K+K2+K3))+1)- 2280x(K1+K+K2+K3+K4)	Заголовок	Продолжение ИВП
(2880x(K1+K+K2+K3+K4))+1)- 2280x(K1+K+K2+K3+K4+K5)	Данные	Продолжение HDU

Каждая запись HDU должна содержать целое число блоков по 2880 байт, поэтому числа K, K1-K5 — целые. Недостающее до 2880 байт пространство заполняется пробелами либо нулями (шестнадцатеричный код 20 и 00 соответственно). Каждый заголовок должен начи-

наться с нескольких обязательных ключевых слов, определяющих тип и размер HDU, а так же структуру и формат таблицы, содержащей данные. Первичная HDU может содержать другие поля, определенные разработчиками форматов для данного прибора и основной массив данных.

Задание на лабораторную работу

Преподаватель выдает студентам таблицу (пример см. табл. 2.2), содержащую параметры поиска по базе данных и полям FITS-файла для анализа. Студенты осуществляют поиск в СУБД ЦЭОНХД по заданным параметрам и получают один или несколько файлов для аннализа. Далее они преобразуют выделенные поля данных FITS-файлов в текстовый формат при помощи стандартного ПО (например, fv5.0) и проводят их обработку в установленной на компьютере рабочего места системе построения и анализа графической информации.

Таблица 2.2. Пример параметров поиска по базе данных и поля FITS-файлов

1.Параметры	Наименование прибора: ФОКА	Имена выбранных файлов:
поиска по базе	интервал времени:	1.
данных	1. 10.11.1008-14.11.2008;	2.
	2.	3.
	3.	4.
2. Параметры для	Необходимо обработать:	Название поля в файле:
анализа данных	1. канал Visible light	1.
из FITS-файла	2. І термодатчик	2.
3. Необходимые		Название поля в файле:
для обработки	1.	1.
параметры	2.	2.
	3.	3.
	4.	

4. необходимо:

- построить зависимость потока в канале Visible light от времени (начиная с момента начала файла);
- 2. определить, диапазон изменения температуры за сеанс;
- 3. указать период времени (UT), за который обрабатывалась информация.

Лабораторная работа выполняется в двух вариантах.

ВАРИАНТ 1. Ознакомление с данными прибора БРМ

В этом варианте студенты подробно изучают форматы данных, полученных с прибора БРМ после первичной обработки.

ВАРИАНТ 2. Ознакомление с данными прибора ФОКА

В этом варианте студенты подробно изучают форматы данных, полученных с прибора ФОКА после первичной обработки.

Описания приборов приведены в теоретической части данного практикума. Необходимо учесть, что показания интенсиметров прибора ФОКА требуют преобразования в потоки, а показания аналоговых параметров обоих приборов — в температуру (параметры указаны в заголовке и области данных HDU анализированного файла).

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выборка данных из электронного архива

В эксперименте КОРОНАС-ФОТОН первичная информация с ССРНИ после анализа сбоев обрабатывается программой для чтения данных с ССРНИ и записи их в FITS-формат. В процессе работы программы создаются FITS-файлы с информацией, в частности, полученной с приборов БРМ и ФОКА, которые хранятся в СУБД ЦЭОНХД КНА ФОТОН. В табл. 2.3 и 2.4 приведены перечни информации, содержащейся в FITS-файлах для приборов БРМ и ФОКА, собственно описания FITS-форматов — в соответствующих документах, находящихся на рабочем месте. Число интенсиметров прибора БРМ (N) может быть от 6 до 8.

Выборка данных из электронного архива производится по указанным в выданной преподавателем табл. 2.2 параметрам при помощи СУБД ЦЭОНХД КНА ФОТОН среди FITS-файлов. В результате студент получает один или несколько FITS-файлов, имена которых он должен указать в третьем столбце пункта 1 выданной преподавателем табл. 2.2. Работа с FITS-фалами в СУБД ЦЭОНХД предусмотрена только в режиме формирования запроса в расширенной форме (см. описание лабораторной работы №1).

В этом случае окно программы содержит:

- главное меню;
- панель кнопок со следующими экранными кнопками:
 - о «Найти!»,
 - о «Обработка FITS»,
 - о «Простая форма»;
- панель «Формирование сложного запроса», включающая экранные кнопки «Очистить!» и «Администратор»;
- панель «Сортировка»;
- панель «Результат запроса».

На панели «Формирование сложного запроса» расположены:

- столбец «Поле», содержащий имена полей таблицы, которые могут быть использованы для поиска файлов;
- столбец «Имя и тип в БД», в котором содержаться названия и тип полей в базе данных на сервере MySQL (используется для написания запросов в явном виде);
- столбец «Оператор», состоящий из выпадающих списков, содержащих операторы сравнения, которые могут быть применены для поиска по соответствующим полям;
- столбец «Значение», состоящий из элементов разных типов, позволяющих вводить корректные данные для поиска по соответствующим полям;
- столбец «Лог. Оператор», состоящий из выпадающих списков, содержащих логические операторы, которые могут быть применены для создания логических связей между условиями поиска по различным полям;
- экранная кнопка «Очистить!», нажатием на которую производится сброс всех введенных значений, выбранных операторов сравнения и логических операторов на значения по умолчанию;
- экранная кнопка «Администратор» для перехода в режим администрирования (требуется пароль);
- строка «SQL-запрос в явном виде», где отображается на языке SQL сформированный в графической среде запрос, а в режиме администрирования строка доступна для редактирования и ввода пользовательского запроса к базе данных на языке SQL.

Для формирования запроса в графической среде, во-первых, необходимо выбрать из выпадающих списков оператор сравнения.

Для поля «Имя файла» доступны следующие операторы сравнения:

- «не искать» поиск по данному полю не производится;
- «=» (равно) производится поиск по точному совпадению с введенным значением;
- «!=» (не равно) производится поиск по всем значениям поля, кроме точно совпадающего с введенным значением;
- «%подобен%» производится поиск по всем значениям поля, содержащим введенные символы.
- Для полей «Архивный адрес хранения файла» и «Имя исходного файла» доступны аналогичные операторы сравнения.

Таблица 2.3. Перечень информации, хранящейся в FITS-файлах прибора БРМ

	Таблица 2.3. Перечень информации, хранящейся в FITS-файлах прибора БРМ					
Тип НDU	Наименование параметра	Положение в FITS- файле	Источник данных			
	Служебные параметры	1-9, 20, 25+N, 26+N строки	Программа первичной обработки			
	Кол-во каналов данных	DSELECT	ССРНИ, БАТС, БРМ			
В	№ сеанса	FILE-ID	Станция приема НЦ ОМЗ			
Первичная	Дата и время сверки нуля Время начала и окончания	CHK-D, CHK-TIME STRT-D,STRTTIME,	Станция приема НЦ ОМЗ ССРНИ, БРМ			
ВИ	сбора данных Границы каналов	END-D,ENDTIME CH1-CHN	Калибровки			
ep	Параметры преобразования					
	аналогов в температуру	GGG	Калибровки			
	Дата и время сброса данных	DROP-DT	Станция приема НЦ ОМЗ			
	Частичное описание параметров	COMMENT	Описания приборов и форматов вывода информации			
	Служебные параметры	1-8, 33-34 строки	Программа первичной обработки			
	Время набора данных, UT	SB DAT	ССРНИ, БРМ			
	Бортовое время начала набора данных	S_TIME	ССРНИ, БРМ			
	Кр-индекс	SINDPAR [0]	Программа первичной			
	Dst-индекс	SINDPAR[1]	обработки			
	Параметр свет/тень Параметр хорошие/плохие	SINDPAR[2]	ССРНИ, БРМ			
ние	условия	SINDPAR[3]	ССРНИ, БРМ			
продолжение	Маркер ошибки	SERMBUA[0]	Программа первичной обработки			
ДО	Маркер данных	SERMBUA[1]	ССРНИ			
b0	Значение БУА	SERMBUA[2]	ССРНИ			
Ιn	Координаты спутника	SCOORLB[0]- SCOORLB[2]	Программа первичной			
	LиB	SCOORLB[3]– SCOORLB[4]	обработки			
	Интервал накопления данных	SDT DTM 0	ССРНИ, БРМ			
	Время от начала сеанса	SDT_DTM[1]	Программа первичной обработки			
	(Int0)	B INT[0]	ССРНИ, БРМ			
	(intn)	B INT[N]	-			
	Служебные параметры	1-8, 32-33 строки	Программа первичной обработки			
че	Время набора данных, UT	BB_DAT	БАТС, БРМ			
ен	Бортовое время	B_TIME	БАТС, БРМ			
ТЖ	Кр-индекс	BINDMODE[0]	Программа первичной			
Д0	Dst-индекс	BINDMODE[1]	обработки Программа первичной			
продолжение	Маркер ошибки	BERR	обработки			
II	Координаты спутника	COORLBM[0]- SCOORLB[2] COORLBM[3]-	Программа первичной обработки			
	LиB	SCOORLB[4]	•			

Окончание табл. 2.3

Время от начала сеанса	BT	Программа первичной обработки
Температура светодиода блока БРМ-Д (Т20)	BR_AN[0]	БАТС, БРМ
Температура детектора блока БРМ-Д (T21)	BR_AN[1]	БАТС, БРМ
Температура в блоке БРМ-ЭМ (Т22)	BR AN[2]	БАТС, БРМ

Таблица 2.4. Перечень информации, храняшейся в FITS-файлах прибора ФОКА

1	Габлица 2.4. Перечень информации, хранящейся в FTIS-файлах прибора ФОКА				
Тип НDU	Наименование параметра	Положение в FITS- файле	Источник данных		
	Служебные параметры	1-9 и 35-36 строки	Программа первичной обработки		
В	Кол-во каналов данных	DSELECT	ССРНИ, БАТС, ФОКА		
на	№ Сеанса	FILE-ID	Станция приема НЦ ОМЗ		
Первичная	Дата и время сверки нуля	CHK-D, CHK-TIME	Станция приема НЦ ОМЗ		
BI	Время начала и окончания	STRT-D,STRTTIME,	ССРНИ, ФОКА		
ep	сбора данных	END-D,ENDTIME	*		
	Дата и время сброса данных	DROP-DT	Станция приема НЦ ОМЗ		
	Частичное описание	COMMENT	Описания приборов и фор-		
	параметров		матов вывода информации		
	Время, UT	CPH DAT	ССРНИ, ФОКА		
ение	Параметры преобразования интенсиметров в потоки	SFLUCOEF	Калибровки		
І продолжение	Параметры преобразования интенсиметров в температуру	STCOEF	Калибровки		
тоді	Параметры преобразования аналогов в потоки	BFLUCOEF	Калибровки		
L	Параметры преобразования аналогов в температуру	BTCOEF	Калибровки		
	Служебные параметры	1-8 и 35-36 строки	Программа первичной обработки		
	Время набора данных, UT	SPH DAT	ССРНИ, ФОКА		
	Бортовое время	S TIME	ССРНИ, ФОКА		
	Кр-индекс	SINDMODE[0]	Программа первичной		
	Dst-индекс	SINDMODE[1]	обработки		
	Параметр свет/тень	SINDMODE[2]	ССРНИ, ФОКА		
ие	Параметр хорошие/плохие условия	SINDMODE[3]	ССРНИ, ФОКА		
продолжение	Мода работы (нормальная/калибровочная)	SINDMODE[4]	ССРНИ, ФОКА		
одо	Координаты спутника	SCOORLB[0]- SCOORLB[2]	Программа первичной		
II пр	LиB	SCOORLB[3] -SCOORLB[4]	обработки		
I	Маркер ошибки	SERMBUA[0]	Программа первичной обработки		
	Маркер данных	SERMBUA[1]	ССРНИ		
	Значение БУА	SERMBUA[2]	ССРНИ		
	Положение колеса фильтров	SFILTER	ССРНИ, ФОКА		
	Интервал накопления данных	SDT_DTM[0]	ССРНИ, ФОКА		
	Время от начала сеанса	SDT_DTM[1]	Программа первичной обработки		

Окончание табл. 2.4

	Ono	пчипие тиол. 2.7	
	Канал Ti/Pd primary (int0)	PH INT[0]	
	Канал Ly primary (int2)	PH INT[1]	
	Канал Ti/Pd calibr (int3)	PH INT[2]	
	Канал Cr/Al calibr (int4)	PH INT[3]	
	Канал Cr/Al primary (int5)	PH INT[4]	ССРНИ, ФОКА
	Канал Visible light (int6)	PH INT[5]	· ·
	Kaнaл Ly calibr (int7)	PH INT[6]	
	I термодатчик (int1)	PH INT[7]	
	II термодатчик (int1)	PH INT[8]	
	Служебные параметры	1-8 и 35-36 строки	Программа первичной обработки
	Время набора данных, UT	BPH_DAT	БАТС, ФОКА
	Бортовое время	B TIME	БАТС, ФОКА
	Кр-индекс	BINDMODE[0]	Программа первичной
	Dst-индекс	BINDMODE[1]	обработки
	Маркер ошибки	BERR	Программа первичной обработки
	Координаты спутника	COORLBM[0]- SCOORLB[2]	Программа первичной
	LиB	COORLBM[3]- SCOORLB[4]	обработки
ие	Интервал накопления данных	SDT_DTM[0]	БАТС, ФОКА
продолжение	Время от начала сеанса	SDT_DTM[1]	Программа первичной обработки
цол	Поток в оптике (АФ1)	PH_AN[0]	
	Поток УФИ в Лайман-диапазоне (калибр.) (АФ2)	PH_AN[1]	
Ш	Поток УФИ в Лайман-диапазоне (основной) (АФЗ) Поток УФИ в Ті/Pd— диапазоне	PH_AN[2]	
	(калибр.) (АФ4)	PH_AN[3]	БАТС, ФОКА
	Поток УФИ в Cr/Al— диапазоне (калибр.) (АФ5)	PH_AN[4]	Β ΑΤ C , ΨΟΚΑ
	Поток УФИ в Cr/Al– диапазоне (основн.) (АФ6)	PH_AN[5]	
	Поток УФИ в Ті/Pd— диапазоне (основн.) (АФ7)	PH_AN[6]	
	Температура детектора блока ФОКА-ДМ (Т23)	PH_AN[7]	
	Температура в блоке БРМ-ЭМ (T22)	PH_AN[8]	БАТС, БРМ

Для полей «Название прибора (ЦИ)» и «Тип данных» доступны аналогичные операторы сравнения, кроме «%подобен%».

Для поля «Номер витка сброса данных» доступны следующие операторы сравнения:

- «не искать», «=», «!=» см. выше;
- «>», («>=») производится поиск по всем значениям поля, более (более или равно) введенного значения;

- «<», («<=») производится поиск по всем значениям поля, менее (менее или равно) введенного значения;
- «между» производится поиск по всем значениям поля, лежащим в интервале между двумя введенными значениями. При выборе оператора «между» окно для ввода второго значения становится активным.

Для полей «Дата сброса данных», «Время начала набора данных», «Время окончания набора данных» доступны аналогичные операторы сравнения.

В столбце «Значение» для поиска по полю «Имя файла» следует ввести полное имя файла по указанному формату, либо часть имени файла (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Архивный адрес хранения файла» следует ввести полный путь к интересующим файлам, либо его часть (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Имя исходного файла» следует ввести полное имя исходного файла либо его часть по указанному формату (в зависимости от выбора оператора сравнения).

Для поиска по полю «Название прибора (ЦИ)» следует в раскрывающемся списке выбрать название прибора.

Для поиска по полю «Тип данных» раскрывающийся список становится доступным только при выборе в соответствующем списке названия прибора. При этом сам список «Тип данных» содержит названия типов данных для указанного ЦИ, например: «int» — данные интенсиметров, «sp» — спектральные данные, «ngr» — нейтронные матрицы и т.д.

Для поиска по полю «Номер витка сброса данных» следует ввести с клавиатуры либо с помощью экранных кнопок необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между»).

Для поиска по полю «Дата сброса данных» следует задать необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между»).

Для поиска по полям «Время начала набора данных», «Время окончания набора данных» следует ввести с клавиатуры либо с помощью экранных кнопок необходимое значение (или два значения в случае выбора оператора сравнения «между»).

В столбце «Лог. Оператор» следует задать логическую связь между заданными условиями поиска. Для этого необходимо выбрать в выпадающих списках один из трех логических операторов («И», «ИЛИ», «ИЛИ НЕ») в строках полей, по которым будет вестись поиск (кроме последней).

Для исполнения запроса необходимо произвести однократное нажатие кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!», аналогично работе в режиме формирования простого запроса.

На время обработки запроса в строке состояния, расположенной в нижней части окна, помещается сообщение «Запрос выполняется...», а курсор мыши принимает вид песочных часов.

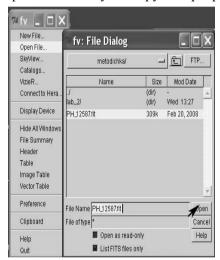
Результаты исполнения запроса аналогичны работе с исходными файлами данных, сортированных по приборам.

Выбор интересующих записей из таблицы в панели «Результат запроса» для закачки или отправки на обработку файлов в формате FITS осуществляется однократным нажатием кнопки «мыши» на соответствующую строку. Для дополнительных возможностей выделения диапазона или набора строк следует использовать клавиши Shift и Ctrl. Для выбора всего результирующего набора следует нажать кнопкой «мыши» на первый столбец первой строки таблицы, где изображен знак « \mathbb{N} ».

Экранная кнопка «Обработка FITS» и вкладка в главном меню программы «Файл→Закачать» становятся активными выделении хотя бы одной строки. Перечень выбранных строк отображается в строке состояния, расположенной в нижней части окна программы. При нажатии экранной кнопки «Обработка FITS» ссылки на выбранные файлы будут переданы в программу обработки файлов в стандарте FITS, которая будет открыта в другом окне (этот режим не используется в данной лабораторной работе). Для перекачки выбранных файлов на компьютер рабочего места по окончании процедуры выбора необходимо кнопкой «мыши» нажать на экранную кнопку«Файл—Закачать». При этом необходимости закрывать программу «Клиент нет ЦЭОНХД», т.к. реализована возможность одновременной работы нескольких программ. Для изменения (или уточнения) запроса к базе данных следует изменить (при необходимости) значения и нажать кнопкой «мыши» на экранную кнопку «Найти!».

2. Преобразование данных в текстовый формат

Преобразование данных в текстовый формат производится для указанного преподавателем файла из колонки 3 пункта 1 табл. 2.2 свободно распространяемого (GPL-лицензия) при помощи стандартного программного обеспечения fv (в данной работе версия 5.0 или старше), предназначенного для используется просмотра, редактирования, конвертации в текстовый формат FITS-файлов и построения изображений, если они содержаться в таких файлах. Возможно построение графиков и гистограмм, но только в том случае, если формат колонок простой, т.е. это не массивы. Поэтому в данной лабораторной работе для построения графиков используется другое программное обеспечение.



Puc. 2.1. Пример открывания файла в fv5.0

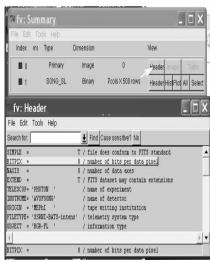


Рис. 2.2. Пример просмотра заголовка HDU FITS- файла в fv5.0

Воспользовавшись диалогом «File dialog», студент выбирает файл для анализа – см. рис. 2.1. и просматривает присутствующие в файле HDU, нажав соответствующие кнопки «Header» окна «Summary» – см. рис. 2.2. Затем он должен записать названия полей, которые необходимо обработать, в колонку 3 части 2 выданной преподавателем таблицы, а также выбрать необходимые для обработки параметры и записать их и соответствующие

названия полей в колонки 2 и 3 части 3 выданной преподавателем таблицы. После этого студент просматривает бинарные таблицы которых находится необходимая ДЛЯ обработки информация при помощи кнопки «All» окна «Summary» и (если необходимая колонка представляет массив данных) пункта «Expand» меню «Modify» соответствующей колонки окна «Binary table» – см. рис. 2.3. В результате студент переходит к окну «Vector table» и при помощи пункта «Export as text» меню «File» сохраняет информацию в текстовом виде. Перед сохранением необходимо выбрать нужные параметры в диалоге «Export to file options» и задать как разделитель символ пробела – см. рис. 2.4.

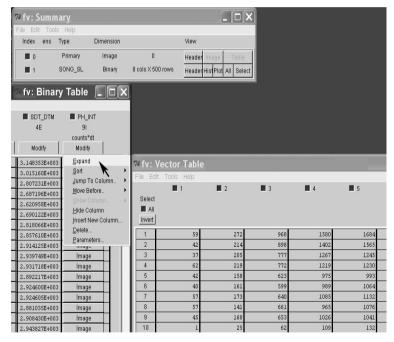


Рис. 2.3. Просмотр бинарной таблицы продолжения HDU FITS-файла в fv5.0

В случае, если все необходимые параметры не содержатся в одном массиве (например, координаты спутника и бортовое время начала набора данных), то студенту необходимо экспортировать в текстовые файлы две или более векторные таблицы,

соответствующих заданным параметрам, и далее работать с несколькими файлами.

Формат получившихся текстовых файлов очень простой – первая колонка содержит номера строк векторной таблицы каждая последующая колонка – один столбец векторной таблицы.

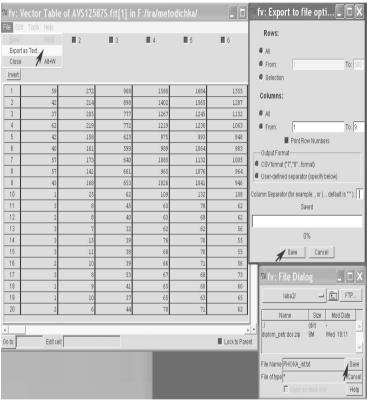


Рис. 2.4. Отправка на конвертацию в текстовый формат FITS-файла в fv5.0

3. Построение графиков

Построение графиков зависимости содержимого одного столбца векторной таблицы от содержимого другого или от номера строк векторной таблицы производится при помощи установленного на рабочем месте, где выполняется данная лабораторная работа, программного обеспечения. Студент

импортирует все свои текстовые файлы в рабочие листы (worksheet) и создает новый рабочий лист, в который копирует нужные для построения графиков колонки. Далее производится построение графиков и сохранение рисунков (например, в формате јрд или bmp). Для определения диапазонов изменения параметров в колонке или строке следует воспользоваться опциями «Statistic in column» или «Statistic in row».

Лабораторная работа №3. Объединение потоков целевой (научной) информации, полученной по двум радиоканалам с КА «КОРОНАС-ФОТОН»

<u>Иель работы:</u> осуществить объединение («сшивку») двух информационных потоков, содержащих одни и те же данные, передаваемые по двум радиоканалам с КА «КОРОНАС-ФОТОН» с переменным во времени количеством сбоев.

Результам работы: на основе телеметрических данных, получаемых с КА «КОРОНАС-ФОТОН», исследовать качество переданной информации и эффективность «сшивки» в зависимости от зенитного угла спутника во время сеанса связи и постромть зависимость качества принятой информации (наличия сбоев) по каждому из радиоканалов и «сшитых» данных в зависимости от зенитных углов КА во время сеанса связи. Конкретный сеанс связи указывается преподавателем в процессе проведения работы.

В процессе выполнения данной лабораторной работы студенты используют разработанное в ИАФ МИФИ программное обеспечение (ПО) для сшивки первичных научных и служебных данных, поступающих со спутника «КОРОНАС-ФОТОН» в формате транспортных пакетов с Бортовой информационной системы КА «КОРОНАС-ФОТОН» (БИС-КФ) по двум радиоканалам на приемный комплекс НЦ ОМЗ. Также используется ПО обработки баллистической информации для расчета зенитных углов КА во время сеанса связи.

Преподаватель выдает студентам файлы первичной информации, полученные с двух радиоканалов и указывает номер (номера)

сеанса (сеансов), который необходимо обработать, а также файл с баллистическими данными.

Студенты производят «сшивку» данных, и рассчитывают значения зенитных углов КА на время сеанса связи с заданной дискретностью.

В ходе работы из каждого файла первичных данных выделяются кадры научной информации соответствующие критерию целостности (проверка контрольных сумм кадров ССРНИ). Из полученных файлов формируется «сшитый» файл данных, содержащий все достоверные данные, поступившие по обоим радиоканалам.

Порядок работы с программой «Сшивка первичных данных»

Программа написана на языке высокого уровня С++, в среде разработки Borland Builder С++ версии 6.0. Для начала работы следует в операционной среде Windows XP открыть файл «Combine of primary data.exe».

На экране пользователя появится окно, изображенное на рис. 3.1.

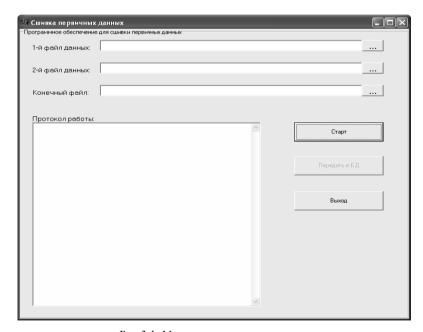


Рис.3.1. Меню программы при запуске

Для выбора первого файла исходных данных необходимо в поле «1-й файл данных:» нажать кнопку с именем «...». Появится окно, изображенное на рис.3.2, в котором пользователь производит поиск необходимого файла данных. После того как оба файла данных выбраны, программа автоматически определяет директорию и имя конечного файла и показывает их в поле «Конечный файл:». Для указания другого имени и места расположения конечного файла, необходимо в поле «Конечный файл:» нажать кнопку с именем «...».

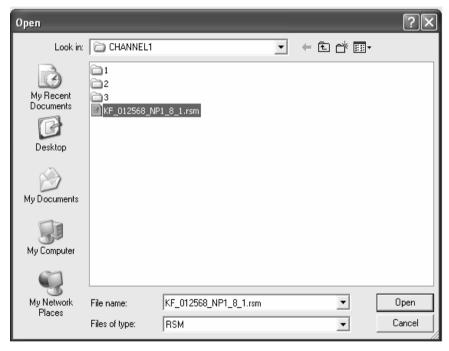


Рис. 3.2. Окно выбора файла данных

Появится окно, изображенное на рис.3.2, в котором пользователь производит необходимые изменения.

После того, как указаны оба файла исходных данных и определены имя и директория выходного файл, необходимо нажать кнопку «Старт». Программа начнет обработку, и в процессе работы

будет выводить результаты выполнения определенных этапов в поле «Протокол работы:», а именно:

- в строке «Старт» указывается время начала работы программы;
- стока «Производится обработка данных...» означает, что программа обрабатывает указанные файлы научных данных;
- в строке «Число целых кадров в 1-м файле» показывается, количество кадров в первом файле данных удовлетворяющих критериям целостности и достоверности;
- в строке «Число целых кадров в 2-м файле» показывается, количество кадров во втором файле данных удовлетворяющих критериям целостности и достоверности;
- строка «Производится сшивка данных...» показывает, что программа приступила в «сшивке» данных;
- в строке «Число кадров в конечном файле» показывается, количество кадров в конечном файле;
- в строке «Конец» указывается время завершения работы программы.

После получения конечного файла, его необходимо индексировать в базе данных. Для этого необходимо нажать кнопку «Передать в БД». Программа начнет производить передачу необходимых данных в базу данных, при этом в поле «Протокол работы:» выведется строка «Передача данных в БД». По завершении передачи данных в базу данных в поле «Протокол работы:» выведется строка «Данные успешно обновлены в БД».

После завершения всех этапов работы окно программы будет иметь вид, представленный на рис.3.3.

Для завершения работы с программой необходимо нажать кнопку с именем «Выход».

По результатам проведенной сшивки данных с разных участков орбиты спутника при осуществлении сеанса связи студенту необходимо построить график зависимости числа целых кадров по каждому из информационных каналов и числа полученном файле в зависимости от угла нахождения спутника над горизонтом. Угол нахождения вычисляется на основании траекторных данных, получаемых штатной программе ПО вычисления траектории спутника. (Инструкция по применению этой программы предоставляется дежурным оператором ЦЭОНХД)

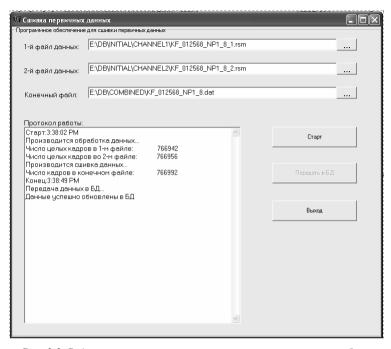


Рис. 3.3. Вид окна программы после завершения всех этапов работы

Лабораторная работа №4. Освоение методики оценки качества и визуализации информации с научных приборов КА «КОРОНАС-ФОТОН»

Цель работы: получить представление хитронжомков специализированного программного обеспечения ПО оценке качества и визуализации информации с научных приборов КА «КОРОНАС-ФОТОН» применить данную методику И визуализации данных одного из приборов, входящего в состав КНА «ФОТОН».

Результат работы: графическое представление временного представления одного или нескольких величин, измеряемых конкретным прибором.

Разработанное ПО предназначено для обеспечения оперативного контроля состояния узлов и систем комплекса научного оборудования. Модуль обеспечивает чтение параметров состояния КНА из данных ССРНИ. Помимо этого разработан модуль первичной обработки научных данных. Данный модуль предназначен для построения в графическом виде показаний интенсиметров и энергетических спектров приборов КНА. Это необходимо для проведения экспресс обработки данных и подготовки отчетов по полноте и качестве работы научного оборудования. Указанная методика применяется при экспресс-анализе данных с приборов «Наталья-2М», БРМ, ФОКА и ПИНГВИН.

Состав программного обеспечения и порядок работы с ПО

Программа первичной обработки данных состоит из двух файлов:

- Файла test data.exe основного тела программы
- Файла test data.doc руководства пользователя программы

Первичная обработка данных

Для начала работы следует запустить файл test_data.exe. После запуска программы появится главное окно программы (рис.4.1)

Затем необходимо при помощи манипулятора «мышь» ввести основные параметры контролируемой информации (рис. 4.2):

- число интенсиметров, которое используется для данного канала прибора;
- номер источника массивов данных в соответствии с табл. 4.1;
- метод отображения данных (по оси абсцисс это либо порядковый номер данного типа кадра, либо время, принятое по каналу ССРНИ [КБВ]).

T (11	T		`
Labiiiiia 4 L	Типы и номе	па источников	массивов данных

No	Тип информационного	Номер источника цифровых
	источника	массивов в системе ССРНИ
1	Наталья-2М (R1+R2)	$0 (00)_{\rm h}$
2	Наталья-2М (R3+R4)	$1(01)_{\rm h}$
3	Наталья-2М (БВРВ)	$2(02)_{\rm h}$
4	Наталья-2M (L+T)	$4(04)_{\rm h}$
5	Наталья-2М (М+Н)	$5(05)_{\rm h}$
6	Наталья-2М (НГР)	$6(06)_{\rm h}$
7	ФОКА	$8(08)_{\rm h}$
8	БРМ	9 (09) _h
9	ПИНГВИН-М	$10(0A)_{h}$

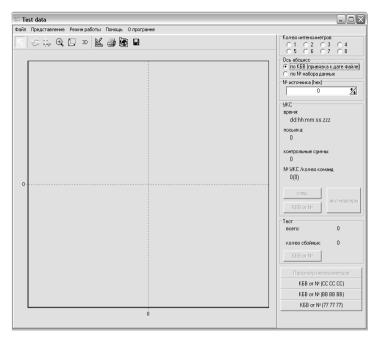


Рис.4.1 Главное окно программы

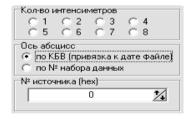


Рис.4.2. Пример ввода основных параметров

В случае, если данные установлены неправильно, появится сообщение об ошибке. Закрываем окно сообщения об ошибке и выполняем повторный ввод.

Нажимаем «Файл-Открыть (интенсиметры)». После этого появится диалоговое окно открытия файла с данными (см. рис.4.3).

Выбираем в этом окне файл, с которым будем работать, и нажимаем кнопку «Открыть». После выбора файла с данными на экране появятся показания интенсиметров, информация об УКСах и тестовых кадрах (рис.4.4).



Рис.4.3. Диалоговое окно открытия файла с данными

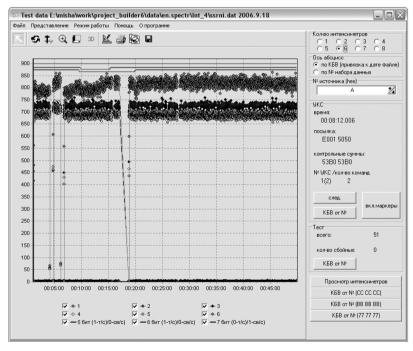


Рис.4.4. Отображение данных с интенсиметров

Для удобства и оценки правильности передаваемой информации в программе есть дополнительные возможности:

•Выбора отображаемых интенсиметров поканально (Рис.4.5).

- Увеличение (уменьшение) масштаба отображаемых данных.
- Введение логарифмической шкалы отображения информации.

Для изменения числа отображаемых каналов интенсиметров необходимо «отметить», либо наоборот, «снять выделение» в элементе управления изображения типа «селектор», расположенном в правом верхнем углу рабочего поля программы. Вид элемента управления приведен на рис.4.5.



Рис.4.5. Элемент управления отображением данных типа «селектор»

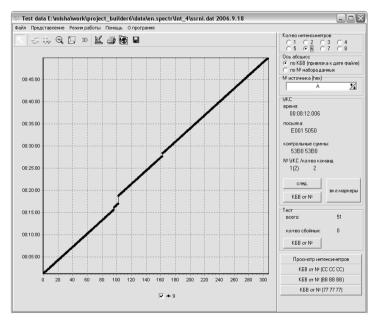


Рис.4.6. Отображение зависимости номера кадра (по оси ординат) от кода бортового времени для массивов с информацией об интенсиметрах

Для увеличения (уменьшения) масштаба отображаемых данных следует установить курсор манипулятора «мышь» на левый верхний угол области изображения, который необходимо детализировать. Нажимаем далее на левую кнопку мыши и,

удерживая ее в нажатом состоянии, перемещаем маркер манипулятора к правому нижнему углу графика, требующего детализации. Для контроля действий будет демонстрироваться в виде белой рамки выделенная нами зона. После того, как отпустим левую кнопку мыши, произойдет перестроение данных на экране в соответствующем диапазоне выбора. Для уменьшения масштаба изображения выбираем сначала нижний левый угол, а заканчиваем операцию, в правом верхнем углу.

Более детальный анализ данных на соответствие выводимых данных коду бортового времени реализуется с помощью специальной функции, доступной через меню «Представление». Выбираем опцию «КБВ от № кадра» и щелкаем левой кнопкой мыши. На экране будет представлена зависимость номера кадра от кода бортового времени для кадров формата «интенсиметров» (см. рис.4.6).

Критериями оценки качества информации по данным кодам бортового времени из кадров формата «интенсиметры» являются:

- отсутствие провалов по времени поступления информации для отдельных точек измерений;
- близкая к линейной зависимости времени вывода информации от кадра к кадру во временные интервалы, когда не происходит изменения режимов работы приборов.

Для отображения данных в логарифмическом масштабе выбираем пункт меню «Представление». В меню управления видом отображения выделим «логарифмическое» и щелкаем левой кнопкой мыши. На экране будут отображены в логарифмическом масштабе данные (рис.4.7). Для возврата в режим отображения данных в нормальной шкале, выбираем «Нормальное». Изменение режимов отображения действует как для исходного масштаба отображения, так и в случае, если перейти в режим отображения с увеличением.

Критериями оценки качества информации по данным интенсиметров являются:

- отсутствие для большинства каналов ярко выраженных выбросов в отдельных точках измерений;
- отсутствие провалов в данных в режиме отображения информации по времени.

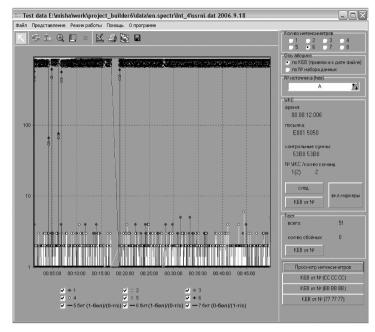


Рис.4.7. Отображение данных в логарифмическом масштабе

Массивы с информацией о УКС

Для просмотра УКС нажмите «Следующий» и в окне должны появиться данные о принятом УКС (рис. 4.8):

- время;
- посылка;
- контрольные суммы;
- номер УКС и количество команд.

Для просмотра следующего принятого УКСа необходимо также нажать «Следующий». Продолжаем просмотр до последнего принятого УКС.

Для анализа качества данных должны использоваться: собственно информация об УКС, о совпадении принятой и переданной контрольной суммы и времени приема УКС.

При большом количестве УКС можно также провести анализ времени поступления в ССРНИ массивов «квитанций» о приеме УКС. Для этого на этом окне нажимаем кнопку «КБВ от N» (рис. 4.9).

Критерием оценки качества информации является правильность приема УКС от ССРНИ и передачи «квитанций» на ССРНИ.



Рис.4.8. Пример отображения информации об УКС

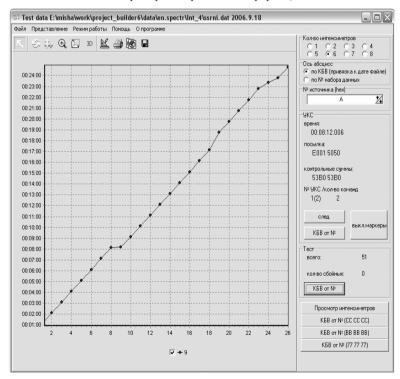


Рис.4.9. Отображение зависимости номера кадра (по оси ординат) от кода бортового времени для массивов с информацией о УКС

Тестовые массивы

Результаты автоматического тестирования всех кадров этого формата на правильность фиксированной информации в тестовых массивах отображаются в виде зависимости номера кадра от кода бортового времени (рис. 4.10). Кнопка «КБВ от №», позволяет провести дополнительное тестирование данных по критерию, связанному с КБВ (рис. 4.11).



Рис.4.10 Пример отображения информации о тестовых массивах

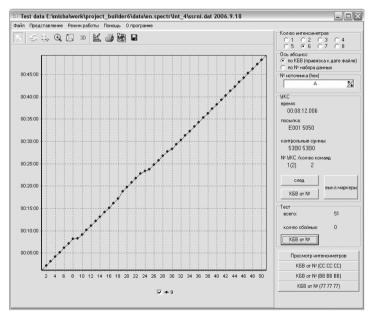


Рис.4.11. Отображение зависимости номера кадра (по оси ординат) от кода бортового времени для массивов с тестовой информацией

Критериями оценки качества информации по данным кодам бортового времени из кадров формата «тестовые массивы» являются:

 отсутствие провалов по времени поступления информации для отдельных точек измерений; • близкая к линейной зависимость времени вывода информации от кадра к кадру во временные интервалы, когда не происходит изменения режимов работы приборов.

Кроме того, программа предоставляет возможности копирования, распечатки изображений, перевод представления данных в трехмерный режим и т.д. (рис. 4.12).



Рис.4.12. Функциональные кнопки на панели TeeCommander

Энергетический спектр

В программе предусмотрен просмотр энергетических спектров. Для просмотра необходимо выбрать «Режим работы энергетические спектры». Далее выбрать необходимый канал (номер цифрового источника) с данными (рис. 4.13).



Рис.4.13. Выбор канала (номер цифрового источника)

Нажимаем «Файл-Открыть (энергетический спектр)». После этого появится диалоговое окно открытия файла с данными (рис. 4.14). После выбора файла с данными, будет построен энергетический спектр выбранного канала (номера цифрового источника), см. рис. 4.15.



Рис.4.14. Диалоговое окно открытия файла с данными

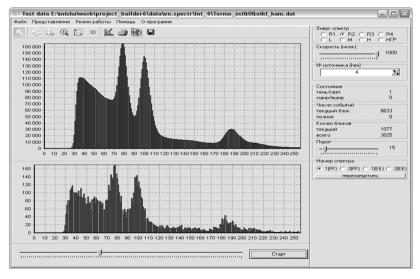


Рис.4.15. Пример отображения энергетического спектра

Для просмотра набора спектра необходимо нажать кнопку «Старт». Кнопка «Пауза» приостанавливает построение, для дальнейшего продолжения работы нужно нажать «Старт». В верхнем окне графика отображается суммарный спектр, в нижнем окне графика – показания текущего блока данных.

Для выставления порога необходимо потянуть бегунок (рис. 4.16).



Рис.4.16. Элемент «бегунок», для выставления порога (в каналах)

Для контроля каждого отдельного блока данных существует возможность просмотра такой информации как (рис.4.17):

- «свет/Тень»;
- «плохие/Хорошие» условия;
- число событий в текущем блоке данных и полное количество событий всех предыдущих блоков;
- текущий блок данных и общее количество блоков в файле.

Состояние тень/свет сшир/вшир	0
Число событий текущий блок	0
полное Кол-во блоков	
текущий всего	0 0

Рис.4.17. Дополнительная информация по данным энергетического спектра

Спектральные данные, отображенные на графике можно сохранить в файл в коде ASCII для дальнейшего использования. Выбираем в меню «Сохранить как..», указываем место и имя файла, нажимаем «Сохранить» (рис.4.18).

Таким образом, используя данную программу, можно проводить контроль качества получаемой по каналам ССРНИ для различных цифровых источников приборов «Наталья-2М», БРМ, «Пингвин-М», ФОКА по нескольким основным типам информационных массивов:

• тестовые массивы;

- массивы интенсиметров и энергетических спектров;
- массивы, содержащие подтверждение о получении от ССРНИ массива (принятые УКС).

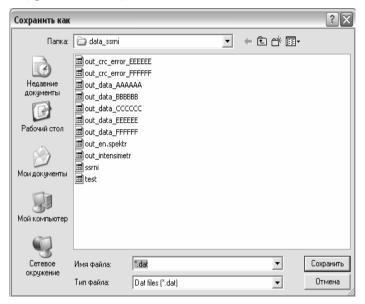


Рис.4.18. Диалоговое окно сохранения файла с данными

Для всех этих массивов можно производить оценку качества информации:

- по данным в этих массивах;
- по временным интервалам, входящим в данные, присутствующие в отдельно взятых кадрах.

Порядок выполнения работы

1. По заданию преподавателя студент должен открыть файл с данными типа «интенсиметр» по одному из приборов (БРМ, ФОКА, ПИНГВИН-М, Наталья-2М). После открытия и автоматического построения зависимости скорости счета, оценить течение кода бортового времени для массивов с информацией типа «интенсиметр», «УКС», «Тест». Результат предоставить в графическом виде, распечатанный на принтере.

2. По заданию преподавателя студент должен открыть файл с данными типа «энергетический спектр» по прибору Наталья-2М (R-канал). После автоматического построения энергетического спектра указать пики (записать номера каналов). Результат предоставить в графическом виде, распечатанный на принтере.

Лабораторная работа №5 Анализ данных спутникового прибора ФОКА по измерению потока экстремального ультрафиолетового излучения Солнца

<u> Цель работы:</u> познакомиться с конструкцией спутникового прибора ФОКА, принципом его работы и, основываясь на полученных прибором данных, при помощи специализированного программного обеспечения определить поток излучения Солнца за определенный день в спектральных диапазонах 1-11 нм, 27-37 нм и в эмиссионной линии водорода Лайман-а.

<u>Результат работы:</u> значения потоков солнечного излучения в диапазонах 1-11 нм, 27-37 нм и в спектральной линии водорода Лайман- α , определенные по данным из файла за указанную преподавателем дату.

Измерение потока ультрафиолетового излучения Солнца

Спектр электромагнитного излучения Солнца простирается от гамма-излучения радиоволн. Экстремальное ДО ультрафиолетовое (УФ) излучение Солнца (диапазон длин волн 1-130 нм) несет в себе ничтожную долю энергии солнечного излучения (~0,001% от полной), но одновременно содержит очень много полезной информации о процессах, протекающих на Солнце. Кроме того, данное излучение полностью поглощается верхним слоем атмосферы Земли (выше 100 км) и во многом определяет параметры верхней атмосферы нашей планеты (температуру, плотность и т.д.). Спектр солнечного излучения в отмеченном диапазоне представляет собой большое количество атомарных и ионных спектральных линий, генерирующихся в различных слоях солнечной атмосферы (хромосфере, переходной области и короне). Один из таких спектров, относящихся к 23.02.2004, представлен на рис.5.1. Ввиду большого содержания водорода в солнечной атмосфере эмиссионная линия атомарного водорода Лайман- α с длиной волны 121,6 нм является очень яркой линией спектра. Энергия, излучаемая в данной линии, сопоставима с энергией, излучаемой на всех длинах волн короче 121 нм. Интенсивность излучения в области вакуумного ультрафиолета может изменяться во времени в зависимости от активности Солнца на \sim 50% для Лайман- α водорода и до \sim 1000 раз для длин волн \sim единиц нм (чем короче длина волны, тем сильнее вариации).

В связи с тем, что солнечное излучение данных диапазонов полностью поглощается атмосферой проведение экспериментов по его изучению возможно только с помощью приборов, вынесенных за пределы земной атмосферы, например, на околоземную орбиту.

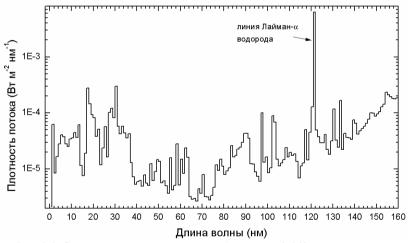


Рис. 5.1. Спектр солнечного излучения в диапазоне 1-160 нм, полученный спутниковым прибором SEE для 23.02.2004

Созданный в МИФИ спутниковый прибор ФОКА предназначен для мониторинга абсолютного потока (Bt/m^2) солнечного электромагнитного излучения в спектральных диапазонах 1-11 нм, 27-37 нм и в линии Лайман- α водорода. Прибор измеряет интегральный поток от всего солнечного диска без построения изображения. В качестве детекторов в приборе используются кремниевые

фотодиоды. В канале Лайман-а перед фотодиодами установлены внешние интерференционные фильтры. В остальных каналах фотодиоды имеют напыленные непосредственно на поверхность металлические фильтры толщиной ~ 300 нм. Фильтры служат воформирования спектрального лля чувствительности канала, а во-вторых для подавления гораздо более интенсивного видимого излучения Солнца, к которому также чувствительны кремниевые фотодиоды. Каждый канал прибора спектральную чувствительность, которая свою измерена на стадии предполетной подготовки. На рис. 5.2 и 5.3 тонкими линиями изображены спектральные чувствительности для каналов с фильтрами Ti/Pd и Cr/Al. Видно, что чувствительность фотодиода с фильтром сильно зависит от длины волны и выбранные границы рабочих диапазонов достаточно условны (1-11 нм для диода с фильтром Ti/Pd и 27-37 нм для Cr/Al). Кроме того, канал с фильтром Cr/Al помимо области 27-37 нм имеет вторую область высокой чувствительности 1-7 нм.

Падающее на фотодиод излучение, которому удалось пройти через фильтр к его чувствительной зоне, генерирует фототок. Электроника канала усиливает и оцифровывает фототок фотодиода. Итоговый фототок фотодиода I_{tot} состоит из трех частей: т.н.

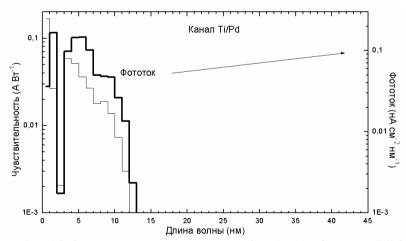


Рис. 5.2. Спектральная чувствительность фотодиода с фильтром Ti/Pd (тонкая линия) и спектральная плотность фототока для спектра, представленного на рис.5.1

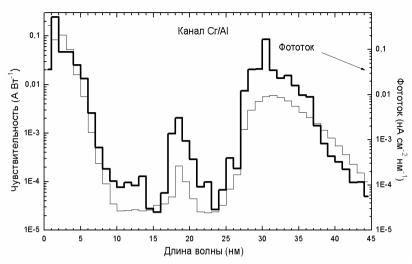


Рис. 5.3. Спектральная чувствительность фотодиода с фильтром Cr/Al (тонкая линия) и спектральная плотность фототока для спектра, представленного на рис. 5.1

темнового тока I_{dark} , фонового тока от видимого излучения I_{VL} и тока от интересующего экстремального УФ излучения I_{EUV} . Темновой ток - ток фотодиода при полном отсутствии какой-либо засветки. Как правило, он достаточно мал. Ток от видимого излучения возникает из-за проникновения видимого солнечного излучения сквозь фильтры. Этот ток для некоторых каналов может быть одного порядка и даже больше тока от интересующего излучения.

Для измерения темнового тока и тока от видимого излучения прибор ФОКА снабжен поворотным колесом с фильтрами из кварцевого стекла, расположенным перед входными апертурами фотодиодов. Повороты колеса кварцевых фильтров осуществляются по команде с Земли. В положении, когда колесо полностью закрывает входную апертуру от излучения Солнца, прибор измеряет только темновой ток I_{dark} . Кварцевый фильтр полностью поглощает экстремальное УФ излучение, но пропускает 95% видимого излучения, поэтому в положении колеса, когда перед входными апертурами каналов располагается кварцевый фильтр, прибор будет измерять фототок I_{dark} + $0.95I_{VL}$. Таким образом вклад видимого света в фототок I_{VL} , легко вычисляется по

данным прибора, полученным при положении колеса с кварцевыми фильтрами располагающимися над фотодиодами. Темновой ток и ток от видимого света практически не меняются со временем, поэтому частое их измерение не требуется. При известном темновом токе и токе от видимого света фототок от интересующего излучения получается по простой формуле:

$$I_{FIIV} = I_{tot} - I_{dark} - I_{VI}. {(5.1)}$$

Фототок I_{EUV} от экстремального УФ излучения с известным спектром можно получить по формуле:

$$I_{EUV} = \int I_{\lambda EUV}(\lambda) d\lambda = s \int S(\lambda) E(\lambda) d\lambda, \qquad (5.2)$$

где s- площадь апертуры фотодиода [м²], $I_{\lambda EUV}(\lambda)$ - спектральная плотность фототока [A/нм], $S(\lambda)$ - спектральная чувствительность фотодиода с фильтром [A/BT], $E(\lambda)$ - спектр солнечного излучения [BT/м²/нм]. В случае, когда известен фототок I_{EUV} , спектральная чувствительность фотодетектора и площадь апертуры, однозначно восстановить солнечный спектр $E(\lambda)$ невозможно. Однако если предположить, что форма спектра Солнца неизменна, а со временем меняется только его амплитуда, т.е. $E(t,\lambda)=A(t)E_0(\lambda)$, то можно записать равенство:

$$I_{EUV}(t) = s \cdot A(t) \int S(\lambda) E_0(\lambda) d\lambda . \qquad (5.3)$$

В этом случае в интеграле формулы все функции известны, поэтому можно определить A(t) как функцию $I_{EUV}(t)$ и восстановить солнечный спектр:

$$E(t,\lambda) = I_{EUV}(t)E_0(\lambda)/s \int S(\lambda)E_0(\lambda)d\lambda.$$
 (5.4)

Зная солнечный спектр можно посчитать поток $E_{\lambda l-\lambda 2}$ солнечного излучения в необходимом диапазоне $(\lambda_1; \lambda_2)$.

Отметим, что если спектральная чувствительность $S(\lambda)$ достаточно высока только в диапазоне $(\lambda_l; \lambda_2)$, а вне этого диапазона незначительна (меньше на несколько порядков), то в интеграле (5.3) можно поставить пределы интегрирования $(\lambda_l; \lambda_2)$, т.к. интеграл по остальным длинам волн λ даст незначительный вклад. В этом случае, зная форму спектра $E_0(\lambda)$ только в диапазоне $(\lambda_l; \lambda_2)$, можно по формуле (5.4) получить спектр $E(t,\lambda)$ в этом диапазоне, и вычислить поток излучения в этом диапазоне.

К сожалению, в реальности форма спектра $E_{\theta}(\lambda)$, даже для относительно небольших диапазонов (например, 1-11 нм) непостоянна. Существуют различные теоретические и эмпирические модели, с определенной точностью предсказывающие форму спектра. По мере накопления знаний о солнечном излучении эти модели совершенствуются. При обработке данных, полученных с прибора ФОКА, используется несколько спектров, которые соответствуют различным признанным моделям солнечного спектра для разных уровней активности Солнца. Неоднозначность выбора спектра приводит в конечном счете к снижению точности измерений приборов, подобных прибору ФОКА, но это неизбежная плата за относительную простоту конструкции их детекторов. Существуют приборы с дифракционными решетками, позволяющие напрямую измерять энергетический спектр падающего излучения, но они отличаются значительно более высокой сложностью и стоимостью.

Данные прибора ФОКА в зависимости от степени их обработки делятся на 4 уровня.

Необработанные первичные данные (числа, полученные с АЦП прибора) образуют данные уровня $\mathbf{0}$. Эти данные используются для эксперсс - анализа работоспособности прибора и являются исходными для дальнейшей обработки.

Данные **уровня 1** — фототоки для каналов (в нА) получаются из данных уровня 0 с помощью коэффициентов преобразования, измеренных на Земле для электронного тракта каждого канала за вычетом темновых токов и фототока от видимого света, померенных при соответствующих положениях колеса фильтров.

Данные уровня 0 и 1 являются промежуточными и не предназначены для распространения.

Данные **уровня 2** — временные профили измеренных потоков излучения для спектральных диапазонов прибора (Bt/m^2), посчитанные для определенной формы солнечного спектра по данным уровня 1.

Данные **уровня 3** представляют собой усредненные за сутки значения излучения Солнца в диапазонах прибора, приведенные к среднему расстоянию между Землей и Солнцем. Для усреднения не используются данные, полученные во время нахождения космического аппарата в тени Земли, во время выхода из тени и

захода в нее (оккультационные периоды), полученные в зонах повышенной радиационной нагрузки (Южно-атлантической аномалии), и данные, для которых имеется информация, что они могут быть недостоверными (например, при существенном отклонении оси КА от направления на центр Солнца и т.п.).

Порядок выполнения работы

Задание: Используя специализированное ПО для обработки данных прибора ФОКА, открыть файл с данными за определенную дату, указанную преподавателем, и, используя возможности ПО, получить значения потоков солнечного излучения в диапазонах 1-11 нм, 27-37 нм и в спектральной линии водорода Лайман-а.

Подробное описание программного обеспечения по обработке данных прибора ФОКА, а также детальные инструкции по выполнению работы и оформлению результатов представлены на рабочем месте.

Лабораторная работа №6 Временной профиль солнечных вспышек в вакуумном ультрафиолете и рентгеновских диапазонах

Результам работы: расположенные в указанной преподавателем директории на компьютере рабочего места полученные из БД ЦЭОНХД файлы данных, относящиеся к указанному преподавателем интервалу времени, в котором анализировались солнечные вспышки, и заполненная таблица с характеристиками вспышек. Должны быть также построены графики временных профилей солнечных вспышек с отложенными погрешностями.

Классификация солнечных вспышек

Мощность вспышек часто определяется по интенсивности излучения в мягком рентгеновском диапазоне. В настоящее время классификация солнечных вспышек осуществляется по данным

наблюдений нескольких искусственных спутников Земли, главным образом по данным спутников GOES. По этой классификации самые мощные вспышки соответствуют классу X, а самые слабые вспышки — классу A. Эта классификация проводится по логарифмической шкале, а классы A и X отличаются друг от друга более чем на четыре порядка амплитуды — см. таблицу 1. Внутри класса A балл изменяется так: 0.1×10^{-8} соответствует 0.1 балла, аналогично и для других классов.

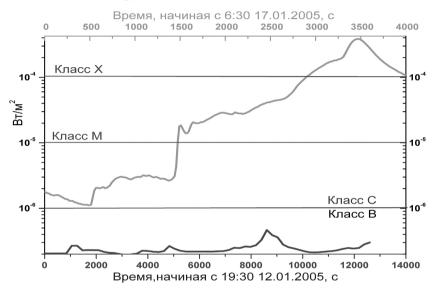


Рис. 6.1. Временные профили солнечных вспышек 12.01.05 (В4,6) и 17.01.05 (Х3,8) по данным GOES

Чтобы наглядно показать разницу между слабыми и мощными вспышками, на рис. 6.1. приведены примеры вспышек классов В и X, наблюдавшиеся детекторами, установленными на спутниках серии GOES в январе 2005 года.

Таблица. 6.1 Классификация вспышек по данным GOES

1 40.1111	a.o.i renecenç	punaiqui ocno	ittick no ounn	own GOLD	
Класс вспышки	A (A1-A9)	B (B1-B9)	C (C1-C9)	M (M1-M9)	X (X1-X30)
Амплитуда на 1 a.e., Вт/м2	(1÷9.9)×10 ⁻⁸	(1÷9.9)×10 ⁻⁷	(1÷9.9)×10 ⁻⁶	(1÷9.9)×10 ⁻⁵	>10 ⁻⁴

К настоящему времени накоплен большой объем данных наблюдений солнечных вспышек приборами, установленными на различных космических аппаратах (HEAO-1, HEAO-3, OSO-7, HINOTORI, CGRO, SMM, GRANAT, RHESSI, YOHKOH, SOHO, аппаратах серии КОРОНАС и др.). Полный каталог событий с октября 2002~г. по настоящее время (постоянно обновляемый) по данным GOES, SOHO, RHESSI, YOHKOH, SDAC, LASCO, HINODE и TRACE расположен на сайте www.lmsal.com/solarsoft/latest events archive.html.

Задание на лабораторную работу

Преподаватель выдает студентам интервал времени, в котором будет проводиться анализ данных, и критерии, соответственно которым будет проводиться поиск солнечных вспышек – например, искать вспышки определенного класса или определенной длительности. Воспользовавшись базой данных SolarSoft, студенты выбирают произошедшие в этом интервале времени солнечные вспышки, отвечающие заданным преподавателем свойствам и составляют таблицу с их характеристиками. Далее студенты проводят поиск по времени начала и окончания приведенных в таблице вспышек в базе первичных данных КНА ФОТОН и получают один или несколько файлов для анализа. Далее они забирают с сайта GOES соответствующие файлы с информацией и строят временные профили солнечных вспышек по данным КНА ФОТОН и GOES в системе построения и анализа графической информации, установленной на рабочем месте, где выполняется лабораторная работа. Информация о начале, окончании и максимуме излучения вспышки по данным КНА ФОТОН и номер сеанса также заносится в таблицу.

Лабораторная работа выполняется в двух вариантах.

ВАРИАНТ 1. Анализ данных БРМ и GOES

В этом варианте студенты изучают временные профили солнечных вспышек по данным БРМ (используются указанные преподавателем диапазоны, например, 20-40кэВ) и GOES.

ВАРИАНТ 2. Анализ данных ФОКА и GOES

В этом варианте студенты изучают временные профили солнечных вспышек по данным ФОКА (используются указанные преподавателем каналы, например, канал Ly primary) и GOES.

Порядок выполнения лабораторной работы 1. Выборка данных из базы SolarSoft

Воспользовавшись базой данных SolarSoft, студенты выбирают солнечные вспышки, отвечающие заданным преподавателем свойствам. Для этого сначала выбирается необходимая дата (см. рис. 2), причем в четырех правых колонках таблицы указано, сколько вспышек определенного класса было зарегистрировано за соответст вующий день, поэтому можно далее не анализировать данные за дни, когда не было событий указанного преподавателем класса. Затем выбираются солнечные вспышки в соответствии указанными преподавателем критериями – см. рис. 6.3. Например, если нужно было выбрать вспышки класса В, то таких только две на рис. 3 (но они произошли в разные дни). Данные о выбранных вспышках заносятся в табл. 6.2.

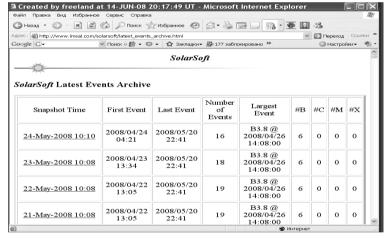


Рис. 6.2. Пример выбора даты в SolarSoft

Таблица 6. 2. Характеристики солнечных вспышек

	เล	Параметры вспышки по данным GOES		ышки по DES	Параметры вспышки по данным КНА ФОТОН (название детектора)			аты на		
№	Дат	Класс	Начало	Max	Окончание	№ сеанса (имя файла)	Начало	Max	Окончани е	Координ диске С

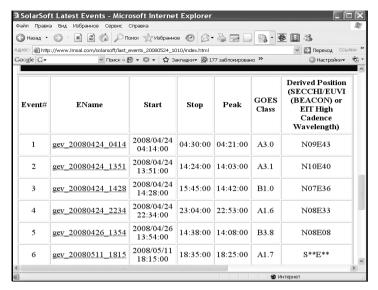


Рис. 6.3. Пример выбора вспышек в SolarSoft

2. Выборка данных из электронного архива

Выборка данных из электронного архива производится по времени начала и окончания, приведенных в таблице вспышек, в СУБД ЦЭОНХД КНА ФОТОН среди исходных файлов, сортированных по приборам (см. Руководство пользователя СУБД ЦЭОНХД и лабораторную работу №1). В результате студент получает один или несколько файлов, номера и (или) названия которых он должен указать в соответствующем столбце табл. 6.2.

3. Преобразование данных в текстовый формат

Преобразование данных в текстовый формат производится при помощи специально написанной для приборов КНА ФОТОН программы lab.work.

Для начала работы необходимо выбрать следующие файлы и директорию для выходных файлов (рис. 6.4):

- Выбор файла, содержащего кадры ССРНИ за сеанс <№сеанса>.
 - Выбор файла, содержащего Кр-индексы (конкретный год).
 - Выбор файла, содержащего Dst-индексы (конкретный год).

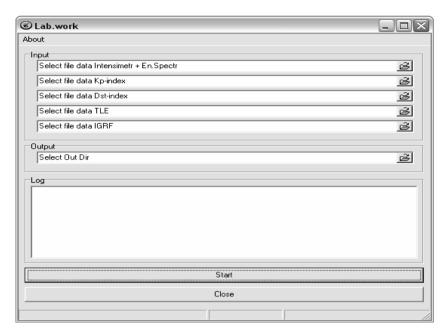


Рис. 6.4. Пример выбора параметров в программе lab.work

- Выбор файла ТLE для расчета географических координат спутника (широта, долгота, высота).
- Выбор файла IGRF для расчета геомагнитных координат спутника $(L,\,B).$
- Выбор директории, в которую будут помещены выходные файла с форматами, представленными ниже.

Рис. 6.5. Примерный вид поля «Log» в программе lab.work

Затем нужно нажать на копку «Start» и программа сформирует выходные файлы. Сигналом начала и окончания выполнения

работы программы будет служить сообщение, выведенное в поле «Log». По ходу выполнения будут записаны отчеты о создании выходных файлов в поле «Log» - см. рис. 6.5. Для закрытия приложения необходимо нажать кнопку «Close». Более подробное описание этой программы приведено в «Руководстве пользователя программы преобразования данных приборов КНА ФОТОН в текстовый формат lab.work», находящемся на рабочем месте.

Названия выходных файлов:

- <№сеанса>_ BRM.int файл с данными интенсиметров прибора БРМ;
- <№сеанса>_FOKA. int файл с данными интенсиметров прибора ФОКА.

Перечень информации, хранящейся в файлах с данными интенсиметров прибора БРМ, приведен в таблице 6.3, аналогичный перечень для прибора ФОКА — в табл. 6.4. Файл с данными интенсиметров прибора БРМ содержит 19+N колонок, где N — число интенсиметров. Файл с данными интенсиметров прибора ФОКА содержит 29 колонок.

Таблица 6.3. Перечень информации, храняшейся в файлах прибора БРМ

№ колонки	параметр параметр	комментарий		
1	год			
2	месяц			
3	день	время набора данных		
4	час	для одного блока		
5	МИН	интенсиметров, UT		
6	сек			
7	MC			
8	бортовое время набора данных	для одного блока интенсиметров		
9	интервал накопления данных			
10	Кр-индекс	параметры геомаг-		
11	Dst-индекс	нитной обстановки		
12	параметр свет/тень			
13	параметр хорошие/плохие условия			
14	широта	координаты спутника		
15	долгота	(географические)		
16	высота	(теографические)		
17	L	координаты спутника		
18	В	(геомагнитные)		
19	(int0)			
	•••	интенсиметры БРМ		
19+N	(intN)			

Таблица 6.4. Перечень информации, хранящейся в файлах прибора ФОКА

	0.4. Перечень информации, хранящейся в фаі	· · ·
№ колонки	параметр	комментарий
1	год	
2	месяц	
3	день	время набора данных
4	час	для одного блока
5	мин	интенсиметров, UT
6	сек	
7	мс	
8	£	для одного блока
8	бортовое время набора данных	интенсиметров
9	Кр-индекс	параметры геомаг-
10	Dst-индекс	нитной обстановки
11	параметр свет/тень	
12	параметр хорошие/плохие условия	
13	мода работы (нормальная/калибровочная)	
14	широта	*****************************
15	долгота	координаты спутника (географические)
16	высота	(теографические)
17	L	координаты спутника
18	В	(геомагнитные)
19	Положение колеса фильтров	
20	интервал накопления данных	
21	I термодатчик	Термодатчики
22	II термодатчик	прибора ФОКА
23	(int0)	интенсиметры
		прибора ФОКА
29	(int7)	• •

4. Скачивание с сайта GOES соответствующих файлов с информацией

ланных эксперимента GOES находится на сайте http://sec.noaa.gov/Data/. Название файла с данными GOES имеет вид YYYYMMDD GNxr 1m.txt, где YYYY - год, MM - месяц, DD день, N – номер космического аппарата. Студенту следует выбрать файлы, соответствующие требуемым датам. Мягкое рентгеновское излучение на космических аппаратах серии GOES регистрируется коллимированными ионизационными камерами в двух диапазонах: 0,05-0,4 нм и 0,1-0,8 нм. Как правило, одновременно находятся в действии два аппарата серии GOES, преподаватель должен указать, лучше воспользоваться. какого ИЗ них информации, хранящейся в файлах GOES, приведен в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Перечень информации, хранящейся в файлах GOES

№ колонки	наименование	параметр	
1	YR	год	
2	МО месяц		
3	DA	день	
4	HHMM	час + мин	
5	Day	юлианская дата	
6	Day	время с начала сеанса, сек	
7	Short	поток в диапазоне 0,05- 0,4 нм	
8	Long	поток в диапазоне 0,1- 0,8 нм	

5. Построение графиков

Построение графиков временных профилей солнечных вспышек производится при помощи установленного на рабочем месте, где выполняется данная лабораторная работа, программного обеспечения. Студент импортирует все свои текстовые файлы в рабочие листы (worksheet) и строит графики временного профиля по данным указанного детектора и GOES на одном рисунке с разрывом оси ординат, чтобы уместились оба графика. Следует согласовать нули временных шкал во всех данных. Для определения погрешностей считать, что анализируемые величины имеют пуассоновское распределение. Далее производится сохранение рисунков (например, в формате јрд или bmp) и окончательное заполнение табл. 6.2 после анализа графиков.

Лабораторная работа №7 Методика полетной калибровки гаммаспектрометров

Результам работы: правильно заполненные таблицы с характеристиками калибровочных энергетических спектров и калибровочной зависимости; должны быть также построены графики калибровочных энергетических спектров с отложенными погрешностями и калибровочной зависимости.

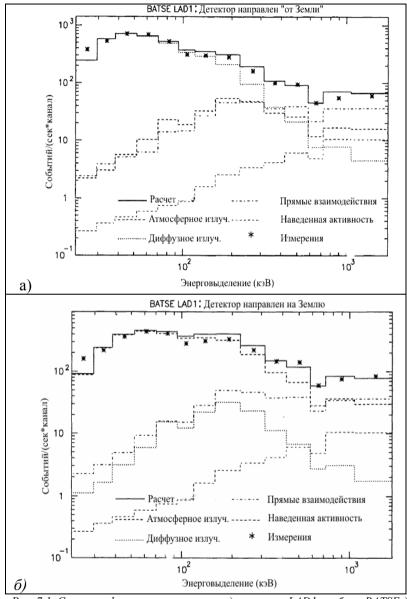
Компоненты фона гамма-спектрометров на низких околоземных орбитах

исследований с использованием Проведение космических гамма-излучения рентгеновского И на околоземных орбитах (высота~500 км), как правило, происходит в условиях значительного преобладания фона над "полезным" сигналом (за исключением экспериментов, в которых объектом изучения являются собственно фоновые условия). При этом типичное значение отношения сигнал-фон составляет 0.05-0.5 для наблюдений вблизи порога чувствительности Скорость счета фона существенно меняется в зависимости от орбитальных параметров ИСЗ, таких географические как координаты и высота ИСЗ над земной поверхностью, положения Земли в поле зрения прибора, времени прошедшего после пересечения ИСЗ областей захваченной радиации и.т.д.

Фоновая составляющая для детекторов гамма-излучения, установленных на борту космических аппаратов, действующих на низких околоземных орбитах, в основном определяется следующими компонентами:

- а) диффузное космическое гамма-излучение;
- б) атмосферное гамма-излучение;
- в) локальный фон гамма-излучения и нейтронов, образованных в прямых взаимодействиях космических лучей с веществом детектора и космического аппарата;
- г) распад нуклидов, образованных во взаимодействиях космических лучей и частиц радиационных поясов и Южной Атлантической аномалии с веществом детектора и космического аппарата;
 - д) нестационарные события и высыпания электронов;
 - е) излучение дискретных космических источников.

Относительный вклад различных компонентов фона зависит от конструкции детектора, массы ИСЗ, а также существенно различается в различных областях энергетического спектра и в общем случае является функцией времени и положения космического аппарата. Компоненты а) и е) не зависят от положения ИСЗ в магнитном поле Земли, в то время как вклад остальных компонентов определяется величиной потока космических



Puc. 7.1. Спектры фоновых компонентов детектора LAD1 прибора BATSE для различных направлений относительно Земли

лучей, геомагнитной жесткостью обрезания (компоненты б)-д)), протонной дозой, накопленной при прохождении космическим аппаратом областей захваченной радиации, а также величиной промежутка времени от момента прохождения данных областей до момента проведения измерений (компонент г)). Для детекторов приборов, направленных на Землю, в области энергии ниже 600 кэВ основной вклад в фоновую загрузку вносит атмосферное гамма-излучение, в то время как диффузное космическое гаммаизлучение является доминирующим в области энергии ниже 300 кэВ для детекторов, направленных в противоположную сторону. В общем случае, исключая прохождение космическим аппаратом областей захваченной радиации, относительный вклад наведенной активности увеличивается с ростом энергии в спектре, особенно в области энергии выше 200 кэВ, а в области энергии выше нескольких МэВ доминирующим компонентом является локальный фон от прямых взаимодействий космического гамма-излучения с веществом детектора и космического аппарата.

На рис. 7.1 в качестве примера представлены спектры фоновых компонент детектора LAD1 прибора BATSE для различных направлений относительно Земли.

Фоновые загрузки детекторов зависят от целого ряда факторов: массы и конфигурации спутника, параметров орбиты, материала детекторов, их расположения на борту и уровня солнечной активности. Влияние всех этих факторов приводит к тому, что фон в каждом конкретном эксперименте довольно специфичен и меняется со временем. Поэтому необходимо проведение полетной калибровки аппаратуры в течение всего времени ее работы. Вся КОРОНАС-ФОТОН орбита спутника проходит магнитосферы Земли (высота орбиты ~500 км, наклонение орбиты ~82,5°). При движении спутника в магнитном поле будут значительно изменяться потоки заряженных частиц. Аппаратура, подвергается периодическому спутнике, находящаяся на воздействию интенсивных потоков заряженных частиц, приводит к активации как детекторов, так и конструкционных материалов космического аппарата (параметры фоновых линий, обычно регистрируемых при этом, приведены в табл. 7.1). Кроме возможны изменения характеристик аппаратуры того,

старения детектирующих элементов и изменения характеристик электроники. Все эти процессы приводят к изменению зависимости регистрируемой энергии OT номера канала регистрирующей аппаратуры работы прибора. течение всего времени Соответственно, необходимо учитывать это изменение обработке информации, поступающей с прибора НАТАЛЬЯ-2М.

Таблица 7.1. Параметры фоновых линий

тиолици 7.1. Пириметры фоновых линии			
Е, МэВ	Основные нуклиды		
0,38	$I^{126}, I^{128}, Cs^{127}, Cs^{129}, Sn^{113}, Xe^{127}$		
0,5	$e^+e^-, Na^{24m}, Te^{121}, Cs^{132}, Sb^{115}, I^{121}, Cs^{128}, Cs^{129},$		
	$Co^{55}, In^{111m}, Cs^{128}, I^{126}, I^{128}$		
0,7	$Cs^{132}, I^{124}, I^{126}, Mn^{52}, In^{110}, Te^{119}, Te^{117}$		
1,46	$K^{40}, Na^{24}, Mn^{52m}, Mn^{52}, Ni^{57}, Mg^{24}, Co^{55}$		
1,8	$Al^{28}, Te^{119}, Te^{117}, I^{124}, Na^{24}, Mg^{26}, Si^{28}$		
2,2	захват $n, Al^{27}, Na^{24}, Te^{117}, Sb^{116}, Ni^{57}$		
2,6	$Tl^{208}, Al^{27}, Na^{24}$		
4,4	$\mathrm{C}^{12}, \mathrm{C}^{13}, Na^{24}, Si^{29}$		
5,0	$\mathrm{C}^{13}, Si^{29}, O^{16}$		
6,0	O^{16}, Fe^{57}, Si^{28}		
7,6	$Fe^{57}, O^{16}, Si^{29}, Al^{28}$		

Задание на лабораторную работу

Преподаватель выдает студентам интервал времени, в котором будет проводиться анализ данных. Студенты проводят поиск по времени начала и окончания заданного интервала в базе первичных данных КНА ФОТОН и получают один или несколько файлов для анализа, их названия заносятся в табл. 7.2. Далее они строят энергетические спектры и проводят их изучение в системе построения и анализа графической информации, установленной на рабочем месте, где выполняется лабораторная работа. Характеристики регистрируемых гамма-линий (в том числе и от внутренних калибровочных источников – см. описание прибора НАТАЛЬЯ-2М, приведенное в данном практикуме) заносятся в табл. 7.3. Затем проводится построение калибровочной зависимости и ее аппроксимация линейной функцией, результаты заносятся в табл. 7.2.

Лабораторная работа выполняется в двух вариантах.

ВАРИАНТ 1. Калибровка на экваториальных участках орбиты

В этом варианте студенты изучают калибровочные спектры на экваториальных участках орбиты (используется указанный преподавателем детектор, например, R1).

ВАРИАНТ 2. Калибровка на полярных участках орбиты

В этом варианте студенты изучают калибровочные спектры на экваториальных участках орбиты (используется указанный преподавателем детектор, например, R2).

Таблица 7.2. Параметры анализируемых участков временного профиля и калибровок

Имя файла	Число каналов/ кол-во выделенных участков	Время начала и окончания	А, МэВ/канал	В, МэВ	Коммен- тарий

Таблица 7.3. Характеристики регистрируемых гамма-линий

Интервал времени	Номер канала	Энергия, МэВ	комментарий

Порядок выполнения лабораторной работы 1. Выборка данных из электронного архива

Выборка данных из электронного архива производится по заданному преподавателем временному промежутку в СУБД ЦЭОНХД КНА ФОТОН среди исходных файлов, сортированных по приборам (см. Руководство пользователя СУБД ЦЭОНХД и лабораторную работу №1). В результате студент получает один или несколько файлов, названия которых он должен указать в соответствующем столбце табл. 7.2.

2. Преобразование данных в текстовый формат

Преобразование данных в текстовый формат производится при помощи специально написанной для приборов КНА ФОТОН программы lab.work — см. описание лабораторной работы №6. Названия выходных файлов имеют следующий вид: <№сеанса>_en_spectr_R_Natal2M.int — файл со спектральными данными прибора Наталья-2М в R-моде. Перечень информации,

хранящейся в файлах спектральных данных прибора НАТАЛЬЯ-2М, приведен в табл. 7.4.

Файл со спектральными данными (4 или 5 файлов в зависимости от наличия или отсутствия суммарного канала, отличаются по имени файла) содержит 20+N+M колонок, где N- количество анализируемых детекторов (4 или 5), M- количество спектральных каналов. Все интегральные скорости счета спектральных каналов R-моды (4 полосы + суммарный канал (если он есть)) записываются в каждый файл.

Таблица 7.4. Перечень информации, хранящейся в файлах спектральных данных прибора НАТАПЬЯ-2М

	НАТАЛЬЯ-2М			
№ колонки	параметр	комментарий		
1	год			
2	месяц			
3	день	prove vous as votors		
4	час	время начала набора данных, UT		
5	МИН	данных, ОТ		
6	сек			
7	мс			
8	бортовое время набора данных			
9	"живое" время			
10	общее время			
11	Режим работы АЦП			
12	Кр-индекс	параметры		
13	Dst-индекс	геомагнитной обстановки		
14	параметр свет/тень			
15	параметр хорошие/плохие условия			
16	широта			
17	долгота	координаты спутника (географические)		
18	высота	(географические)		
19	L	координаты спутника		
20	В	(геомагнитные)		
21	скорость счета 1	интегральные скорости		
	•••	счета спектральных		
21+N	скорость счета N	каналов R-моды		
21+N+1	1 спектральный канал			
•••		энергетический спектр		
21+N+M	М спектральный канал			

3. Построение графиков

Построение графиков производится при помоши установленного на рабочем месте, где выполняется данная лабораторная работа, программного обеспечения. Студент текстовые импортирует все свои файлы В рабочие (worksheet) и строит графики временного профиля скорости счета для указанного детектора в R-диапазоне. Затем он выбирает 5 анализа (экваториальных *<u>V</u>Частков* ппя или полярных работы), зависимости ОТ варианта которые не содержат всплесковых событий. Времена начала и окончания каждого из участков, а так же количество таких участков в каждом файле, заносятся в табл. 7.2. Части файла, соответствующие этим участкам, копируются в отдельные рабочие листы. После этого из них удаляются 21+N колонок так, чтобы остались только спектральные каналы, и матрицы транспонируются. В результате получатся листы, в которых в строке содержится скорость счета в канале, а в столбце - собственно спектр. Далее спектры со всех выделенных участков суммируются в отдельном столбце и строятся графики зависимости скорости счета от номера канала. Затем создается еще один рабочий лист, содержащий суммарный спектр по всем пяти участкам, и строится соответствующий график. Для определения погрешностей считать. что анализируемые величины имеют пуассоновское распределение.

После этого производится выделение спектральных особенностей путем аппроксимации полученного спектра суммой степенной функции и нескольких гауссианов. Положения центров линий заносятся в табл. 7.3 и проводится их интерпретация согласно табл. 7.1 и положению линий от внутренних калибровочных источников (см. описание прибора Наталья-2M, приведенное в данном практикуме). Затем строится калибровочная зависимость и аппроксимируется линейной функцией вида: $E=A\times N+B$.

где N — номер канала. B этом случае A — коэффициент преобразования, B — порог. Результаты работы заносятся в табл. 7.2.

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Лабораторный практикум

Под редакцией Ю.Д. Котова

Редактор Т.В. Волвенкова

Подписано в печать 15.09.2008. Формат $60\times84^{-1}/_{16}$. Печ. л. 7.0. Уч.-изд. л. 7.0. Тираж 120 экз. Заказ № И3 Δ . № 3/33