

Астрофизические  
исследования  
на космической  
станции

«АСТРОН»

# **АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АСТРОН»**

**Под редакцией  
А.А. БОЯРЧУКА**



**МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ФИРМА  
«ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
ВО «НАУКА»  
1994**

ББК 22.63  
А91  
УДК 52.1.13

**Астрофизические исследования на космической станции «Астрон» / Под ред. А.А. Боярчука.—М.: Физматлит, 1994.—416 с.  
ISBN 5-02-014515-7**

В 1983 г. осуществлен запуск первой в СССР автоматической астрофизической станции «Астрон» с ультрафиолетовым телескопом и рентгеновскими спектрофотометрами, которая успешно проработала почти 10 лет. Рассказано об устройстве станции и научной аппаратуры, размещенной на ней. Описано проведение сеансов связей, методика астрофизических наблюдений и их обработка. Приведены таблицы, содержащие данные об энергетических спектрах звезд, галактик, комет и газовых туманностей, наблюдавшихся на станции «Астрон». Описаны модели некоторых интересных объектов, полученных на основании ультрафиолетовых и рентгеновских наблюдений, проведенных со станции.

Для научных работников, аспирантов и студентов.

Табл. 26. Ил. 186. Библиогр. 204 назв.

А  $\frac{1605040000-048}{053(02)-94}$  101-92

© Физматлит, 1994

ISBN 5-02-014515-7

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Астрофизическая станция «Астрон» (В.М. Ковтуненко) .....	7
1.1. Основные задачи астрофизической станции «Астрон» .....	7
1.2. Конструкция космического аппарата .....	9
1.3. Системы космического аппарата «Астрон» .....	14
1.4. Наземные испытания КА .....	20
1.5. Рабочая орбита «Астрона» и ее эволюция .....	20
1.6. Управление полетом КА «Астрон» .....	22
Глава 2. Ультрафиолетовые исследования .....	24
2.1. Ультрафиолетовый телескоп «Спика» .....	24
2.1.1. Оптическая система ультрафиолетового телескопа (выбор и расчет системы, изготовление и контроль, сборка и испытания) (Р.А. Гершберг) .....	24
2.1.2. Конструкция телескопа «Спика» (Н.Л. Нехаев) .....	28
2.1.3. Рассеянный свет в телескопе: методы исследования и подавления (В.П. Гринин) .....	33
2.1.4. Гидирующие системы (А.А. Боярчук, Ю.М. Хаджоянц) .....	36
2.1.5. Наземные испытания телескопа «Спика» (Н.Л. Нехаев) .....	39
2.2. Ультрафиолетовый спектрометр (М. Дюбан, В.К. Прокофьев) .....	42
2.2.1. Оптическая схема .....	42
2.2.2. Механизм сканирования УФС .....	47
2.3. Исследование системы УФТ+УФС на орбите .....	50
2.3.1. Фокусировка телескопа (А.А. Боярчук) .....	50
2.3.2. Точность наведения и работа гидирующих систем (А.А. Боярчук) .....	51
2.3.3. Калибровка по длинам волн и спектральное разрешение УФС (А.А. Боярчук, Р.Е. Гершберг) .....	52
2.3.4. Калибровка измерений в абсолютных энергетических единицах (Р.Е. Гершберг, П.П. Петров) .....	54
2.3.5. Темновые токи ФЭУ УФС (А.А. Боярчук, А.М. Зверева) .....	64
2.3.6. Рассеянный свет в УФС (А.А. Боярчук, Р.Е. Гершберг, П.П. Петров) .....	68
2.4. Математическое обеспечение эксперимента (Р.Е. Гершберг, А.В. Теребих) .....	72
2.4.1. Вычислительные программы подготовки наблюдений .....	72
2.4.2. Вычислительные программы предварительной обработки телеметрической информации .....	73
2.4.3. Алгоритмы и программы астрофизической обработки наблюдений .....	74
2.5. Исследование звезд .....	75
2.5.1. Распределение энергии в звездных спектрах (А.А. Боярчук, Дж. Куртес, Ч.Т. Хуа, А.А. Гершберг, Н.И. Меркулова, А.В. Теребих) .....	75

2.5.2. Непрерывные спектры звезд (А.А. Боярчук) .....	211
2.5.3. Сверхтяжелые элементы в атмосферах пекулярных звезд (Л.С. Любимков) .....	214
2.5.4. Исследование Сверхновой 1987А в Большом Магелланском Облаке (А.М. Зверева, Л.С. Любимков, П.П. Петров) .....	219
2.5.5. Нестационарные звезды (А.А. Боярчук) .....	225
2.5.6. Фотометрический патруль вспыхивающей красной карликовой звезды EV Lac в линии CIV $\lambda$ 1550 Å (Р.Е. Гершберг) .....	229
2.5.7. Наблюдения на АС «Астрон» с высоким спектральным разре- шением (А.А. Боярчук, Л.С. Любимков) .....	257
2.6. Исследование звездных систем .....	263
2.6.1. Распределение энергии в спектрах звездных систем (В.И. Проник, А.В. Теребиж) .....	265
2.6.2. Абсорбционные и эмиссионные детали в ультрафиолетовых спек- трах галактик (Н.И. Меркулова, Л.И. Метик, В.И. Проник, И.И. Проник) .....	283
2.6.3. Переменность ядер галактик (Н.И. Меркулова, Л.И. Метик, В.И. Проник, И.И. Проник) .....	286
2.6.4. Двухцветная диаграмма галактик (Н.И. Меркулова, Л.И. Метик, В.И. Проник, И.И. Проник) .....	292
2.7. Исследование газовых туманностей (А.М. Зверева, Н.И. Меркулова, В.И. Проник, Ч.Т. Хуа) .....	296
2.8. Исследование фонового излучения (А.М. Зверева) .....	313
2.9. Исследование комет .....	321
2.9.1. Ультрафиолетовые спектры комет (А.М. Зверева) .....	322
2.9.2. Фотометрия комет в полосе гидроксила $\lambda$ 3090Å (А.М. Зверева)	344
Глава 3. Рентгеновские исследования на АС «Астрон» (В.Г. Курт, Е.К. Шеффер) .....	351
3.1. Аппаратура .....	351
3.1.1. Рентгеновский телескоп-спектрометр СКР-02М .....	351
3.1.2. Наземные испытания аппаратуры .....	358
3.1.3. Испытания аппаратуры в полете .....	360
3.2. Обработка результатов наблюдений .....	362
3.2.1. Первичная (экспресс-) обработка .....	362
3.2.2. Вторичная обработка .....	364
3.3. Программа наблюдений .....	369
3.4. Научные результаты рентгеновских наблюдений .....	375
3.4.1. Источник Тау X-1 (Крабовидная туманность) .....	375
3.4.2. Транзиентный источник A0535+26 .....	379
3.4.3. Наблюдения пульсара Cep X-3 (Центавр X-3) .....	383
3.4.4. Рентгеновские наблюдения пульсара Her X-1 (Геркулес X-1) ..	385
Список литературы .....	407

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемый читателю сборник посвящен астрономическому эксперименту, выполненному с искусственного спутника Земли «Астрон». В истории отечественной внеатмосферной астрономии «Астрон» сыграл выдающуюся роль. Он явился первым советским космическим аппаратом, специально спроектированным для проведения высокоточных астрономических наблюдений. К этому времени в США и Европе было запущено уже несколько спутников, предназначенных для проведения астрофизических наблюдений в ультрафиолетовом («Коперник», США, 1972 г., международный спутник IUE, 1978 г.) и рентгеновском (SAS-3, США, 1975 г., Эйнштейновская обсерватория, США, 1979 г.) диапазонах спектра. Отечественные космические исследования до этого времени были сосредоточены в основном на исследованиях Венеры, где действительно были достигнуты выдающиеся научные результаты, а также на исследованиях Луны и Марса. Начиная с «Астроны» наша космическая программа стала все больше уделять внимания астрофизическим исследованиям, которые конечно, более сложны и дороги. Достаточно вспомнить запуск второго аппарата того же типа, что и «Астрон», на котором был размещен комплекс отечественных и зарубежных приборов для рентгеновских исследований, «Гранат», спутник «Прогноз» с аппаратурой для исследования реликтового излучения в миллиметровом диапазоне длин волн и модуль «Квант», пристыкованный к пилотируемой орбитальной станции «Мир». Среди будущих программ также большое внимание уделяется астрофизическим экспериментам в области рентгеновской и гамма-астрономии (спутник «Спектр рентген-гамма»), радиоастрономии (спутник «Радиоастрон») и ультрафиолетовой и оптической астрономии (спутник «Спектр-УФ-170»).

Предлагаемая коллективная монография состоит из трех больших глав. В главе 1, написанной членом-корреспондентом Российской академии наук В.М.Ковтуненко, приводится описание астрофизической станции «Астрон» и ее систем, позволивших осуществить эксперимент, в результате которого был установлен отечественный рекорд длительности работы космического аппарата на орбите. Станция проработала без существенных отказов свыше семи лет. В этом разделе описана и самая главная система станции — система ориентации и наведения, позволившая ориентировать телескопы «Астрон» в любую точку неба с очень высокой точностью, составляющей 1-3'. Вторичный контур ультрафиолетового телескопа доводил эту точность до долей секунды дуги, что вполне соответствует и сегодняшним зарубежным нормам астрономических спутников. В этой же части дается описание и других служебных систем, а также приводятся данные о результатах их работы в течение всего времени активного существо-

вания спутника. Здесь же даются и баллистические данные по орбите спутника и ее эволюции.

Глава 2 монографии посвящена ультрафиолетовому эксперименту, выполненному Крымской астрофизической обсерваторией под руководством инициатора создания спутника «Астрон», ныне покойного академика Андрея Борисовича Северного. Первые три раздела главы содержат описание конструкции ультрафиолетового телескопа и спектрометра и результаты испытаний их работы на орбите, основной вклад в которые внесли французские специалисты из Марсельской астрофизической лаборатории космической астрономии. В разд. 2.4 рассматривается математическое обеспечение ультрафиолетового эксперимента. В разд. 2.5 представлены результаты исследования звезд нашей Галактики, включая нестационарные звезды, а также данные, полученные непосредственно после вспышки Сверхновой в Большом Магеллановом Облаке в 1987 г. Далее приводятся результаты ультрафиолетовых наблюдений галактик, их ядер, газовых галактических туманностей, фонового излучения и комет, наблюдавшихся за время работы спутника. В первую очередь — исследование кометы Галлея во время ее пролета в 1986 г. Исследования звезд и галактик включали как изучение континуума в ультрафиолетовой области спектра, так и наблюдения абсорбционных и эмиссионных линий, выполненные с умеренным и высоким спектральным разрешением.

Последняя глава посвящена рентгеновским исследованиям, проводившимся в спектральном диапазоне 2-25 кэВ с помощью рентгеновского телескопа-спектрометра СКР-02м. Это были первые в нашей стране высококачественные наблюдения большого числа рентгеновских источников, включая одиночные источники, двойные рентгеновские источники, галактические и внегалактические рентгеновские источники. Главным объектом этих исследований были рентгеновские пульсары в диапазоне периодов от миллисекунд и до тысячи секунд. Это стало возможным из-за высокого временного разрешения спектрометра, равного 2,27 мс, что даже теперь, через восемь лет после проведения эксперимента, является очень неплохим значением.

Группа управления, включающая в себя астрономов и специалистов по всем служебным системам, впервые осуществила многолетнюю работу с новым типом космического аппарата, отличавшегося во многом от традиционных станций, запускаемых к Венере, Луне или Марсу. Сеансы с такими станциями проводятся сравнительно редко, тогда как «Астрон» требовал вначале ежедневной работы по 6-8 часов непрерывно. В этой работе принимали участие многие десятки, если не сотни, специалистов разного профиля. Всем им — создателям и космического аппарата, и его научной аппаратуры мы выражаем свою самую искреннюю благодарность. Мы выражаем также глубокую благодарность сотрудникам Крымской астрофизической обсерватории, Институту космических исследований и НПО им. С.А.Лавочкина за быструю оперативную обработку данных наблюдений.

## ГЛАВА I

### АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ «АСТРОН»

#### 1.1. Основные задачи астрофизической станции «Астрон»

Выведенная на орбиту ИСЗ 23 марта 1983 года станция «Астрон» стала первой отечественной непилотируемой космической обсерваторией [1,2]. Назначение станции — проведение внеатмосферных астрофизических исследований галактических и внегалактических источников излучения в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах длин волн при использовании автоматических режимов наблюдения — определило ее конструктивный облик.

На «Астроне» размещен комплекс научной аппаратуры — зеркальный ультрафиолетовый телескоп (УФТ) и рентгеновский телескоп-спектрометр. Комплекс служебных приборов и систем обеспечивает автоматический режим работы бортовой аппаратуры, управление движением станции относительно ее центра масс и стабилизацию в заданных положениях, энергоснабжение и обеспечение теплового режима на борту, а также двухстороннюю радиосвязь с Землей для точного определения параметров орбиты, передачи научной и служебной телеметрической информации, приема и выполнения команд с наземных пунктов управления.

При создании «Астроны» специалисты столкнулись с целым рядом новых для себя проблем, которые были успешно решены в процессе проектирования, наземных испытаний и подготовки станции к полету. Причина возникновения этих проблем — качественно новая в отечественной космонавтике научная программа, которую предстояло выполнить с помощью «Астроны».

Прежде всего, эта программа предусматривала необходимость создания и выведения на околоземную орбиту одного из самых крупных в мире, по тем временам, космического ультрафиолетового телескопа. Его основные параметры, особенно размеры зеркал, габариты и вес, приведенные в табл. 1, позволяют утверждать, что подобных прецедентов в советской космонавтике до «Астроны» не было. Достигнутые в земных лабораториях высокие оптические характеристики телескопа необходимо было гарантированно сохранить после активного участка выведения на орбиту, на котором его конструкция и зеркала должны были испытывать весьма значительные механические воздействия

(уровень вибраций  $5 \pm 200$  Гц, линейные перегрузки —  $n_x = 7g$ ,  $n_{бок} = 3g$ , а также наличие значительных температурных градиентов в космосе).

Т а б л и ц а 1

Основные характеристики УФТ

1	Масса УФТ	369 кг
2	Диаметр главного зеркала	0,8 м
3	Диаметр вторичного зеркала	0,26 м
4	Угол прокачки вторичного зеркала	$\pm 20'$
5	Фокусное расстояние УФТ	8,0 м
6	Угол зрения УФТ-2	$30'$
7	Регистрируемые длины волн:	
	ФЭУ-1	0,35 – 0,2414 мкм
	ФЭУ-2	0,26 – 0,1524 мкм
	ФЭУ-3	0,16 – 0,11 мкм
8	Разрешение ФЭУ:	
	ФЭУ-1	$0,4 \cdot 10^{-4}$ мкм; $30 \cdot 10^{-4}$ мкм
	ФЭУ-2	$0,4 \cdot 10^{-4}$ мкм; $30 \cdot 10^{-4}$ мкм
	ФЭУ-3	$0,2 \cdot 10^{-4}$ мкм; $15 \cdot 10^{-4}$ мкм
9	Точность стабилизации изображения звезды на щели спектрометра (входной)	$\pm 0,3''$

Особые требования предъявлялись к формированию рабочей орбиты космической обсерватории. Она должна была обеспечить возможность проведения научных измерений в течение свыше 90 % времени вне радиационных поясов Земли и вне ее тени. Таким образом устранялось влияние заряженных частиц и сильного свечения геококоны на работу научной аппаратуры.

Имеющиеся возможности выбора «опорных звезд» для ориентации «Астроны» и возможность появления помех от Луны и Земли в поле зрения научных приборов ограничивали область небесной сферы, доступную для наблюдений в данный момент времени. Программа же предполагала возможность ее практически полного охвата.

Не менее важным моментом для определения параметров орбитального движения являлось необходимость увеличения интервалов видимости станции с наземных пунктов управления, расположенных на территории бывшего СССР.

Бортовые системы автоматической станции для выполнения намеченной программы астрофизических исследований должны были обеспечить:

- поиск и точное наведение визирной оси телескопа и рентгеновского спектрометра на изучаемый объект, расположенный, как уже было сказано выше, практически в любой области небесной сферы;
- чрезвычайно точную (единицы угловых секунд) стабилизацию наведения, сохраняемую на протяжении многочасовых наблюдений;

- осуществление сканирования рентгеновского телескопа с изменением радиуса вращения;
- наведение панелей батарей на Солнце;
- прием радиокоманд, проведение исследований и передачу научной и служебной информации на наземный пункт, в том числе с поддержанием непрерывной двухсторонней радиосвязи без запоминания информации на борту.

Большинство названных проблем можно было решить, взяв за основу созданный научно-производственным объединением им. С.А. Лавочкина космический аппарат серии «Венера», аналоги которого успешно работали в космосе (так называемый *базовый аппарат*). Это позволило также значительно сократить сроки подготовки нового космического эксперимента и снизить стоимость проекта.

## 1.2. Конструкция космического аппарата

Устройство космического аппарата (КА) «Астрон» показано на рис. 1.

Последние модификации АМС «Венера», в частности «Венера-15», предусматривали возможность размещения на борту крупногабаритной полезной нагрузки, имеющей большую массу (например, локатор бокового обзора для картографирования поверхности Венеры). Основным звеном в силовой схеме конструкции подобного КА, выбранного в качестве базового для «Астрона», служил блок баков с топливом для автономной двигательной установки (АДУ). Но сама АДУ и, следовательно, блок баков с топливом для нее не нужны «Астрону». Для маневрирования на рабочей орбите ИСЗ вполне достаточно моментных воздействий, создаваемых исполнительными органами (реактивными газовыми микродвигателями) системы управления ориентацией КА (СУО).

Поэтому для сохранения силовой схемы на «Астроне» потребовалось ввести новый конструктивный элемент, повторяющий внешние контуры (геометрию и координаты посадочных мест) блока баков. Эту роль выполнил *опорный цилиндр* — герметичный отсек сварной конструкции, внутри которого размещена цилиндрическая рама с шаробаллонами, а снаружи закреплены два контейнера с аппаратурой УФТ, комплекс рентгеновских спектрометров (КРС), солнечные батареи, антенны, радиаторы системы терморегулирования (СТР). К торцевой части опорного цилиндра (консольно, через коническую проставку) крепится корпус УФТ. Во внутренней полости опорного цилиндра размещаются важнейшие регистрирующие и чувствительные узлы телескопа — ультрафиолетовый спектрометр и датчики положения звезд.

*Приборный отсек* — герметичный, имеющий форму тора — взят полностью с КА «Венера» как по конструкции, так и по расположению бортовых систем внутри отсека. В нем расположены основные служебные системы орбитального модуля. Снизу он крепится к переходной ферме головного блока, а в верхней части на нем устанавливается опорный цилиндр.

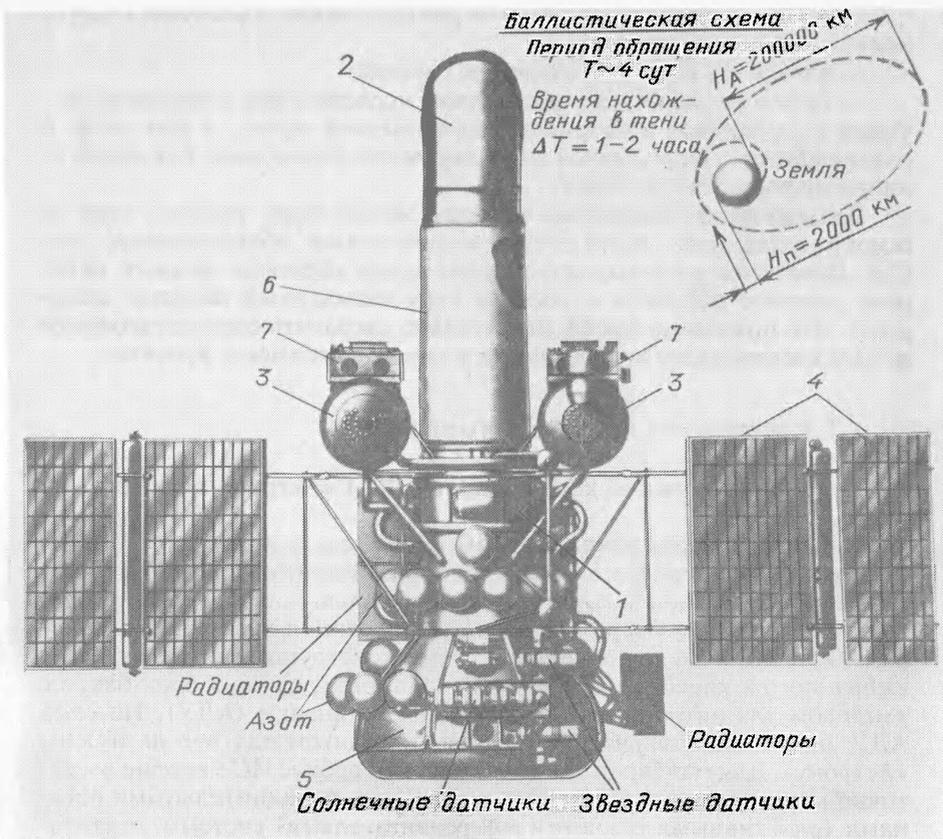


Рис. 1. Общий вид АС «Астрон»: 1 — опорный цилиндр, 2 — крышка ультрафиолетового телескопа, 3 — подвесные контейнеры, 4 — солнечные батареи, 5 — приборный отсек, 6 — герметизирующий кожух ультрафиолетового телескопа, 7 — рентгеновские спектрометры СКР-02М

Два герметичных подвесных контейнера служат для размещения электронных блоков научных приборов космической обсерватории и имеют почти одинаковую конструкцию. Один из них расположен по оси  $-Y$ , второй — по оси  $+Y$ . Они крепятся при помощи фермы к верхнему и среднему шпангоутам опорного цилиндра. На внутренней раме одного из контейнеров крепится аппаратура приборов СКР-02М, а также два блока электроники УФТ. Внутри второго контейнера размещается аппаратура прибора СКР-01М, а также электроника УФТ и вторичного контура.

Установка солнечных батарей СБ состоит из двух основных и двух откидных панелей. Основная и откидная панель образуют секции — правую и левую. Для размещения КА в головном обтекателе СБ сложены в стартовое положение и зачекованы. После отделения от

разгонного блока СБ раскрываются и занимают рабочее положение. Раскрытие панелей производится в два этапа: сначала совместно открываются зачеканные между собой основные и откидные панели, а затем — откидные. Раскрытие откидных панелей происходит после раскрытия и успокоения основных панелей торсионными.

Угол раскрытия панелей СБ (угол между поверхностью СБ и осью  $Z$ ) составляет  $118^\circ$  (рис. 2).

При определенном ориентировании в направлении Солнца СБ обеспечивают необходимый уровень энергопотребления бортовой аппаратуры даже в рабочих сеансах на орбите ИСЗ, более энергоемких, чем при межпланетных экспедициях «Венера».

Радиаторы системы терморегулирования (два — холодного и один — горячего контуров) взяты без изменения с КА «Венера».

Радиаторы холодного контура выполнены в виде трубопроводов U-образной формы, герметично соединяющихся с приборным отсеком и заполненных той же газовой средой, что и отсек. К каждому из трубопроводов приварен металлический лист площадью  $\sim 3 \text{ м}^2$  для увеличения излучающей тепло поверхности. Крепятся эти радиаторы к ферме установки СБ с теневой стороны.

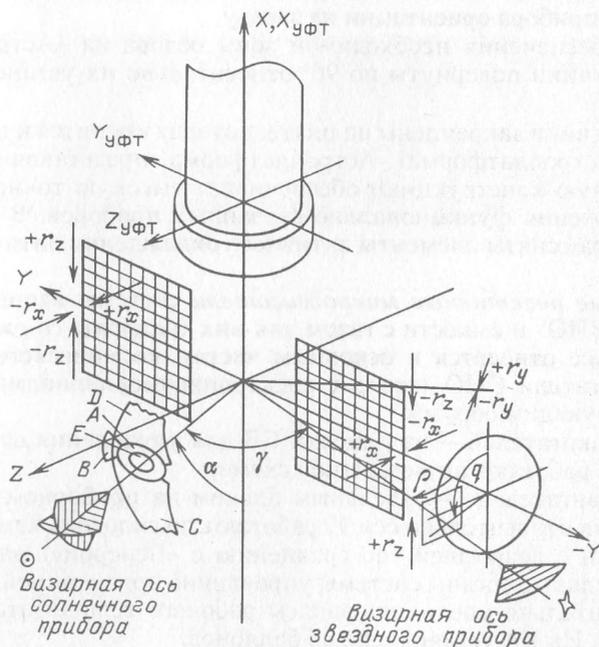


Рис. 2. Кинетическая схема расположения измерительных и исполнительных элементов СУО. Оси УФТ совпадают с осями  $XYZ$  станции.  $A, B, C, D$  и  $E$  — управляющие зоны солнечного прибора;  $r_x, r_y, r_z$  — векторы управляющих воздействий исполнительных элементов;  $\gamma$  — угол «Солнце-станция-звезда»,  $\alpha$  — угол установки визирной оси солнечного прибора;  $\rho$  и  $q$  — углы установки оси звездного прибора

Радиатор горячего контура — трубопровод овальной формы, вваренный в металлический лист площадью  $\sim 0,3 \text{ м}^2$ . Для увеличения площади поверхности, поглощающей солнечную радиацию, используется так называемая сотовая ловушка — экран сотовой конструкции, размещенный над листом радиатора. Трубопровод крепится к приборному контейнеру.

В состав *антенно-фидерной системы* (АФС) КА «Астрон» входят шесть антенн. Четыре из них — конические антенны дециметрового диапазона и две — малонаправленные сантиметрового диапазона. Все антенны конструктивно выполнены выносными. Две антенны дециметрового диапазона (приемная и передающая) по оси  $+Z$  установлены на опорном цилиндре на специальной ферме. Приемная дециметровая антенна по оси  $-Z$  закреплена на подкосе СБ, а передающая дециметровая антенна по оси  $-Z$  и две приемные антенны сантиметрового диапазона по  $+Z$  закреплены на приборном отсеке.

На КА установлены следующие *оптические датчики* системы автоматического управления (САУ) и системы управления ориентацией (СУО):

- два прибора точной ориентации на Солнце;
- два прибора постоянной ориентации на Солнце;
- два прибора ориентации на звезду.

Для обеспечения необходимой зоны обзора на «Астроне» оптические датчики повернуты по  $90^\circ$  относительно их установки на КА «Венера».

Все датчики закреплены на плате, которая крепится к приборному отсеку (астроплатформа). Астроплатформа, представляющая собой моноблочную конструкцию, обеспечивает высокую точность взаимного положения функционально связанных приборов. В отличие от КА «Венера» сняты элементы активного охлаждения оптических датчиков.

*Газовые реактивные микродвигатели* системы исполнительных органов (СИО) и емкости с газом для них (*баллоны со сжатым азотом*) также относятся к основным частям космического аппарата. Микродвигатели СИО (сопла с электропневмоклапанами) расположены следующим образом:

- 16 двигателей — на панелях СБ для управления относительно осей  $X$  и  $Z$  работают по моментной схеме;
- 8 двигателей — отдельным блоком на приборном отсеке для управления относительно оси  $Y$ , работают по силовой схеме.

В связи с возросшей (по сравнению с «Венерой») нагрузкой на исполнительные органы системы управления ориентацией потребовалось значительно увеличить запасы рабочего тела (азота) на борту «Астрона». На КА установлено 35 баллонов.

Общая масса заправляемого азота  $\sim 250$  кг. Баллоны расположены следующим образом:

- 11 штук на юбке приборного отсека;
- 8 штук на опорном цилиндре;
- дополнительные шаробаллоны (16 штук) размещены во внутренней полости опорного цилиндра.

*Комплекс рентгеновских спектрометров* (блоки регистрирующей и, частично, электронной аппаратуры) размещены на внешних рамах подвесных контейнеров. На одной из таких рам крепится устройство детектирования УДСР-04, а также три блока электронной аппаратуры прибора СКР-02М. На внешней раме второго контейнера — устройства детектирования УДСР-03 и УДСР-ОВА, а также три блока электронной аппаратуры прибора СКР-01М.

В конструкции *ультрафиолетового телескопа* воплощены новейшие достижения оптики, точной механики, материаловедения и технологии. Его основные параметры приведены в табл. 1.

Конструкторы сумели разрешить сложную проблему — обеспечить высокую стабильность взаимного расположения оптических элементов телескопа. Стабильность достигнута благодаря применению в конструкции трубы телескопа сплава инвар, имеющего весьма малые температурные деформации. Несущий корпус телескопа представляет собой оболочку из алюминиевого сплава, подкрепленную продольными инваровыми лонжеронами, которые соединяют верхний и нижний шпангоуты телескопа. Жесткость и чрезвычайно малый коэффициент линейного разрешения лонжеронов и обеспечивают стабильность взаимного расположения зеркал телескопа.

Чтобы повысить крутильную жесткость корпуса УФТ (вокруг продольной оси), лонжероны и шпангоуты замкнуты оболочкой. Она лишена продольной жесткости посредством кольцевых, глубоко втянутых гофров, что позволяет исключить какие-либо тепловые деформации оболочки.

Главное зеркало телескопа закреплено таким образом, что строго сохраняется статическая определенность системы «зеркало-оправа». Благодаря этому удалось избежать возможных деформаций оптической поверхности зеркала, вызываемых какими-либо деформациями оправы или корпуса телескопа.

При конструировании телескопа учтена необходимость обеспечения защиты от помех в виде рассеянного света от Солнца, Земли и Луны, который может «затмить» излучение, идущее от исследуемых объектов. С этой целью внутри трубы телескопа размещена целая система бленд и диафрагм оригинальной конструкции — отсекателей так называемого паразитного света. Их размеры и места установки выбраны с тем расчетом, чтобы интенсивность светового потока от источников, расположенных вне поля зрения приборов, ослаблялась поглощением при многократном рассеивании. Все их детали окрашены специальными красителями, коэффициент отражения которых лишь несколько процентов. В результате рассеянный свет не превышает миллионной доли от полного излучения источников помех.

Критерий выбора материалов для изготовления приемной аппаратуры, деталей и узлов телескопа — минимальные газовыделения в вакууме. Таким образом старались уменьшить вероятность загрязнения оптических поверхностей в процессе длительного пребывания в условиях космоса. Наиболее охлажденные поверхности телескопа — именно оптические, так как они «смотрят» в открытый космос, — становятся основным местом конденсации паров и, следовательно,

особенно подвержены загрязнению. Поэтому были исключены вещества, содержащие органические соединения, а также хлорвинил, полиэтилен и другие относительно летучие материалы и красящие вещества (так, чернение алюминиевых деталей проводилось негазящим углекислым кобальтом).

Комплекс мероприятий для решения проблемы загрязнения оптических поверхностей включал также специальную поверхностную обработку составных частей УФТ перед сборкой. Проводилась их тщательная очистка и обезжиривание перед сборкой и поддерживалась особая чистота на всех последующих этапах подготовки к полету. Внутренний объем телескопа, замкнутый герметизирующими поверхностями, заполнялся особо чистым сухим азотом.

Более подробно описание ультрафиолетового телескопа изложено в 2.1.

Для поддержания в заданных пределах температуры элементов конструкции, бортового оборудования и аппаратуры, расположенной вне герметичных отсеков, используется специальная *экранно-вакуумная теплоизоляция* (ЭВТИ).

ЭВТИ представляет собой набор экранов — материалов с высокой отражательной способностью, разделенных прокладками из материала с низкой теплопроводностью, облицованных стеклотканью с наружной и перкалью с внутренней стороны.

Количество экранов ЭВТИ определяется тепловыми режимами отдельных элементов конструкции и составных частей КА.

Конструкция ЭВТИ выполнена в виде отдельных мягких матов и оболочек. Для крепления теплоизоляции, улучшения раскроя и уменьшения обжатия ее предусмотрены жесткие профили.

### 1.3. Системы космического аппарата «Астрон»

**Бортовой радиотехнический комплекс.** Комплекс радиотехнических средств, обеспечивающих выполнение программы работы КА «Астрон», включает в себя бортовой радиотехнический комплекс и наземный комплекс управления.

В состав бортового радиотехнического комплекса входят:

- аппаратура траекторных измерений;
- аппаратура приема команд и числовых уставок;
- система телеметрических измерений;
- аппаратура передачи телеметрической информации по дециметровому каналу;
- аппаратура передачи телеметрической информации УФТ и рентгеновского комплекса по сантиметровому непрерывному высокоинформативному каналу;
- программно-временное устройство.

**Радиосвязь с объектом.** Радиолинии радиоконспекса КА «Астрон» служат для обеспечения радиосвязи между КА и Землей на дальности 2 000 000 км. В задачи радиосвязи входит:

- обеспечение командного управления работой бортовых систем;
- проведение траекторных измерений;

— передача на Землю телеметрической информации о работе бортовых систем и информации с УФТ и рентгеновского комплекса.

Радиосвязь осуществляется с помощью магистральных линий Земля-КА и КА-Земля. Линия Земля-КА дециметрового диапазона предназначена для передачи команд и запросных сигналов при проведении траекторных измерений. Магистральная линия КА-Земля включает в себя две радиолинии: дециметрового и сантиметрового диапазонов. По дециметровой радиолинии КА-Земля передается служебная телеметрическая информация, а также ответный сигнал при проведении траекторных измерений и передаче научной информации. По радиолинии сантиметрового диапазона передается информация с камеры опознавания поля (КОП-А). Передача этой информации осуществляется через сантиметровый передатчик непрерывного сигнала.

На орбите ИСЗ осуществляется командное управление объектом, проводятся траекторные измерения и передается на Землю служебная телеметрическая информация. Командная радиолиния работает в дежурном и сеансном режимах для приема «медленных» и «быстрых» команд. Количество функциональных команд (ФК) — 255, а числовых (ЧК) — 64. Максимальное время выдачи быстрых ФК 15,0 с и ЧК — 15,0 с. Радиокоманды могут быть переданы с использованием одного или одновременно двух из трех номиналов поднесущих частот (линеек) дециметровой радиолинии.

Траекторные измерения состоят в определении фазовым методом дальности КА-Земля и по эффекту Доплера радиальной скорости объекта.

Измерения дальности и скорости проводятся с использованием запросных сигналов. Для измерения дальности используются поднесущие частоты в диапазонах 30 кГц. Погрешность измерений по дальности не более 200 м и по скорости — не более  $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  в когерентном режиме.

Имеется возможность измерения скорости без использования запросного сигнала (режим «Самоход»).

Связь КА с Землей осуществляется через бортовые малонаправленные антенны сантиметрового и дециметрового диапазонов.

Скорость передачи информации с УФТ и комплекса рентгеновских спектрометров по дециметровому каналу 3072 бода.

*Система телеметрических измерений* (ТМ) предназначена для сбора и передачи информации о научных измерениях и функционировании основных систем КА «Астрон». Она представляет собой циклично-адресную многоканальную систему с временным разделением каналов и имеет две степени коммутации, с помощью которых производится последовательный опрос датчиков.

Система обеспечивает непосредственную передачу информации («НП»), запоминание информации («Запись») и воспроизведение запомненной информации («Воспроизведение»).

Скорость непосредственной передачи информации на выходе системы — от 1/7 до 512 измерений в секунду.

Запись научной информации на ЗУ и воспроизведение осуществляется со скоростью, не превышающей 32 измерений в секунду.

Система обеспечивает четыре программы опроса научной информации в режиме «НП» и одну программу в режиме «Запись».

Запоминающее устройство (ЗУ) имеет емкость памяти  $5 \cdot 10^6$  двоичных единиц.

*Программно-временное устройство (ПВУ)* предназначено для автономного управления КА во время полета.

ПВУ имеет 14 программ управления сеансами и линейку пуска БЦВМ.

В состав ПВУ входят следующие приборы:

- прибор программ управления сеансами (ПУС);
- прибор выдачи циклических команд (БЦП);
- хронизатор;
- блок усилителей шагового двигателя (УШД);
- прибор формирования программ пуска БЦВМ (ПМ);
- блок проверки резервирования (БПР).

*Антенно-фидерная система (АФС)*, являясь составной частью КА и бортового радиокомплекса, предназначена для совместной работы с радиокомплексом по обеспечению надежной и устойчивой радиосвязи с КА на всех этапах его работы, предусмотренных программой, и выполнения следующих функциональных задач, возложенных на бортовой радиокомплекс:

- приема команд на борт в дециметровом диапазоне волн;
- проведения траекторных измерений в дециметровом диапазоне волн;
- передачи с борта на Землю объектовой и научной информации в дециметровом диапазоне волн;
- обеспечения работы камер опознания поля (КОП) в сантиметровом диапазоне волн.

Логика работы радиокомплекса и реализация основных технических требований с учетом баллистических данных и возможности компоновки объекта определяет состав АФС:

- две передающие антенны дециметрового диапазона;
- две командно-измерительные малонаправленные антенны (МНА) дециметрового диапазона;
- две командные МНА дециметрового диапазона;
- два волноводных переключателя;
- три антенных переключателя;
- два датчика коэффициента бегущей волны (КБВ);
- шесть фильтров;
- четыре фазирующие секции;
- четыре гермоволновода;
- четыре гермоперехода;
- высокочастотные кабели;
- поворотное соединение волновода.

Работа командно-измерительной радиолинии Земля—объект—Земля и командной радиолинии Земля—объект дециметрового диапазона осуществляется через МНА. Расположение антенн на борту КА обеспечивает всенаправленную диаграмму направленности. Использование двух антенных переключателей типа «два положения—два на-

правления» в командной радиолинии (КРЛ) позволяет в зависимости от углов Солнце—объект—Земля (СОЗ) подключить антенну, работающую в данной полусфере, к любому комплексу приемников и передатчиков (в командно-измерительной радиолинии) и к любому комплексу приемников в командной радиолинии.

Фильтры в командно-измерительной и в командной радиолиниях обеспечивают требуемую развязку между приемным и передающим устройствами.

Датчики КБВ позволяют получить во время полета КА оперативную телеметрическую информацию о состоянии АФС. Работа радиолинии сантиметрового диапазона объект—Земля обеспечивается антеннами, выполненными в виде открытого конца волновода, которые установлены по осям  $+Z$  и  $-Z$  для обеспечения всенаправленной диаграммы направленности.

Волноводные переключатели для этой радиолинии выполняют те же функции, что и антенные в командной радиолинии.

Система автономного управления, система управления ориентацией. Система управления состоит из двух подсистем: системы автономного управления (САУ) и системы управления ориентацией (СУО). С их помощью решаются следующие задачи:

- выведение КА на орбиту ИСЗ с заданными параметрами;
- активное существование КА на орбите ИСЗ;
- проведение ежесуточных сеансов наблюдений длительностью 1–3 часа;
- наведение УФТ и комплекса рентгеновских спектрометров (оси ОХ объекта) в заданную точку небесной сферы с точностью не хуже  $5'$ ;
- стабилизацию объекта относительно выбранного направления с амплитудой колебаний по каждой оси не более  $2'$  и угловой скоростью не более  $0,005^\circ/\text{с}$ ;
- стабилизацию объекта относительно заданного направления с амплитудами колебаний  $33'$  и  $1,5^\circ$  по каждой оси и угловыми скоростями, не превышающими  $0,005^\circ/\text{с}$ .

Наибольших доработок потребовала система управления ориентацией. СУО базового аппарата, чувствительными элементами которой являются гироскопические приборы и оптико-электронные астродатчики, позволяла достигать весьма высокой точности заданного положения и движения автоматической межпланетной станции в инерциальном пространстве в течение всего времени полета. Эта точность (от  $5'$  до  $1^\circ$ ) еще далека от требуемой для астрофизической космической обсерватории, но использование этой СУО в качестве опорной существенно упростило техническое решение проблемы.

Для единственно приемлемого, из конструктивных соображений, расположения УФТ на борту КА, при котором их продольные оси практически совпадают (оси  $Y_{\text{УФТ}}$  и  $X$  на рис. 2), существовавшая схема расположения бортовых астроприборов и исполнительных органов СУО обладала серьезным недостатком с точки зрения организации режимов наведения телескопа на любой из подлежащих изучению объект. Дело в том, что сигналы управления, формируемые

оптико-электронным датчиком положения Солнца (солнечным прибором), для работы соответствующих реактивных микродвигателей вызывали вращение аппарата именно вокруг оси  $X$ . Последующие же его повороты вокруг оси  $Y$  по управляющим сигналам оптико-электронного датчика положения звезды (звездного прибора) давали лишь незначительные отклонения визирной оси телескопа. Таким образом, не выполнялась задача «перенацеливания» телескопа в любую часть небесной сферы.

Определение оптимальных мест установки солнечного и звездного приборов на «Астроне» (рис. 2) с учетом возможности максимального использования полей зрения этих приборов и предотвращения попадания в зону видимости существующих элементов конструкции (например, панели СБ пришлось развернуть на больший угол, чем обычно,  $-29^\circ$  вместо  $9^\circ$ ) и бликующих помех от них, а также соответствующая корректировка логики работы СУО, позволили добиться того, что недоступной для обзора телескопом осталась весьма малая область. Основную же роль в этом сыграло повышение чувствительности звездного прибора. В качестве опорных ориентиров теперь могут быть использованы как звезды (15 ярчайших звезд —  $\alpha$  СМа,  $\alpha$  Саг,  $\alpha$  Луг,  $\alpha$  Ори,  $\beta$  Ори,  $\alpha$  Егг, и др), так и внешние планеты (Юпитер, Сатурн, Марс).

Обеспечение режимов ориентации и стабилизации КА. Проблема получения высокоточной стабилизации при наблюдениях за астрообъектами решена введением в СУО космической обсерватории двух контуров управления. Сначала вращением всего аппарата по сигналам с астроприборов, использующих для пространственной «привязки» Солнце и соответствующую опорную звезду, достигается необходимая трехосная ориентация «Астрона», при которой визирная ось УФТ наводится на подлежащий изучению объект с точностью 4–5' (основной контур управления — грубое наведение). Стабилизация осуществляется в автоматическом режиме с помощью того же основного контура управления: астроприборы — усилительно-преобразующий тракт — реактивные микродвигатели. Моментные воздействия на КА приводят к его вращению относительно центра масс, компенсирующему отклонение от заданного положения.

Далее в процесс наведения включаются приборы и устройства самого УФТ — датчики положения исследуемой (центральной) или вспомогательной (офсетной) звезды и устройства, изменяющие угловое положение вторичного зеркала (вторичный контур управления — точное наведение).

Могут быть использованы два режима работы вторичного контура:

— центральное гидирование (управление осуществляется от светового потока исследуемой звезды);

— офсетное гидирование (управление осуществляется от светового потока вспомогательной звезды, как правило, более яркой, чем исследуемая).

Заданная пространственная ориентация системы «КА + телескоп» поддерживается в течение интервалов времени, достаточных для выполнения требуемых циклов наблюдений, с помощью более сложного

контура, включающего, в том числе, корректирующее участие пунктов управления с Земли.

СУО «Астрона» обеспечивает кроме трехосной ориентации, описанной выше, также одноосную и дежурный режим ориентации космического аппарата.

Одноосная солнечная ориентация достигается вращением всего КА вокруг направления на Солнце. При этом телескопы с ограниченными полями зрения могут просмотреть всю небесную сферу.

Дежурный режим ориентации обеспечивает нормальные условия функционирования бортовых систем.

Система исполнительных органов ориентации (СИО). Система исполнительных органов ориентации выполняет следующие функции:

- хранит запасы рабочего тела (азота);
- обеспечивает регулирование давления рабочего тела до заданной величины и подачу его к управляющим двигателям;
- создает с помощью газовых реактивных двигателей управляющие моменты относительно центра масс для изменения углового положения КА при ориентации и стабилизации его в пространстве.

В состав системы входят:

- емкость для запасов рабочего тела;
- агрегаты регулирования и подачи рабочего тела;
- газовые реактивные двигатели;
- датчики телеметрического контроля.

Для надежности система резервирована. Выбор основной или резервной ветвей системы и выбор уровня тяги (большая, средняя или малая) определяется логикой работы системы управления, а также может производиться по радиокомандам.

Логикой работы системы управления определяется также последовательность включений тех или иных газореактивных микродвигателей для создания управляющих воздействий.

Система электропитания. Система электропитания предназначена для питания бортовой аппаратуры электрической энергией постоянного тока на всех этапах существования КА.

Система электропитания (СЭП) построена по схеме «генератор—буферная батарея». Генератором является солнечная батарея. В качестве буферной батареи (ББ) используется батарея с аккумуляторами типа КНГК.

Система СЭП обеспечивает напряжение на входах бортовых систем 27 В.

Приборы электроавтоматики и бортовая кабельная сеть. Система предназначена для управления бортовыми системами и приборами при выполнении программы полета и при проведении всех видов электрических наземных испытаний.

В состав системы входят:

- блок коммутации и автоматики;
- блок управления пиротехникой;

- контакты отделения КА от фермы четвертой ступени ракеты-носителя;
- блок управления вентиляторами;
- бортовая кабельная сеть.

Система обеспечения теплового режима (СОТР). СОТР предназначена для поддержания в заданных пределах температуры газов внутри герметических контейнеров, а также температуры элементов конструкции, бортового оборудования и аппаратуры, расположенной вне их, на всех этапах эксплуатации КА, предусмотренных программой полета.

СОТР «Астрона» сочетает активные и пассивные средства терморегулирования.

Из активных средств используется многоконтурная газоциркуляционная система (СТР), в которой теплоносителем служит газовая среда, заполняющая приборные отсеки, а ее циркуляция обеспечивается работающими вентиляторами. Появление на борту КА дополнительных приборных блоков и узлов, требующих для своего нормального функционирования определенных температурных условий, вызвало необходимость доработки существовавшей на базовом аппарате системы СТР. Они коснулись, прежде всего, конфигурации радиационного теплообменника и контура воздухопроводов. Воздуховоды, например, буквально опоясали место стыка УФТ и опорного цилиндра, обеспечивая его термостабилизацию.

Пассивные средства терморегулирования — ЭВТИ, радиационные поверхности, терморегулирующие покрытия и др.

#### 1.4. Наземные испытания КА

Очень важное значение в подготовке «Астрона» к штатной работе имел этап наземных испытаний — сложившийся в процессе многолетней практики создания средств беспилотной космонавтики цикл всесторонних автономных и комплексных проверок функциональных возможностей изготавливаемого космического робота. На так называемых экспериментальных машинах, имеющих вид от фрагментарных до полных копий космической станции, проведен большой объем тепловакуумных, вибростатических, динамических и электрических испытаний.

После того как они дали положительные результаты, астрофизическая обсерватория «Астрон» была выведена на высокоапогейную орбиту ИСЗ.

#### 1.5. Рабочая орбита «Астрона» и ее эволюция

Для выведения на рабочую орбиту ИСЗ внеатмосферной астрофизической обсерватории «Астрон», так же как и для автоматических межпланетных станций серии «Венера», использовалась ракета-носитель «Протон» с дополнительной ступенью (так называемым разгонным блоком).

С учетом оптимизации перечисленных ранее требований и ограничений к рабочей орбите «Астрона», а также возможностей ракеты-носителя, были выбраны следующие начальные параметры орбиты:

Высота апогея  $H_a = 201\,230$  км

Высота перигея  $H_{\pi} = 1\,996$  км

Наклонение  $i = 51,5^\circ$

Аргумент перигея  $\omega = 284,9^\circ$

Период обращения  $T = 98$  ч

Из-за гравитационных возмущений от Солнца и Луны, а также из-за несферичности геопотенциала, параметры орбиты с течением времени претерпевают существенные изменения.

Основные параметры орбиты в экваториальной геоцентрической системе координат на эпоху 1975,0 за 8 лет, прошедших со дня запуска, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Основные параметры орбиты КА «Астрон» в экваториальной геоцентрической системе координат на эпоху 1975,0

Дата	Высота перигея, км	Высота апогея, км	Аргумент перигея, град	Наклонение, град	Долгота восходящего узла, град
23.03.83	1996	201230	284,9	51,5	20,9
23.09.83	4760	198200	301,4	61,1	351,8
23.03.84	10000	192900	307,7	69,0	336,5
23.09.84	17100	185500	312,2	74,1	327,7
23.03.85	24800	178000	316,6	76,6	322,9
23.09.85	30600	172000	321,8	78,0	319,6
23.03.86	34900	167700	328,7	78,4	317,2
23.09.86	36700	166000	336,0	78,0	315,3
23.03.87	35800	166700	343,0	77,1	313,8
23.09.87	32500	171600	351,3	76,1	311,8
23.03.88	27500	176600	356,6	73,3	310,4
23.09.88	21000	183200	0,8	69,1	308,8
23.03.89	14700	189400	4,3	61,7	306,8
23.09.89	9200	194800	7,2	51,5	303,5
23.03.90	5700	198400	13,3	34,8	297,3
23.09.90	5200	198800	36,3	15,3	274,7
23.03.91	7800	196300	125,9	10,5	185,4

Как видно из таблицы, высота перигея вначале достаточно быстро растет с одновременным уменьшением высоты апогея (большая полуось остается практически постоянной) и достигает максимального значения ~38000 км приблизительно через 3,65 года после старта. Одновременно возрастает наклонение орбиты, а линия апсид медлен-

но вращается, приближаясь к плоскости эклиптики. После того как апогей перешел в южное полушарие относительно плоскости эклиптики, начинается уменьшение высоты перигея и рост высоты апогея. При этом наклонение орбиты уменьшается, и приблизительно через 7,5 лет после старта орбита «ложится» в плоскость эклиптики, аргумент перигея быстро возрастает, а долгота восходящего узла резко уменьшается.

В дальнейшем по мере увеличения аргумента перигея наклонение орбиты возрастает и через полтора года достигает порядка  $30^\circ$ , а высота перигея увеличивается примерно до величины порядка 27 000 км. К сентябрю 1993 г. аргумент перигея перешел в третий квадрант, и вновь началось уменьшение высоты перигея и наклонения орбиты.

## 1.6. Управление полетом КА «Астрон»

Управление полетом «Астрон» осуществлялось в основном из Центра дальней космической связи (ЦДКС, г. Евпатория). Туда же поступала научная и служебная телеметрическая информация с борта КА.

За время проведения сеанса связи, в зависимости от его типа, на КА передавалось от 150 до 450 команд, обеспечивающих управление бортовыми системами и задание программ научных исследований.

Информация, поступающая в ходе сеанса с борта на Землю, частично сразу обрабатывалась на ЭВМ и отображалась на экранах дисплеев с последующим документированием. Одновременно производилась запись необработанной информации на наземные магнитофоны, ее объем составлял ~40 Мбит за сеанс.

Скорость опроса телеметрических параметров определялась скоростью передачи информации с борта и количеством повторений параметров внутри каждой телеметрической программы. В режиме непосредственной передачи опрос мог производиться по девяти телеметрическим программам, но для проведения научных исследований использовались лишь две программы. Основные скорости передачи информации — 3072 и 128 бит/с. Для максимальной скорости передачи при проведении наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне, в зависимости от используемой программы, максимальная периодичность опроса составляла 0,61 или 4,88 с. Ее можно было увеличить до нескольких минут. При скорости 128 бит/с периодичность опроса 14,65 с, она также могла быть увеличена до нескольких минут.

Выбор скорости передачи, телеметрической программы и состава передающих средств осуществлялся по командам с Земли. Команды могли выдаваться в любое время видимости «Астрона» с любой из участвующих в работе наземных станций слежения (Евпатория, Усурийск, Медвежье Озера), но, как правило, команды выдавались только во время сеансов связи.

Команды могли передаваться в медленном и быстром режимах. Основной режим выдачи команд — быстрый, при котором время формирования и исполнения команды не превышал 11,5 с.

По командам выполнялись операции включения сеансов связи, включения и выключения приборов, смена комплектов аппаратуры, изменение режимов из работы, открытие защитных крышек оптических приборов, изменение скорости передачи информации и т.д.

Кроме этого, с помощью команд на борт автоматической станции закладывалась установочная информация, используемая для задания положения визирных осей солнечных и звездных приборов, а также для задания координат офсетной звезды в поле зрения датчика положения звезды, используемого во вторичном контуре управления телескопом.

По командам можно было изменять положение входной диафрагмы ультрафиолетового спектрометра относительно фокуса телескопа и осуществлять подстройку чувствительности датчика положения звезды.

Наконец, в сеансах связи по командам задавались программы сканирования ультрафиолетового спектрометра и время накопления импульсов фотоэлектронных умножителей спектрометра.

Время работы бортовых систем «Астрона» многократно превысило гарантийные ресурсы. Постоянно функционирующие системы, обеспечивающие жизнеспособность станции, превысили свои гарантийные ресурсы почти в шесть раз; бортовые передатчики работали свыше 2560 ч, что превышает запланированную продолжительность более чем в три раза. На борт было выдано и отработано около ста тысяч команд.

## ГЛАВА 2

### УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Ультрафиолетовый телескоп «Спика»

**2.1.1. Оптическая система ультрафиолетового телескопа (выбор и расчет системы, изготовление и контроль, сборка и испытания).** В УФТ «Спика» осуществлена оптическая система Ричи–Кретьена. Два важных свойства такой двухзеркальной системы были решающими при ее выборе для космического телескопа: сравнительная компактность и большое поле зрения с хорошим качеством изображения; последнее обстоятельство весьма существенно для работы в режиме офсетного гидирования, когда при наблюдении слабого объекта непрерывное гидирование телескопа проводится по соседней яркой звезде.

Линейные размеры оптической системы УФТ определялись габаритными возможностями астрофизической станции, светосила выходящего пучка должна быть согласована со светосилой вогнутой дифракционной решетки спектрометра. С учетом этих требований для УФТ «Спика» была выбрана оптическая система со следующими параметрами: фокус системы 7860 мм, диаметр главного зеркала 800 мм, его радиус кривизны в вершине 5665,2 мм, квадрат эксцентриситета 1,1146, соответствующие параметры вторичного зеркала — 264 мм, 2711,9 мм и 5,9542, расстояние между вершинами зеркал 1965,3 мм и вынос фокуса системы за вершину главного зеркала 441,3 мм. Общая схема хода лучей в УФТ «Спика» и спектрометре приведена на рис. 3.

Важное свойство системы Ричи–Кретьена — это возможность удержания изображения звезды в центре фокальной поверхности при уходе звезды с оси телескопа с помощью компенсирующего вращения вторичного зеркала вокруг некоторой точки: при таком вращении происходит скольжение фокальной поверхности, имеющей форму, близкую к сфере, по этой сфере, так что изображение звезды, уходящей с оптической оси телескопа, остается на его механической оси и хорошо сфокусировано; в рассчитанной схеме эта так называемая нейтральная точка находится на оси телескопа на расстоянии 713,7 мм от вершины вторичного зеркала впереди входного зрачка системы. В верхней части рис. 4 приведены размеры изображения точечного источника, которое должно строиться рассматриваемой системой на

различных угловых расстояниях такого источника от оси системы; сплошная линия соответствует центрированной системе, штриховая линия — системе, в которой вторичное зеркало компенсирует уход звезды с оси телескопа на  $2'$ , и штрих-пунктирная линия — системе с компенсацией ухода звезды на  $5'$ . Рисунок показывает, что в пределах поля зрения в  $0,5^\circ$  размер изображения звезды не превышает  $1''$  при уходе звезды с оси телескопа не далее  $2'$ .

Задача создания механизма качания вторичного зеркала вокруг заметно вынесенной вперед точки существенно усложнила конструкцию телескопа. С целью избежать этих усложнений была рассмотрена возможность использования двухзеркальной системы Боттема-Вудруффа, в которой компенсация ухода звезды с оси телескопа достигается вращением вторичного зеркала вокруг его вершины. Для линейных параметров, приведенных выше, квадраты эксцентриситетов зеркал такой системы соответственно равны 1,4986 и 10,7468, и в нижней части рис. 4 приведены результаты вычислений свойств такой системы. Рисунок показывает, что система Боттема-Вудруффа обеспечивает хорошее изображение лишь в поле диаметром  $6'$ , что слишком мало для отыскания соседней достаточно яркой звезды, необходимой при офсетном гидировании УФС.

Зеркала рассчитанной системы Ричи-Кретьена были изготовлены из ситалла СО 115 М. Главному зеркалу придана форма мениска толщиной 6 см. В процессе изготовления зеркала использовались различные методы контроля. Окончательная оценка качества главного зеркала была выполнена Г.М. Поповым по интерферограммам, полученным с компенсатором типа Оффнера, результаты этой оценки представлены на рис. 5. Вторичное зеркало контролировалось с помощью вогнутой сферы Хиндла и затем

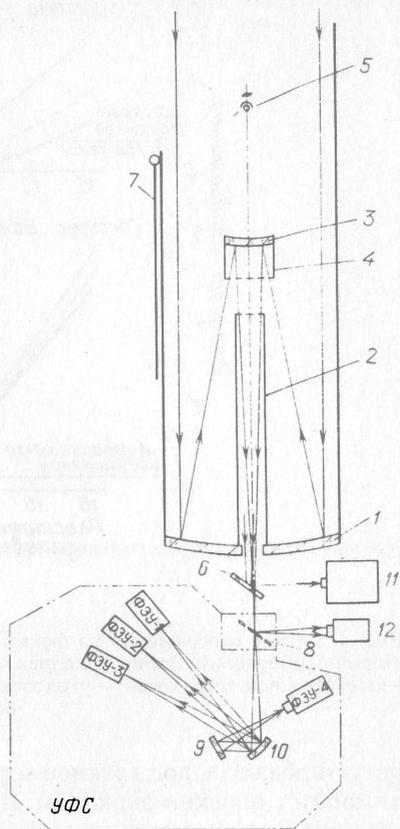


Рис. 3. Общая схема хода лучей в УФС «Спика» и в спектрометре (УФС): 1—главное зеркало, 2—бленда главного зеркала, 3—вторичное зеркало, 4—бленда вторичного зеркала, 5—центр качания вторичного зеркала, 6—диагональное зеркало, 7—светозащитная крышка телескопа, 8—входные диафрагмы, 9—диагональное зеркало УФС, 10—дифракционная решетка, 11—датчик положения звезды (опорной) (ДПЗО), 12—датчик положения звезды (центральной) (ДПЗД)

методы контроля. Окончательная оценка качества главного зеркала была выполнена Г.М. Поповым по интерферограммам, полученным с компенсатором типа Оффнера, результаты этой оценки представлены на рис. 5. Вторичное зеркало контролировалось с помощью вогнутой сферы Хиндла и затем

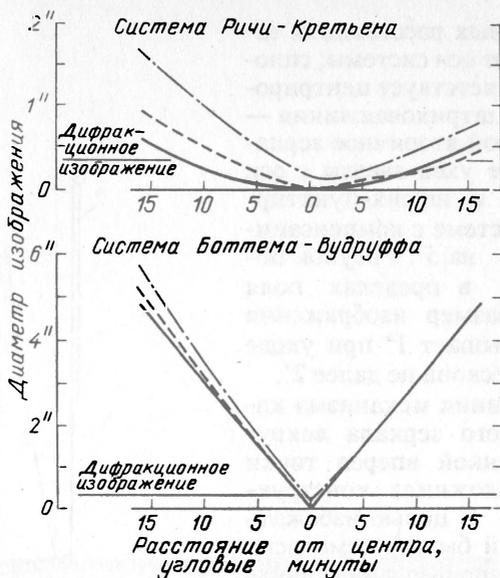


Рис. 4. Размер изображения на фокальной поверхности телескопа при гидировании вторичным зеркалом. Расчет выполнен методом точечной диафрагмы. Сплошная линия — звезда на оси, штриховая — уход звезды с оси на  $2'$ , штрих-пунктир — уход звезды с оси на  $5'$

ретушировалось под главное зеркало в собранной системе в автоколлимации с плоским зеркалом. После достижения необходимого качества оптических поверхностей зеркала были покрыты алюминием со всех сторон, затем рабочие поверхности зеркал были покрыты слоем фтористого магния толщиной  $250\text{Å}$  для повышения коэффициента отражения в ультрафиолете.

Во избежание существенной паразитной засветки, вызванной попаданием косых пучков, проходящих между тубусом и узлом вторичного зеркала в отверстие главного зеркала непосредственно на фокальную плоскость телескопа, были рассчитаны, изготовлены и установлены у главного и вторичного зеркал светопоглощающие бленды — см. рис. 3 (см. п. 2.1.3).

Окончательная сборка и юстировка оптической системы УФТ проводилась на поворотном стенде в кондиционированном помещении. Для работы в режиме автоколлимации использовалось укрепленное на потолке этого помещения большое плоское зеркало. Как показали измерения, от бесконечно удаленного точечного источника система собирает около 70 % света в круглую диафрагму диаметром  $1''$ .

Для контроля сохранности юстировки оптической системы УФТ при виброиспытаниях УФТ и его транспортировке по предложению А.Ф. Лагутина была разработана и реализована система внутреннего

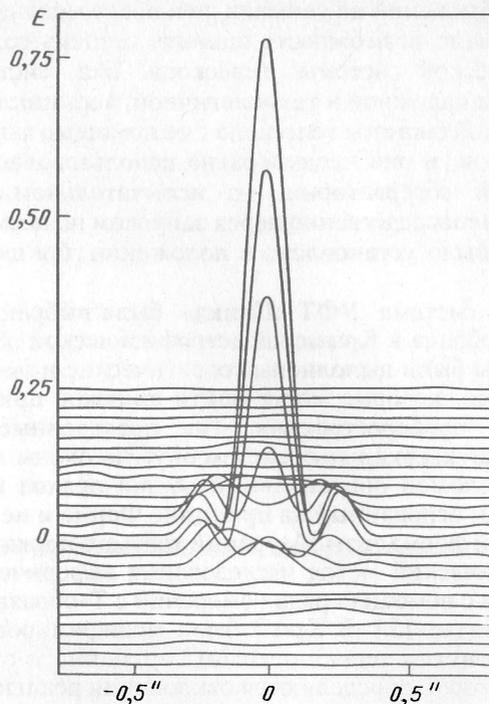


Рис. 5. Интерферограмма главного зеркала, полученная с компенсатором типа Оффнера

контроля. На спайдерах, несущих узел вторичного зеркала, были установлены четыре круглых плоских зеркала диаметром около 33 мм, обращенных лицевой поверхностью внутрь телескопа и выставленных перпендикулярно оптической оси телескопа. Далее, перед ФЭУ 4-го канала УФС было установлено плоское диагональное зеркальце, которое имело два фиксированных положения: в одном из них — при штатной работе спектрометра — оно направляло излучение, идущее в нулевом порядке от дифракционной решетки, на ФЭУ 4-го канала, обеспечивая референтный канал для учета ошибок гидирования системы — см. п. 2.1.4; в другом положении это зеркальце отражало свет установленной в спектрометре лампочки накаливания в направлении, обратном предыдущему, создавая на входной диафрагме спектрометра, т.е. в фокусе телескопа, точечный источник света. Перед входной диафрагмой спектрометра в специальной кассете помещалась фотопленка, причем в месте, соответствующем диафрагме, в пленке предварительно делалось отверстие. При таком положении зеркальца в спектрометре и включении лампочки накаливания телескоп «Спика» с плоскими зеркалами на спайдерах образовывал автоколлимационную систему, которая строила на пленке вблизи точечного источника четыре его внефокальных изображения. Сравнение поло-

жений этих изображений на снимках до и после механических нагрузок на УФТ дало возможность оценить степень сохранности юстировки оптической системы телескопа. Эта система контроля оказалась весьма надежной и технологичной, весь цикл проверки состояния оптической системы телескопа с ее помощью занимал не более одного-двух часов, и она неоднократно использовалась в Крымской астрофизической обсерватории, на испытательном стенде завода-изготовителя и непосредственно перед запуском на космодроме, после чего зеркальце было установлено в положении для штатной работы спектрометра.

Оптическая система УФТ «Спика» была выбрана, рассчитана, изготовлена и собрана в Крымской астрофизической обсерватории. В ходе этой работы были выполнены теоретические и экспериментальные исследования, которые могут найти широкое применение в астрономическом приборостроении. Так, проведенные исследования общих свойств двухзеркальных систем опубликованы в монографиях [3,4]; в них изложен оригинальный общий подход к таким оптическим системам, основанный на принципе Ферма и не опирающийся на традиционный формализм аббераций третьего порядка. Развитый в КрАО технологический метод исследования асферических астрономических зеркал с помощью ряда измерений с Т-образным сферометром описан в статье [5]. В КрАО была модифицирована методика исследования вогнутых зеркал методом Гартманна; в отличие от традиционной, в которой определяются отклонения реального зеркала от заданной фигуры, в предложенной методике анализ гартманнограмм сперва дает параметры ближайшего к реальному зеркалу коникоида и затем отклонения исследуемого зеркала от такого коникоида [6,7]. Для расчетов точечных диаграмм, допусков на параметры оптических деталей и погрешности сборки оптических систем различных типов был разработан пакет вычислительных программ «Двухзеркальные системы».

**2.1.2. Конструкция телескопа «Спика».** Общий вид ультрафиолетового телескопа «Спика» представлен на рис. 6. Конструкция телескопа включает корпус телескопа, узел главного зеркала, узел вторичного зеркала и блок научной и служебной аппаратуры.

Корпус телескопа состоит из наружной кососрезанной бленды с крышкой и приводом, тубуса, герметизирующего чехла и конической проставки. Корпус телескопа с целью обеспечения сохранности оптических покрытий зеркал выполнен герметичным.

Наружная бленда (рис. 7) имеет срез под углом  $40^\circ$ , так как станция находится на орбите в режиме постоянной солнечной ориентации, и угол «прокачки» составляет  $\pm 45^\circ$ , тем самым кромка входной диафрагмы во время сеансов никогда не освещается Солнцем. Крышка бленды эллиптическая, цельнофрезированная из алюминиевого сплава, крепится к приводу. В начальном закрытом состоянии она герметизируется одноразовыми замками по периметру и резиновым уплотнением. Замки крышки удерживаются в закрытом состоянии тросом, их открытие происходит после срабатывания любой из двух

пирочек. После первоначального раскрытия замков крышка поворачивается приводом на угол  $213^\circ$  так, чтобы в открытом состоянии перед плоскостью входного отверстия не было никаких предметов. По окончании сеанса наблюдений крышка закрывает бленду, при этом замки не срабатывают и герметизация не осуществляется. Крышка выполняет только роль светового затвора и служит для предотвращения радиационного выхолаживания оптики телескопа. На внутренней поверхности крышки имеются места крепления «свидетелей» оптических покрытий зеркал (см. п. 2.1.5), а также фланцы крепления двух кварцевых линзовых иллюминаторов с ртутными лампами, что позволило без открытия крышки проверять работоспособность ультрафиолетового спектрометра при наземной обработке телескопа.

Тубус телескопа (рис.8) клепаной конструкции выполнен из алюминиевых, титановых и инваровых сплавов. Для обеспечения стабильности взаимных положений зеркал при изменениях температуры корпуса, продольные стержни выполнены из инвара, имеющего низкий коэффициент температурного расширения ( $\alpha = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{град}^{-1}$ ). Передний шпангоут, к которому крепится узел вторичного зеркала, выполнен из титановых сплавов, изготовлен также из титанового сплава для обеспечения одинаковых температурных деформаций. Оболочка тубуса алюминиевая, и поэтому для предотвращения температурных напряжений между оболочкой и продольными стержнями выбрана специальная форма оболочки и стержней (рис. 9).

Вдоль инварового стержня оболочка из алюминиевого сплава не имеет жесткости, и наоборот — инваровые стержни не обладают жесткостью по периметру обшивки.

Нижний шпангоут тубуса выполнен из алюминиевого сплава, к нему крепится оправа главного зеркала и коническая проставка. Поскольку клепаный тубус не герметичен между верхним и нижним

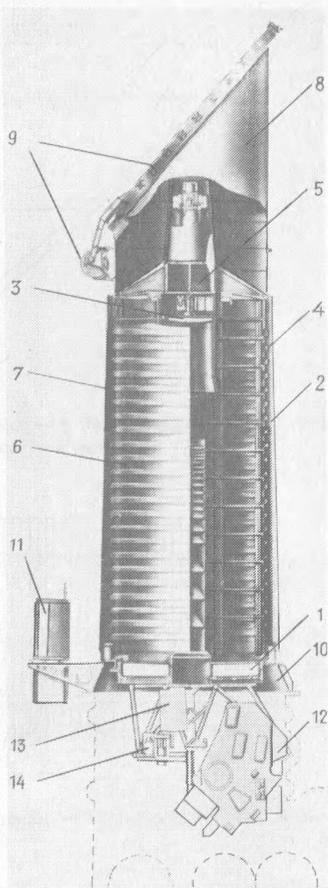


Рис. 6. Общий вид ультрафиолетового телескопа (УФТ): 1 — главное зеркало УФТ, 2 — бленда главного зеркала, 3 — вторичное зеркало, 4 — бленда вторичного зеркала, 5 — узел вторичного зеркала, 6 — бленда УФТ, 7 — корпус УФТ, 8 — герметизирующий кожух, 9 — крышка УФТ с приводом, 10 — коническая проставка, 11 — камера опознавания звездного поля, 12 — ультрафиолетовый спектрометр (УФС), 13 — ДПЗО, 14 — ДПЗЦ

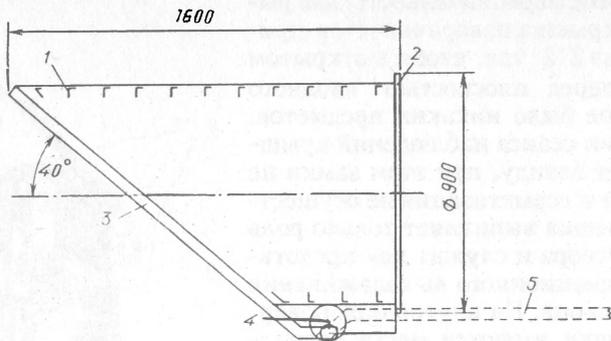


Рис. 7. Наружная бленда: 1 — диафрагмы, 2 — шпангоут, 3 — крышка, 4 — привод крышки, 5 — крышка в открытом положении

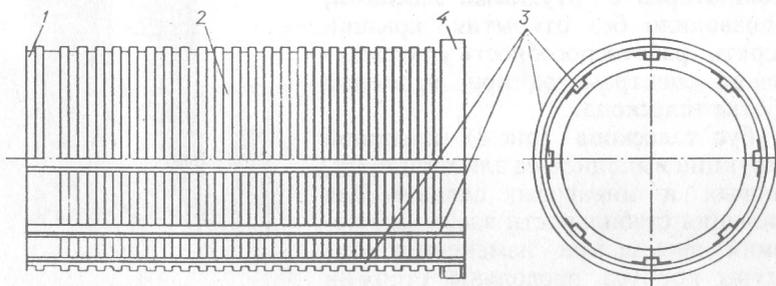


Рис. 8. Тубус телескопа: 1 — передний шпангоут, 2 — оболочка, 3 — инваровые стержни, 4 — нижний шпангоут

шпангоутами, с наружной поверхности закрепляется фторолоновый герметизирующий чехол.

Коническая проставка крепит весь телескоп к станции, в ней установлены гермопереходники бортовой кабельной сети, выполнены фланцы для подключения системы заполнения сухим азотом полости телескопа, кронштейн камеры опознавания поля. При наземной отработке к конической проставке крепится технологический колпак, закрывающий герметически светоприемную аппаратуру.

Для уменьшения рассеянного света внутри телескопа в тубусе и кососрезанной бленде установлены светозащитные кольцевые диафрагмы с острыми кромками ( $P \leq 0,1$  мм). Все внутренние детали телескопа окрашены уксуснокислым кобальтом в черный матовый цвет с низкими коэффициентами отражения.

Применение подобного покрытия позволило отказаться от использования органических красителей и исключило явление контаминации. Однако, так как это покрытие можно нанести только на детали из алюминиевых сплавов, все стальные и титановые детали, электрические кабели пришлось закрыть алюминиевыми щитками, покрытыми уксуснокислым кобальтом.

Узел главного зеркала (рис.10) включает в себя оправу главного зеркала и бленду главного зеркала. Оправа главного зеркала изготовлена из алюминиевой поковки. Зеркало крепится в оправе в трех точках в осевом направлении и по внутреннему отверстию в радиальном направлении.

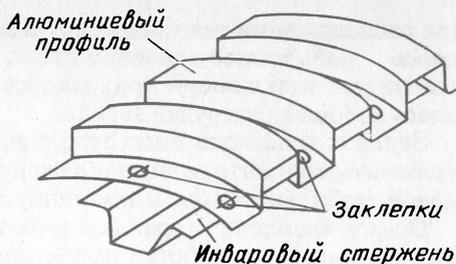


Рис. 9. Специальная форма алюминиевой оболочки тубуса и стержней

Поскольку при конструкторско-доводочных испытаниях узла главного зеркала обнаружилось вращение зеркала при высокочастотных перегрузках вокруг оси, а взаимное положение зеркал критично по углу из-за технологии, на тыльную поверхность зеркала наклеивались два фиксатора от поворота главного зеркала в оправе. Такие же фиксаторы, но меньших размеров соответственно наклеивались и на вторичное зеркало. Крепление зеркала позволяет во время юстировки перемещать зеркало вдоль оси и вращать вокруг трех осей. Конструкция оправы выполнена таким образом, что исключается влияние узлов крепления друг на друга с целью не допустить деформаций зеркала. Само зеркало, выполненное из ситалла СО-115, имеет отношение толщины к диаметру  $\sim 1/12$  и заметно деформируется под собственным весом. Для обеспечения возможности юстировки и контроля качества изображения при наземной отработке в оправе под тыльной поверхностью зеркала установлена кольцевая фторолоновая камера.

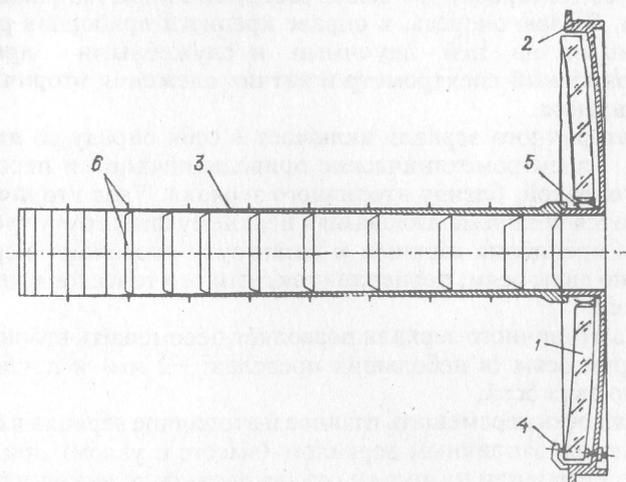


Рис. 10. Узел главного зеркала: 1 — зеркало, 2 — оправа, 3 — бленда главного зеркала, 4 — основные прижимы, 5 — радиальные фиксаторы, 6 — диафрагмы бленды главного зеркала

При расположении телескопа вертикально в камере разгрузки создавалось избыточное давление около 200 мм водяного столба, и при этом на три точки опоры приходилось ~5 % веса зеркала и обеспечивалась хорошая разгрузка зеркала.

Зеркало телескопа было отполировано со всех сторон (с целью исключить концентраторы напряжений) и для обеспечения температурной стабильности было алюминировано также со всех сторон.

Осевое крепление зеркала в трех точках было строго тарировано. При наземной отработке путем интерферометрического контроля были определены допускаемые усилия сжатия, не приводящие к деформации оптической поверхности. Сами зажимы состояли как бы из двух пружин: первая пружина сжата до  $40 \pm 0,1$  кг, и если усиление в креплении превышало 40 кг, в работу вступала вторая пружина, имеющая более крутую диаграмму усилий от перемещений. Подобная конструкция исключила возможность раскрытия стыка зажим-зеркало, и тем самым была исключена возможность удара зеркала об оправу при транспортировке и на активном участке траектории.

В центральной части оправы имеется стакан, на котором крепится бленда главного зеркала. Бленда главного зеркала, выполненная из алюминиевых сплавов, имеет снаружи и на внутренней поверхности диафрагмы с острыми кромками ( $R \leq 0,1$  мм). Все детали бленды и оправы покрыты уксуснокислым кобальтом. Подобные меры — диафрагмы в наружной бленде, диафрагмы в тубусе, бленда главного зеркала, а также бленда вторичного зеркала — позволили свести до минимума влияние рассеянного света и его количество, попадающее в фокальную плоскость телескопа.

Оправа главного зеркала крепится в трех точках к нижнему шпангоуту тубуса телескопа, что исключает монтажные напряжения и деформации. В свою очередь, к оправе крепится приборная рама с установленными на ней научными и служебными приборами: четырехканальный спектрометр и датчик слежения вторичного контура управления.

Узел вторичного зеркала включает в себя оправу со вторичным зеркалом, электромеханические приводы качания и перемещения зеркала с оправой, бленду вторичного зеркала. Узел вторичного зеркала крепится четырьмя пилонами к верхнему шпангоуту тубуса. При этом узлы крепления пилонов к шпангоуту позволяют перемещать весь узел по двум осям, перпендикулярным оси телескопа, при сборке и юстировке.

Оправа вторичного зеркала позволяет перемещать вторичное зеркало по трем осям (в небольших пределах: ~2 мм) и наклонять относительно двух осей.

Возможность перемещать главное и вторичное зеркала в оправе и саму оправу со вторичным зеркалом (вместе с узлом) при сборке и юстировке позволили не только отъюстировать телескоп наилучшим образом, но и осуществить привязку осей телескопа к осям астродатчиков станции. Датчики станции были выставлены с точностью  $\pm 5''$  относительно плоскости крепления конической проставки телескопа, а оптическая ось телескопа, в свою очередь, была отъюстирована

на с точностью  $\pm 5''$  относительно плоскости конической проставки. Все это позволило независимо в Москве и в Крыму при сборке станции и телескопа обеспечить погрешность ориентации оси телескопа «Спика» и астродатчиков «Астрон» не более  $10''$ .

Бленда вторичного зеркала представляет собой тонкостенный алюминиевый усеченный конус с матовым черным покрытием. На пилонах вторичного зеркала были установлены автоколлимационные зеркала диаметром 30 мм, позволившие проверять сохранность юстировки телескопа на этапах наземной отработки, при этом не нарушалась герметизация телескопа. Вся наружная поверхность телескопа покрыта экрановакуумной теплоизоляцией.

**2.1.3. Рассеянный свет в телескопе: методы исследования и подавления.** При наблюдениях слабых объектов с помощью космического телескопа могут возникнуть ситуации, когда рассеянное излучение от ярких источников (Солнце, Земля, Луна) будет превосходить излучение от исследуемого объекта. Поток излучения от Солнца столь велик, что единственный способ избежать помех при наблюдениях — это ограничение зоны наблюдений: они должны проводиться только при условии, что солнечное излучение не попадает на элементы телескопа, расположенные внутри тубуса. Это ограничение также связано с требованиями теплового режима телескопа.

Следующие по яркости объекты — Земля и Луна — значительно слабее Солнца, и здесь нет необходимости вводить столь строгое ограничение. Однако по условиям наблюдений свет от этих объектов может (в отличие от Солнца) попадать непосредственно внутрь телескопа и далее после рассеяния на стенках — в приемник излучения. С целью подавления паразитного света в конструкции телескопа предусмотрен ряд мер, уменьшающих паразитное излучение от посторонних источников. К ним относятся:

- наружная кососрезанная бленда, предназначенная для уменьшения рассеянного света от Солнца;
- гофрированная поверхность внутренней полости тубуса телескопа с установленными на ней кольцевыми диафрагмами;
- бленды главного и вторичного зеркал.

Параметры указанных светозащитных элементов подобраны на основании светотехнических расчетов, выполненных с учетом реальной конструкции телескопа. Основные каналы распространения рассеянного света в телескопе показаны на рис. 11. При расчетах приняты следующие характеристики рассеяния света поверхностями:

а) альbedo рассеяния матовой черной поверхности  $A = 0,1$ ; рассеяние предполагается изотропным в полусфере;

б) коэффициент диффузного отражения главного зеркала  $a = 0,003$ .

Расчеты проводились для различных углов  $\alpha$  падения паразитного света, отсчитываемых от направления оптической оси телескопа. Они показали, что в интервале  $90^\circ > \alpha > 75^\circ$  рассеянный свет на фокальную плоскость не попадает. При  $75^\circ > \alpha > 65^\circ$  он определяется в основном рассеянием на верхней кромке бленды главного зеркала. В интервале

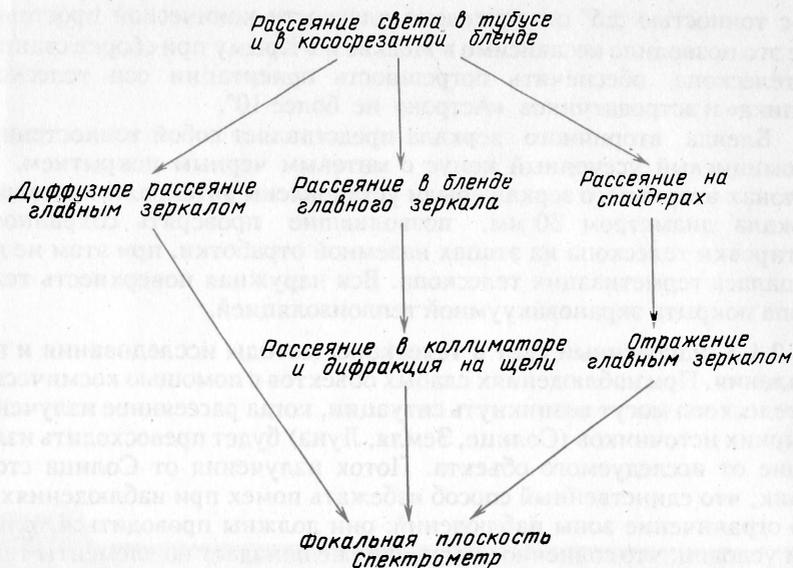


Рис. 11. Схема основных путей распространения рассеянного света в ультрафиолетовом телескопе

$65^\circ > \alpha > 55^\circ$  к нему добавляется диффузно рассеянный свет от главного зеркала. Начиная с  $\alpha = 55^\circ$  и до  $\alpha = 15^\circ$  доминирующим источником света являются нижние поверхности спайдеров. (Заметим, что этот канал распространения паразитного света практически невозможно устранить и уменьшить его влияние можно, лишь уменьшая площадь поперечного сечения нижней поверхности спайдеров.) Наконец, при  $\alpha < 15^\circ$  паразитный свет попадает на фокальную плоскость через вторичное зеркало сразу после диффузного отражения от главного зеркала.

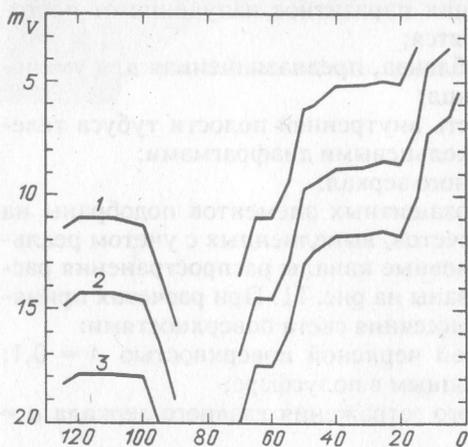


Рис. 12. Зависимость предельной звездной величины гидировочной звезды от угла  $\alpha$  между оптической осью телескопа и направлением на Землю для трех положений космической станции на орбите:  $r = 50\,000$  км (1),  $100\,000$  км — (2),  $200\,000$  км — (3)

Зависимость интенсивности рассеянного света в фокальной плоскости телескопа (после суммирования всех каналов засветки) от угла  $\alpha$  падения света от яркого источника (в данном случае от освещенной Солнцем Земли) иллюстрирует рис. 12. На

нем показана зависимость от  $\alpha$  предельной звездной величины  $m_V$  гидировочной звезды. Исходным условием при вычислениях было равенство потоков от звезды и от рассеянного света в поле звездного датчика (его площадь  $S = 1,4 \text{ см}^2$ ). Заметим, что, поскольку звездный датчик регистрирует излучение в видимой области спектра, расчеты  $m_V$  для гидировочной звезды выполнены для длины волны  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ .

Как видно из рис. 12, при увеличении углового расстояния между оптической осью телескопа и направлением на Землю происходит вначале быстрое уменьшение рассеянного света (что приводит к увеличению  $m_V$ ), после которого наблюдается «плато» в интервале  $50^\circ > \alpha > 20^\circ$ , определяемое рассеянным светом от спайдеров. При  $\alpha > 90^\circ$ , когда свет от постороннего источника, казалось бы, уже не должен быть помехой для наблюдений, имеет место слабый подъем интенсивности рассеянного света. Появление этого вторичного максимума объясняется попаданием паразитного света на внутренние по отношению к главному зеркалу поверхности кольцевых диафрагм кососрезанной бленды (часть из которых расположена перпендикулярно оптической оси телескопа).

Согласно рис. 12, на рабочем участке орбиты ( $r \approx 200\,000 \text{ км}$ ) при ограничении зоны наблюдений углами  $\alpha > 15^\circ$  от направления на Землю предельная звездная величина гидировочной звезды  $m_V \approx 11^m$ . По мере приближения станции к Земле эта величина будет соответственно уменьшаться. Однако даже на расстоянии  $r = 50\,000 \text{ км}$  в указанной выше зоне наблюдений ( $\alpha > 15^\circ$ ) предельная звездная величина гидировочной звезды будет не ниже  $8,5^m$ .

При анализе рассеянного света, попадающего на решетку спектрографа и непосредственно влияющего на наблюдения, необходимо учитывать лишь те каналы засветки, при которых рассеянный свет на уровне фокальной плоскости распространяется в направлениях, близких к оптической оси телескопа. Паразитный свет, проникающий во входную диафрагму спектрографа под другими углами, поглощается после рассеяния на стенках коллиматора и на решетку не попадает. Из перечисленных выше основных каналов засветки почти все (за исключением рассеяния на верхней кромке бленды главного зеркала) удовлетворяют этому условию. Поэтому зависимость интенсивности рассеянного света, проникающего в спектрограф, от угла  $\alpha$  будет аналогична зависимости, изображенной на рис. 12. Что касается абсолютных значений потоков рассеянного света в спектрографе, то они будут значительно меньше, чем при оценке предельных звездных величин гидировочных звезд. Это обусловлено, во-первых, малыми площадями входных диафрагм спектрографа (например, площадь офсетной диафрагмы  $S = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ , во-вторых — значительным уменьшением интенсивности паразитных источников света (Земля, Луна) при переходе в ультрафиолетовую область спектра. Например, отношение

потоков от освещенной Солнцем Земли на длинах волн  $\lambda = 2000 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$  составляет около  $10^{-3}$ . Сделанные с учетом этого расчеты приводят к следующим ограничениям: при наблюдениях звезды спектрального класса A0 через офсетную диафрагму на длине волны  $\lambda = 3000 \text{ \AA}$  на расстоянии от Земли 100 000 км (при  $\alpha = 15^\circ$ ) предельная звездная величина будет равна  $17^m$  при условии десятикратного превышения полезного сигнала над фоном рассеянного света. При наблюдениях с малой диафрагмой ( $S = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2$ ) соответствующее ограничение будет еще меньше. При наблюдениях же с фоновой диафрагмой (ее диаметр соответствует  $1'$ , а площадь  $S = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$ ) соответствующая предельная звездная величина будет равна  $14^m$ .

Таким образом, благодаря светозащитным элементам, заложенным в конструкцию ультрафиолетового телескопа «Спика», паразитные источники света (Солнце, Земля и Луна) не будут служить помехой при наблюдениях слабых объектов при условии, что солнечный свет не попадает внутрь телескопа, а минимальное угловое расстояние от оптической оси освещенного края Земли (Луны) не превышает  $15^\circ$  ( $5'$ ). При выполнении этих условий проникающая сила телескопа будет определяться лишь чувствительностью приемников излучения.

**2.1.4. Гидирующие системы.** Решающее значение для проведения ультрафиолетовых наблюдений имеет стабилизация изображений звезд на входных диафрагмах спектрометра.

Как подробно изложено в 2.2, для получения высокого спектрального разрешения диафрагма спектрометра имеет размер  $1''$ . Для того, чтобы изменения величины излучения, прошедшего сквозь диафрагму, не превышали 10 %, необходимо обеспечить стабильность положения изображения звезды с точностью около  $0,2''$ , если считать, что распределение энергии в изображении звезды можно представить гауссианой с полной шириной на половине интенсивности около  $0,2''$ .

Система стабилизации всего космического аппарата обеспечивает точность  $\pm 4'$ , и совершенно ясно, что никакими ухищрениями не удастся повысить ее точность в 1000 раз. Поэтому в конструкцию телескопа был введен вторичный контур стабилизации, основанный на использовании изображений звезд в фокальной плоскости телескопа, и стабилизация осуществляется поворотом вторичного зеркала телескопа вокруг нейтральной точки (см. п. 2.1.1).

Принцип работы вторичного контура состоит в следующем. Вследствие вращения космического аппарата оптическая ось приборов астрокоррекции меняет свое положение и возникает сигнал расогласования. Как только этот сигнал превысит заданное значение, включается соответствующий газореактивный двигатель, вращение КА останавливается, и затем, как правило, начинается вращение в противоположную сторону. В результате в фокальной плоскости телескопа мы будем наблюдать смещения изображений звезд внутри круга диаметром  $4'$ . Скорость дрейфа (смещений) зависит от мощности импульса. Поскольку газореактивные двигатели тщательно

тарируются, то скорость дрейфа примерно одинаковая для всех направлений. Поэтому задача вторичного контура стабилизации сводится к тому, чтобы поворотом вторичного зеркала компенсировать перемещение изображения звезды, возникающее вследствие вращения КА. Схема вторичного контура стабилизации довольно проста. В фокальной плоскости телескопа помещен датчик положения звезд, который при смещении изображения звезды с заданного положения вырабатывает сигнал рассогласования, который затем усиливается и передается на исполнительные двигатели поворота вторичного зеркала. Поворот вторичного зеркала осуществляется до исчезновения сигнала рассогласования, что происходит при совпадении положения звезды с заданным.

На рис. 13 представлена схема вторичного контура стабилизации. Этот контур был разработан и изготовлен в ОКБ «Гранит» при участии Бюроканской астрофизической обсерватории АН Армении.

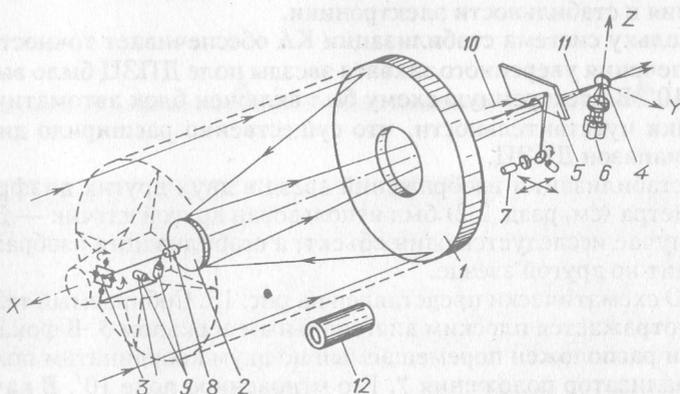


Рис. 13. Оптическая схема телескопа с элементами системы наведения и стабилизации: 1 — главное зеркало, 2 — вторичное зеркало, 3 — нейтральная точка телескопа, 4 — зеркальная пирамида, 5 — плоское диагональное зеркало, 6 — астроматчик ДПЗО, 8 — привод фокусировки, 9 — приводы системы стабилизации, 10 — свет от опорной звезды, 11 — свет от исследуемой звезды, 12 — телевизионная камера опознания поля

Одним из основных элементов вторичного контура стабилизации являются звездные датчики. Их два. Один из них — датчик положения звезд центральный (ДПЗЦ) — предназначен для стабилизации положения изображения звезды на самой малой диафрагме спектрометра с точностью до  $0,2''$ . Другой — датчик положения звезд офсетный (ДПЗО) — предназначен для стабилизации изображений на двух других диафрагмах спектрометра (см. разд. 2.2).

При использовании ДПЗЦ стабилизация осуществляется по изображению исследуемой звезды на основании излучения, отраженного от краев диафрагмы. ДПЗЦ построен по идее Л.В. Границкого. Собираемое телескопом излучение падает на четырехгранную пирамиду, основание которой расположено под углом  $45^\circ$  к оптической оси телескопа. Грани пирамиды наклонены к ее основанию под углом  $1,5^\circ$ ,

а в вершине пирамиды расположено круглое отверстие диаметром 40 мкм, т.е. 1", служащее входной диафрагмой спектрометра. Излучение, не попавшее в диафрагму, отражается от граней на четыре фотумножителя типа ФЭУ-127А, расположенные за линзами Фабри. При центральном расположении изображения звезды на диафрагме освещенность каждого ФЭУ одинакова и сигнал рассогласования отсутствует. При смещении изображения звезды относительно диафрагмы освещенность ФЭУ будет разная. Возникает сигнал рассогласования, который усиливается и передается на исполнительные двигатели поворота вторичного зеркала. Эти двигатели изменяют наклон зеркала до тех пор, пока изображение звезды не придет на центр диафрагмы и сигнал рассогласования исчезнет.

Использование в ДПЗЦ пирамиды позволило существенно ослабить требования к юстировке датчика относительно входной диафрагмы. Но с другой стороны, наличие двух ФЭУ по каждой оси повышает требования к стабильности электроники.

Поскольку система стабилизации КА обеспечивает точность  $\pm 4'$ , для обеспечения уверенного захвата звезды поле ДПЗЦ было выбрано равным  $10'$ . В электронную схему был включен блок автоматической подстройки чувствительности, что существенно расширило динамический диапазон ДПЗЦ.

Для стабилизации изображений звезд в двух других диафрагмах спектрометра (см. разд. 2.2) был использован другой датчик — ДПЗО. В этом случае исследуется один объект, а стабилизация изображений происходит по другой звезде.

ДПЗО схематически представлен на рис. 13. Собираемый телескопом свет отражается плоским диагональным зеркалом 5. В фокальной плоскости расположен перемещаемый по двум координатам полудисковый анализатор положения 7. Его мгновенное поле  $10'$ . В качестве светоприемника используется ФЭУ-86. Каретка, несущая полудисковый модулятор, перемещается по обеим осям дискретно с шагом 10 мкм, т.е.  $0,25''$ . Для определения положения модулятора используются установленные по осям прецизионные потенциометры.

Наблюдения с использованием ДПЗО осуществляются следующим образом. Перед началом наблюдений по имеющимся координатам исследуемого объекта и гидировочной звезды вычисляют такое положение модулятора, когда изображение гидировочной звезды находилось бы на его оси, а исследуемая звезда в зависимости от поставленной задачи — в центре офсетной или фоновой диафрагмы. Затем по командам с Земли выставляют модулятор в нужное положение. Если изображение исследуемой звезды смещается из центра диафрагмы, а следовательно, смещается и изображение опорной звезды с оси модулятора, то возникает сигнал рассогласования и поворотом вторичного зеркала изображения звезд возвращаются в нужное положение.

Смещение изображений звезд в фокальной плоскости телескопа осуществляется наклоном вторичного зеркала 2, вследствие его вращения вокруг нейтральной точки 3. Такие наклоны не вызывают ухудшения качества изображений звезд (см. п. 2.1.1). В точке 3 распо-

ложен карданный подвес узла вторичного зеркала. Наклоны зеркала осуществляются двумя двигателями, на которые подается усиленный и обработанный сигнал рассогласования от датчиков положения звезд. Одновременно может работать только один датчик.

Описанная система стабилизации положения изображений звезд работает совершенно независимо от системы стабилизации космического аппарата.

**2.1.5. Наземные испытания телескопа «Спика».** На всех стадиях разработки, изготовления и сборки ультрафиолетового телескопа «Спика» проводились многочисленные испытания отдельных узлов и аппарата в целом в условиях, максимально приближенных к ожидаемым условиям работы прибора в космосе. В ходе этих испытаний проводилась отработка конструкций узлов и систем, исследование электрических схем, уточнение и устранение недопустимых режимов работы различных элементов, определение степени готовности аппарата к работе. Наиболее ответственные узлы и агрегаты Т-80 испытывались автономно.

Тубус телескопа испытывался на температурные воздействия, моделировался градиент температур 30 °С на поверхности обшивки (так как «Астрон» в штатной эксплуатации находится в режиме постоянной солнечной ориентации с «прокачкой»  $\pm 45^\circ$ ), при этом измерялось перемещение верхнего шпангоута и проверялась целостность заклепочных соединений конструкции. Механические испытания тубуса под воздействием статических нагрузок ставили цель определить наличие разрушения или остаточных деформаций конструкции. Результаты испытаний подтвердили работоспособность тубуса.

Узел главного зеркала испытывался на воздействие всех расчетных нагрузок, при этом обнаружилось несколько конструктивных недоработок: вращение зеркала при высокочастотных перегрузках, недопустимое радиальное смещение зеркала в оправе. Была проведена доработка узла: установлены фиксаторы проворота зеркала и усилены радиальные пружины. Кососрезанная бленда с крышкой проверялась на работоспособность в условиях эксплуатации и на герметичность. Испытание узел выдержал, а несущественные недостатки, возникшие в ходе испытаний, были устранены внесением изменений в конструкцию.

Привод крышки прошел доводочные испытания работоспособности под воздействием статических и динамических нагрузок, в различных диапазонах температур, при максимальной наработке и герметичности. Привод выдержал все испытания без замечаний.

Все электронные блоки, каждый в отдельности, прошли автономные испытания в условиях, аналогичных условиям эксплуатации (прочность, температура), а также ресурсные и заресурсные испытания, в результате которых отказов и дефектов в работе не обнаружено. Испытания ультрафиолетового спектрометра проводились в Марселе по программе и методике, разработанной в Лаборатории космической астрономии (Франция), они включали в себя механические, тепловые и вакуумные испытания. При наземной отработке

использовались шесть экземпляров наземных телескопов с различной комплектацией.

Телескоп №1 после сборки и юстировки использовался для конструкторско-доводочных испытаний контура вторичного слежения в НПО «Гранит» (Армения). Поскольку система для обеспечения слежения перемещает оправу вторичного зеркала вместе с зеркалом относительно точки качания, она возбуждает колебания корпуса телескопа, консольно укрепленного на станции. Для исключения явлений резонанса в конструкции и обеспечения требуемого быстродействия системы первый телескоп имел штатный корпус и использовался как стенд для испытаний и проверок всех наземных и штатной систем гидирования.

Телескоп №2 проходил тепловакуумные испытания сначала автономно, а затем в составе станции «Астрон». При этом испытаниям подвергался телескоп, укомплектованный штатной конструкцией, технологической оптикой и тепловыми эквивалентами бортовой аппаратуры. Для проверки сохранности юстировки в процессе испытаний была установлена оптическая система и кинокамера. Метод контроля был основан на применении автоколлимационной системы. В фокальной плоскости располагается точечный источник света, свет от него, пройдя через оптическую систему телескопа, отражался от четырех плоских зеркал (диаметром 30 мм), установленных на спайдерах узла вторичного зеркала, и возвращался в телескоп. Автоколлимационные изображения точечного источника в фокальной плоскости, «зайчики», располагались в разных местах (что достигалось юстировкой каждого плоского зеркальца отдельно). Размеры и положение «зайчиков» фиксировались после сборки, и контролировался их уход в процессе испытаний. Подобная система проверки юстировки использовалась на всех наземных телескопах в процессе испытаний. На технологическом телескопе №6 и штатном в качестве приемника размеров и положения «зайчиков» использовался датчик положения звезды офсетный, а источник света устанавливался в спектрометре, и свет выходил из щели спектрометра. Плоские автоколлимационные зеркала юстировались так, чтобы «зайчики» находились в полосе зрения датчика. После проведения последних испытаний сохранности юстировки перед запуском автоколлимационные зеркальца и источник света были удалены. На технологическом телескопе №3 в качестве приемника положения «зайчиков» использовалась фотопластинка, помещаемая в фокальной плоскости. При этом телескоп устанавливался строго вертикально, и разгерметизация не требовалась.

Тепловакуумные испытания проводились с целью экспериментального исследования температурного поля телескопа и проверки достаточности системы обеспечения теплового режима, а также проверки сохранности юстировки. Испытания показали, что в условиях штатной работы все температурные параметры находились в заданных диапазонах. В условиях нештатной работы (длительно открытой крышки) значения температурных параметров были близки к предельно допустимым значениям. Юстировка сохранилась.

Технологический телескоп №3 прошел предварительные испытания на механические воздействия автономно и в составе станции. Он был укомплектован штатным корпусом, технологической оптикой и макетами блоков научной и служебной аппаратуры с технологической кабельной сетью.

Целью предварительных испытаний штатной конструкции на механические воздействия являлись отработка жесткостных характеристик, прочности конструкции на воздействие статистических и динамических нагрузок, определение коэффициентов вибропередач к узлам крепления комплектующих частей, определение собственных частот колебаний отдельных элементов конструкции и всего телескопа, контроль сохранности юстировки после воздействия нагрузок, оценка работоспособности комплектующих агрегатов и кинематических узлов после воздействия нагрузок. В результате воздействия статистических и динамических нагрузок остаточные деформации и механические повреждения отсутствовали, юстировка не нарушалась, механизмы функционировали без замечаний.

После испытаний телескоп №3 был разобран и собран в новой комплектации, установлены штатные кабели и технологические электронные блоки, свидетели покрытия зеркал. Перебранный телескоп №3 прошел электрические испытания автономно и в составе станции. При электрических испытаниях проверялось функционирование аппаратуры, контролировались юстировка, образцы-свидетели, обрабатывалась эксплуатационно-техническая документация.

По результатам испытаний были доработаны электронные блоки и электрические жгуты. Юстировка телескопа не нарушилась, и образцы-свидетели сохраняли оптические покрытия.

Антенный макет №4 использовался при испытаниях станции «Астрон». С помощью конструкторского макета №5 проводилась проверка стыковки всех узлов и агрегатов, доступов к блокам, возможности монтажа и обслуживания узлов, уточнение конструкторской и эксплуатационной документации.

Технологический телескоп №6 был укомплектован штатными узлами и блоками и являлся полным аналогом летного телескопа. Он прошел электрические и механические испытания в составе станции в полном объеме. Этот телескоп являлся зачетным, и отсутствие замечаний после испытаний открыло дорогу в космос седьмому телескопу — летному.

В ходе изготовления, сборки и юстировки телескопов отработывались методы контроля и юстировки, испытывались средства и методы обеспечения чистоты и сохранности оптических поверхностей зеркал, затем проверялись средства транспортировки и маршрут.

Жесткие требования на сохранность космического телескопа определили условия сборки аппарата. Поскольку входная диафрагма спектрометра имела диаметр 40 мкм, работа должна была проводиться в условиях полного отсутствия пылинок в воздухе. Покрытия зеркал телескопа и подшипник каретки ФЭУ спектрометра, смазанный дисульфидом молибдена, требовали относительной влажности воздуха не более 45 %. Оптическая юстировка системы требовала постоянной

температуры. Поэтому сборка и юстировка летного экземпляра телескопа велась в специально подготовленном помещении с искусственно поддерживаемой постоянной атмосферой: помещение сборки было изолировано, в него подавался кондиционированный воздух, проходивший двухступенчатую фильтрацию, в помещении создавалось небольшое избыточное давление, проводился отсос воздуха над полом, была выполнена специальная внутренняя отделка помещения, в нем находился лишь ограниченный персонал, работавший в специальной одежде и перчатках.

Для исключения контаминации — осаждения паров вещества на холодных зеркалах в вакууме — все использовавшееся при сборке телескопа оборудование обезвоживалось, а все комплектующие элементы телескопа перед сборкой прошли вакуумную «чистку»: они были нагреты до температуры на 40–50 °С выше ожидаемой рабочей температуры в космосе с помощью галогенных кварцевых ламп и выдерживались в течение 48 часов в таком состоянии после достижения низкого давления — около  $4 \cdot 10^{-6}$  мм ртутного столба.

После сборки полость телескопа была загерметизирована и заполнена чистым осушенным азотом с избыточным давлением 0,03–0,05 атм; при транспортировке внутренний объем телескопа сообщался через фильтр тонкой очистки и осушитель с внутренним объемом транспортировочного контейнера, который, в свою очередь, также имел осушитель.

Контроль покрытий зеркал осуществлялся с помощью «свидетелей» — 30-миллиметровых дисков, изготовленных из такого же материала, что и зеркала телескопа, и покрытых отражающими слоями одновременно с этими зеркалами. На всех этапах наземной отработки, когда требовалась разгерметизация телескопа, «свидетели» снимались и проверялись на коэффициент отражения в шести участках длин волн в диапазоне от 1070 до 1650 Å.

## 2.2. Ультрафиолетовый спектрометр

2.2.1. Оптическая схема. Сканирующий ультрафиолетовый спектрометр (УФС) является основным инструментом телескопа «Спика». Он предназначен для регистрации спектров небесных тел в интервале длин волн 3500–1100 Å с высоким (0,4 Å) и низким (~30 Å) разрешением.

Спектрометр собран по схеме круга Роуланда (рис.14) с вогнутой тороидальной дифракционной решеткой  $G$ , имеющей 2400 штрихов на мм; радиус кривизны  $r = 500$  мм в меридиональном сечении (в плоскости чертежа) и  $\bar{r} = 404$  мм в сагиттальном (перпендикулярном чертежу) сечении. Размер наделенной поверхности решетки  $60 \times 50$  мм<sup>2</sup>.

Угол падения на решетку  $\varphi \approx 40^\circ$ . При этом расстояние  $d$  от входной диафрагмы  $E$  до решетки  $G$  равно 383 мм. Это дает на решетке освещенную поверхность в форме эллипса с осями 38 мм по высоте

штрихов решетки и 50 мм по ширине наделенной поверхности решетки, что заметно меньше наделенной поверхности. Спектры первого и второго порядков располагаются на круге Роуланда в районе нормали к решетке по обе стороны от центра кривизны  $C$  решетки.

Три выходные щели с расположенными за ними тремя фотоумножителями размещены на секторе  $S$ , который вращается около центра круга Роуланда  $O$ , а выходные щели при этом перемещаются вдоль круга Роуланда, чем и осуществляется сканирование спектра.

Эти выходные щели определяют три канала регистрации спектра. На рис. 14 показано начальное положение выходной щели 1-го канала  $K_1$  и конечное положение щели 2-го канала  $K_2$ .

Диапазон движения выходных щелей каждого канала (диапазон сканирования спектров) схематично показан на рис. 14 отрезками дуг, обозначенными римскими цифрами. Полное изменение углов дифракции для каждого канала составляет  $15^\circ$ , что соответствует повороту сектора  $S$  на  $30^\circ$ .

Одновременная регистрация трех участков спектра представляет определенные выгоды: так, при исследовании какой-либо спектральной линии достаточно провести с необходимым разрешением сканирование в одном канале, однако два других могут дать дополнительную информацию о свойствах исследуемого источника в других участках спектра.

Дополнительно спектрометр имеет ФЭУ для регистрации неразложенного излучения в нулевом порядке дифракционной решетки (4-й канал) для контроля светового потока, входящего в спектрометр (контроль качества гидирования).

Спектрометр имеет три входные диафрагмы. Центральная диафрагма телескопа диаметром 0,04 мм, что соответствует  $1''$ , служит для регистрации спектров звезд до 7-й звездной величины с достаточно высоким спектральным разрешением  $\sim 0,4 \text{ \AA}$ .

Офсетная диафрагма диаметром 0,5 мм (что в проекции на фокальную плоскость составляет  $12''$ ) служит для регистрации спектров слабых звезд и протяженных источников, она расположена на расстоянии 5 мм от центральной диафрагмы по кругу Роуланда.

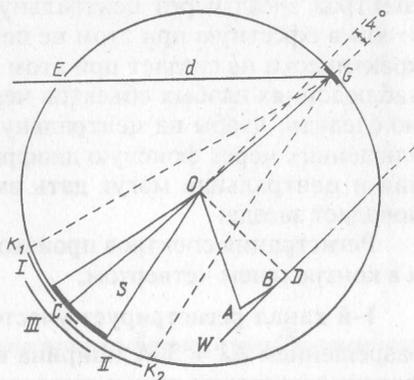


Рис. 14. Общая схема спектрометра:  $O$  — центр круга Роуланда,  $G$  — тороидальная вогнутая решетка,  $C$  — центр кривизны дифракционной решетки,  $E$  — входная щель спектрометра,  $OAB$  — кривошипно-кулисный механизм сканирования,  $W$  — микрометренный винт,  $S$  — подвижной сектор с выходными щелями и фотоумножителями,  $K_1, K_2$  — пределы перемещения сектора  $S$  при сканировании, I, II, III — участки сканирования трех каналов

Фоновая диафрагма диаметром 3 мм (в проекции на фокальную плоскость телескопа составляет  $78''$ ) служит для регистрации спектров протяженных объектов и фона; она расположена по другую сторону от центральной на 7,5 мм по кругу Роуланда. Фоновая диафрагма имеет затвор, закрывающий ее при наблюдениях через другие диафрагмы. Офсетная диафрагма затвора не имеет, поэтому при регистрации спектров звезд через центральную диафрагму необходимо следить, чтобы в офсетную при этом не попала какая-либо звезда, а фон неба практически не создает при этом заметных помех. Точно так же при наблюдениях слабых объектов через офсетную диафрагму необходимо следить, чтобы на центральную не попала яркая звезда. При наблюдениях через фоновую диафрагму протяженных объектов офсетная и центральная могут дать вклад порядка 3 %, если на них не попадает звезда.

Регистрация спектров производится одновременно в трех каналах и в контрольном четвертом.

1-й канал регистрирует участок длин волн  $3500\text{--}2400 \text{ \AA}$  только с разрешением  $\Delta\lambda = 30 \text{ \AA}$  (ширина входной щели 3,75 мм), он снабжен фотоумножителем с мультищелочным фотокатодом и окном из фтористого магния; область чувствительности этого ФЭУ  $1500\text{--}6000 \text{ \AA}$ . Для устранения наложения спектров второго порядка с  $\lambda < 1800 \text{ \AA}$  перед ФЭУ установлен светофильтр типа УФС-1 с полосой пропускания  $2200\text{--}4000 \text{ \AA}$ ; этот же фильтр устраняет также действие рассеянного длинноволнового излучения с  $\lambda < 4000 \text{ \AA}$ .

2-й канал регистрирует участок спектра  $2600\text{--}1524 \text{ \AA}$  с разрешением  $0,40\text{--}0,45 \text{ \AA}$  и  $30 \text{ \AA}$  при выходных щелях шириной 0,05 мм и 3,75 мм соответственно. Здесь использовался такой же фотоумножитель, как и в 1-м канале. Для устранения наложения коротковолнового спектра 2-го порядка с  $\lambda < 1400 \text{ \AA}$  перед этим ФЭУ установлен светофильтр из сапфира. К сожалению, этот канал не имеет защиты от рассеянного длинноволнового излучения, что не позволило зарегистрировать излучение звезд F5 и более холодных звезд в этом канале.

3-й канал должен был регистрировать участок спектра  $1600\text{--}1050 \text{ \AA}$  в спектре второго порядка с разрешением  $\Delta\lambda = 16 \text{ \AA}$  при выходной щели 3,75 мм. В этом канале был установлен солнечно-слепой ФЭУ с фотокатодом из CsI и окном из фтористого магния. Длинноволновая граница чувствительности этого ФЭУ лежит у  $2000 \text{ \AA}$ . Таким образом, исключается влияние наложения спектра второго порядка на участке  $2200\text{--}3200 \text{ \AA}$  и рассеянного длинноволнового излучения. К сожалению, при первых же наблюдениях на орбите выяснилось, что третий канал дает только шумовую дорожку, хотя при наземных испытаниях наблюдалась нормальная работа всех трех каналов. Причиной выхода из строя 3-го канала осталась не выясненной.

4-й контрольный канал регистрирует излучение в нулевом порядке дифракционной решетки в интервале длин волн 1700–6500 Å. Здесь используется мультищелочной ФЭУ ЕМ1. Этот канал является контрольным, он регистрирует колебания излучения, входящего в спектрометр, вызванные процессом гидрирования; наличие записи неразложенного света четвертым каналом позволяло при обработке спектров первых двух каналов вводить соответствующую коррекцию.

В процессе разработки оптической схемы спектрометра специально исследовались форма и структура спектральной линии, а также астигматизм, даваемые вогнутой дифракционной решеткой от точки входной диафрагмы в установке на круге Роуланда.

Обычные сферические вогнутые дифракционные решетки в установке на круге Роуланда дают значительный астигматизм, приводящий к довольно большой высоте спектра, превосходящей размеры окон ФЭУ.

Величину этого астигматизма (астигматическую разность) и высоту спектра можно определить из основных формул вогнутой дифракционной решетки

$$\frac{\cos^2 \varphi}{d} + \frac{\cos^2 \varphi'}{d'} - \frac{\cos \varphi + \cos \varphi'}{r} = 0, \quad (2.1)$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} - \frac{\cos \varphi + \cos \varphi'}{\bar{r}} = 0.$$

Здесь  $\varphi$  и  $\varphi'$  — углы падения и дифракции (в нашем случае  $\varphi = 40^\circ$ ),  $d$  и  $d'$  — расстояния входной диафрагмы и спектра от дифракционной решетки (в нашем случае  $d = 383$  мм,  $d' = r \cos \varphi'$ ),  $r$  и  $r'$  — радиусы кривизны дифракционной решетки в меридиональном (в плоскости круга Роуланда) и в сагиттальном (перпендикулярном кругу) сечениях,  $\bar{d}'$  — расстояние от решетки до фокуса пучков лучей в сагиттальном сечении, астигматическая разность при этом  $\Delta_{\text{аст}} = \bar{d}' - d'$ . Так, при  $r = r' = 500$  мм,  $\varphi = 40^\circ$  и  $\varphi' = 0$  (т.е. на нормали к решетке) имеем  $\bar{d}' = 1085$  мм, что дает высоту спектра  $> 20$  мм.

Путем подбора  $\bar{r} < r$  можно приблизить сагиттальный фокус к кругу Роуланда, уменьшить расстояние  $\bar{d}'$  и высоту спектра. Таким образом, было выбрано значение  $\bar{r} = 404$  мм, при котором высота спектра при  $\varphi' = 0$  составляет 4,5 мм, а при  $\varphi = 15^\circ$  доходит до 7,5 мм.

На рис. 15 схематично представлена высота спектров для интервала длин волн 1500–3500 Å для сферической решетки с радиусом кривизны  $r = 500$  мм (верхняя кривая) и для тороидальной решетки с сагиттальным радиусом кривизны  $\bar{r} = 404$  мм (нижняя кривая).

Исследование формы и структуры спектральных линий было проведено путем расчета хода лучей от точек входной диафрагмы (шириной 0,04 мм) к различным точкам поверхности дифракционной решетки и от нее к изображению в районе круга Роуланда. Расчеты были проведены для различных значений сагиттального радиуса кривизны по схеме, изложенной в [8]. Эти расчеты подтвердили выбор значения сагиттального радиуса кривизны  $\bar{r} = 404$  мм с расположением

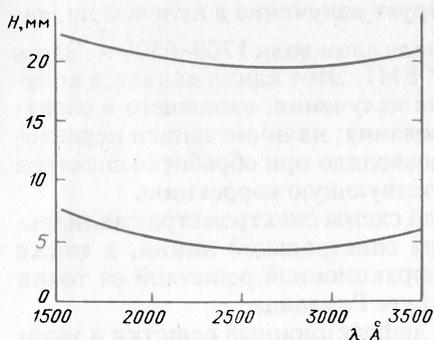


Рис. 15. Высота спектров в интервале длин волн 1500 — 3500 Å для сферической решетки с радиусом кривизны  $r = 500$  мм (верхняя кривая) и тороидальной решетки с  $r = 404$  мм (нижняя кривая)

сагиттальной фокальной кривой вне круга Роуланда и показали, что, во-первых, изображения спектральных линий обладают различной кривизной в зависимости от угла дифракции (или от длины волны), причем центры кривизны этих изображений расположены со стороны больших длин волн, и, во-вторых, наименьшая ширина изображений формируется на расстоянии 0,2 мм за кругом Роуланда.

На рис. 16 представлены результаты расчета изображений ряда спектральных линий с расположением на круге Роуланда (а) и за кругом Роуланда на расстоянии 0,2 мм (б).

В итоге анализа результатов были приняты следующие значения для радиусов кривизны выходных щелей каждого канала: для первого канала радиус кривизны равен 35 мм, для второго канала 40 мм и для третьего 30 мм. Расчетная полуширина контуров спектральных линий при входной диафрагме 0,05 мм составляет в спектре пер-

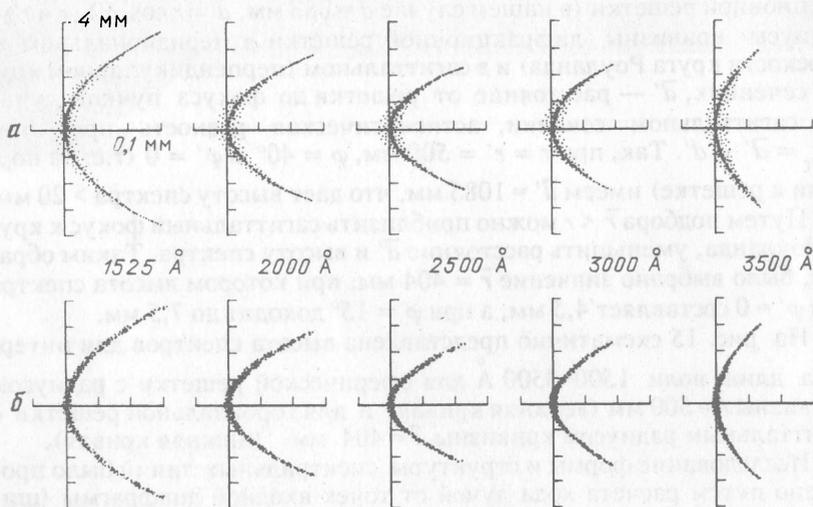


Рис. 16. Структура изображения спектральных линий, даваемых тороидальной вогнутой дифракционной решеткой: а — на круге Роуланда, б — вне круга Роуланда на расстоянии 0,2 мм

вого порядка  $\Delta\lambda = 0,40—0,045 \text{ \AA}$ , что определяет величину высокой разрешающей способности спектрометра.

**2.2.2. Механизм сканирования УФС.** Как было указано выше, выходные щели трех каналов с фотоумножителями за ними и соответствующей электроникой установлены на секторе  $S$  (рис.14), который в процессе сканирования вращается вокруг оси  $O$ . Поворот этого сектора производится кривошипно-кулисным механизмом  $OAB$ , движение которого осуществляется точным микрометренным винтом  $W$  с шагом 1,75 мм.

Перемещение каретки с винтом  $W$  осуществляется вращением специальной гайки, управляемой шаговым двигателем. Один оборот гайки происходит за 600 импульсов, при этом точка  $B$  перемещается на 1,75 мм, а сектор  $S$  с выходными щелями и ФЭУ поворачивается на некоторый угол. Таким образом осуществляется сканирование спектра, расположенного на круге Роуланда в пределах дуги  $K_1K_2$  (рис.14).

Один шаг сканирования соответствует восьми импульсам двигателя, при этом выходные щели перемещаются по кругу Роуланда примерно на  $0,20 \text{ \AA}$ , т.е. шаг сканирования составляет по спектру примерно половину разрешающей способности 2-го канала спектрометра В каждой позиции механизма происходит регистрация импульсов от ФЭУ в течение выбранной экспозиции. Длительность экспозиции зависит от частоты опроса и может принимать одно из значений 0,61, 4,88 и 15,5 с. Выбранную экспозицию можно повторять многократно, так что суммарная экспозиция может быть сколь угодно большой.

На основании размеров деталей шатунно-кривошипного механизма была рассчитана зависимость угла поворота сектора  $\varphi$  от числа импульсов двигателя  $n$ , т.е. зависимость

$$\Delta\varphi = f(n) . \quad (2.2)$$

Механизм сканирования рассчитан на 4040 рабочих шагов, что соответствует 32 320 импульсам шагового двигателя.

Далее необходимо расчетную зависимость (2.2) привязать к конкретным длинам волн, т.е. определить нуль-пункт шкалы, установив, например, соответствие конкретной длины волны  $\lambda$  с конкретным значением  $n$  числа импульсов. Эта процедура описана в п.2.3.3.

При необходимости регистрации избранного участка спектра предусмотрен быстрый перевод механизма сканирования в заданную область спектра с задачей регистрации участка спектра определенной длины.

В итоге образуется калибровочная зависимость  $\lambda = f(n)$ , в которой неопределенным остается нуль-пункт. Этот последний определяется из экспериментальной калибровки, когда для определенной длины волны  $\lambda_n$  находится соответствующее значение числа импульсов  $n_\lambda$ .

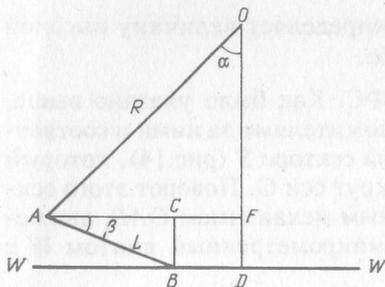


Рис. 17. Кривошипно-кулисный механизм для сканирования спектра:  $O$  — центр круга Роуланда,  $WW$  — точный микрометрический винт,  $OA$  и  $OB$  — подвижные плечи механизма

перпендикуляра. Конец  $B$  плеча  $AB$  находится на некотором расстоянии  $d$ , отсчитываемом от точки  $D$  — основания перпендикуляра  $OD$  на оси  $WW$ . При работе механизма сканирования изменяется положение плеча  $OA$ , изменяется угол  $\alpha$ , одновременно перемещается точка  $B$  вдоль оси  $WW$  и меняется расстояние  $d$ .

Из чертежа на рис. 17 легко получаем

$$d = R \sin \alpha - L \cos \beta = R \sin \alpha - \sqrt{L^2 - (P - R \cos \alpha)^2}.$$

В начальном положении механизма сканирования плечо  $OA$  отстоит от перпендикуляра  $OD$  на некоторый угол  $\alpha_0$ . Процесс сканирования идет в направлении уменьшения угла  $\alpha$ . Введем угол  $\gamma$ , определяющий поворот плеча  $OA$  в процессе сканирования от начального положения механизма, т.е. примем  $\alpha = \alpha_0 - \gamma$ . Перемещение  $l$  точки  $B$  вдоль оси  $WW$  будем отсчитывать от начального ее положения  $d_0$ , равного

$$d_0 = R \sin \alpha_0 - \sqrt{L^2 - (P - R \cos \alpha_0)^2}.$$

Тогда для величины  $l$  имеем

$$l = d_0 - R \sin (\alpha_0 - \gamma) - \sqrt{L^2 - [P - R \cos (\alpha_0 - \gamma)]^2}. \quad (2.3)$$

Здесь угол  $\gamma$  меняется в пределах  $0 \div 30^\circ$ .

Величину  $l$  легко пересчитать в число импульсов  $n$  двигателя, имея в виду, что за 600 импульсов двигателя, определяющих один оборот гайки, винт  $W$  с точкой  $B$  перемещается на расстояние 1,75 мм.

Рассмотрим детальнее работу механизма сканирования, т.е. связь  $l \rightarrow \gamma$ . Обратимся к рис. 17, где представлена схема кривошипно-кулисного механизма. Здесь  $WW$  — ось микрометрического винта.  $OD$  — перпендикуляр, опущенный из центра  $O$  круга Роуланда на эту ось. Длина этого перпендикуляра определяет расстояние  $P$  оси винта  $WW$  от центра круга Роуланда, равное  $\sim 176,3 \pm 0,4$  мм (так задано при сборке спектрометра).

Плечо  $OA$  механизма отклонено от направления  $OD$  на некоторый угол  $\alpha$  отсчитываемый от этого

Мы имеем

$$n = 600 / 1,75 = 342,86 \text{ л.} \quad (2.4)$$

Формулы (2) и (3) дают нам зависимость угла поворота механизма сканирования  $\gamma$  и, тем самым, изменения углов дифракции  $\Delta\varphi' = 0,5 \gamma$  от числа импульсов  $n$ , т.е. зависимость

$$\Delta\varphi' = f(n). \quad (2.5)$$

Механизм сканирования рассчитан на 4040 рабочих шагов при полном диапазоне сканирования, что соответствует 32 320 импульсам двигателя. Поэтому функциональная зависимость (2.5) может быть рассчитана на весь диапазон сканирования.

Функциональная зависимость (2.5) является нелинейной, как это видно из (2.3); кроме того, она чувствительна к изменению расстояния  $R$  оси винта от центра круга Роуланда, заданного с точностью  $\pm 0,4$  мм. Величина этого расстояния зависит от сочленения трех блоков спектрометра при его сборке: блока входных диафрагм и дифракционной решетке, изготовленного в Крымской астрофизической обсерватории, блока сектора  $S$  с выходными щелями и ФЭУ с электроникой, изготовленного фирмой «Крузе» (Франция), и блока механизма сканирования, изготовленного фирмой «Матра» (Франция). Отметим, что подобный механизм сканирования уже работал на спутнике «Meteosat» и таким образом, был достаточно проверен.

Полная сборка спектрометра и его юстировка были выполнены в Марсельской Лаборатории космической астрономии (Франция). Основная лабораторная калибровка для трех каналов была проведена также в этой лаборатории, контрольная — на полигоне в Байконуре и окончательная, по звездным спектрам — на орбите. В Марселе для 1-го и 2-го каналов в шкале числа импульсов были определены положения линии ртути  $2536,52 \text{ \AA}$  при узких выходных щелях и при фокусировке изображения кварцевой ртутной лампы на центральную входную диафрагму.

Для калибровки 3-го канала была сделана в вакууме запись спектра газоразрядной лампы, наполненной  $\text{Si Cl}_4$ . Поскольку 3-й канал на орбите не работал, его калибровку здесь рассматривать не будем.

На полигоне в Байконуре контрольная запись спектра кварцевой ртутной лампы проводилась в собранном комплексе спектрометра и телескопа. Для этого ртутная лампа с короткофокусным коллиматором  $f = 200$  мм и  $f/D = 1:4,5$  при помощи специального механизма устанавливалась на крышке телескопа на расстоянии 30 см от оси телескопа так, чтобы оптическая ось коллиматора была параллельна оптической оси телескопа.

В результате сканирующая система спектрометра регистрировала три спектра ртути, смещенные относительно друг друга в соответствии с взаимным расположением входных диафрагм.

Центральная диафрагма во 2-м канале при узкой выходной щели дает узкие спектральные линии, по которым можно провести достаточно точный контроль лабораторной калибровки. Отметим, что та-

кой контроль подтвердил проведенную в Марселе калибровку для 2-го канала. В 1-м канале имеется только широкая выходная щель (3,75 мм), поэтому здесь измерение положения линий ртутного спектра не может быть сделано с высокой точностью, как во втором канале, однако калибровка, проведенная в Марселе, была подтверждена.

По конструкции спектрометра наиболее узкие спектральные линии при наибольшем спектральном разрешении  $\sim 0,4 \text{ \AA}$  получены только во 2-м канале, т.е. в области длин волн 2600–1500  $\text{\AA}$ . Поэтому было целесообразно максимально уточнить калибровочную зависимость  $\lambda = f(n)$  для этого канала. Ртутная лампа для этой цели не подходит, в нужной области имеется только одна линия 2536,52  $\text{\AA}$ . Поэтому уточнение калибровки для этого канала было сделано на орбите по звездным спектрам. Подробное описание этой процедуры дано в п. 2.3.3.

## 2.3. Исследование системы УФТ + УФС на орбите

2.3.1. Фокусировка телескопа. Эффективность телескопа в значительной степени определяется долей прошедшего через диафрагму спектрометра излучения от излучения, собранного телескопом. Поскольку размер центральной диафрагмы спектрометра составляет 1", то согласно наземным испытаниям (см. п. 2.1.1) указанная доля должна составлять около 70%. Легко понять, что при столь малой диафрагме эффективность телескопа будет определяться качеством фокусировки.

Телескоп был тщательно сфокусирован на стенде в Крымской астрофизической обсерватории при температуре 20—22 °С. Первые же наблюдения 3 апреля 1983 г. показали, что расфокусировка не может быть большой. 16 апреля 1983 г. мы дискретными движениями изменяли положение вторичного зеркала в диапазоне  $\pm 1$  мм. На основании анализа отсчетов в различных каналах спектрометра, сделанных при разных положениях вторичного зеркала, мы пришли к заключению, что для достижения наилучшего фокуса положение вторичного зеркала следует изменить на 0,4 мм.

11 мая 1983 г. начались наблюдения и в офсетной диафрагме размером 10". В диафрагму такого размера проходит 100% собранного телескопом излучения. Из сравнения отсчетов при наблюдениях через офсетную и центральную диафрагмы можно сделать заключения о качестве фокусировки.

30 мая 1983 г. был проведен специальный сеанс фокусировки, во время которого вторичное зеркало перемещалось с малым дискретом 0,20 мм. Было найдено новое положение вторичного зеркала для наилучшего фокуса. Оно отличалось от старого на 0,16 мм. В этом же сеансе были выполнены также наблюдения и через офсетную диафрагму. Соотношение потоков, прошедших через центральную и офсетную диафрагмы, оказалось равным 0,66, что очень близко к величине, установленной при наземной обработке телескопа. Отсюда

можно сделать вывод, что телескоп сфокусирован хорошо. Найденное значение фокуса использовалось во всех последующих наблюдениях через центральную диафрагму.

Описанную выше процедуру нельзя использовать для определения положения фокуса при наблюдениях через офсетную диафрагму из-за больших размеров последней. Мы просто смещали положение фокуса на 3,5 мм, что соответствует различию положений центров соответствующих диафрагм вдоль оптической оси телескопа. Поскольку офсетная система стабилизации связана с положением фокуса для офсетной диафрагмы, то это же положение фокуса мы использовали и при наблюдениях сквозь фоновую диафрагму. Так как расстояние между центрами офсетной и фоновой диафрагм составляет 8,5 м, то размер расфокусированного изображения будет 0,85 мм, что значительно меньше размера фоновой диафрагмы, равного 3,0 мм. Поэтому такая большая дефокусировка не оказала заметного влияния на точность при наблюдениях сквозь фоновую диафрагму.

Измерения температуры во время сеанса показали, что после открытия крышки происходит падение температуры как трубы телескопа, так и в приборном отсеке. Обычно за время сеанса порядка пяти часов падение температуры в приборном отсеке не превышает 8 °С. При конструировании телескопа были приняты специальные меры, уменьшающие влияние температуры на положение фокуса: использование инваровых стержней вдоль всей трубы для сохранения расстояния между концами трубы, разработка специальной титановой подвески вторичного зеркала и дюралевого крепления спектрометра с тем, чтобы их температурные расширения компенсировали друг друга.

Хотя, к сожалению, не было выполнено специальных сеансов фокусировки при заметно различных температурах, по косвенным данным (изменение формы зависимости отношения счета в измерительном канале к счету в канале нулевого порядка от величины счета в нулевом порядке) мы пришли к заключению, что существует слабая зависимость положения фокуса от температуры: при изменении температуры на 10 °С положение фокуса меняется на 0,2 мм. Таким образом, многие наблюдения через центральную диафрагму были выполнены при немного расфокусированных изображениях. Влияние такой расфокусировки на измеряемые потоки излучения довольно точно учитывалось при обработке наблюдений.

**2.3.2. Точность наведения и работа гидирующих систем.** При проведении наблюдений на УФТ было установлено, что система стабилизации положений изображений звезд работает надежно в диапазоне блеска 3–8<sup>m</sup>. При использовании звезд ярче 3<sup>m</sup> возникают существенные колебания, а при звездах слабее 8<sup>m</sup> вследствие шумов происходит потеря звезды. Точность стабилизации положения звезд при дрейфе в одну сторону, по-видимому, не хуже 0,2". Однако при изменении направления дрейфа происходит скачкообразное изменение положения изображения звезды примерно на 0,3–0,4". Кроме того, как показал анализ записей звездных спектров, оптическая ось

ДПЗЦ оказалась отклоненной примерно на  $0,3''$  от центра центральной диафрагмы спектрометра. Это привело к тому, то мы имели в зависимости от направления дрейфа КА четыре стабильных положения изображения звезды на диафрагме и соответственно четыре уровня сигналов в измерительных каналах спектрометра.

Влияние возникающей из-за неточностей работы системы стабилизации фотометрической ошибки на распределение энергии в спектрах звезд было уменьшено путем использования канала нулевого порядка. При смещении изображения звезды с диафрагмы отсчеты в различных каналах должны изменяться пропорционально. Поэтому, относя отсчеты измерительных каналов к отсчетам канала нулевого порядка, можно исключить влияние неточности стабилизации на распределение энергии в спектре. Следует отметить, что в этом случае мы получим только относительное распределение энергии, которое можно пересчитать в абсолютное, имея калибровку канала нулевого порядка. На деле положение оказалось сложнее. Пропорциональность соблюдалась только для отношения отсчетов первого и второго измерительных каналов. Отношение их к отсчетам канала нулевого порядка имело более сложную зависимость от величины отсчетов, по видимому, вследствие разъюстировки перебрасывающих зеркал в канале нулевого порядка. Это обстоятельство сильно усложнило обработку, но позволило получать распределение энергии в абсолютных величинах без привлечения калибровки канала нулевого порядка, а также учитывать влияние расфокусировки.

При наблюдениях с офсетной и фоновой диафрагмами с использованием ДПЗО вследствие больших размеров диафрагм указанные неточности работы системы стабилизации положения изображений звезд не сказываются на точности измерения потоков излучения, за исключением редких случаев, когда звезда из-за отсутствия точных координат оказывалась на краю офсетной диафрагмы.

**2.3.3. Калибровка по длинам волн и спектральное разрешение УФС.** Калибровка УФС по длинам волн, т.е., установление однозначного соответствия между показаниями счетчика шагового двигателя сканирующего механизма спектрометра и длиной волны излучения, регистрируемого в измерительных каналах при использовании каждой из входных диафрагм спектрометра, проводилась сначала на Земле и затем была уточнена на орбите. В УФС было реализовано довольно высокое спектральное разрешение: при работе с узкой щелью экспериментально определенная инструментальная ширина профиля линии на уровне половинной интенсивности составляла  $0,45 \text{ \AA}$ . Такое разрешение потребовало весьма точной калибровки по длинам волн: при полной длине перемещения каретки ФЭУ около  $125 \text{ мм}$  диапазон длин волн регистрируемого излучения в одном канале составляет  $1100 \text{ \AA}$ , так что для обеспечения привязки показаний счетчика шагового двигателя к длине волны регистрируемого излучения с точностью до ширины инструментального профиля положение каретки ФЭУ должно определяться с погрешностью не более  $0,05 \text{ мм}$ .

Первоначально калибровочная кривая УФС по длинам волн была рассчитана на основании данных о конструкции сканирующего механизма, оптической схемы сканера и постоянных дифракционной решетки (см. разд. 2.2), а наблюдения ртутной линии  $\lambda 2536,5 \text{ \AA}$  в 1-м и 2-м измерительных каналах были использованы для уточнения нуля-пункта шкалы шагового двигателя. После выведения «Астро́на» на орбиту было проведено уточнение наземной калибровки. С этой целью во время шести сеансов наблюдений в режиме центрального гидрирования с узкой щелью во 2-м канале были записаны богатые линиями железа участки спектра ярких звезд спектральных классов А и В. Затем для моделей соответствующих атмосфер —  $T_{\text{эф}} = 10000 \text{ К}$  и  $\lg g = 2$  для А-звезд и  $T_{\text{эф}} = 25000 \text{ К}$  и  $\lg g = 2$  для В-звезд — были рассчитаны спектры в отобранных участках длин волн. Сравнение таких синтезированных спектров и полученных на УФС записей позволило для каждого участка длин волн найти поправку к наземной калибровочной кривой; при этом были учтены доплеровские поправки за движение звезд и Земли относительно Солнца и за движение «Астро́на» относительно Земли. На рис. 18 показана степень достигнутого совмещения рассчитанного и наблюдаемого спектров звезды  $\eta$  Leo после учета найденной для этой области спектра поправки к наземной калибровочной кривой. Все найденные таким образом поправки приведены на рис. 19. Из рисунка следует, что полученные поправки не превышают  $\pm 1 \text{ \AA}$  или  $0,1 \text{ м}$ ; очевидно, что в эти поправки вошли как остаточные погрешности расчета теоретической калибровочной

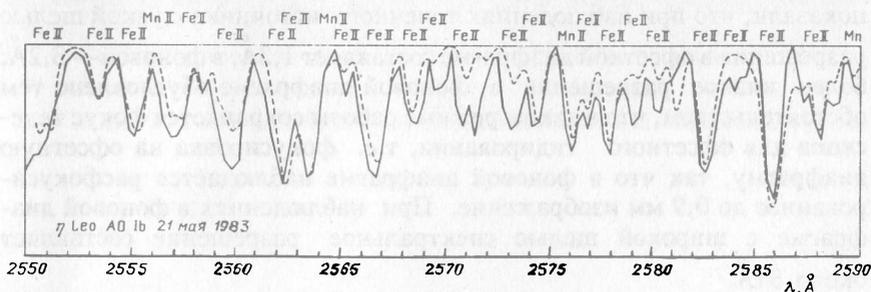


Рис. 18. Рассчитанный (сплошная кривая) и наблюдаемый (штриховая) спектры звезды  $\eta$  Leo после учета найденной для этой области длин волн поправки к наземной калибровочной кривой

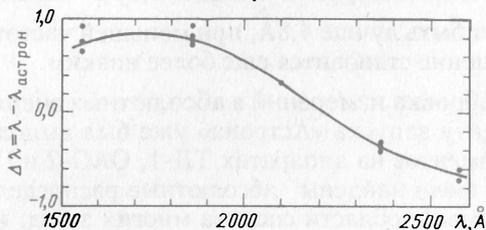


Рис. 19. Поправка к наземной калибровочной кривой в зависимости от длины волны

кривой, так и последствия механических воздействий на сканирующий механизм во время вывода «Астрона» на орбиту и изменение температурного режима.

Поправки  $\Delta\lambda$ , снятые с плавной кривой на рис. 19, были добавлены к наземной калибровке, и полученная таким образом окончательная калибровочная кривая для 2-го канала занесена на магнитный диск ЭВМ. Поскольку наблюдения в 1-м канале ведутся только с широкой щелью, которая обеспечивает разрешение не лучше  $28 \text{ \AA}$ , для этого канала уточнение наземной калибровки не проводилось.

Как показали наземные исследования УФС, при регистрации излучения в фиксированной длине волны положения каретки ФЭУ (ПК), соответствующие наблюдениям в центральной, офсетной и фоновой диафрагмах, связаны соотношениями:  $\text{ПК(О)} = \text{ПК(Ц)} + 828$  шагов и  $\text{ПК(Ф)} = \text{ПК(Ц)} - 1216$  шагов. Эти соотношения также занесены в память ЭВМ, и в сочетании с описанными выше калибровочными кривыми для центральной диафрагмы они полностью решают задачу калибровки УФС по длинам волн во всех режимах работы спектрометра.

Диаметр входной центральной диафрагмы  $0,04 \text{ мм}$  соответствует  $1''$  на небе. В используемой схеме УФС такая диафрагма не может дать спектральное разрешение лучше, чем  $0,4 \text{ \AA}$ . Поскольку в режиме офсетного гидирования точность удержания звезды не лучше  $2-3''$ , то даже при наблюдениях с узкой выходной щелью реальное спектральное разрешение не может быть выше  $0,8-1,2 \text{ \AA}$ . Прямые измерения показали, что при наблюдениях точечного источника с узкой щелью разрешение в офсетной диафрагме составляет  $1,3 \text{ \AA}$ , в фоновой —  $3,2 \text{ \AA}$ ; более низкое разрешение в фоновой диафрагме обусловлено тем обстоятельством, что в таком режиме работы сохраняется фокус телескопа для офсетного гидирования, т.е. фокусировка на офсетную диафрагму, так что в фоновой диафрагме наблюдается расфокусированное до  $0,9 \text{ мм}$  изображение. При наблюдениях в фоновой диафрагме с широкой щелью спектральное разрешение составляет около  $31 \text{ \AA}$ .

В режиме быстрого сканирования, когда каретка с ФЭУ проходит от одного конечного положения до другого примерно за  $140 \text{ с}$ , при максимальной частоте опроса — каждые  $0,61 \text{ с}$  — спектральное разрешение не может быть лучше  $4,8 \text{ \AA}$ , при меньшей частоте опроса спектральное разрешение становится еще более низким.

2.3.4. Калибровка измерений в абсолютных энергетических единицах. К моменту запуска «Астрона» уже был выполнен ряд космических экспериментов на аппаратах ТД-1, ОАО-2 и IUE. В ходе этих экспериментов были найдены абсолютные распределения энергии в ультрафиолетовой области спектра многих звезд, и мы воспользовались этими результатами для калибровки наблюдений на «Астроне».

Принцип энергетической калибровки аппаратуры по известному стандарту излучения очевиден:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{число} \\ \text{зарегистрированных} \\ \text{импульсов} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{поток энергии} \\ \text{от космического} \\ \text{источника} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{инструментальная} \\ \text{функция} \\ \text{чувствительности} \end{array} \right].$$

Применяя это соотношение к наблюдениям объектов, поток излучения от которых известен в абсолютных единицах, можно получить функцию абсолютной чувствительности аппаратуры.

В реальном эксперименте дело усложняется неизбежными шумами, обусловленными рассеянным светом в спектрометре и темновыми токами ФЭУ. Оба эти фактора тщательно исследовались в ходе специальных служебных сеансов и по сеансам астрофизических наблюдений (см. пп. 2.3.5 и 2.3.6). В результате были выяснены следующие обстоятельства. Во-первых, на орбите темновые токи ФЭУ существенно выросли по сравнению с теми, какие были зафиксированы в предполетных испытаниях; однако если для калибровочных измерений использовать достаточно яркую звезду, то и возросший уровень темновых токов оказывается пренебрежимо мал по сравнению с полезным сигналом. Во-вторых, при наблюдениях звезд более поздних спектральных классов, чем F5, рассеянный свет во 2-м канале становится доминирующим источником регистрируемых импульсов; но для В- и более горячих звезд рассеянный свет пренебрежимо мал по сравнению с полезным сигналом в обоих измерительных каналах. Таким образом, надлежащим выбором стандартного источника можно избежать необходимости рассмотрения темновых токов и рассеянного света при энергетической калибровке системы.

В качестве стандартного источника для абсолютной калибровки чувствительности системы УФТ + УФС была выбрана звезда 139 Гельца, удовлетворяющая обоим указанным выше требованиям. Эта яркая —  $V = 4,9^m$  — звезда спектрального класса В1 Ib наблюдалась в ультрафиолете на аппаратах ОАО-2, ТД-1 и IUE, и полученные в этих экспериментах результаты, приведенные к спектральному разрешению  $\Delta\lambda = 20 \text{ \AA}$ , представлены на рис. 20. В качестве исходных для калибровки системы УФТ + УФС были взяты данные, полученные на IUE: во-первых, калибровка IUE опирается на критически пересмотренные результаты предыдущих экспериментов, в том числе и проведенные на ОАО-2 и ТД-1; во-вторых, спектральный диапазон IUE почти совпадает с диапазоном УФС; в-третьих, около  $\lambda 3200 \text{ \AA}$  данные IUE хорошо стыкуются с результатами наземных спектрофотометрических наблюдений. На рис. 20 темными кружками отмечены значения  $F_{\lambda}$ , которые были взяты как исходные для калибровки системы УФТ + УФС. Согласно Болину и др. [9] погрешность одного измерения ( $1\sigma$ ) при разрешении  $\Delta\lambda = 25 \text{ \AA}$  в середине спектральных диапазонов каждой из камер IUE — около  $1600 \text{ \AA}$  и  $2600 \text{ \AA}$  — составляет  $\pm 3 \%$ , а на краях этих диапазонов  $\pm 5 \%$ .

Для разных входных диафрагм УФС применялись несколько различающиеся методики абсолютной калибровки.

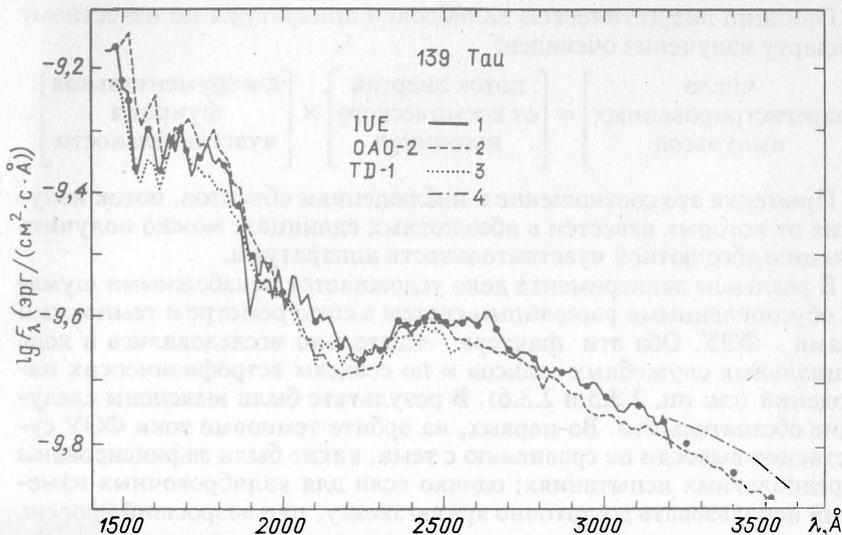


Рис. 20. Результаты наблюдения звезды 139 Тау. Спектральная плотность

*Калибровка наблюдений с офсетной диафрагмой.* Диаметр изображения звезды в фокальной плоскости «Астропа» существенно меньше размера офсетной диафрагмы; иными словами, при наблюдениях с офсетной диафрагмой и при точном наведении телескопа на звезду ее изображение полностью «проваливается» во входное отверстие УФС. В таком режиме наблюдений стандартного источника абсолютная спектральная чувствительность системы УФТ + УФС определяется соотношением

$$\eta_{\lambda} = \frac{S(\tau, \Delta\lambda)}{F_{\lambda}(\text{эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{А}))}, \quad (2.6)$$

где  $S(\tau, \Delta\lambda)$  — скорость счета, т.е. среднее число импульсов, накопленных за один цикл опроса  $\tau$  при наблюдениях с выходной щелью шириной  $\Delta\lambda$ , и  $F_{\lambda}$  — известная спектральная плотность потока излучения от стандарта. Для вычисления  $\eta_{\lambda}^0$  звезда-стандарт 139 Тельца наблюдалась пять раз: 24.04.83 (33-й сеанс), 18.03.84 (206-й сеанс), 02.03.85 (333-й сеанс), 21.03.86 (428-й сеанс) и 05.03.87 (503-й сеанс). В табл. 3 приведены средние скорости счета в каждом сеансе, зарегистрированные на интервалах в  $100 \text{ \AA}$  при наблюдениях этой звезды в офсетной диафрагме с широкими выходными щелями в обоих каналах УФС. Сопоставление этих величин между собой позволяет оценить стабильность абсолютной чувствительности системы УФТ + УФС.

Как следует из таблицы, наибольшие относительные изменения скорости счета — величины  $\Delta S/S$  — имеют место в самых коротковолновых участках спектра обоих каналов. По-видимому, такой эффект обусловлен сочетанием крутого хода спектральной чувствительности

на этих участках спектра с различными положениями изображения звезды во входной диафрагме в разных сеансах; поэтому найденные для  $\lambda$  1600 Å и  $\lambda$  2500 Å величины  $\Delta S/S$  не принимались во внимание при оценках стабильности фотометрической системы «Астрона», и в таблице они заключены в скобки. Далее, таблица показывает, что в течение первого, второго и третьего годов работы «Астрона» средние и среднеквадратичные значения величин  $\Delta S/S$  на интервалах 1700–2600 Å и 2600–3500 Å не превышают 1–2 %. Но в течение четвертого года чувствительность в обоих каналах понизилась в среднем на 7–8 %. Из сравнения двух последних столбцов таблицы следует, что это понижение было единственным значимым систематическим изменением чувствительности за все время работы «Астрона» в течение четырех лет.

Поскольку изменения абсолютной чувствительности системы УФТ + УФС могут быть обусловлены загрязнением оптики телескопа и дифракционной решетки спектрометра и/или деградацией регистрирующей системы, то обнаруженное постоянство чувствительности в течение первых трех лет работы «Астрона» на орбите означает, что ни загрязнения оптики, ни деградации регистрирующей системы за это время не произошло. Понижение чувствительности на четвертом году работы связано, по-видимому, с изменениями в измерительных трактах, так как соответствующие скорости счета в 4-м канале в 33-м и 503-м сеансах совпали с точностью до dex 0,01.

Заметим, что практическое отсутствие загрязнения оптики в столь продолжительном космическом эксперименте достигнуто впервые и свидетельствует об эффективности мер предосторожности при сборке и транспортировке телескопа.

На рис. 21 приведены кривые  $\eta_\lambda^0$ , полученные усреднением результатов 33-го, 206-го, 333-го и 428-го калибровочных сеансов.

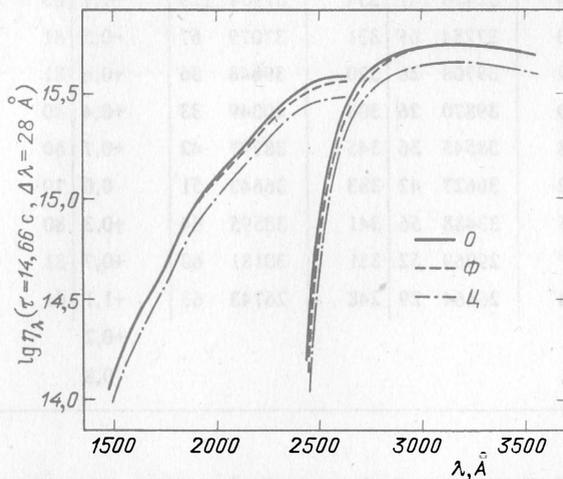


Рис. 21. Зависимость абсолютной спектральной чувствительности  $\eta$  от  $\lambda$  для различных режимов: сплошная линия — режим  $O$  с офсетной диафрагмой, штриховая линия — режим  $\Phi$  с фоновой диафрагмой, штрих-пунктирная линия — режим  $\Psi$  с центральной диафрагмой

Скорости счета (импульсы /0.61 с) при наблюдениях

Средняя длина волны, Å	33-й сеанс 24.04.83		206-й сеанс 18.03.84			333-й	+
	Число изме- рений	Средняя скорость счета $S$	Число изме- рений	Средняя скорость счета $S$	$\Delta S/S$ 206/33 (%)	Число изме- рений	Средняя скорость счета $S$
1600	347	4737 ± 34	800	3971 ± 28	(-16,2)	286	3853 ± 29
1700	362	7092 30	363	6967 31	-1,8	83	7009 64
1800	307	10522 58	366	10221 55	-2,9	84	10221 115
1900	376	11974 23	336	11824 23	-1,3	84	11941 44
2000	336	13731 47	333	13844 51	+0,8	83	13937 100
2100	313	15900 56	312	15970 51	+0,4	80	16014 94
2200	271	18934 77	348	18927 62	+0,0	80	18938 126
2300	321	23554 114	333	24055 114	+2,1	80	24100 236
2400	391	30896 102	335	31832 113	+3,0	78	31875 226
2500	329	36055 31	327	36266 34	+0,6	79	36302 62
2600	522	37213 24	264	37663 48	+1,2	66	37832 94
$\langle \Delta S/S \rangle$					+0,2		
$\langle (\Delta S/S)^2 \rangle^{1/2}$					1,7		
2500	322	7018 181	357	6799 177	(-3,1)	83	7103 372
2600	341	20456 214	356	20621 224	+0,8	81	20928 472
2700	324	32456 141	354	31904 129	-1,7	83	32511 276
2800	370	37254 65	331	37079 67	-0,5	81	37635 131
2900	327	39708 26	320	39848 36	+0,4	81	40450 64
3000	310	39870 26	308	40049 33	+0,4	80	40702 39
3100	268	38545 36	345	38797 42	+0,7	80	39354 77
3200	322	36627 42	333	36643 51	0,0	79	37047 93
3300	395	33488 56	341	33595 64	+0,3	80	34137 127
3400	337	29969 52	331	30181 60	+0,7	81	30579 115
3500	504	26464 29	248	26743 63	+1,1	61	27113 119
$\langle \Delta S/S \rangle$					+0,2		
$\langle (\Delta S/S)^2 \rangle^{1/2}$					0,8		

$\Delta S/S$  — относительное изменение средней скорости счета между указанными сеансами

## 139 Тельца в офсетной диафрагме в пяти сеансах

2.03.85	428-й сеанс 21.03.86				503-й сеанс 5.03.87			$\Delta S/S$ 503/33 (%)	
$\Delta S/S$ 333/206 (%)	Число изме- рений	Средняя ско- рость счета $S$		$\Delta S/S$ 428/333 (%)	Число изме- рений	Средняя скорость счета $S$			$\Delta S/S$ 503/428 (%)
(-3,0)	249	4107± 44		(+6,6)	279	3646± 29		(-11,2)	(-23,0)
+0,6	121	6872	53	-2,0	89	6423	58	-6,5	-9,4
0,0	127	10210	94	-0,1	98	9444	112	-7,5	-10,2
+1,0	133	11899	38	-0,4	100	11132	70	-6,4	-7,0
+0,7	141	13978	77	+0,3	104	12923	98	-7,5	-5,9
+0,3	121	15809	76	-1,3	91	14778	100	-6,5	-7,1
0,0	104	18804	105	-0,7	91	17319	120	-7,9	-8,5
+0,2	140	24033	179	-0,3	80	22202	208	-7,6	-5,7
+0,1	144	31950	176	+0,2	76	29636	316	-7,2	-4,1
+0,1	137	36385	49	+0,2	61	33590	252	-7,7	-6,8
+0,4	113	37968	73	+0,4	49	34348	372	-9,5	-7,7
+0,3				-0,4				-7,4	-7,2
0,5				0,8				7,5	7,4
(+4,5)	120	7001	313	(-1,4)	77	6831	389	(-2,4)	(-2,7)
+1,5	114	20391	383	-2,6	89	19532	413	-4,2	-4,5
+1,9	127	31978	218	-1,6	94	29345	290	-8,2	-9,6
+1,5	131	36971	106	-1,8	99	34067	238	-7,9	-8,6
+1,5	141	39736	54	-1,8	100	36073	206	-9,2	-9,2
+1,6	118	39868	36	-2,0	92	36030	176	-9,6	-9,6
+1,4	107	38699	66	-1,7	89	34661	216	-10,4	-10,1
+1,1	140	36468	74	-1,6	82	33287	219	-8,7	-9,1
+1,6	145	33396	94	-2,2	76	30576	228	-8,4	-8,7
+1,3	140	29997	87	-1,9	62	27667	327	-7,8	-7,7
+1,4	104	26704	86	-1,5	45	24238	303	-9,2	-8,4
+1,5				-1,9				-8,4	-8,6
+1,5				+1,9				8,5	8,7

**Калибровка наблюдений с фоновой диафрагмой.** Как уже упоминалось, наблюдения в фоновой диафрагме ведутся по расфокусированным изображениям: смещение центра фоновой диафрагмы относительно центра офсетной диафрагмы вдоль оси телескопа равно 8,5 мм и размер изображения точечного источника в фоновой диафрагме в режиме офсетного гидирования составляет 0,9 мм. Фоновая диафрагма выполнена в виде круглого отверстия диаметром 3 мм в грани металлической пирамиды, и эта грань образует с оптической осью телескопа угол  $43,5^\circ$ . Поэтому расфокусированное изображение звезды при точном наведении телескопа так же полностью «проваливается» в фоновую диафрагму, как и сфокусированное на офсетную диафрагму.

Тем не менее спектральная чувствительность системы УФТ+УФС при использовании фоновой диафрагмы несколько отличается от той, что определена для офсетной диафрагмы. Дело в том, что эти диафрагмы смещены с оптической оси телескопа в противоположные стороны и на различные расстояния. Следовательно, при работе в режимах  $O$  и  $\Phi$  несколько различаются освещаемые участки дифракционной решетки, различны углы падения света на решетку и, следовательно, при наблюдениях в одной и той же длине волны различны углы дифракции и соответствующие им положения ФЭУ; в конечном счете, ФЭУ освещается по-разному. Поэтому с помощью того же соотношения было проведено независимое определение спектральной чувствительности системы УФТ + УФС при работе с фоновой диафрагмой.

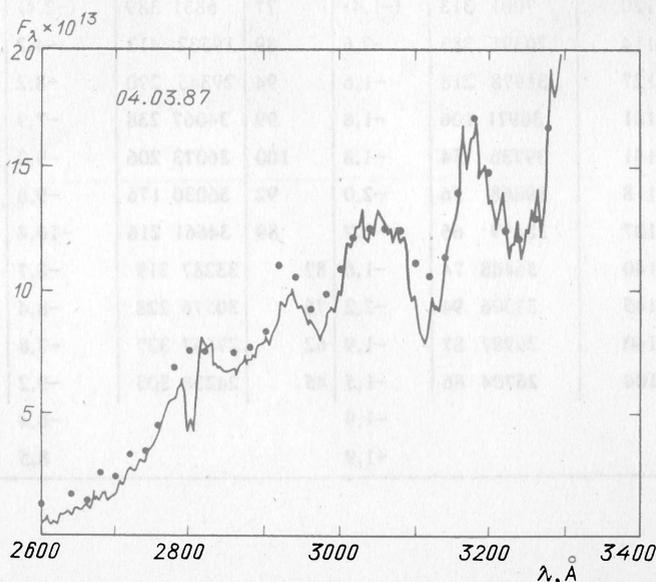


Рис. 22. Абсолютное распределение энергии в спектре Сверхновой 1987а 4 марта 1987 г., полученное по наблюдениям на ИУЕ (сплошная линия) с разрешением 6 Å и на АС «Астрон» (точки) с разрешением 31 Å и с использованием фоновой диафрагмы

Выполненные по описанной выше схеме вычисления для 333-го и 428-го сеансов дали  $\langle \Delta S / S \rangle = 3,2\%$  и  $\langle (\Delta S / S)^2 \rangle^{1/2} = 3,2\%$  для 2-го канала спектрометра и соответственно  $+2,0\%$  и  $2,4\%$  — для 1-го канала. Средние значения  $\eta_{\lambda}^{\Phi}$ , найденные по этим двум сеансам, приведены на рис. 21.

Таким образом, внутренняя точность энергетических калибровок системы УФТ + УФС в режимах *O* и  $\Phi$  достаточно высока, и конечная погрешность получаемых результатов в значительной степени определяется точностью используемых данных по абсолютной спектрофотометрии звезды-стандарта 139 Тельца. Это утверждение иллюстрирует рис. 22, на котором сопоставлены определения абсолютного распределения энергии в спектре Сверхновой 1987а 4 марта 1987 г., полученные независимо по наблюдениям на IUE с разрешением  $6 \text{ \AA}$  и на «Астроне» с разрешением  $31 \text{ \AA}$  с использованием фоновой диафрагмы.

Фоновая диафрагма УФС вырезает на небе  $0,96'$  или  $8,1 \cdot 10^{-8}$  стерadians, офсетная  $-96''$  или  $2,2 \cdot 10^{-9}$  стерadians. Эти коэффициенты в сочетании с получаемыми кривыми  $\eta_{\lambda}$  дают возможность определять средние по диафрагмам абсолютные поверхностные яркости протяженных объектов.

*Калибровка наблюдений в центральной диафрагме.* Размер центральной диафрагмы УФС меньше размера изображения звезды, которое строится УФТ, поэтому при энергетической калибровке наблюдений в центральной диафрагме необходимо учитывать виньетирование собранного телескопом света на входном отверстии УФС. Величина виньетирования зависит от того, насколько точно сфокусировано изображение звезды и насколько это изображение смещено с центра диафрагмы из-за ошибок гидирования. Поэтому величину виньетирования можно разложить на две компоненты: постоянную составляющую, соответствующую виньетированию идеально сфокусированного изображения звезды точно на центр диафрагмы, и переменную составляющую, обусловленную отступлениями мгновенного положения изображения звезды в фокальной плоскости и мгновенного фокуса телескопа от идеальной ситуации. Это обстоятельство усложняет калибровку, и она была проведена двумя независимыми способами.

Первая энергетическая калибровка наблюдений в центральной диафрагме  $\eta_{\lambda}^{Ц1}$  аналогична описанным выше калибровкам наблюдений в офсетной и фоновой диафрагмах. Различие состоит лишь в том, что для центральной диафрагмы использовался разработанный и описанный ниже (разд.2.4) алгоритм учета ошибок гидирования и фокусировки, который позволяет с помощью рафинированного анализа измерений в 4-м канале исправлять измерения в 1-м и 2-м каналах за переменную компоненту виньетирования на центральной

диафрагме. Полученные таким образом данные по 206-му и 333-му сеансам различаются в среднем на  $\pm 7\%$ .

Вторая энергетическая калибровка наблюдений в центральной диафрагме  $\eta_{\lambda}^{Ц2}$  основана на тех соображениях, что ход лучей в УФС в режиме Ц промежуточный между режимами О и Ф, так что из-за упоминавшихся выше эффектов неодинакового освещения дифракционной решетки и катодов ФЭУ вид кривых  $\eta_{\lambda}^{Ц}$  должен быть промежуточным между  $\eta_{\lambda}^O$  и  $\eta_{\lambda}^{\Phi}$ , причем при вычислении  $\eta_{\lambda}^{Ц}$  как средних между  $\eta_{\lambda}^O$  и  $\eta_{\lambda}^{\Phi}$  следует учесть различия расстояний от офсетной и от фоновой диафрагм до оси телескопа, на которой находится центральная диафрагма:  $O-C = 3,5$  мм и  $C-\Phi = 5,0$  мм. Для нормировки полученных таким образом промежуточных кривых был использован служебный сеанс наблюдений, в ходе которого при фиксированном положении каретки ФЭУ для ряда установок фокуса УФТ были определены скорости счета и найдено положение фокуса на центральной диафрагме как положение с максимальной скоростью счета; затем такая процедура была выполнена на офсетной диафрагме. Сравнение измеренных при наилучших фокусировках скоростей счета в режимах Ц и О с учетом различия регистрируемых участков спектра и относительного распределения энергии в наблюдавшейся звезде спектрального класса А3 позволило оценить нормировочный множитель и, в конечном счете, вычислить  $\eta_{\lambda}^{Ц2}$ .

Сопоставление  $\eta_{\lambda}^{Ц1}$  и  $\eta_{\lambda}^{Ц2}$ , полученных независимо, обнаружило систематические расхождения: в первом канале  $\eta_{\lambda}^{Ц1}$  превышает  $\eta_{\lambda}^{Ц2}$  на 10–20%, во втором канале — на 5–7%. В качестве окончательных были взяты средние между  $\eta_{\lambda}^{Ц1}$  и  $\eta_{\lambda}^{Ц2}$  значения. Эти средние приведены на рис. 21.

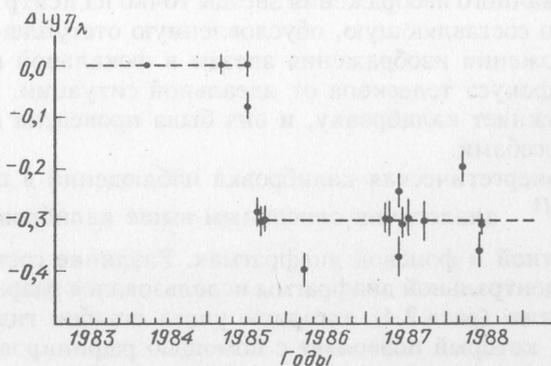


Рис. 23. Изменение абсолютной чувствительности УФС в центральной диафрагме

К сожалению, чувствительность системы УФТ + УФС в режиме Ц оказалась не столь стабильной, как в двух других режимах: в период между 12.07.85 и 22.08.85 она резко упала. Около дюжины звезд наблюдались в центральной диафрагме непосредственно вблизи до и после этого периода, и сравнение таких наблюдений каждой из звезд этой группы (рис. 23) позволяет заключить, что чувствительность понизилась вдвое. Физическая причина этого эффекта осталась неясной.

Таким образом, абсолютная калибровка наблюдений, выполненных с центральной диафрагмой, менее точна, чем калибровка наблюдений в двух других режимах, и здесь погрешности оценок абсолютных потоков могут достигать 10–15 %.

Все полученные кривые  $\eta_\lambda$  были занесены в табличном виде на магнитный диск ЭВМ и вместе с результатами калибровки УФС по длинам волн включены в программы машинной обработки наблюдений с «Астроны» (см. разд. 2.4).

*Фотометрическая калибровка 4-го канала УФС.* Как уже отмечалось, в 4-м канале УФС регистрируется интегральное излучение, отраженное в нулевом порядке дифракционной решетки, и фотометрическая калибровка этого канала заключается в том, чтобы связать величины скорости счета  $S_4$  со звездными величинами, получаемыми в наземных наблюдениях. Естественно, что для учета ошибок гидрирования и фокусировки, в котором используются только относительные изменения скорости счета  $S_4$ , фотометрическая калибровка этого канала не нужна; но предварительная оценка ожидаемой величины  $S_4$  необходима на стадии подготовки наблюдений на «Астроне», так как именно эта величина постоянно выводится на контрольные мониторы НИП и дает возможность проверить правильность наведения УФТ на выбранную звезду.

Количественная связь между  $S_4$  и звездными величинами в системе  $UBV$  отыскивалась в виде

$$S_4 = A \cdot 10^{-0,4V} + B \cdot 10^{-0,48B} + C \cdot 10^{-0,4U}, \quad (2.7)$$

где коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $C$  подлежали определению методом наименьших квадратов при решении системы таких уравнений, каждое из которых соответствовало одному наблюдению звезды с известным блеском и с уверенно измеренной величиной  $S_4$ .

Наиболее точные значения  $S_4$  фиксируются при наблюдениях в режимах  $O$  и  $\Phi$ . Однако в таких сеансах наблюдались, как правило, слабые и нестационарные звезды, для которых далеко не всегда известны точные величины  $UBV$ , тем более, в момент наблюдений их на «Астроне». Поэтому использовался наиболее богатый набор ярких звезд, которые регистрировались в центральной диафрагме: для определения коэффициентов  $A$ ,  $B$  и  $C$  были использованы 43 сеанса, в ходе которых наблюдались звезды спектральных классов от  $O_6$  до  $K_5$  в

диапазоне звездных величин  $V$  от 2,2 до 7,4<sup>iii</sup>. Все эти данные сначала были исправлены за ошибки гидрирования и фокусировки, после чего для частоты опроса 0,61 с были получены следующие значения коэффициентов:

$$A = 0,88 \cdot 10^6, B = 3,21 \cdot 10^6, C = 1,86 \cdot 10^6. \quad (2.8)$$

На рис. 24 дано сопоставление логарифмов наблюдавшихся значений  $S_4$ , исправленных за ошибки гидрирования и фокусировки, и соответствующих величин, вычисленных по формуле (2.7) с коэффициентами (2.8); разброс точек относительно биссектрисы составляет  $\pm 0,03$ , что вполне удовлетворительно, поскольку блеск многих звезд известен с точностью до нескольких сотых звездной величины.

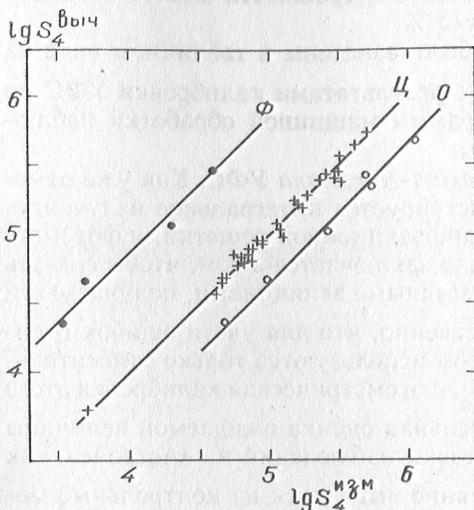


Рис. 24. Сопоставления логарифмов наблюдавшихся значений  $S_4$  с вычисленными по формуле (2.7) с коэффициентами (2.8)

На рис. 24 нанесены также менее многочисленные точки, соответствующие наблюдениям в офсетной и фоновой диафрагмах, и через них проведены прямые, параллельные биссектрисе. Смещения этих прямых таковы:

$$\lg(S_4^\Phi / S_4^I) = -0,85 \pm 0,06,$$

$$\lg(S_4^I / S_4^O) = -0,35 \pm 0,05.$$

Очевидно, эти смещения обусловлены дифференциальным виньетированием в

соответствующих парах входных диафрагм спектрометра и различной засветкой фотокатода ФЭУ, а также потерями света на центральной диафрагме.

**2.3.5. Темновые токи ФЭУ УФС.** Собственные шумы регистрирующей аппаратуры УФТ определяют уровнем темновых токов ФЭУ УФС, и для повышения проникающей силы «Астрона» в УФС были установлены отобранные ФЭУ с малыми темновыми токами. В предполетных наземных испытаниях уровень этих темновых токов был весьма низок: менее одного импульса в секунду. Но после вывода АС на орбиту темновые токи возросли на порядок величины и обнаружился довольно сложный характер временных изменений уровня этих шумов. Были зарегистрированы вариации темновых токов с характерными временами от десятков суток до десятков минут. Для

обработки астрофизических данных наиболее важным оказались самые быстрые изменения на протяжении сеанса наблюдений.

Измерения показали, что в течение сеанса темновые токи возрастают в среднем на 30–40 % от начального уровня, но в различных сеансах эти вариации заметно различаются. Для иллюстрации на рис. 25 представлены измерения темновых токов в 1-м и 2-м каналах в течение трех сеансов. Наблюдаемое разнообразие временных изменений темновых токов наводит на мысль о существовании по крайней мере двух независимых причин, определяющих изменения темновых токов в течение сеанса. Одна из них очевидна — это рост температуры ФЭУ из-за работы бортовых систем «Астрона» (см. нижние графики на рис. 25). Вторая причина повышения темнового тока связана, по-видимому, с некоторыми переходными процессами, возникающими после включения электронной системы УФС, она в той или иной степени искажала чисто температурный рост темнового тока в течение первых нескольких десятков минут наблюдений.

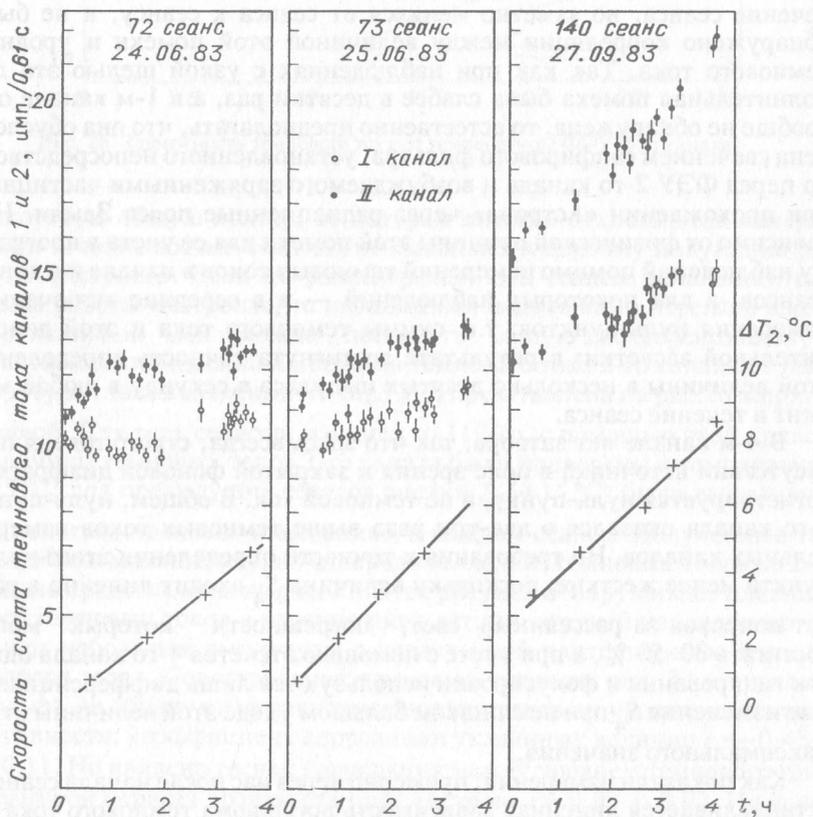


Рис. 25. Измерения темновых токов в 1-м и 2-м каналах

Графики типа тех, что представлены на рис. 25, были построены для каждого сеанса наблюдений. В зависимости от яркости исследуемого объекта измерения темновых токов проводились с большей или меньшей частотой. При обработке измерений во 2-м канале проводилась интерполяция измерений темнового тока с учетом всех деталей временного хода этой величины в течение сеанса. Поскольку как темновые токи 1-го канала, так и их изменения в течение сеансов оказались меньше соответствующих величин 2-го канала, а полезный сигнал в 1-м канале, как правило, существенно превышал полезный сигнал во 2-м канале, при обработке измерений в 1-м канале было вполне достаточно линейного представления хода темнового тока со временем в течение сеанса.

В ходе исследования темновых токов была обнаружена дополнительная помеха: при наблюдениях с широкой щелью в момент открытия затвора при отсутствии звезды в диафрагме скорость счета возрастала примерно на два импульса в секунду над уровнем темнового тока при закрытом затворе; уровень этой помехи не изменялся в течение сеанса, но заметно менялся от сеанса к сеансу, и не было обнаружено корреляции между величиной этой помехи и уровнем темнового тока. Так как при наблюдениях с узкой щелью эта дополнительная помеха была слабее в десятки раз, а в 1-м канале она вообще не обнаружена, то естественно предполагать, что она обусловлена свечением сапфирового фильтра, установленного непосредственно перед ФЭУ 2-го канала и возбуждаемого заряженными частицами при прохождении «Астрона» через радиационные пояса Земли. Независимо от физической причины этой помехи для ее учета в программу наблюдений помимо измерений темновых токов в начале и в конце сеансов, а для некоторых наблюдений — и в середине включались измерения нуль-пунктов, т.е. суммы темнового тока и этой дополнительной засветки; в результате достигнута точность определения этой величины в несколько десятых импульса в секунду в любой момент в течение сеанса.

В 4-м канале нет затвора, так что здесь всегда, строго говоря при отсутствии источника в поле зрения и закрытой фоновой диафрагме, регистрируется нуль-пункт, а не темновой ток. В общем, нуль-пункт 4-го канала оказался в два-три раза выше темновых токов измерительных каналов. Но требования к точности определения этого нуль-пункта менее жесткие, поскольку величина  $S_4$  входит линейно в расчет поправок за рассеянный свет, погрешности которых могут достигать 30–50 %, а при учете с помощью отсчетов 4-го канала ошибок гидирования и фокусировки используются лишь дифференциальные изменения  $S_4$  при не слишком большом уходе этой величины от ее максимального значения.

Как показали измерения, примерно через час после начала сеанса, устанавливается линейная зависимость логарифма темнового тока от температуры ФЭУ 2-го канала. Воспользовавшись этим обстоятельством, можно найти температурно однородные оценки темновых токов 2-го канала для всех сеансов наблюдений и определить общий харак-

тер изменения этих токов в течение длительного периода работы АС «Астрон».

На рис. 26 представлены линейные зависимости  $\lg S_2(T)$ , полученные примерно для 80 сеансов на протяжении всего времени работы «Астрона». Рисунок показывает, что большинство отрезков образуют

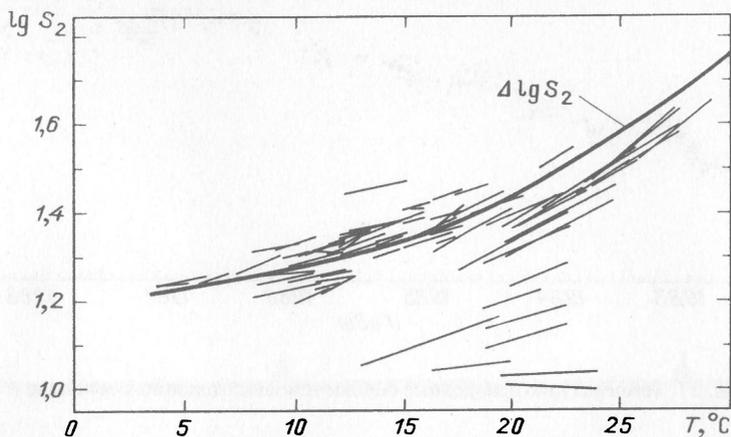


Рис. 26. Зависимость темного тока от температуры ФЭУ 2-го канала

некоторую общую полосу, от которой заметно отклоняются измерения в течение восьми сеансов, относящихся к первому полугодью работы «Астрона». Если не рассматривать эти сеансы начального периода работы «Астрона», то небольшими подвижками отрезков вдоль вертикальной оси можно построить общую дифференциальную зависимость изменений логарифма темного тока 2-го канала от температуры; такая зависимость  $\Delta \lg S_2(T)$  представлена на рис. 26 жирной кривой. Для всех сеансов, начиная со 119-го, с помощью этой кривой величины темновых токов 2-го канала были приведены к температуре  $+15^\circ\text{C}$ ; для предыдущих сеансов оценки  $S_2(+15^\circ\text{C})$  были выполнены по непосредственным измерениям в каждом сеансе. Полученные таким образом температурно однородные оценки темновых токов во 2-м канале представлены на рис. 27. Этот рисунок обнаруживает плавный рост темновых токов в течение пяти лет, на который накладываются волны небольшой амплитуды с характерной длительностью в один-полтора года. Сопоставление темновых токов на рис. 27 с числами Вольфа не обнаружило зависимости этих токов от уровня солнечной активности: коэффициент корреляции указанных величин  $r = -0,43 \pm 0,11$ . Но найдена тесная корреляция между уровнем темного тока и высотой перигея орбиты станции «Астрон»  $r = 0,93 \pm 0,02$ . Не ясно, однако, свидетельствует ли такая корреляция о реальной физической связи темновых токов с параметрами орбиты АС, которая может быть обусловлена, например, медленным дрейфом перигея орбиты из внут-

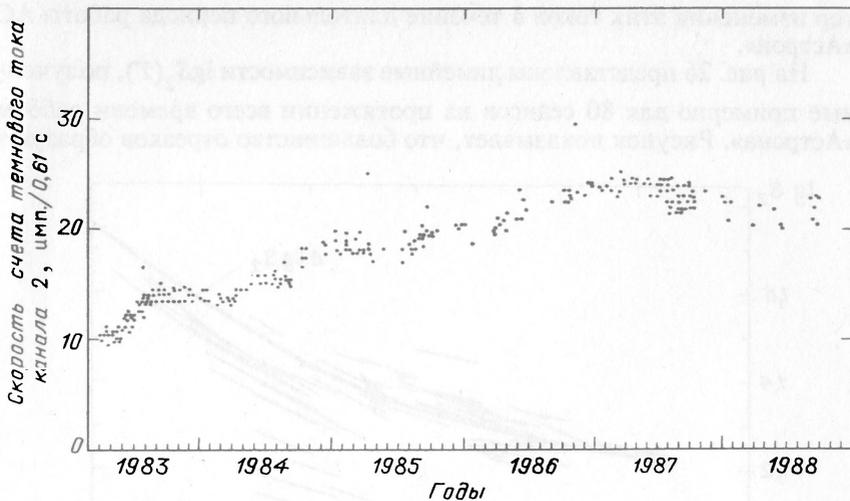


Рис. 27. Температурно однородные оценки темновых токов во 2-м канале

ренного, менее плотного радиационного пояса Земли в более плотный внешний пояс. С другой стороны, нельзя исключить, что деградация электроники УФС, вызывающая рост темновых токов, и увеличение перигея орбиты АС физически независимы, но в первом приближении имеют одинаковый временной ход, что и приводит к тесной, но фиктивной корреляции.

**2.3.6. Рассеянный свет в УФС.** Рассеянный свет в спектрометре — другой существенный фактор, ограничивающий проникающую силу системы УФТ + УФС и точность измерений потоков излучения от слабых космических объектов. Поэтому эта поеха тщательно исследовалась до запуска на Земле и затем — на орбите.

Основным источником рассеянного света в УФС является вогнутая дифракционная решетка, которая дает такое излучение из-за отклонений реальной системы штрихов от идеальной и из-за отклонений реальной поверхности решетки от идеальной поверхности. Эти две причины приводят к различным искажениям регистрируемого ультрафиолетового излучения и должны по-разному учитываться при обработке телеметрических данных.

Дефекты в системе штрихов дифракционной решетки приводят к появлению протяженных крыльев инструментального профиля. На рис. 28 представлена запись профиля линии ртути  $\lambda$  2536 Å, полученная с узкой щелью через офсетную диафрагму на Байконуре непосредственно перед запуском АС «Астрон»; тонкая плавная линия, аппроксимирующая широкие крылья профиля, соответствует зависимости

$$J_{\text{рас}} / J_0 = 5,4 \cdot 10^{-3} \exp\left(-\frac{|\Delta\lambda|}{4,55\text{Å}}\right).$$

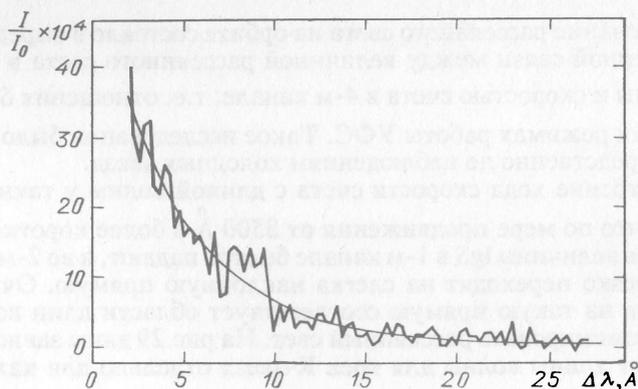


Рис. 28. Профиль линии ртути 2536 Å, полученный с узкой щелью через офсетную диафрагму

Согласно этому соотношению на расстоянии около  $2,5\text{Å}$  от центра линии рассеяние света рассматриваемой природы дает вклад на уровне 0,3 % от интенсивности в центре линии и менее 0,01 % — на расстоянии  $20\text{Å}$  от центра линии. Учет этого эффекта важен при анализе профилей узких линий поглощения.

Отклонения поверхности дифракционной решетки от идеальной — царапины, пылинки и другие локальные дефекты — вызывают появление в спектрометре рассеянного «белого» света. Очевидно, что его интенсивность пропорциональна интенсивности падающего на решетку излучения, мерой которого может служить интенсивность излучения в нулевом порядке решетки, а индикатриса рассеяния близка к сферической, как при рассеянии на матовой поверхности. Эта компонента рассеянного в спектрометре света предварительно была исследована в ходе предполетных испытаний в Марселе. Было проведено количественное сравнение ультрафиолетовых спектров лампы накаливания с вольфрамовой нитью, которые регистрировались при свободном прохождении излучения лампы в УФС и при установке перед входной диафрагмой светофильтров, пропускающих только видимую часть спектра. Такое сравнение показало, что вклад рассеянного излучения в  $S_1$  не превышает 5 %, а в  $S_2$  достигает 80 %. Этот результат обусловлен двумя обстоятельствами: во-первых, излучение вольфрамовой нити, дифрагированное в длины волн 1-го канала, существенно интенсивней, чем то, что дифрагирует в длины волн 2-го канала; во-вторых, в 1-м канале установлен фильтр, пропускающий лишь полосу от 2500 до 4500 Å, тогда как сапфировый фильтр во 2-м канале поглощает  $L_\alpha$ -кванты, но пропускает все видимое излучение, так что ФЭУ этого канала регистрирует излучение в диапазоне длин волн от 1400 до 6500 Å.

Исследование рассеянного света на орбите состояло в определении количественной связи между величиной рассеянного света в каждой длине волны и скоростью счета в 4-м канале, т.е. отношения  $S^{\text{рас}} / S_4$ , в различных режимах работы УФС. Такое исследование было выполнено непосредственно по наблюдениям холодных звезд.

Рассмотрение хода скорости счета с длиной волны у таких звезд показало, что по мере продвижения от 3500 Å в более коротковолновую область величины  $\lg S$  в 1-м канале быстро падают, а во 2-м канале довольно резко переходят на слегка наклонную прямую. Очевидно, что переход на такую прямую соответствует области длин волн, где начинает доминировать рассеянный свет. На рис.29 даны зависимости  $\lg(S_2 / S_4)$  от длины волны для трех К-звезд отдельно для каждой из входных диафрагм УФС. При построении этого графика были учтены темновые токи, а данные по центральной диафрагме были исправлены за ошибки гидирования и фокусировки. Ход интенсивности рассеянного света с длиной волны наиболее уверенно определяется по наблюдениям в офсетной и фоновой диафрагмах. Полученная по этим

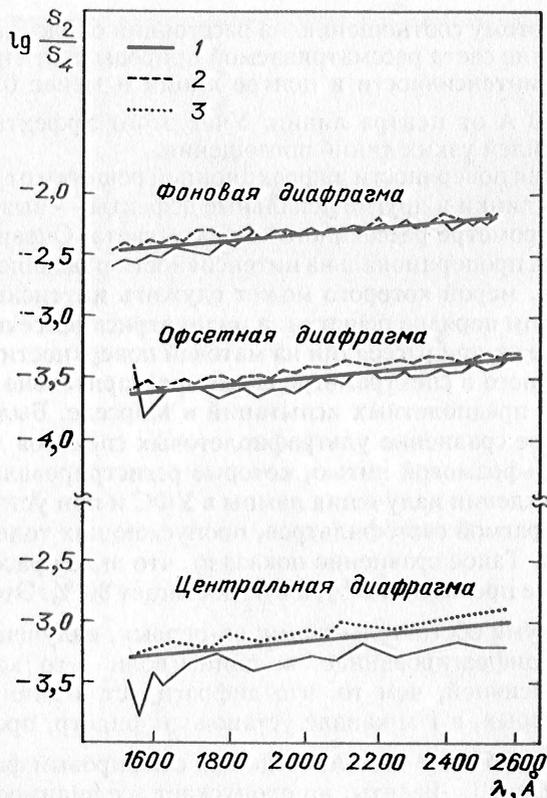


Рис. 29. Зависимость  $\lg(S_2 / S_4)$  от  $\lambda$  для следующих звезд: 1 — BS 5485 KO (5.08.85), 2 — 65 And K5 (1.10.85), 3 —  $\alpha$  Ari (21.08.85)

наблюдениям зависимость близка к той, что была найдена по лабораторным измерениям, и может быть представлена в виде

$$d \lg S_2^{\text{pac}} / d\lambda = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ \AA}^{-1} \quad (2.9)$$

По измерениям в каждой диафрагме на рис. 29 методом наименьших квадратов проведены прямые с наклоном ( $J$ ). Относительные сдвиги этих прямых по оси абсцисс связаны с тем обстоятельством, что для разных входных отверстий УФС относительные смещения освещенных зон на катоде ФЭУ 4-го канала соответствуют относительным смещениям входных диафрагм в фокальной плоскости УФТ. Сдвиги прямых на рис. 29 совпадают с соответствующими сдвигами на рис. 23, что свидетельствует о внутренней согласованности принятой системы обработки данных, поскольку эти графики построены по независимым наблюдениям.

Для определения интенсивности рассеянного света в 1-м канале нет столь прямых и полных данных, как для 2-го канала; но роль рассеянного света в 1-м канале, как уже отмечалось, менее существенна, и здесь использованы следующие приближенные оценки. Ход скорости счета с длиной волны в 1-м канале при наблюдениях К-звезд показывает, что в области самых коротких длин волн этого канала вклад рассеянного света уже весьма существен. Поэтому можно считать, что здесь он даже доминирует, т.е. вклад дифрагированного света звезды в крайних точках 1-го канала пренебрежимо мал и, следовательно, измеренные отношения  $S_1 / S_4$  являются, по существу,

отношениями  $S_1^{\text{pac}} / S_4$ . Тогда, предполагая, что линейный ход  $\lg S^{\text{pac}}$ , обнаруженный во 2-м канале, сохраняется и в 1-м канале, можно экстраполировать найденные в самых коротковолновых участках 1-го канала отношения  $S_1^{\text{pac}} / S_4$  на весь диапазон длин волн 1-го канала и получить таким образом расчетный аналог прямых линий на рис. 29 для 1-го канала УФС.

Чтобы использовать найденные таким образом для К-звезд отношения  $S^{\text{pac}} / S_4$  при анализе наблюдений на «Астроне» других объектов, необходимо ввести поправочные множители, зависящие от спектрального состава излучения рассматриваемых объектов:

$$\psi_{1,2}(Sp) = \frac{\int \varphi_{1,2} F_\lambda(Sp) d\lambda}{\int \varphi_4 F_\lambda(Sp) d\lambda} : \frac{\int \varphi_{1,2} F_\lambda(K) d\lambda}{\int \varphi_4 F_\lambda(K) d\lambda},$$

где  $\varphi_i$  — кривые реакции различных каналов УФС с учетом квантовой чувствительности ФЭУ, пропускания светофильтров и отражения дифракционной решетки и зеркал УФС и УФТ,  $F_\lambda$  — распределения энергии в спектрах звезд различных спектральных классов. Кривые реакции каналов УФС приведены на рис. 30. На рисунке видно, что  $\varphi_2$  и  $\varphi_4$  весьма сходны, так что для диапазона спектральных классов от M2 до B1  $\psi_2$  находятся в узком интервале величин от 0,98 до 1,17;  $\varphi_1$  существенно отличается от  $\varphi_4$ , и в том же диапазоне спектральных классов  $\varphi_1$  изменяется от 0,42 до 5,6.

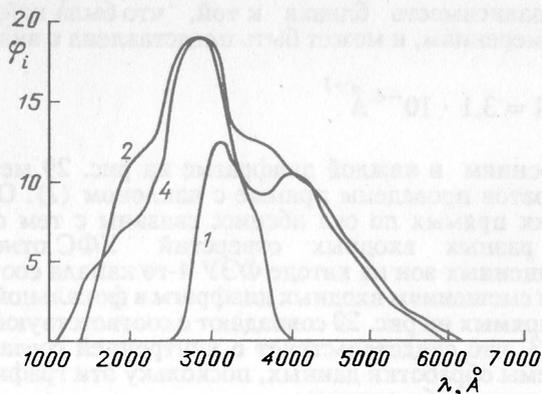


Рис. 30. Кривые реакции 1-го, 2-го, 4-го каналов УФС

Уравнения прямых на рис. 29 и аналогичных им прямых для рассеянного излучения в 1-м канале, множители  $\psi_{1,2}(Sp)$  и весь алгоритм оценки рассеянного света в УФС записаны на магнитный диск ЭВМ и включены в программы машинной обработки наблюдений на «Астро-не». Погрешности таких оценок, по-видимому, не более полутора-двух раз.

## 2.4. Математическое обеспечение эксперимента

Для проведения исследований на астрофизической станции «Астрон» в Крымской астрофизической обсерватории был разработан пакет вычислительных программ для подготовки наблюдений, первичной обработки телеметрических данных и астрофизической обработки наблюдений.

**2.4.1. Вычислительные программы подготовки наблюдений.** В ходе разработки научной программы эксперимента «Спика» в Крымской астрофизической обсерватории был составлен список звезд и звездных систем — кандидатов для ультрафиолетовых спектральных фотометрических наблюдений. Существенная часть этой работы была выполнена с помощью ЭВМ: на магнитный диск были занесены Общий каталог переменных звезд и Каталог ярких звезд, затем машина выполнила отбор тех переменных звезд, вблизи которых имеются яркие звезды, необходимые для офсетного гидирования. Этот исходный список был дополнен другими участниками эксперимента, а также заинтересованными в таких наблюдениях астрономами из других учреждений. В результате Пакет наблюдательных программ содержал около 1700 объектов; он был занесен на магнитный диск ЭВМ ВЦ КраО и служил основой для составления ежемесячных расписаний наблюдений на АС «Астрон». На диск занесены также координаты Солнца на каждый день года, координаты 15 ярких звезд — опорных звезд для астроориентации и астрономический каталог Смитсоновской астрофизической обсерватории, содержащий точные положения около 200 000 звезд ярче  $10^m$ .

Для составления ежемесячных расписаний наблюдений и для оперативного решения вопроса о принципиальной возможности наведения АС на тот или иной объект были разработаны следующие вычислительные программы.

Программа «Каталог» по заданным координатам объекта строит карту окрестностей  $2^\circ \times 2^\circ$  в масштабе  $1' : 1$  мм, на которую наносятся все звезды Смитсоновского каталога, расположенные в этом квадрате неба, и печатаются точные координаты, звездные величины и спектральные классы этих звезд. Такая карта окрестностей с указанными характеристиками звезд позволяет оценить общую ситуацию для наблюдений рассматриваемого объекта: наличие или отсутствие близлежащих звезд, создающих помеху при центральном гидировании, или достаточно ярких соседних звезд, необходимых для офсетного гидирования.

Программа «Астроориентация» по заданным координатам объекта, дате наблюдений и выбранной опорной звезде проводит расчет уставок солнечного и звездного датчиков станции и угла, который определяет ориентацию участка неба, доступного ДПЗО, относительно исследуемого объекта.

Программа «Расчет на день» проводит расчет тех же величин, что и программа «Астроориентация», но для всех 15 опорных звезд, анализирует вычисленные уставки датчиков с точки зрения возможности их реализации и делает заключение о том, с какой опорной звездой возможны наблюдения.

Программа «Расчет на год» проводит расчет уставок датчиков на каждый день года для каждой из 15 опорных звезд и с учетом конструктивных ограничений на возможные значения этих уставок выдает временные интервалы, когда рассматриваемый объект может наблюдаться с каждой из опорных звезд. Результаты вычислений по этой программе внесены в Пакет наблюдательных программ эксперимента.

Программа «Отбор» по выбранной опорной звезде и указанному месяцу выбирает из Пакета наблюдательных программ все объекты, доступные для УФТ в течение указанного месяца, и вычисляет угол ориентации ДПЗО для отобранных объектов на период их видимости. Результаты таких вычислений служили исходной выборкой для составления расписания наблюдений на месяц.

Ввод исходной информации для расчетов по перечисленным программам был унифицирован. Вычисления для одного объекта по программе «Каталог» с построением карты окрестностей на графопостроителе занимают несколько минут, по программе «Расчет на год» — около 4 минут; расчеты по остальным трем программам выполняются очень быстро, и затраты времени определяются продолжительностью ввода и вывода информации в машину.

**2.4.2. Вычислительные программы предварительной обработки телеметрической информации.** С магнитных лент, поступавших с НИП в ВЦ КрАО, телеметрическая информация переписывалась на магнитные ленты длительного хранения и подвергалась предварительной обработке по следующим программам.

Программа «Разрисовка» выдает на графопостроителе в осях «номер кадра (и время) — логарифм скорости счета» всю зарегистрированную в каждом канале фотометрическую информацию.

Программа «Выполнение» дает распределение кадров по наблюдениям с широкой и узкой щелями во втором канале и перечень режимов работы УФС: участки измерения темновых токов, участки прямого и обратного сканирования и фотометрических измерений на фиксированной длине волны, причем для каждого режима указываются номера начального и конечного кадров, положения каретки и моменты времени, соответствующие этим кадрам. Затем выдается распределение числа кадров с измерениями темновых токов в различных временных режимах опроса.

Программа «Температура» позволяет проследить температурный ход ФЭУ 1-го и 2-го каналов. Разработанный алгоритм дает возможность с точностью до нескольких минут фиксировать моменты прохождения заданных уровней температуры.

**2.4.3. Алгоритмы и программы астрофизической обработки наблюдений.** Все разнообразие астрофизических задач, решаемых на УФТ «Спика», с методической точки зрения сводится к нескольким процедурам: получению распределений энергии в доступном УФС диапазоне длин волн или измерению потоков в отдельных спектральных участках, построению кривой блеска при патрульных наблюдениях с фиксированным положением каретки ФЭУ спектрометра и определению профилей отдельных спектральных линий. Решение этих задач связано с обработкой телеметрической информации весьма разного объема, и алгоритмы таких процедур в различной степени были доведены до машинных программ.

Программа «Рас» — самая большая из реализованных программ обработки ультрафиолетовых наблюдений — предназначена для нахождения распределений энергии в спектрах звезд. Разработаны два варианта этой программы: для ярких объектов, допускающих приближенный учет темновых токов ФЭУ спектрометра в каждом элементарном акте измерений, и для слабых объектов, при наблюдениях которых полезный сигнал сравним с темновым током и для корректного учета этой помехи приходится проводить усреднение отдельных отсчетов с неизбежной потерей высокого временного разрешения. Программа «Рас» включает в себя алгоритмы учета рассеянного света в спектрометре, перевод скорости счета в абсолютные единицы потока и перевод отсчетов положения каретки ФЭУ в длины волн для каждого канала и каждой диафрагмы, алгоритмы учета отклонения фокусировки телескопа от штатной и учет погрешностей гидирования; два последних эффекта весьма существенны при обработке наблюдений, выполненных с центральной диафрагмой, и в тех сеансах, когда наблюдения велись с офсетной диафрагмой, но исследуемый объект оказывался на краю этой входной диафрагмы. Принципиальная схема учета ошибок гидирования и фокусировки была построена с учетом логики задачи, конструкции спектрометра и выявленных в ходе исследований на орбите особенностей работы спектрометра, в частности функционирования референтного канала, регистрирующего излучение, отраженное в нулевом порядке дифракционной решетки; необходимые численные параметры алгоритма частично были получены в ходе специальных технологических сеансов, а частично опре-

делились с помощью предварительного анализа телеметрии каждого сеанса.

Программа «Кривая блеска» предназначена для анализа фотометрических патрульных наблюдений в фиксированных узких участках спектра и в значительной степени аналогична программе «Рас», отличаясь от нее в основном заменой развертки по длинам волн на временную развертку.

Программа «Профиль» служит построению профилей отдельных спектральных линий по наблюдениям с узкой выходной щелью во втором канале, которая обеспечивает разрешение  $0,4 \text{ \AA}$ . Как и в двух предыдущих программах, здесь проводится учет темновых токов, рассеянного в спектрометре света, отбраковка случайных выбросов; учет ошибок гидирования в данном случае несколько упрощается, так как из-за узкого исследуемого интервала длин волн референтным можно считать не только 4-й, но и 1-й канал спектрометра.

Программа «Спектр» составлена для построения распределения энергии в спектрах комет. Существенное отличие этой программы от других программ обработки состоит в том, что здесь каждый скан обрабатывается отдельно, а не проводится обычное для «неподвижных» звезд и звездных систем усреднение нескольких сеансов: такое усреднение кометных сканов неправомерно из-за движения кометы в поле зрения при гидировании УФТ по звездам. Но для улучшения статистики в программе «Спектр» применяется усреднение данных скользящим средним. Остальные этапы обработки, а именно учет темнового тока (или нуля-пункта) и рассеянного света в спектрометре, перевод скорости счета в абсолютные единицы потока, такие же, как в программе «Рас».

## 2.5. Исследование звезд

В этом и последующих разделах 2.6–2.9 собраны результаты наблюдений, полученные на АС «Астрон» с помощью УФТ «Спика». Основное их содержание — это численные данные по ультрафиолетовому излучению небесных тел, представленные в виде таблиц и графиков. К настоящему времени только часть этих данных проанализирована с астрофизической точки зрения, и здесь приводится лишь краткое изложение предварительных научных выводов из проведенных наблюдений.

Программа исследования звезд на АС «Астрон» включала много различных астрофизических задач, предложенных разными исследователями: исследование химического состава и кинематики звездных атмосфер, поиск вариаций яркости в определенных спектральных линиях, изучение распределения энергии в ультрафиолетовом спектре звезды с целью анализа межзвездного поглощения, эффекта переналожения абсорбционных линий различных элементов в химически аномальных звездах и т.д. Но решения всех этих задач с методической точки зрения сводится к измерениям потоков энергии с низким или высоким спектральным разрешением: в первом случае получают распределение энергии в спектре звезды, во втором — профили отдельных спектральных линий. Такие данные и составляют основной массив ультрафиолетовых наблюдений звезд на «Астроне».

2.5.1. Распределение энергии в звездных спектрах. В табл. 4 перечислены все сеансы наблюдений звезд на «Астроне», в ходе которых

## Наблюдения звезд на АС «Астрон» (координаты на эпоху 1975,0)

Название звезды	HD	Координаты		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		RA	DEC					
PHI PER	10516	1 42.1	+50 33	4.07	-0.04	-0.93	B2VEP	27/08/83
ALPHA ARI	12929	2 5.8	+23 20	2.00	+1.15	+1.12	K2III	31/08/83
65 AND	14872	2 23.9	+50 10	4.71	+1.53	+1 89	K4III	1/10/85
21 PER	18296	2 55.8	+31 50	5.11	-0.01	-0.23	B9P	30/08/83
BS 1035	21291	3 27.0	+59 51	4.21	+0.41	-0.24	B9IA	30/09/87
BS 1040	21389	3 27.9	+58 47	4.54	+0.56	-0.11	A0IAE	14/04/87
EPSILON ERI	22049	3 31.8	-09 32	3.73	+0.88	+0.59	K2V	14/01/87
ZETA PER	24398	3 52.6	+31 48	2.85	+0.12	-0.77	B1IB	11/01/85
X PER	24534	3 53.8	+30 58	6.10	+0.29	-0.82	O9.5EP	1/09/83
X PER	24534	3 53.8	+30 58	6.10	+0.29	-0.82	O9.5EP	22/01/84
41 TAU	25823	4 5.1	+27 32	5.20	-0.13	-0.47	B9P	27/09/83
41 TAU	25823	4 5.1	+27 32	5.20	-0.13	-0.47	B9P	14/01/84
53 TAU	27295	4 18.1	+21 42	5.35	-0.08	-0.25	B9IV	19/01/84
BD+26 730		4 35.3	+27 4	8.42	+1.12	+0.88	K5EP	25/01/84
ALPHA CAM	30614	4 51.5	+66 18	4.29	+0.03	-0.88	O9.5IAE	22/04/84
EPSILON AUR	31964	5 0.2	+43 47	3.7	+0.6	+0.2	F0IA	20/08/83
EPSILON AUR	31964	5 0.2	+43 47	3.5	+0.6	+0.2	F0IA	4/03/84
EPSILON AUR	31964	5 0.2	+43 47	3.2	+0.5	+0.1	F0IA	10/04/84
EPSILON AUR	31964	5 0.2	+43 47	3.0	+0.5	+0.1	F0IA	7/03/85
MU LEP	33904	5 11.8	-16 14	3.31	-0.11	-0.39	B9P	23/01/85
AE AUR	34078	5 14.6	+34 17	5.96	+0.22	-0.70	O9.5VE:	18/08/83
BD+37 1146	34656	5 19.0	+37 24	6.79	+0.02	-0.90	O8IIF	13/04/85
CHI AUR	36371	5 31.1	+32 10	4.76	+0.34	-0.46	B5IAB	17/08/83
CHI AUR	36371	5 31.1	+32 10	4.76	+0.34	-0.46	B5IAB	22/09/87
THETA-2 ORI	37041	5 34.1	-05 25	6.39	-0.09	-0.93	O9.5VEP	13/03/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.4	+2.85	+1.2	PEC	4/03/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.4	+3.2	+1.5	PEC	6/03/87

Название звезды	HD	Координаты		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		RA	DEC					
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.3	+3.25	+1.7	PEC	9/03/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.2	+3.5	+1.9	PEC	12/03/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.2	+3.7	+2.6	PEC	23/06/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.2	+3.7	+2.6	PEC	24/06/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.4	+3.7	+2.6	PEC	4/07/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.6	+3.6	+2.5	PEC	23/07/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	4.7	+3.8	+2.4	PEC	29/07/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.2			PEC	28/09/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.3			PEC	5/10/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.4			PEC	2/11/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.5			PEC	22/12/87
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.5			PEC	15/01/88
SN 1987A		5 35.7	-69 17	5.6			PEC	23/03/88
HDE 245770	245770	5 37.4	+26 18	9.39	+0.45	-0.54	A0	16/10/84
ZETA GEM	52973	7 2.6	+20 36	3.79	+0.79	+0.41	F7-G3IB	19/05/87
UW CMA	57060	7 17.6	-24 30	4.98	-0.15	-1.01	O7E+O7	19/09/87
TAU CMA	57061	7 17.7	-24 54	4.40	-0.15	-0.99	O9IB	30/05/87
IOTA GEM	58207	7 24.2	+27 50	3.79	+1.03	+0.85	G9III	24/11/86
BD-14 1971	60414	7 32.6	-14 28	4.97	+1.41	+0.29	M2IA+B2V	20/05/85
BD-14 1971	60414	7 32.6	-14 28	4.97	+1.41	+0.29	M2IA+B2V	20/04/87
BN GEM	60848	7 35.7	+16 57	6.85	-0.21	-1.13	O5E	12/05/83
15 CNC	68351	8 11.6	+29 43	5.64	-0.07	-0.12	B9P	6/12/83
33 LYN	72524	8 33.1	+36 30	5.78	+0.04	+0.02	A2VNN	15/11/86
KAPPA CNC	78316	9 6.4	+10 46	5.24	-0.11	-0.43	B8III	12/06/84
15 UMA	78209	9 7.1	+51 42	4.48	+0.27	+0.12	AM	6/11/83
15 UMA	78209	9 7.1	+51 42	4.48	+0.27	+0.12	AM	7/05/84
ETA LEO	87737	10 6.0	+16 53	3.52	-0.03	-0.21	A0IB	4/06/87
ETA LEO	87737	10 6.0	+16 53	3.52	-0.03	-0.21	A0IB	8/06/88
LAMBDA UMA	89021	10 15.6	+43 2	3.45	+0.03	+0.06	A2IV	29/10/83

Название звезды	HD	Координаты RA DEC		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
RHO LEO	91316	10 31.5	+09 26	3.85	-0.14	-0.96	B11B	5/06/87
RHO LEO	91316	10 31.5	+09 26	3.85	-0.14	-0.96	B11B	9/06/88
THETA LEO	97633	11 12.9	+15 33	3.34	-0.01	+0.06	A2V	19/06/83
HD 105680	105680	12 8.7	+22 46	8.08	+0.31	+0.08	A0P	4/06/83
HD 105680	105680	12 8.7	+22 46	8.08	+0.31	+0.08	A0P	22/05/86
HD 106223	106223	12 12.0	+30 25	7.42	+0.28	-0.08	A2	12/06/83
R HYA	117287	13 28.3	-23 9	4.97	+1.60	+0.68	M7IIIЕ	1/08/83
78 VIR	118022	13 32.9	+03 47	4.94	+0.03	+0.00	A1P	25/05/84
78 VIR	118022	13 32.9	+03 47	4.94	+0.03	+0.00	A1P	3/06/87
78 VIR	118022	13 32.9	+03 47	4.94	+0.03	+0.00	A1P	30/06/87
IOTA VIR	124850	14 14.7	-05 52	4.08	+0.52	+0.04	F6III	2/07/83
V761 CEN	125823	14 21.5	-39 23	4.42	-0.18	-0.75	B7III PV	1/09/87
V761 CEN	125823	14 21.5	-39 23	4.42	-0.18	-0.75	B7III PV	7/09/87
BS 5485	129456	14 42.1	-35 4	4.05	+1.35	+1.53	K5III	5/08/85
109 VIR	130109	14 45.0	+01 59	3.72	-0.01	-0.03	A0V	29/06/83
IOTA-1 LIB	134759	15 10.8	-19 41	4.54	-0.08	-0.35	A0P	3/07/83
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	22/03/84
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	13/07/85
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	24/07/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	27/07/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	28/07/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	1/08/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	4/08/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	25/08/87
BETA CRB	137909	15 26.8	+29 11	3.68	+0.28	+0.11	F0P	26/08/87
R CRB	141527	15 47.5	+28 13	5.85	+0.77	+0.29	G0IEP	2/08/85
CHI LUP	141556	15 49.4	-33 33	3.95	-0.04	-0.07	B9IV	2/04/84
CHI LUP	141556	15 49.4	-33 33	3.95	-0.04	-0.07	B9IV	9/10/84
CHI LUP	141556	15 49.4	-33 33	3.95	-0.04	-0.07	B9IV	11/09/85
2 SCO	142114	15 52.1	-25 15	4.59	-0.07	-0.65	B2.5VN	5/09/84
BS 5907	142184	15 52.4	-23 54	5.42	-0.04	-0.61	B2.5VNE	14/09/83
OMEGA-1 SCO	144470	16 5.3	-20 36	3.96	-0.04	-0.81	B1V	30/07/84

Название звезды	HD	Координаты		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		RA	DEC					
PHI HER	145389	16 8.0	+44 59	4.26	-0.07	-0.28	B9P	26/08/85
TAU HER	147394	16 19.0	+46 22	3.89	-0.15	-0.56	B5IV	21/08/84
SIGMA SCO	147165	16 19.7	-25 32	2.89	+0.13	-0.70	B2III+O9V	9/09/85
CHI OPH	148184	16 25.6	-18 24	4.42	+0.28	-0.75	B2IV:PE	12/08/83
OMEGA OPH	148898	16 30.6	-21 24	4.45	+0.13	+0.13	A7P	11/08/83
MU NOR	149038	16 32.3	-43 59	4.94	+0.05	-0.94	B0IA	13/09/88
TAU SCO	149438	16 34.3	-28 9	2.82	-0.25	-1.03	B0V	15/08/83
TAU SCO	149438	16 34.3	-28 9	2.82	-0.25	-1.03	B0V	24/09/87
52 HER	152107	16 48.5	+46 1	4.82	+0.09	+0.04	A2VP	11/07/84
BS 6245	151804	16 49.8	-41 11	5.22	+0.07	-0.84	O8IFP	26/07/83
BS 6249	151932	16 50.6	-41 48	6.49	+0.23	-0.65	WN7A	28/07/83
BS 6249	151932	16 50.6	-41 48	6.49	+0.23	-0.65	WN7A	12/10/84
BS 6272	152408	16 53.2	-41 6	5.77	+0.15	-0.75	O8IF	27/07/83
BS 6272	152408	16 53.2	-41 6	5.77	+0.15	-0.75	O8IF	4/10/83
BS 6272	152408	16 53.2	-41 6	5.77	+0.15	-0.75	O8IF	19/08/85
HD 153919	153919	17 2.2	-37 48	6.70			O6N	3/08/83
BS 6334	154090	17 3.2	-34 5	4.87	+0.26	-0.68	B1IAE	2/10/87
ETA OPH	155125	17 8.9	-15 41	2.43	+0.06	+0.09	A2V	3/09/88
BS 6397	155806	17 13.7	-33 31	5.53	-0.01	-0.91	O8VE	24/10/83
HD 156385	156385	17 17.7	-45 36	6.92	+0.05	-0.43	OA	4/08/83
THETA OPH	157056	17 20.5	-24 58	3.27	-0.22	-0.86	B2IV	25/09/83
UPSILON SCO	158408	17 29.1	-37 16	2.69	-0.22	-0.82	B2IV	8/09/88
IOTA-2 SCO	161912	17 48.4	-40 5	4.81	+0.26	+0.00	A2IB	9/10/83
MU SGR	166937	18 12.3	-21 4	3.86	+0.23	-0.49	B8IAPE	15/09/83
MU SGR	166937	18 12.3	-21 4	3.86	+0.23	-0.49	B8IAPE	26/09/87
LAMBDA PAV	173948	18 49.0	-62 13	4.22	-0.14	-0.89	B2II-III:	28/08/87
XI-1 SGR	175687	18 55.9	-20 41	5.08	+0.13		A0II	12/09/88

Название звезды	HD	Координаты RA DEC		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
21 AQL	179761	19 12.4	+02 14	5.15	-0.07	-0.41	B8II-III	4/12/83
UPSILON SGR	181615	19 20.3	-16 0	4.61	+0.10	-0.53	B2VPE+A2I	10/09/84
CYG X-1	226868	19 57.4	+35 7	8.9	+0.81	-0.28	O9.7IAB	24/07/83
15 VUL	189849	20 0.1	+27 41	4.64	+0.18	+0.16	A4III	30/07/83
15 VUL	189849	20 0.1	+27 41	4.64	+0.18	+0.16	A4III	24/03/84
PU VUL		20 20.1	+21 29	8.39	+0.62	+0.31	PEC	1/07/83
PU VUL		20 20.1	+21 29	8.60	+0.50	-0.03	PEC	10/07/84
PU VUL		20 20.1	+21 29	8.53	+0.46	-0.12	PEC	11/07/85
PU VUL		20 20.1	+21 29	8.63	+0.48	-0.20	PEC	28/08/86
GAMMA CYG	194093	20 21.3	+40 10	2.20	+0.68	+0.53	F8Ib	26/03/84
73 DRA	196502	20 31.9	+74 52	5.20	+0.07	+0.11	A0P	20/07/83
73 DRA	196502	20 31.9	+74 52	5.20	+0.07	+0.11	A0P	28/02/84
EPSILON CYG	197989	20 45.2	+33 52	2.46	+1.03	+0.87	K0III	16/12/83
SIGMA CYG	202850	21 16.4	+39 17	4.23	+0.12	-0.39	B9IAB	2/07/87
BETA CEP	205021	21 28.3	+70 27	3.23	-0.22	-0.95	B1IV	27/06/84
BETA CEP	205021	21 28.3	+70 27	3.23	-0.22	-0.95	B1IV	26/07/84
LAMBDA CEP	210839	22 10.7	+59 17	5.04	+0.25	-0.74	O6IF	25/02/84
EV LAC		22 45.7	+44 12	10.2	+1.60	+1.10	M4.5VE	24/02/84
EV LAC		22 45.7	+44 12	10.2	+1.60	+1.10	M4.5VE	6/02/86
EV LAC		22 45.7	+44 12	10.2	+1.60	+1.10	M4.5VE	9/02/87
EV LAC		22 45.7	+44 12	10.2	+1.60	+1.10	M4.5VE	11/02/87
EW LAC	217050	22 56.0	+48 33	5.43	-0.09	-0.53	B4IIIPEP	10/12/84
OMICRON AND	217675	23 0.8	+42 11	3.62	-0.09	-0.53	B6III+A2P	12/07/85
ET AND	219749	23 16.8	+45 21	6.48	-0.03	-0.26	B9P	13/12/84
IOTA PHE	221760	23 33.7	-42 45	4.71	+0.08	+0.07	A2VP	26/03/85
R AQR	222800	23 42.5	-15 25	6.36	+1.58	+0.32	M7IIIPEV	25/04/86
RHO CAS	224014	23 53.1	+57 21	4.54	+1.22	+1.12	F8IP	6/08/85

Название звезды	HD	Координаты		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		RA	DEC					
VX CAS		0 30.1	+61 50	13			A0EA	27/07/84
EG AND		0 43.2	+40 32	7.5			M2VE	20/12/83
RX AND		1 3.2	+41 9	10			PEC	23/08/83
SU AUR		4 54.4	+30 31	8.8			G2IIIINE	26/09/83
SU AUR		4 54.4	+30 31	8.8			G2IIIINE	9/09/84
SS AUR		6 11.5	+47 44	10.5			PEC	22/08/83
VY CMA		7 21.9	-25 43	7.5			M5IB	24/09/84
SN1983 NGC 5236		13 37.7	-29 46	13			PEC	7/08/83
RY LUP		15 57.8	-40 18	10			G0V	25/07/83
YY HER		18 13.5	+20 58	11.3			M2EP	22/08/84
YY HER		18 13.5	+20 58	11.3			M2EP	17/09/85
V1016 CYG		19 56.2	+39 45	11.3			PEC	21/03/85
V1329 CYG		20 50.0	+35 29	13.9	+0.60	-0.46	M4E+O	5/04/84
SAO 164119	200582	21 3.5	-17 15	7.2			A5	16/12/86
ANON		21 17.9	-27 48	10.1			PEC	3/10/86
SVS 2636		22 7.8	-03 53	10				19/12/85
DI CEP		22 55.2	+58 31	13			G8VE	4/08/84

были получены данные об абсолютном распределении энергии в звездных спектрах. Звезды перечислены в порядке возрастания прямого восхождения. Вначале даны 142 сеанса, во время которых сведения о распределении энергии в спектрах 90 звезд были получены методом сканирования, затем снова в порядке возрастания прямых восхождений — сведения о 17 сеансах, в ходе которых выполнена многоцветная фотометрия 15 звезд. Обработка данных, полученных при сканировании спектров проводилась с помощью машинной программы «Рас» (см. разд. 2.4), данные, полученные при многоцветной фотометрии, обрабатывались по схеме, описанной в п. 2.6.1. В табл. 5 (с.82–165) и последующих графиках (рис. 31— см. с. 166–210) приведены численные значения потоков энергии, измеренные в спектрах 105 звезд в ходе всех перечисленных 159 сеансов наблюдений. (Продолжение текста см, с. 210.)

Логарифмы спектральной плотности потоков излучения в единицах эрг/(с·см<sup>2</sup>·Å), полученные при сканировании спектров

Длина волны, Å	HD 10516 PHI PER 27.08.83 Ц	HD 12929 ALPHA ARI 31.08.83 Ц	HD 14872 65 AND 01.10.85 Ф	HD 18296 21 PER 30.08.83 Ц	HD 21291 BS 1035 30.09.87 Ц	HD 21389 BS 1040 14.04.87 Ц	HD 22049 EPSILON ERI 14.01.87 Ц	HD 24398 ZETA PER 11.01.85 Ц
1480								
1500								
1520								
1540	-8.78.01			-10.21.01				-8.76.01
1560	-8.81.01							-8.82.01
1580	-8.79.01			-10.17.03				-8.77.01
1600	-8.81.01							-8.76.01
1620	-8.86.01			-10.13.01				-8.78.01
1640	-8.82.01							-8.75.01
1660	-8.84.01			-10.17.01				-8.75.01
1680	-8.86.01							-8.76.01
1700	-8.87.01			-10.18.01				-8.78.01
1720	-8.91.01							-8.85.01
1740	-8.93.01			-10.22.01				-8.83.01
1760	-8.94.01							-8.84.01
1780	-8.95.01			-10.23.01	-11.18.02			-8.85.01
1800	-8.92.01				-11.12.02	-11.14.04		-8.85.01
1820	-8.92.01			-10.13.02	-11.16.02	-11.09.03		-8.86.01
1840	-8.96.01				-11.18.02	-11.16.03		-8.91.01
1860	-9.02.01			-10.16.01	-11.21.02	-11.29.03		-8.97.01

Длина волны, Å	HD 10516 PHI PER 27.06.83 Ц	HD 12929 ALPHA ARI 31.08.83 Ц	HD 14872 65 AND 01.10.85 Ф	HD 18296 21 PER 30.08.83 Ц	HD 21291 BS 1035 30.09.87 Ц	HD 21389 BS 1040 14.04.87 Ц	HD 22049 EPSILON ERI 14.01.87 Ц	HD 24398 ZETA PER 11.01.85 Ц
1880	-9.03 .01				-11.23 .02	-11.25 .03		-8.99 .01
1900	-9.07 .01			-10.20 .02	-11.26 .01	-11.28 .02		-9.08 .01
1920	-9.10 .01				-11.29 .02	-11.29 .02		-9.11 .01
1940	-9.10 .01			-10.17 .01	-11.29 .02	-11.26 .02		-9.10 .01
1960	-9.10 .01				-11.26 .03	-11.30 .02		-9.12 .01
1980	-9.09 .01			-10.18 .01	-11.30 .03	-11.36 .02		-9.11 .01
2000	-9.11 .01				-11.35 .03			-9.15 .01
2020	-9.08 .01			-10.19 .01	-11.39 .03			-9.11 .01
2040	-9.09 .01				-11.46 .03			-9.15 .01
2060	-9.12 .01			-10.17 .01	-11.55 .04			-9.20 .01
2080	-9.14 .01				-11.52 .02			-9.20 .01
2100	-9.15 .01			-10.17 .01	-11.52 .02			-9.22 .01
2120	-9.14 .01				-11.55 .03			-9.20 .01
2140	-9.13 .01			-10.21 .01	-11.59 .02			-9.21 .01
2160	-9.13 .01				-11.53 .03			-9.22 .01
2180	-9.13 .01			-10.21 .01	-11.55 .05			-9.24 .01
2200	-9.13 .01							-9.22 .01
2220	-9.14 .01			-10.24 .01				-9.21 .01
2240	-9.17 .01							-9.22 .01
2260	-9.17 .01			-10.29 .01				-9.22 .01
2280	-9.17 .01				-11.42 .04			-9.20 .01

Длина волны, Å	HD 10516 PHI PER 27.08.83 Ц	HD 12929 ALPHA ARI 31.08.83 Ц	HD 14872 65 AND 01.10.85 Ф	HD 18296 21 PER 30.08.83 Ц	HD 21291 BS 1035 30.09.87 Ц	HD 21389 BS 1040 14.04.87 Ц	HD 22049 EPSILON ERI 14.01.87 Ц	HD 24398 ZETA PER 11.01.85 Ц
2300	-9.18 .01			-10.29 .02	-11.42 .02	-11.70 .01		-9.19 .01
2320	-9.18 .01			-11.40 .03		-11.67 .02		-9.16 .01
2340	-9.18 .01			-10.40 .01		-11.63 .03		-9.15 .01
2360	-9.18 .01			-10.38 .01		-11.55 .02		-9.16 .01
2380	-9.17 .01					-11.52 .02		-9.16 .01
2400	-9.17 .01					-11.48 .02		-9.18 .01
2420	-9.18 .01			-10.36 .01		-11.36 .01		-9.05 .02
2440	-9.18 .01					-11.30 .01		-9.05 .01
2460	-9.18 .01			-10.38 .01		-11.27 .01		-9.04 .01
2480	-9.18 .01				-11.24 .05	-11.26 .02		-9.04 .01
2500	-9.20 .01			-10.37 .01	-11.11 .02	-11.15 .01		-9.03 .01
2520	-9.19 .01				-11.11 .01	-11.14 .01		-9.03 .01
2540	-9.20 .01			-10.39 .01	-11.05 .02	-11.16 .01		-9.01 .01
2560	-9.17 .01				-10.98 .02	-11.04 .02		-9.01 .01
2580	-9.21 .01			-10.38 .01	-10.98 .01	-11.02 .01	-11.58 .02	-9.01 .01
2600	-9.23 .01			-10.42 .02	-10.95 .01	-11.00 .01	-11.54 .02	-8.98 .01
2620	-9.28 .01	-11.82 .02			-10.96 .01	-10.94 .03	-11.38 .02	-8.99 .01
2640	-9.28 .01	-11.85 .09			-10.84 .01	-10.87 .02	-11.27 .02	-9.00 .01
2660	-9.30 .01	-11.69 .05		-10.31 .01	-10.83 .01	-10.84 .01	-11.17 .02	-9.02 .01
2680	-9.32 .01	-11.66 .02			-10.83 .01	-10.85 .01	-11.16 .02	-9.02 .01
2700	-9.32 .01	-11.70 .01	-13.11 .12	-10.34 .02	-10.84 .01	-10.84 .01	-11.14 .04	-9.05 .01

Длина волны, Å	HD 10516 PHI PER 27.08.83 Ц	HD 12929 ALPHA ARI 31.08.83 Ц	HD 14872 65 AND 01.10.85 Ф	HD 18296 21 PER 30.08.83 Ц	HD 21291 BS 1035 30.09.87 Ц	HD 21389 BS 1040 14.04.87 Ц	HD 22049 EPSILON ERI 14.01.87 Ц	HD 24398 ZETA PER 11.01.85 Ц
2720	-9.30.01	-11.65.01			-10.83.01	-10.85.01	-11.26.03	-9.02.01
2740	-9.30.01	-11.59.01	-12.89.08	-10.33.01	-10.83.01	-10.85.01	-11.30.01	-9.02.01
2760	-9.31.01	-11.54.05	-12.97.12		-10.83.01	-10.85.01	-11.17.04	-9.01.01
2780	-9.32.01	-11.47.01	-12.84.06	-10.35.01	-10.79.01	-10.80.01	-11.15.01	-9.04.01
2800	-9.35.01		-12.63.02		-10.82.01	-10.80.01	-11.13.01	-9.05.01
2820	-9.35.01		-12.72.02	-10.32.01	-10.75.01	-10.73.01	-11.14.02	-9.04.01
2840	-9.33.01		-13.03.03		-10.78.01	-10.76.01	-11.20.03	-9.04.01
2860	-9.36.01		-12.99.02	-10.36.01	-10.79.01	-10.77.01	-11.20.04	-9.04.01
2880	-9.35.01		-12.89.02		-10.75.01	-10.73.01	-11.03.02	-9.03.01
2900	-9.35.01	-11.02.01	-12.69.01	-10.34.01	-10.70.01	-10.68.01	-10.78.01	-9.02.01
2920	-9.37.01	-10.97.01	-12.64.01		-10.69.01	-10.66.01	-10.66.05	-9.04.01
2940	-9.39.01	-11.02.02	-12.63.02	-10.33.01	-10.70.01	-10.67.01	-10.75.01	-9.04.01
2960	-9.39.01	-10.98.01	-12.63.04		-10.69.01	-10.65.01	-10.75.04	-9.05.01
2980	-9.40.01	-11.02.01	-12.59.01	-10.31.01	-10.68.01	-10.64.01	-10.80.03	-9.04.01
3000	-9.41.01	-11.05.02	-12.61.01		-10.68.01	-10.60.01	-10.84.03	-9.05.01
3020	-9.41.01	-10.99.06	-12.47.05	-10.30.01	-10.64.01	-10.58.01	-10.83.01	-9.05.01
3040	-9.41.01	-10.87.01	-12.43.02		-10.64.01	-10.58.01	-10.69.02	-9.04.01
3060	-9.41.01	-10.73.03	-12.41.02	-10.31.01	-10.64.01	-10.58.01	-10.66.02	-9.04.01
3080	-9.41.01	-10.76.03	-12.34.01		-10.62.02	-10.57.01	-10.57.04	-9.03.01
3100	-9.42.01		-12.24.02	-10.31.01		-10.57.01	-10.57.02	-9.06.01
3120	-9.42.01		-12.15.01			-10.58.01	-10.49.02	-9.06.01

Длина волны, Å	HD 10516 PHI PER 27.08.83 П	HD 12929 ALPHA ARI 31.08.83 П	HD 14872 65 AND 01.10.85 Ф	HD 18296 21 PER 30.08.83 П	HD 21291 BS 1035 30.09.87 П	HD 21389 BS 1040 14.04.87 П	HD 22049 EPSILON ERI 14.01.87 П	HD 24398 ZETA PER 11.01.85 П
3140	-9.43 .01	-10.57 .01	-12.10 .01	-10.31 .01		-10.56 .01	-10.49 .01	-9.05 .01
3160	-9.43 .01		-12.01 .01			-10.55 .01	-10.49 .01	-9.07 .01
3180	-9.45 .01		-11.94 .01	-10.31 .01	-10.60 .01	-10.57 .01	-10.43 .03	-9.07 .01
3200	-9.45 .01		-11.92 .01		-10.61 .01	-10.56 .01	-10.48 .01	-9.07 .01
3220	-9.45 .01		-11.96 .02	-10.32 .01		-10.55 .01	-10.50 .01	-9.07 .01
3240	-9.45 .01		-11.97 .02			-10.55 .01	-10.45 .01	-9.08 .01
3260	-9.46 .01		-11.83 .01	-10.34 .01	-10.51 .01	-10.54 .01	-10.29 .04	-9.11 .01
3280	-9.44 .01		-11.71 .01		-10.51 .01	-10.53 .01	-10.26 .01	-9.15 .01
3300	-9.45 .01		-11.60 .01	-10.28 .01	-10.50 .02	-10.51 .01	-10.25 .01	
3320	-9.46 .01		-11.61 .01		-10.50 .02	-10.52 .01	-10.29 .01	-9.06 .01
3340	-9.47 .01		-11.58 .01	-10.34 .01	-10.47 .03	-10.52 .01	-10.29 .01	-9.10 .01
3360	-9.48 .01		-11.61 .01		-10.49 .02	-10.52 .01	-10.30 .02	-9.08 .01
3380	-9.49 .01		-11.62 .01	-10.35 .01	-10.49 .03	-10.53 .01	-10.33 .01	-9.10 .01
3400	-9.49 .01		-11.52 .01			-10.52 .01	-10.26 .01	-9.08 .01
3420	-9.48 .01		-11.47 .01	-10.36 .01	-10.49 .02	-10.51 .01	-10.28 .01	-9.11 .01
3440	-9.48 .01		-11.50 .01		-10.55 .02	-10.51 .01	-10.33 .01	-9.09 .01
3460	-9.47 .01	-10.25 .01		-10.38 .01	-10.50 .01	-10.51 .01	-10.32 .01	-9.13 .01
3480	-9.52 .01				-10.54 .02	-10.51 .01	-10.29 .02	-9.12 .01
3500	-9.52 .01			-10.40 .01	-10.53 .01	-10.50 .01	-10.27 .01	
3520								
3540								

Длина, волны, А	HD 24534 X PER 01.09.83 Ц	HD 24534 X PER 22.01.84 Ц	HD 25823 41 TAU 27.09.83 Ц	HD 25823 41 TAU 14.01.84 Ц	HD 27295 53 TAU 19.01.84 Ц	BD+26 730 25.01.84 O	HD 30614 ALPHA CAM 22.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 20.08.83 Ц
1480								
1500								
1520			-9.73.01	-9.80.01	-9.94.01		-9.13.01	
1540		-9.93.04	-9.77.01	-9.83.01	-9.99.02		-9.32.02	
1560			-9.79.01	-9.82.01	-9.96.04		-9.31.01	
1580			-9.85.01		-9.98.02		-9.27.01	
1600			-9.81.01		-9.98.02		-9.27.01	
1620			-9.79.01	-9.84.03	-10.04.02		-9.37.01	
1640			-9.77.01	-9.82.01	-10.05.01		-9.34.01	
1660			-9.81.01	-9.85.01	-10.06.01		-9.32.01	
1680			-9.80.01	-9.82.02	-10.04.01		-9.29.01	
1700			-9.79.01	-9.81.01	-10.08.01		-9.30.01	
1720			-9.87.01	-9.89.02	-10.09.01		-9.37.01	
1740		-9.99.05	-9.87.01	-9.91.01	-10.14.01		-9.32.01	
1760			-9.90.01	-9.90.01	-10.08.02		-9.29.01	
1780		-10.01.01	-9.94.01	-9.94.01	-10.08.02		-9.28.01	
1800			-9.87.01	-9.89.01	-10.08.01		-9.31.01	
1820		-10.11.01	-9.85.01	-9.88.01	-10.14.01		-9.30.01	
1840			-9.86.01	-9.90.02	-10.13.01		-9.30.01	
1860		-10.10.02	-9.87.01	-9.92.01	-10.14.01		-9.33.01	
1880			-9.87.01	-9.95.01	-10.16.01		-9.35.01	

Длина волны, Å	HD 24534 X PER. 01.09.83 Ц	HD 24534 X PER. 22.01.84 Ц	HD 25823 41 TAU 27.09.83 Ц	HD 25823 41 TAU 14.01.84 Ц	HD 27295 53 TAU 19.01.84 Ц	BD+26 730 25.01.84 O	HD 30614 ALPHA CAM 22.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 20.08.83 Ц
1900	-10.39.01	-10.23.01	-9.92.01	-9.95.01	-10.19.01		-9.37.01	
1920	-10.43.01		-9.90.01	-9.93.01	-10.17.03		-9.37.01	
1940	-10.45.01	-10.26.01	-9.89.01	-9.94.01	-10.12.02		-9.40.01	
1960	-10.50.01		-9.86.01	-9.92.01	-10.15.02		-9.44.01	
1980	-10.54.01	-10.33.01	-9.86.01	-9.90.01	-10.23.02		-9.47.01	
2000	-10.56.01		-9.89.01	-9.93.01	-10.16.02		-9.48.01	
2020	-10.61.01	-10.36.01	-9.88.01	-9.94.01	-10.17.01		-9.50.01	
2040	-10.61.01		-9.87.01	-9.92.01	-10.18.02		-9.53.01	
2060	-10.66.01	-10.42.01	-9.87.01	-9.93.01	-10.18.01		-9.56.01	
2080	-10.68.01		-9.87.01	-9.93.01	-10.15.02		-9.59.01	
2100	-10.69.01	-10.46.02	-9.88.01	-9.94.01	-10.15.02		-9.60.01	
2120	-10.71.01		-9.89.01	-9.94.01	-10.18.01		-9.64.01	
2140	-10.74.01	-10.44.02	-9.93.01		-10.17.02		-9.64.01	
2160	-10.75.01		-9.91.01		-10.19.02		-9.67.01	
2180	-10.77.01	-10.50.01	-9.92.01		-10.19.01		-9.69.01	
2200	-10.78.01		-9.92.01	-9.99.01	-10.21.02		-9.70.01	
2220	-10.78.02	-10.54.01	-9.95.01		-10.24.01		-9.70.01	
2240	-10.79.01		-9.98.01	-10.05.01	-10.25.02		-9.70.01	
2260	-10.75.01	-10.53.01	-10.01.01	-10.07.02	-10.25.02		-9.70.01	
2280	-10.77.01		-9.99.01	-10.05.01	-10.25.02		-9.69.01	
2300	-10.75.01	-10.49.02	-10.00.01		-10.24.02		-9.70.01	

Длина волны, Å	HD 24534 X PER 01.09.83 Ц	HD 24534 X PER 22.01.84 Ц	HD 25823 41 TAU 27.09.83 Ц	HD 25823 41 TAU 14.01.84 Ц	HD 27295 53 TAU 19.01.84 Ц	BD+26 730 25.01.84 O	HD 30614 ALPHA CAM 22.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 20.08.83 Ц
2320	-10.72.01		-10.06.01		-10.27.02		-9.66.01	
2340	-10.70.01	-10.46.02	-10.08.01		-10.30.02		-9.64.01	
2360	-10.68.01		-10.10.01		-10.31.02		-9.62.01	
2380	-10.66.01	-10.39.01	-10.11.01		-10.33.01		-9.62.01	
2400	-10.62.01		-10.11.01		-10.32.02		-9.61.01	-11.74.04
2420	-10.62.01	-10.39.01	-10.09.01		-10.31.02		-9.58.01	-11.58.01
2440	-10.60.01		-10.08.01	-10.14.01	-10.34.02		-9.58.01	-11.50.01
2460	-10.59.01	-10.35.01	-10.07.01	-10.13.01	-10.33.02		-9.57.01	-11.46.01
2480	-10.59.01		-10.08.01	-10.12.01	-10.30.01		-9.56.01	
2500	-10.58.01	-10.32.01	-10.05.01		-10.28.02		-9.57.01	-11.36.02
2520	-10.55.01		-10.06.01		-10.34.02		-9.56.01	-11.29.02
2540	-10.54.01	-10.28.02	-10.08.01		-10.36.01		-9.55.01	-11.52.01
2560	-10.55.01		-10.05.01		-10.33.01		-9.53.01	-11.39.02
2580	-10.56.01	-10.24.01	-10.04.01	-10.14.01	-10.34.01		-9.54.01	-11.32.01
2600	-10.56.01		-10.04.01	-10.09.01	-10.40.02		-9.56.01	-11.45.01
2620	-10.52.01		-10.05.01	-10.10.01	-10.41.01		-9.55.01	-11.37.01
2640	-10.54.01		-10.04.01	-10.05.02	-10.35.02		-9.54.01	-11.12.04
2660	-10.56.01	-10.27.01	-10.03.01	-10.05.01	-10.37.02		-9.56.01	-11.11.02
2680	-10.56.02		-10.06.01	-10.11.01	-10.36.01		-9.54.01	-11.17.01
2700	-10.54.01	-10.35.01	-10.06.01	-10.12.01	-10.43.01		-9.54.01	-11.23.01
2720	-10.54.01		-10.04.01	-10.10.01	-10.44.01		-9.53.01	-11.20.02

Длина волны, А	HD 24534 X PER 01.09.83 Ц	HD 24534 X PER 22.01.84 Ц	HD 25823 41 TAU 27.09.83 Ц	HD 25823 41 TAU 14.01.84 Ц	HD 27295 53 TAU 19.01.84 Ц	BD+26 730 25.01.84 O	HD 30614 ALPHA CAM 22.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 20.08.83 Ц
2740	-10.56.01	-10.32.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.38.02		-9.53.01	-11.19.01
2760	-10.53.01		-10.10.01	-10.19.01	-10.42.01		-9.55.01	-11.24.01
2780	-10.53.01	-10.37.01	-10.07.01	-10.15.01	-10.45.01		-9.58.01	-11.28.02
2800	-10.54.01		-10.08.01	-10.12.01	-10.47.01		-9.59.01	
2820	-10.55.01	-10.35.01	-10.07.01	-10.12.01	-10.39.03		-9.56.01	-11.01.01
2840	-10.55.01		-10.09.01	-10.18.01	-10.36.02		-9.58.01	-11.03.01
2860	-10.57.01	-10.34.01	-10.09.01	-10.20.01	-10.41.02		-9.60.01	-11.08.01
2880	-10.56.01		-10.11.01	-10.17.01	-10.46.03		-9.60.01	-11.10.02
2900	-10.56.01	-10.32.01	-10.10.01	-10.15.01	-10.43.01		-9.60.01	-10.98.01
2920	-10.56.01		-10.08.01	-10.17.01	-10.42.01		-9.60.01	-10.88.01
2940	-10.56.01	-10.34.01	-10.09.01	-10.17.01	-10.44.01		-9.60.01	-10.85.01
2960	-10.56.01		-10.08.01	-10.17.01	-10.43.01		-9.59.01	-10.83.01
2980	-10.57.01	-10.33.01	-10.08.01	-10.18.01	-10.41.02		-9.61.01	-10.75.01
3000	-10.55.01		-10.07.01	-10.16.01	-10.37.01		-9.62.01	
3020	-10.56.01	-10.32.01	-10.06.01	-10.14.01	-10.40.01	-13.31.10	-9.62.01	-10.67.03
3040	-10.57.01		-10.07.01		-10.36.01		-9.62.01	
3060	-10.55.01	-10.31.01	-10.07.01		-10.43.01		-9.62.01	-10.62.01
3080	-10.57.01		-10.07.01		-10.43.01		-9.62.01	-10.62.01
3100	-10.57.01	-10.32.02	-10.07.01	-10.16.02	-10.44.01	-13.06.06	-9.64.01	-10.64.01
3120	-10.57.01		-10.08.01		-10.46.01		-9.64.01	-10.70.01
3140	-10.59.01	-10.34.01	-10.09.01	-10.20.01	-10.45.01	-13.05.04	-9.64.01	-10.64.01

Длина волны, Å	HD 24534 X PER 01.09.83 Ц	HD 24534 X PER 22.01.84 Ц	HD 25823 41 TAU 27.09.83 Ц	HD 25823 41 TAU 14.01.84 Ц	HD 27295 53 TAU 19.01.84 Ц	BD+26 730 25.01.84 O	HD 30614 ALPHA CAM 22.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 20.08.83 Ц
3160	-10.57.01		-10.10.01	-10.19.01	-10.44.02		-9.65.01	-10.58.01
3180	-10.59.01		-10.09.01	-10.19.01	-10.45.02	-12.99.04	-9.66.01	-10.61.01
3200	-10.58.01		-10.10.01		-10.47.01		-9.69.01	
3220	-10.59.01	-10.31.01	-10.11.01		-10.46.02	-12.97.04	-9.67.01	-10.68.02
3240	-10.60.01		-10.12.01		-10.46.02		-9.67.01	-10.61.01
3260	-10.59.01	-10.35.01	-10.13.01		-10.46.02	-12.92.03	-9.67.01	-10.57.01
3280	-10.59.01		-10.11.01		-10.47.02		-9.69.01	-10.55.01
3300	-10.56.01	-10.34.02	-10.12.01		-10.46.02	-12.78.02	-9.70.01	
3320	-10.59.01		-10.13.01		-10.48.02		-9.69.01	-10.51.01
3340	-10.59.01	-10.36.01	-10.14.01	-10.24.01	-10.48.02	-12.81.04	-9.70.01	-10.53.01
3360	-10.59.01		-10.15.01	-10.25.01	-10.45.02		-9.71.01	-10.52.01
3380	-10.60.01	-10.34.01	-10.16.01		-10.46.01	-12.85.04	-9.71.01	-10.47.01
3400	-10.60.01		-10.15.01				-9.72.01	-10.46.02
3420	-10.59.01	-10.33.02	-10.14.01		-10.46.01	-12.84.03	-9.72.01	-10.41.01
3440	-10.60.01		-10.17.01		-10.48.01		-9.73.01	-10.42.01
3460	-10.62.01	-10.37.01	-10.19.01		-10.46.01	-12.85.02	-9.74.01	-10.43.01
3480	-10.64.01		-10.19.01	-10.29.01	-10.50.02		-9.75.01	-10.44.01
3500	-10.63.01		-10.18.01		-10.53.03	-12.81.03	-9.76.01	
3520								
3540						-12.76.13		

Длина волн, Å	HD 33904 MU LEP 23.01.85 Ц	HD 34078 AE AUR 18.08.83 Ц	HD 34656 BD+37 1146 13.04.85 O	HD 36371. CHI AUR 17.08.83 Ц	HD 36371 CHI AUR 22.09.87 Ц	Длина волн, Å	HD 36371 CHI AUR 22.09.87 Ц	HD 34656 BD+37 1146 13.04.85 O	HD 36371 CHI AUR 17.08.83 Ц	HD 36371 CHI AUR 22.09.87 Ц
1480						1900				
1500						1920				
1520						1940				
1540	-9.02.01			-10.18.01	-10.48.04	1950				
1560	-8.99.02		-10.08.01	-10.18.01		1980				
1580	-9.03.02		-10.10.01	-10.17.01	-10.31.05	2000				
1600	-9.03.01		-10.13.01	-10.16.01	-10.30.02	2020				
1620	-9.03.02		-10.16.01	-10.18.01	-10.37.02	2040				
1640	-9.03.01		-10.18.01	-10.14.01	-10.32.03	2060				
1660	-9.06.02		-10.17.02	-10.15.02	-10.34.02	2080				
1680	-9.05.01		-10.17.01	-10.17.02	-10.34.02	2100				
1700	-9.11.01		-10.18.01	-10.18.01	-10.33.03	2120				
1720	-9.12.01		-10.22.01	-10.25.01	-10.37.02	2140				
1740	-9.13.01		-10.21.01	-10.23.02	-10.37.04	2160				
1760	-9.13.01		-10.21.01	-10.24.01		2180				
1780	-9.16.01		-10.19.01	-10.24.01	-10.37.02	2200				
1800	-9.18.01		-10.24.01	-10.21.01	-10.35.02	2220				
1820	-9.13.01	-10.26.01	-10.22.01	-10.22.01	-10.39.02	2240				
1840	-9.18.01		-10.27.01	-10.28.01	-10.45.02	2260				
1860	-9.19.01	-10.30.01	-10.26.01	-10.36.01	-10.54.01	2280				
1880	-9.15.01		-10.29.01	-10.37.01	-10.58.02	2300				

Длина волны, А	HD 31964 EPSILON AUR 04.03.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 10.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 07.03.85 Ц	HD 33904 MU LEP 23.01.85 Ц	HD 34078 AE AUR 18.08.83 Ц	HD 34656 BD-37 1146 13.04.85 O	HD 36371 CHIAUR 17.08.83 Ц	HD 36371 CHIAUR 22.09.87 Ц
2320				-9.36.01.		-10.68.01	-10.61.01	-10.74.01
2340				-9.34.01		-10.64.01	-10.61.01	-10.74.01
2360				-9.39.01		-10.63.01	-10.56.01	-10.67.01
2380				-9.43.01		-10.61.01	-10.53.01	-10.64.01
2400			-11.32.02	-9.43.01		-10.60.01	-10.47.01	-10.61.01
2420			-11.20.01	-9.39.01	-10.67.05	-10.57.01	-10.46.01	-10.59.01
2440	-11.67.02	-11.43.02	-11.12.02	-9.41.01		-10.57.01	-10.42.01	-10.55.01
2460	-11.64.01	-11.39.01	-11.10.01	-9.41.01		-10.55.01	-10.39.01	-10.51.01
2480	-11.67.02	-11.45.01	-11.07.03	-9.41.01		-10.54.01	-10.37.01	-10.50.01
2500	-11.52.01	-11.28.02	-10.92.03	-9.41.01		-10.54.01	-10.36.01	-10.47.01
2520	-11.60.01	-11.36.02	-11.01.02	-9.46.01		-10.54.01	-10.36.01	-10.46.01
2540	-11.69.02	-11.50.02	-11.12.03	-9.49.01	-10.53.02	-10.52.01	-10.37.01	-10.49.01
2560	-11.57.02	-11.31.02	-11.00.02	-9.46.01		-10.53.01	-10.32.01	-10.43.01
2580	-11.47.01	-11.30.01	-10.89.02	-9.50.01		-10.53.01	-10.29.01	-10.41.01
2600	-11.55.01	-11.37.01	-10.96.01	-9.52.01		-10.53.01	-10.30.01	-10.40.01
2620	-11.51.03	-11.37.05	-10.90.01	-9.35.01		-10.53.01	-10.26.01	-10.33.01
2640	-11.21.02	-10.90.02	-10.68.01	-9.36.01		-10.52.01	-10.22.01	-10.28.02
2660	-11.15.02	-10.92.01	-10.66.01	-9.34.01		-10.53.01	-10.22.01	-10.27.01
2680	-11.28.01	-11.05.01	-10.75.02	-9.39.01		-10.53.01	-10.21.01	-10.29.01
2700	-11.36.02	-11.16.01	-10.80.02	-9.43.01	-10.50.01	-10.53.01	-10.22.01	-10.30.01
2720	-11.33.01	-11.11.01	-10.76.02	-9.37.01		-10.54.01	-10.20.01	-10.29.01

Длина волны, А	HD 31964 EPSILON AUR 04.03.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 10.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 07.03.85 Ц	HD 33904 MU LEP 23.01.85 Ц	HD 34078 AE AUR 18.08.83 Ц	HD 34656 BD+37 1146 13.04.85 O	HD 36371 CHI AUR 17.08.83 Ц	HD 36371 CHI AUR 22.09.87 Ц
2740	-11.27.01	-11.07.01	-10.74.02	-9.37.01	-10.48.01	-10.54.01	-10.23.01	-10.29.02
2760	-11.31.02	-11.11.03	-10.76.02	-9.43.01		-10.54.01	-10.22.01	-10.34.01
2780	-11.38.02	-11.19.01	-10.77.01	-9.38.01	-10.49.01	-10.56.01	-10.20.01	-10.28.01
2800	-11.52.04	-11.39.03	-10.83.02	-9.42.01		-10.57.01	-10.23.01	-10.30.01
2820	-11.19.03	-10.97.03	-10.62.02	-9.40.01	-10.52.01	-10.56.01	-10.20.01	-10.26.01
2840	-11.16.01	-10.94.02	-10.63.01	-9.39.01		-10.57.01	-10.19.01	-10.27.01
2860	-11.22.01	-10.99.01	-10.69.01	-9.40.01	-10.48.01	-10.57.01	-10.20.01	-10.27.01
2880	-11.20.02	-10.96.02	-10.67.01	-9.42.01		-10.57.01	-10.20.01	-10.26.01
2900	-11.05.02	-10.78.02	-10.54.01	-9.42.01	-10.52.01	-10.57.01	-10.18.01	-10.24.01
2920	-10.97.02	-10.72.01	-10.44.02	-9.40.01		-10.57.01	-10.16.01	-10.23.01
2940	-10.94.02	-10.71.01	-10.47.01	-9.43.01	-10.51.01	-10.58.01	-10.18.01	-10.25.01
2960	-10.91.01	-10.68.01	-10.40.01	-9.42.01		-10.59.01	-10.16.01	-10.25.01
2980	-10.85.02	-10.61.01	-10.35.01	-9.43.01		-10.59.01	-10.16.01	-10.24.01
3000	-10.80.02	-10.51.01	-10.27.01	-9.39.01		-10.59.01	-10.15.01	-10.23.01
3020	-10.76.01	-10.48.01	-10.25.01	-9.41.01		-10.60.01	-10.15.01	-10.24.01
3040	-10.77.01	-10.52.01	-10.30.01	-9.41.01		-10.60.01	-10.14.01	-10.23.01
3060	-10.77.01	-10.51.01	-10.29.01	-9.43.01		-10.61.01	-10.14.01	-10.23.01
3080	-10.74.01	-10.50.01	-10.27.02	-9.46.01		-10.61.01	-10.14.01	-10.25.01
3100	-10.74.01	-10.50.01	-10.29.01	-9.41.01		-10.61.01	-10.14.01	-10.24.01
3120	-10.77.01	-10.54.01	-10.32.01	-9.42.01		-10.61.01	-10.14.01	-10.23.01
3140	-10.75.01	-10.50.01	-10.29.01	-9.45.01		-10.62.01	-10.13.01	-10.22.01

Длина волны, А	HD 31964 EPSILON AUR 04.03.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 10.04.84 Ц	HD 31964 EPSILON AUR 07.03.85 Ц	HD 33904 MULEP 23.01.85 Ц	HD 34078 AE AUR 18.08.83 Ц	HD 34656 BD-37 1146 13.04.85 O	HD 36371 CHI AUR 17.08.83 Ц	HD 36371 CHI AUR 22.09.87 Ц
3160	-10.69 .01	-10.47 .01	-10.26 .01	-9.44 .01		-10.62 .01	-10.12 .01	-10.22 .01
3180	-10.72 .01	-10.46 .01	-10.24 .01	-9.44 .01		-10.63 .01	-10.14 .01	-10.23 .01
3200	-10.72 .01	-10.46 .01	-10.26 .01	-9.44 .01		-10.63 .01	-10.14 .01	-10.23 .01
3220	-10.71 .01	-10.49 .01	-10.26 .02	-9.45 .01		-10.65 .01	-10.14 .01	-10.23 .01
3240	-10.73 .02	-10.50 .01	-10.28 .01	-9.44 .01		-10.64 .01	-10.15 .01	-10.24 .01
3260	-10.65 .01	-10.43 .01	-10.22 .01	-9.46 .01		-10.65 .01	-10.14 .01	-10.23 .01
3280	-10.65 .01	-10.43 .01	-10.21 .01	-9.48 .01		-10.65 .01	-10.14 .01	-10.24 .01
3300	-10.60 .01	-10.36 .01	-10.17 .01	-9.48 .01	-10.54 .03	-10.66 .01	-10.13 .01	-10.24 .01
3320	-10.60 .01	-10.37 .01	-10.16 .01	-9.48 .01		-10.67 .01	-10.13 .01	-10.24 .01
3340	-10.63 .01	-10.41 .01	-10.20 .01	-9.46 .01		-10.68 .01	-10.13 .01	-10.25 .01
3360	-10.62 .01	-10.39 .01	-10.20 .01	-9.46 .01		-10.68 .01	-10.14 .01	-10.25 .01
3380	-10.59 .01	-10.36 .01	-10.17 .01	-9.47 .01		-10.70 .01	-10.14 .01	-10.25 .01
3400	-10.55 .01	-10.32 .01	-10.09 .02	-9.49 .01		-10.69 .01	-10.14 .01	-10.24 .01
3420	-10.51 .01	-10.27 .01	-10.07 .01	-9.51 .01	-10.52 .02	-10.71 .01	-10.16 .01	-10.25 .01
3440	-10.53 .01	-10.28 .01	-10.07 .02	-9.49 .01		-10.70 .01	-10.15 .01	-10.26 .01
3460	-10.54 .01	-10.29 .01	-10.14 .02	-9.51 .01		-10.72 .01	-10.16 .01	-10.25 .01
3480	-10.55 .01	-10.34 .01	-10.10 .02	-9.57 .01		-10.72 .01	-10.16 .01	-10.26 .01
3500	-10.58 .02	-10.34 .01	-10.15 .01	-9.54 .01		-10.74 .01	-10.19 .01	-10.25 .01
3520				:				
3540								

Длина волны, Å	HD 37041 THETA-2 ORI 13.03.87 Ф	Длина волны, Å	HD 37041 THETA-2 ORI 13.03.87 Ф	Длина волны, Å	HD 37041 THETA-2 ORI 13.03.87 Ф	SN 1987 A 04.03.87 Ф	SN 1987 A 06.03.87 Ф	SN 1987 A 09.03.87 Ф	SN 1987 A 12.03.87 Ф
1480		1900	-9.49.01	2320	-9.57.01				
1500	-9.29.01	1920	-9.50.01	2340	-9.56.01				
1520	-9.21.01	1940	-9.51.01	2360	-9.56.01				
1540	-9.25.01	1960	-9.50.01	2380	-9.57.01				
1560	-9.30.01	1980	-9.54.01	2400	-9.58.01				
1580	-9.26.01	2000	-9.54.01	2420	-9.57.01				
1600	-9.27.01	2020	-9.56.01	2440	-9.59.01				
1620	-9.24.01	2040	-9.57.01	2460	-9.59.01				
1640	-9.28.01	2060	-9.56.01	2480	-9.60.01				
1660	-9.32.01	2080	-9.57.01	2500	-9.62.01				
1680	-9.30.01	2100	-9.59.01	2520	-9.62.01				
1700	-9.28.01	2120	-9.59.01	2540	-9.62.01				
1720	-9.28.01	2140	-9.60.01	2560	-9.61.01				
1740	-9.28.01	2160	-9.60.01	2580					
1760	-9.29.01	2180	-9.60.01	2600		-12.88.12			
1780	-9.32.01	2200	-9.59.01	2620		-12.76.13	-12.93.02		
1800	-9.35.01	2220	-9.62.01	2640		-12.85.04	-12.91.06		
1820	-9.39.01	2240	-9.60.01	2660		-12.58.05	-12.84.07	-13.02.05	
1840	-9.42.01	2260	-9.57.01	2680		-12.62.06	-12.74.03	-12.82.15	-12.89.05
1860	-9.45.01	2280	-9.57.01	2700	-9.62.01	-12.48.07	-12.67.01	-12.80.08	-12.96.06
1880	-9.47.01	2300	-9.58.01	2720	-9.64.01				

Длина волны, А	HD 37041 ТHETA-2 ORI 13.03.87 Ф	SN 1987 A 04.03.87 Ф	SN 1987 A 06.03.87 Ф	SN 1987 A 09.03.87 Ф	SN 1987 A 12.03.87 Ф	SN 1987 A 23.06.87 Ц	SN 1987 A 24.06.87 Ц	SN 1987 A 04.07.87 Ц
2740	-9.66.01	-12.46.02	-12.63.04	-12.83.03	-12.89.07			
2760	-9.66.01	-12.34.05	-12.51.03	-12.58.03	-12.73.06	-12.67.06	-12.70.09	
2780	-9.68.01	-12.17.04	-12.43.02	-12.47.05	-12.69.04	-12.63.05	-12.55.06	-12.63.08
2800	-9.69.01	-12.12.08	-12.33.01	-12.51.01	-12.55.06	-12.69.05	-12.62.06	-12.62.01
2820	-9.70.01	-12.13.08	-12.26.03	-12.29.04	-12.33.03	-12.38.03	-12.25.02	-12.39.03
2840	-9.70.01		-12.23.02	-12.24.02	-12.28.02	-12.30.02	-12.16.03	-12.24.01
2860	-9.72.01	-12.13.02	-12.30.01	-12.34.01	-12.34.06	-12.25.03	-12.09.03	-12.18.03
2880	-9.73.01	-12.12.03	-12.28.02	-12.33.02	-12.32.02	-12.20.02	-12.09.01	-12.20.03
2900	-9.74.01	-12.08.03	-12.22.02	-12.33.02	-12.34.05	-12.31.02	-12.23.01	-12.26.05
2920	-9.74.01	-11.96.06	-12.25.02	-12.33.02	-12.41.02	-12.46.04	-12.34.01	-12.37.02
2940	-9.76.01	-11.98.02	-12.21.02	-12.34.01	-12.41.01	-12.54.03	-12.40.02	-12.35.01
2960	-9.77.01	-12.04.02	-12.21.01	-12.36.02	-12.44.03	-12.47.02	-12.36.02	-12.40.03
2980	-9.78.01	-12.01.00	-12.23.02	-12.35.01	-12.46.02	-12.44.03	-12.30.01	-12.35.01
3000	-9.79.01	-11.97.01	-12.22.02	-12.30.01	-12.42.03	-12.46.01	-12.28.03	-12.28.02
3020	-9.81.01	-11.92.02	-12.12.02	-12.23.01	-12.28.03	-12.68.03	-12.46.04	-12.51.02
3040	-9.82.01	-11.91.04	-12.07.01	-12.16.01	-12.18.02		-12.74.09	-12.75.08
3060	-9.81.01	-11.91.01	-12.04.02	-12.14.01	-12.14.01	-12.67.03	-12.54.02	-12.69.02
3080	-9.83.01	-11.91.01	-12.01.03	-12.11.01	-12.16.02	-12.53.02	-12.41.03	-12.48.02
3100	-9.83.01	-11.96.02	-12.08.02	-12.15.01	-12.14.01	-12.56.04	-12.44.06	-12.51.01
3120	-9.84.01	-11.98.01	-12.14.02	-12.22.01	-12.25.02	-12.45.02	-12.40.01	-12.50.05
3140		-11.95.01	-12.18.02	-12.24.01	-12.27.01	-12.41.02	-12.36.01	-12.41.03

Длина волны, А	HD 37041 ТНЭТА-2 ORI 13.03.87 Ф	SN 1987 A 04.03.87 Ф	SN 1987 A 06.03.87 Ф	SN 1987 A 09.03.87 Ф	SN 1987 A 12.03.87 Ф	SN 1987 A 23.06.87 Ц	SN 1987 A 24.06.87 Ц	SN 1987 A 04.07.87 Ц
3160	-9.85.01	-11.86.01	-12.10.02	-12.18.01	-12.20.03	-12.61.03	-12.48.05	-12.53.03
3180	-9.86.01	-11.77.01	-11.98.02	-12.05.01	-12.07.02		-12.68.07	-12.62.03
3200	-9.88.01	-11.83.02	-11.93.02	-12.00.01	-12.05.01	-12.60.02	-12.46.01	-12.59.03
3220	-9.88.01	-11.91.01	-11.97.03	-12.04.01	-12.06.02	-12.27.02	-12.18.02	-12.30.02
3240	-9.89.01	-11.92.01	-12.06.03	-12.12.01	-12.16.03	-12.14.02	-12.05.01	-12.14.01
3260	-9.89.01	-11.89.03	-12.09.03	-12.14.01	-12.16.00	-12.21.01	-12.13.01	-12.22.03
3280	-9.90.01	-11.78.03	-11.99.02	-12.09.01	-12.13.03	-12.46.02	-12.37.01	-12.45.06
3300	-9.91.01	-11.64.02	-11.84.05	-11.94.01	-11.95.01	-12.64.05	-12.72.09	-12.65.08
3320	-9.91.01	-11.52.02	-11.72.03	-11.76.01		-12.67.04	-12.62.09	-12.68.08
3340	-9.92.01	-11.46.01	-11.67.01	-11.69.01	-11.74.03	-12.41.01	-12.37.03	-12.43.03
3360	-9.95.01	-11.45.00	-11.64.01	-11.66.01	-11.67.00	-12.14.01	-12.06.01	-12.19.02
3380	-9.95.01	-11.43.01	-11.62.01	-11.63.01	-11.67.02	-12.04.01	-11.97.01	-12.10.01
3400	-9.97.01	-11.35.02	-11.55.01	-11.58.01		-12.06.02	-12.01.01	-12.09.01
3420	-9.98.01	-11.27.01	-11.49.01	-11.50.01	-11.54.01	-12.07.01	-12.00.02	-12.09.01
3440	-9.98.01	-11.17.01	-11.42.01	-11.44.01	-11.46.01	-12.06.02	-11.94.02	-12.09.01
3460	-9.98.01		-11.35.01	-11.40.01		-11.98.01	-11.85.01	-12.00.01
3480						-11.86.02	-11.76.01	-11.91.01
3500						-11.86.04	-11.75.01	-11.84.03
3520								
3540								

Длина волны, Å	SN 1987 A 23.07.87 Ц	SN 1987 A 29.07.87 Ц	SN 1987 A 28.09.87 Ц	SN 1987 A 05.10.87 Ц	SN 1987 A 02.11.87 Ц	SN 1987 A 22.12.87 Ц	SN 1987 A 15.01.88 Ц	SN 1987 A 23.03.88 Ц
2680								
2700								
2720					-12.99.08	-13.14.07	-13.02.07	-12.99.06
2740		-12.74.08	-12.73.08	-12.83.18	-12.73.14	-12.72.07	-12.71.08	-12.77.07
2760	-12.50.06	-12.63.05	-12.50.02	-12.39.14	-12.49.02	-12.53.02	-12.30.08	-12.51.06
2780	-12.39.02	-12.54.02	-12.31.01	-12.29.03	-12.24.02	-12.16.01	-12.37.02	-12.35.02
2800	-12.41.01	-12.48.02	-12.33.03	-12.31.04	-12.28.02	-12.23.03	-12.32.05	-12.38.03
2820	-12.34.05	-12.30.01	-12.25.01	-12.21.02	-12.20.02	-12.12.03	-12.21.03	-12.28.04
2840	-12.19.01	-12.16.02	-12.14.03	-12.04.02	-12.08.02	-12.09.01	-12.18.03	-12.26.02
2860	-12.06.02	-12.11.01	-12.11.03	-12.01.11	-12.03.01	-12.03.03	-12.16.04	-12.19.02
2880	-12.11.01	-12.14.01	-12.12.01	-12.01.01	-12.00.02	-12.05.02	-12.06.02	-12.21.01
2900	-12.20.02	-12.17.03	-12.19.02	-12.18.11	-12.14.01	-12.12.02	-12.21.05	-12.32.02
2920	-12.31.04	-12.27.02	-12.21.03	-12.10.06	-12.14.02	-12.13.03	-12.27.01	-12.28.01
2940	-12.28.03	-12.33.01	-12.23.02	-12.13.02	-12.12.01	-12.11.01	-12.16.02	-12.20.01
2960	-12.25.04	-12.32.02	-12.17.05	-12.08.09	-12.11.02	-12.04.02	-12.08.03	-12.16.01
2980	-12.21.02	-12.23.03	-12.09.02	-12.07.02	-11.99.01	-11.94.01	-12.00.01	-12.06.02
3000	-12.16.02	-12.21.02	-12.05.04	-12.08.01	-11.98.02	-11.93.03	-11.96.02	-12.07.02
3020	-12.34.04	-12.44.03	-12.22.03	-12.19.07	-12.16.02	-12.06.03	-12.18.03	-12.21.03
3040	-12.62.04	-12.61.02	-12.49.07	-12.44.01	-12.47.05	-12.35.02	-12.48.03	-12.59.02
3060	-12.52.03	-12.50.04	-12.44.03	-12.42.02	-12.38.03	-12.37.02	-12.42.03	-12.56.02
3080	-12.43.03	-12.44.02	-12.32.02	-12.36.01	-12.24.01	-12.19.01	-12.27.03	-12.35.03
3100	-12.39.03	-12.43.02	-12.24.06	-12.44.05	-12.25.02	-12.20.02	-12.28.02	-12.34.02

Длина волны, Å	SN 1987 A 23.07.87 Ц	SN 1987 A 29.07.87 Ц	SN 1987 A 28.09.87 Ц	SN 1987 A 05.10.87 Ц	SN 1987 A 02.11.87 Ц	SN 1987 A 22.12.87 Ц	SN 1987 A 15.01.88 Ц	SN 1987 A 23.03.88 Ц
3120	-12.38.04	-12.41.02	-12.29.03	-12.39.03	-12.28.02	-12.21.04	-12.33.02	-12.42.03
3140	-12.38.02	-12.34.02	-12.28.04	-12.22.02	-12.22.02	-12.15.03	-12.28.01	-12.36.02
3160	-12.39.04	-12.46.02	-12.34.03	-12.25.11	-12.22.02	-12.12.04	-12.19.02	-12.29.03
3180	-12.56.03	-12.59.02	-12.52.03	-12.44.06	-12.39.02	-12.34.03	-12.38.04	-12.44.03
3200	-12.40.04	-12.53.03	-12.41.07	-12.59.08	-12.40.07	-12.33.01	-12.48.02	-12.48.02
3220	-12.21.02	-12.25.02	-12.22.03	-12.13.06	-12.17.05	-12.12.02	-12.24.03	-12.37.02
3240	-12.04.02	-12.10.01	-12.02.04	-12.04.01	-11.98.02	-11.93.01	-12.01.02	-12.14.02
3260	-12.10.02	-12.09.04	-12.03.03	-12.02.03	-11.95.03	-11.85.01	-11.93.01	-12.08.02
3280	-12.35.02	-12.34.03	-12.28.05	-12.30.09	-12.21.02	-12.12.02	-12.09.05	-12.21.02
3300	-12.61.03	-12.62.03	-12.52.05	-12.73.09	-12.48.01	-12.42.02	-12.51.06	-12.58.03
3320	-12.65.03	-12.77.02	-12.59.04	-12.52.01	-12.45.01	-12.46.02	-12.56.03	-12.62.03
3340	-12.41.03	-12.45.02	-12.39.03	-12.34.06	-12.32.04	-12.27.03	-12.44.02	-12.46.02
3360	-12.14.03	-12.17.01	-12.16.03	-12.17.07	-12.16.02	-12.04.01	-12.21.05	-12.25.01
3380	-11.99.02	-12.06.01	-11.98.04		-12.01.02	-11.91.02	-12.02.02	-12.07.02
3400	-12.04.01	-12.07.01	-12.03.01	-12.02.01	-11.98.01	-11.88.01	-11.94.01	-12.03.01
3420	-12.05.02	-12.10.01	-12.03.03	-11.97.01	-12.01.01	-11.93.02	-11.97.02	-12.11.01
3440	-12.02.01	-12.08.02	-12.08.03	-11.99.04	-11.92.05	-11.92.01	-12.01.01	-12.14.01
3460	-11.93.02	-11.96.02	-11.97.01		-11.96.02	-11.90.01	-11.94.01	-12.09.01
3480	-11.86.01	-11.89.02	-11.90.02		-11.84.02	-11.80.01	-11.87.02	-12.03.01
3500	-11.85.02	-11.89.01	-11.87.02		-11.84.01	-11.84.02	-11.91.09	-11.96.02
3520								

Длина волны, А	HDE 245770 16.10.84 Ф	HD 52973 ZETA GEM 19.05.87 Ц	HD 57060 UW CMA 19.09.87 Ц	HD 57061 TAU CMA 30.05.87 Ц	HD 58207 IOTA GEM 24.11.86 О	HD 60414 BD-14 1971 20.05.85 Ц	HD 60414 BD-14 1971 20.04.87 Ц	HD 60848 BN GEM 12.05.83 Ф
1480								-9.71 .01
1500	-11.72 .04							-9.70 .01
1520	-11.81 .05							-9.66 .01
1540	-11.78 .07		-9.08 .01	-8.84 .01		-10.15 .01	-9.93 .01	-9.78 .01
1560	-11.61 .15		-9.12 .01	-8.86 .01		-10.01 .05	-9.94 .02	-9.78 .01
1580	-11.86 .06			-8.86 .01		-10.24 .11	-9.92 .01	-9.76 .01
1600	-11.77 .08			-8.87 .01		-10.31 .08	-9.93 .02	-9.77 .01
1620	-11.81 .05			-8.95 .01		-10.13 .03	-9.94 .01	-9.83 .01
1640	-11.72 .07			-8.93 .01		-10.30 .17	-9.91 .02	-9.81 .01
1660	-11.88 .04		-8.99 .03	-8.94 .01		-10.19 .07	-9.91 .01	-9.82 .01
1680	-11.90 .05		-9.12 .01	-8.93 .01		-10.16 .04	-9.92 .01	-9.75 .01
1700	-11.85 .04		-9.09 .02	-8.94 .01		-10.23 .03	-9.96 .01	-9.81 .01
1720	-11.98 .08		-9.18 .03	-8.98 .01		-10.42 .05	-10.02 .01	-9.85 .01
1740	-11.96 .04		-8.96 .02	-8.95 .01		-10.25 .04	-10.00 .01	-9.84 .01
1760	-11.84 .03		-9.06 .02	-8.96 .01			-10.00 .01	-9.82 .01
1780	-11.92 .02		-9.03 .02	-8.96 .01		-10.49 .03	-10.02 .01	-9.83 .01
1800	-11.93 .02		-9.03 .02	-8.98 .01		-10.39 .03	-10.00 .01	-9.86 .01
1820	-11.92 .04		-9.05 .02	-8.98 .01		-10.51 .04	-10.03 .01	-9.84 .01
1840	-11.97 .01		-9.05 .03	-8.98 .01		-10.57 .09	-10.04 .01	-9.84 .01
1860	-12.07 .04		-9.08 .01	-9.00 .01		-10.75 .05	-10.10 .01	-9.86 .01
1880	-12.09 .03		-9.05 .02	-9.02 .01		-10.64 .02	-10.12 .01	-9.87 .01

Длина волны, Å	HDE 245770 16.10.84 Ф	HD 52973 ZETA GEM 19.05.87 Ц	HD 57060 UW CMA 19.09.87 Ц	HD 57061 TAU CMA 30.05.87 Ц	HD 58207 IOTA GEM 24.11.86 O	HD 60414 BD-14 1971 20.05.85 Ц	HD 60414 BD-14 1971 20.04.87 Ц	HD 60848 BN GEM 12.05.83 Ф
1900	-12.11.03		-9.06.02	-9.03.01		-10.63.04	-10.18.01	-9.88.01
1920	-12.19.05		-9.12.01	-9.05.01		-10.79.16	-10.18.01	-9.90.01
1940	-12.24.02		-9.10.01	-9.06.01		-10.66.03	-10.22.01	-9.91.01
1960	-12.27.02		-9.16.01	-9.07.01		-10.66.02	-10.22.01	-9.93.01
1980	-12.25.03		-9.17.02	-9.07.01		-10.69.03	-10.20.01	-9.94.01
2000	-12.38.03		-9.19.02	-9.09.01		-10.78.06	-10.24.01	-9.94.01
2020	-12.48.05		-9.18.01	-9.10.01		-10.66.02	-10.21.01	-9.95.01
2040	-12.48.02		-9.21.01	-9.09.01		-10.63.01	-10.24.01	-9.95.01
2060	-12.47.05		-9.18.02	-9.10.01		-10.57.02	-10.26.01	-9.97.01
2080	-12.56.04		-9.18.02	-9.12.01		-10.72.04	-10.26.01	-9.97.01
2100	-12.65.05		-9.22.02	-9.12.01		-10.75.03	-10.29.01	-9.98.01
2120	-12.58.08		-9.24.01	-9.13.01		-10.82.03	-10.27.01	-9.99.01
2140	-12.62.11		-9.26.02	-9.14.01		-10.76.07	-10.27.01	-10.00.01
2160	-12.63.08		-9.25.02	-9.15.01			-10.30.01	
2180	-12.74.08		-9.25.01	-9.16.01		-10.83.03	-10.31.01	-10.03.01
2200	-12.72.03		-9.28.01	-9.17.01		-10.91.03	-10.32.01	-10.04.01
2220	-12.77.07		-9.30.02	-9.18.01		-10.89.03	-10.31.01	-10.05.01
2240	-12.73.03		-9.29.02	-9.19.01			-10.31.01	-10.07.01
2260	-12.76.02		-9.29.01	-9.20.01		-10.79.03	-10.30.01	
2280	-12.69.02		-9.30.01	-9.20.01		-11.02.02	-10.29.01	-10.09.01
2300	-12.54.01		-9.31.02	-9.22.01		-10.91.03	-10.29.01	-10.11.01

Длина волны, А	HDE 245770 16.10.84 Ф	HD 52973 ZETA GEM 19.05.87 Ц	HD 57060 UW CMA 19.09.87 Ц	HD 57061 TAU CMA 30.05.87 Ц	HD 58207 IOTA GEM 24.11.86 О	HD 60414 BD-14.1971 20.05.85 Ц	HD 60414 BD-14.1971 20.04.87 Ц	HD 60848 BN GEM 12.05.83 Ф
2320	-12.48.02		-9.35.01	-9.20.01			-10.28.01	-10.10.01
2340	-12.50.02		-6.32.01	-9.22.01			-10.29.01	-10.11.01
2360	-12.40.02		-9.33.01	-9.21.01		-10.93.03	-10.27.01	-10.11.01
2380	-12.41.01		-9.38.01	-9.23.01		-10.86.02	-10.28.01	-10.15.01
2400	-12.34.02		-9.33.05	-9.23.01		-10.90.02	-10.29.01	-10.15.01
2420	-12.34.01			-9.23.01		-10.83.02	-10.28.01	-10.14.01
2440	-12.23.02			-9.24.01		-10.72.03	-10.26.01	-10.14.01
2460	-12.23.02			-9.24.01		-10.77.02	-10.27.01	-10.14.01
2480	-12.17.01			-9.24.01		-10.74.02	-10.26.01	-10.15.01
2500	-12.18.01			-9.25.01			-10.27.01	-10.18.01
2520	-12.14.02			-9.27.01		-10.91.03	-10.28.01	-10.18.01
2540	-12.11.01			-9.27.01		-10.87.02	-10.28.01	-10.18.01
2560	-12.10.02			-9.28.01		-10.85.02	-10.29.01	-10.19.01
2580	-12.07.02			-9.28.01		-12.34.03	-10.27.01	-10.18.01
2600	-12.03.02		-9.41.03	-9.31.01		-12.30.02	-10.28.01	-10.19.01
2620	-12.05.02		-9.37.01	-9.30.01		-12.21.01	-10.23.01	-10.19.01
2640	-12.02.03		-9.38.01	-9.32.01		-12.02.01	-10.23.01	-10.22.01
2660	-12.02.02	-11.61.02	-9.40.01	-9.33.01		-11.95.01	-10.26.01	-10.22.01
2680	-12.02.01	-11.67.01	-9.41.01	-9.35.01		-11.94.01	-10.26.01	-10.24.01
2700	-12.03.02	-11.67.01	-9.43.01	-9.37.01		-11.91.01	-10.28.01	-10.25.01
2720	-12.00.02	-11.73.01	-9.42.01	-9.37.01		-11.92.01	-10.27.01	-10.27.01

Длина волны, А	HDE 245770 16.10.84 Ф	HD 52973 ZETA GEM 19.05.87 Ц	HD 57060 UW CMA 19.09.87 Ц	HD 57061 TAU CMA 30.05.87 Ц	HD 58207 IOTA GEM 24.11.86 O	HD 60414 BD-14.1971 20.05.85 Ц	HD 60414 BD-14.1971 20.04.87 Ц	HD 60848 BN GEM 12.05.83 Ф
2740	-11.99.01		-9.43.01	-9.37.01	-11.92.01	-10.93.01	-10.27.01	-10.27.01
2760	-11.97.01	-11.86.02	-9.43.01	-9.37.01	-11.82.01	-10.87.01	-10.28.01	-10.28.01
2780	-11.99.01		-9.45.01	-9.39.01	-11.84.01	-10.90.01	-10.30.01	-10.30.01
2800	-12.01.01		-9.48.01	-9.43.01	-11.92.01	-10.91.01	-10.31.01	-10.32.01
2820	-11.98.02,	-11.69.02	-9.48.01	-9.42.01	-11.76.01	-10.91.02	-10.30.01	-10.31.01
2840	-11.96.04	-11.53.01	-9.48.01	-9.43.01	-11.77.01	-10.92.01	-10.31.01	-10.32.01
2860	-11.95.01	-11.49.02	-9.49.01	-9.43.01	-11.79.01	-10.93.01	-10.32.01	-10.34.01
2880	-11.94.05	-11.34.02	-9.49.01	-9.43.01	-11.54.02	-10.94.01	-10.31.01	-10.34.01
2900	-11.93.01	-11.17.01	-9.49.01	-9.45.01	-11.31.01	-10.97.01	-10.31.01	-10.35.01
2920	-11.95.01	-11.14.01	-9.50.01	-9.46.01	-11.24.01		-10.32.01	-10.36.01
2940	-11.95.01	-11.15.01	-9.51.01	-9.46.01	-11.25.01	-10.98.03	-10.34.01	-10.37.01
2960	-11.92.01	-11.11.01	-9.52.01	-9.47.01	-11.29.01	-10.95.01	-10.34.01	-10.37.01
2980	-11.93.01	-11.10.01	-9.52.01	-9.48.01	-11.33.01	-10.94.01	-10.35.01	-10.39.01
3000	-11.92.02	-11.07.01	-9.53.01	-9.49.01	-11.38.01	-10.98.01	-10.35.01	-10.39.01
3020	-11.91.01	-11.03.01	-9.53.01	-9.49.01	-11.33.01	-11.01.01	-10.33.01	-10.40.01
3040	-11.85.01	-10.94.01	-9.55.01	-9.50.01	-11.19.01	-11.06.04	-10.34.01	-10.41.01
3060	-11.89.01	-10.96.01	-9.55.01	-9.51.01	-11.16.01	-10.98.03	-10.35.01	
3080	-11.90.01	-10.95.01	-9.55.01	-9.51.01	-11.12.01	-11.01.01	-10.35.01	-10.42.01
3100	-11.90.02	-10.94.01	-9.57.01	-9.52.01	-11.09.01	-11.01.01	-10.38.01	-10.43.01
3120	-11.88.01	-10.91.01	-9.57.01	-9.53.01	-11.01.01	-11.00.01	-10.37.01	-10.44.01
3140	-11.91.02	-10.89.01	-9.57.01	-9.54.01	-11.00.01		-10.38.01	-10.44.01

Длина волны, Å	HDE 245770 16.10.84 Ф	HD 52973 ZETA GEM 19.05.87 П	HD 57060 UW CMA 19.09.87 Ц	HD 57061 TAU CMA 30.05.87 Ц	HD 58207 IOTA GEM 24.11.86 O	HD 60414 BD-14 1971 20.05.85 Ц	HD 60414 BD-14 1971 20.04.87 П	HD 60848 BN GEM 12.05.83 Ф
3160	-11.91.01	-10.89.01	-9.59.01	-9.54.01	-10.98.01	-11.01.01	-10.38.01	-10.44.01
3180	-11.91.01	-10.86.01	-9.59.01	-9.55.01	-10.94.01	-10.96.01	-10.38.01	-10.45.01
3200	-11.87.04	-10.84.01	-9.61.01	-9.56.01	-10.91.01	-10.95.01	-10.39.01	-10.47.01
3220	-11.88.01	-10.88.01	-9.61.01	-9.56.01	-10.94.01	-10.94.01	-10.39.01	-10.48.01
3240	-11.90.01	-10.89.01	-9.62.01	-9.57.01	-10.92.01	-10.92.01	-10.41.01	-10.48.01
3260	-11.88.01	-10.76.01	-9.63.01	-9.58.01	-10.78.01	-11.00.01	-10.41.01	-10.48.01
3280	-11.91.01	-10.74.01	-9.64.01	-9.59.01	-10.74.01	-11.00.01	-10.43.01	-10.50.01
3300	-11.88.01	-10.69.01	-9.64.01	-9.59.01	-10.70.01	-10.99.01	-10.45.01	-10.51.01
3320	-11.88.01	-10.72.01		-9.60.01	-10.74.01	-11.02.01	-10.45.01	-10.51.01
3340	-11.87.01	-10.74.01		-9.61.01	-10.74.01	-11.05.04	-10.45.01	-10.53.01
3360	-11.88.02	-10.77.01		-9.62.01	-10.79.01	-11.01.01	-10.46.01	-10.52.01
3380	-11.87.01	-10.76.01		-9.63.01	-10.79.01	-10.98.01	-10.47.01	-10.53.01
3400	-11.89.01	-10.69.01		-9.64.01	-10.72.01		-10.48.01	-10.55.01
3420	-11.88.01	-10.67.01		-9.65.01	-10.69.01	-11.03.01	-10.48.01	-10.56.01
3440	-11.89.01	-10.66.01		-9.66.01	-10.73.01	-11.00.01	-10.49.01	-10.57.01
3460		-10.68.01		-9.68.01	-10.73.01	-11.02.01	-10.52.01	-10.58.01
3480		-10.72.01		-9.68.01	-10.73.01	-11.01.01	-10.51.01	
3500		-10.70.01		-9.68.01	-10.68.01		-10.53.01	
3520					-10.69.01			
3540								

Длина волны, Å	HD 68351 15 CNC 6.12.83 Ц	HD 72524 33 LYN 15.11.85 O	HD 78316 КАРРА CNC 12.06.84 Ц	HD 78209 15 UMA 06.11.83 Ц	HD 78209 15 UMA 07.05.84 Ц	HD 87737 ETA LEO 04.06.87 Ц	HD 87737 ETA LEO 08.06.88 Ц	HD 89021 LAMBDA UMA 29.10.83 Ц
1480								
1500								
1520	-10.54.01		-9.75.01					-10.11.01
1540			-9.83.01				-9.83.01	-10.03.02
1560		-10.45.01	-9.82.02			-9.64.01	-9.84.01	-9.97.03
1580		-10.43.01	-9.83.02			-9.65.01	-9.86.01	-9.94.02
1600		-10.43.01	-9.85.01			-9.67.01	-9.80.01	-9.89.01
1620	-10.45.02	-10.45.01	-9.86.01			-9.63.01	-9.84.01	-9.86.01
1640		-10.44.01	-9.87.01			-9.68.01	-9.87.01	-9.87.02
1660	-10.57.07	-10.48.01	-9.90.01			-9.68.01	-9.91.01	-9.90.01
1680		-10.47.01				-9.72.01	-9.91.01	-9.91.01
1700	-10.44.05	-10.45.01	-9.89.01			-9.72.01	-9.91.01	-9.91.01
1720	-10.52.02	-10.47.01	-9.93.01			-9.68.01	-9.87.01	-9.86.01
1740	-10.56.02	-10.46.01	-9.96.01	-11.19.03		-9.73.01	-9.91.01	-9.85.02
1760	-10.51.02	-10.45.01	-9.96.01	-11.10.03	-11.15.04	-9.72.01	-9.88.01	-9.82.02
1780	-10.56.03	-10.45.01	-9.96.02	-11.04.02	-11.14.03	-9.68.01	-9.85.01	-9.82.01
1800	-10.45.04	-10.41.01	-9.93.01	-10.90.03	-10.98.03	-9.67.01	-9.84.01	-9.80.02
1820	-10.45.01	-10.42.01	-9.98.01	-10.85.02	-10.91.02	-9.62.01	-9.76.01	-9.79.02
1840	-10.49.01	-10.44.01	-9.98.01	-10.85.01	-10.90.01	-9.62.01	-9.78.01	-9.74.02
1860	-10.46.02	-10.46.01	-9.99.01	-10.89.02	-10.92.02	-9.66.01	-9.81.01	-9.84.02
1880	-10.46.02	-10.44.01	-9.99.01	-10.95.02	-10.99.01	-9.68.01	-9.85.01	-9.84.02
			-9.99.01	-10.87.03	-10.93.02	-9.65.01	-9.80.01	-9.81.01

Длина волны, Å	HD 68351 15 CNC 6.12.83 Ц	HD 72524 33 LYN 15.11.86 O	HD 78316 КАРРА CNC 12.06.84 Ц	HD 78209 15 UMA 06.11.83 Ц	HD 78209 15 UMA 07.05.84 Ц	HD 87737 ETA LEO 04.06.87 Ц	HD 87737 ETA LEO 08.06.88 Ц	HD 89021 LAMBDA UMA 29.10.83 Ц
1900	-10.44.03	-10.45.01	- 9.99.01	-10.85.03	-10.90.02	-9.67.01	-9.81.01	-9.81.01
1920	-10.44.03	-10.46.01	-10.04.01	-10.80.03	-10.88.02	-9.66.01	-9.81.01	-9.79.01
1940	-10.44.01	-10.45.01	-10.04.01	-10.84.02	-10.87.02	-9.64.01	-9.78.01	-9.82.01
1960	-10.43.02	-10.46.01	-10.00.01	-10.74.01	-10.80.02	-9.61.01	-9.76.01	-9.79.01
1980	-10.44.01	-10.46.01	-10.00.01	-10.74.02	-10.82.01	-9.62.01	-9.76.01	-9.79.01
2000	-10.47.01	-10.48.01	-10.03.01	-10.83.01	-10.85.01	-9.65.01	-9.80.01	-9.81.01
2020	-10.48.01	-10.47.01	-10.02.01	-10.79.02	-10.89.02	-9.68.01	-9.83.01	-9.86.01
2040	-10.46.01	-10.47.01	-10.04.01	-10.77.02	-10.79.02	-9.65.01	-9.81.01	-9.83.01
2060	-10.48.01	-10.46.01	-10.03.01	-10.76.01	-10.79.01	-9.65.01	-9.80.01	-9.83.01
2080	-10.45.01	-10.46.01	-10.02.01	-10.70.01	-10.72.01	-9.64.01	-9.79.01	-9.81.01
2100	-10.44.01	-10.46.01	-10.04.01	-10.72.02	-10.74.01	-9.63.01	-9.78.01	-9.83.01
2120	-10.45.01	-10.49.01	-10.04.01	-10.74.02	-10.76.01	-9.65.01	-9.80.01	-9.84.02
2140	-10.48.01	-10.51.01	-10.04.01	-10.75.01	-10.79.01	-9.68.01	-9.83.01	-9.84.03
2160	-10.46.01	-10.49.01	-10.05.01	-10.76.01	-10.79.01	-9.67.01	-9.83.01	-9.86.01
2180	-10.46.01	-10.51.01	-10.05.01	-10.77.03	-10.79.01	-9.69.01	-9.85.01	-9.88.01
2200	-10.46.01	-10.51.01	-10.03.01	-10.70.02	-10.73.01	-9.69.01	-9.83.01	-9.86.01
2220	-10.48.01	-10.53.01	-10.07.01	-10.79.02	-10.80.01	-9.73.01	-9.87.01	-9.90.01
2240	-10.53.01	-10.56.01	-10.10.01	-10.80.02	-10.82.01	-9.76.01	-9.90.01	-9.89.02
2260	-10.55.01	-10.55.01	-10.10.01	-10.85.01	-10.87.01	-9.79.01	-9.93.01	-9.93.01
2280	-10.52.01	-10.54.01	-10.10.01	-10.84.02	-10.86.01	-9.74.01	-9.86.01	-9.91.01
2300	-10.54.01	-10.58.02	-10.11.01	-10.84.02	-10.88.01	-9.76.01	-9.90.01	-9.94.01

Длина, волны, Å	HD 68351 15 CNC 6.12.83 Ц	HD 72524 33 LYN 15.11.86 O	HD 78316 КАРРА CNC 12.06.84 Ц	HD 78209 15 УМА 06.11.83 Ц	HD 78209 15 УМА 07.05.84 Ц	HD 87737 ETA LEO 04.06.87 Ц	HD 87737 ETA LEO 08.06.88 Ц	HI 89021 LAMBDA UMA 29.10.83 Ц
2320	-10.58 .01		-10.14 .01	-10.87 .02	-10.92 .01	-9.81 .01	- 9.93 .01	- 9.97 .01
2340	-10.65 .01		-10.19 .01	-10.98 .02	-10.99 .02	-9.84 .01	- 9.98 .01	- 9.98 .01
2360	-10.67 .01		-10.20 .01	-10.98 .02	-10.97 .01	-9.85 .01	- 9.98 .01	- 9.98 .01
2380	-10.68 .01		-10.23 .01	-11.00 .01	-11.01 .01	-9.87 .01	-10.00 .01	-10.00 .01
2400	-10.72 .01		-10.21 .01	-11.07 .02	-11.07 .01	-9.88 .01	-10.01 .01	-10.00 .01
2420	-10.65 .01		-10.22 .01	-10.96 .01	-10.97 .01	-9.85 .01	- 9.98 .01	- 9.97 .01
2440	-10.63 .01	-10.49 .01	-10.22 .01	-10.83 .02	-10.85 .01	-9.82 .01	- 9.96 .01	- 9.94 .01
2460	-10.62 .01	-10.55 .02	-10.22 .01	-10.89 .01	-10.87 .01	-9.81 .01	- 9.95 .01	- 9.95 .01
2480	-10.64 .01	-10.56 .01	-10.21 .01	-10.91 .02	-10.90 .01	-9.82 .01	- 9.95 .01	- 9.96 .01
2500	-10.61 .01	-10.58 .01	-10.18 .01	-10.87 .02	-10.85 .01	-9.79 .01	- 9.92 .01	- 9.92 .01
2520	-10.64 .01	-10.60 .01	-10.24 .01	-10.97 .02	-10.91 .02	-9.80 .01	- 9.94 .01	- 9.99 .01
2540	-10.68 .01	-10.60 .01	-10.26 .01	-10.95 .03	-11.00 .02	-9.83 .01	- 9.98 .01	-10.01 .01
2560	-10.64 .01	-10.58 .01	-10.23 .01	-10.91 .03	-10.87 .01	-9.80 .01	- 9.93 .01	- 9.95 .03
2580	-10.65 .01	-10.57 .01	-10.24 .01	-10.82 .01	-10.79 .01	-9.77 .01	- 9.90 .01	- 9.93 .01
2600	-10.67 .01	-10.59 .01	-10.27 .01	-10.84 .01	-10.84 .01	-9.78 .01	- 9.91 .01	- 9.90 .02
2620	-10.70 .02	-10.58 .01	-10.22 .02	-10.77 .02	-10.83 .02	-9.79 .01	- 9.91 .01	- 9.97 .02
2640	-10.59 .03	-10.53 .01	-10.22 .02	-10.61 .02	-10.63 .02	-9.72 .01	- 9.83 .01	- 9.88 .01
2660	-10.62 .02	-10.54 .01	-10.21 .01	-10.57 .01	-10.62 .01	-9.71 .01	- 9.84 .01	- 9.87 .01
2680	-10.65 .02	-10.55 .01	-10.23 .01	-10.58 .01	-10.66 .01	-9.73 .01	- 9.86 .01	- 9.93 .01
2700	-10.64 .02	-10.57 .01	-10.26 .01	-10.65 .01	-10.68 .01	-9.76 .01	- 9.88 .01	- 9.93 .02
2720	-10.62 .01	-10.56 .01	-10.25 .01	-10.64 .01	-10.68 .01	-9.75 .01	- 9.88 .01	- 9.92 .01

Длина волны, Å	HD 68351 15 CNC 6.12.83 Ц	HD 72524 33 LYN 15.11.86 O	HD 78316 КАРРА CNC 12.06.84 Ц	HD 78209 15 UMA 06.11.83 Ц	HD 78209 15 UMA 07.05.84 Ц	HD 87737 ЕТА LEO 04.06.87 Ц	HD 87737 ЕТА LEO 08.06.88 Ц	HD 89021 LAMBDA UMA 29.10.83 Ц
2740	-10.68.02	-10.58.01	-10.21.01	-10.68.01	-10.72.01	-9.77.01	-9.89.01	-9.99.01
2760	-10.70.02	-10.59.01	-10.27.01	-10.71.01	-10.73.02	-9.80.01	-9.91.01	-9.97.01
2780	-10.70.01	-10.60.01	-10.24.01	-10.66.02	-10.69.01	-9.77.01	-9.90.01	-9.97.01
2800	-10.61.02	-10.65.01	-10.23.02	-10.75.02	-10.78.01	-9.81.01	-9.95.01	-10.02.01
2820	-10.59.02	-10.58.01	-10.26.01	-10.56.01	-10.59.02	-9.73.01	-9.87.01	-9.94.01
2840	-10.64.01	-10.58.01	-10.25.01	-10.56.02	-10.62.01	-9.76.01	-9.88.01	-9.95.01
2860	-10.68.01	-10.59.01	-10.24.01	-10.58.01	-10.63.01	-9.78.01	-9.90.01	-9.97.01
2880	-10.67.01	-10.58.01	-10.26.01	-10.57.01	-10.61.01	-9.77.01	-9.89.01	-9.95.01
2900	-10.65.01	-10.56.01	-10.26.01	-10.52.01	-10.55.02	-9.73.01	-9.85.01	-9.95.01
2920	-10.62.01	-10.56.01	-10.24.01	-10.48.02	-10.53.01	-9.71.01	-9.84.01	-9.95.01
2940	-10.64.01	-10.57.01	-10.28.01	-10.51.01	-10.53.01	-9.73.01	-9.86.01	-9.94.01
2960	-10.65.01	-10.56.01	-10.28.01	-10.53.01	-10.55.01	-9.71.01	-9.85.01	-9.92.01
2980	-10.61.01	-10.55.01	-10.27.01	-10.50.01	-10.52.01	-9.71.01	-9.85.01	-9.92.01
3000	-10.59.01	-10.54.01	-10.26.01	-10.49.02	-10.49.01	-9.68.01	-9.83.01	-9.91.01
3020	-10.59.01	-10.54.01	-10.26.01	-10.48.01	-10.48.01	-9.67.01	-9.80.01	-9.90.01
3040	-10.60.01	-10.54.01	-10.27.01	-10.46.01	-10.49.01	-9.68.01	-9.82.01	-9.88.02
3060	-10.60.01	-10.54.01	-10.28.01	-10.45.02	-10.48.01	-9.69.01	-9.82.01	-9.86.03
3080	-10.59.01	-10.54.01	-10.30.01	-10.45.01	-10.47.01	-9.69.01	-9.82.01	-9.89.01
3100	-10.57.01	-10.55.01	-10.27.01	-10.44.02	-10.45.01	-9.69.01	-9.83.01	-9.91.01
3120	-10.60.01	-10.55.01	-10.29.01	-10.44.02	-10.46.01	-9.70.01	-9.84.01	-9.90.01
3140	-10.60.01	-10.56.01	-10.30.01	-10.47.02	-10.45.01	-9.71.01	-9.83.01	-9.87.02

Длина, волнь, Å	HD 68351 15 CNC 6.12.83 Ц	HD 72524 33 LYN 15.11.86 O	HD 78316 КАРРА CNC 12.06.84 Ц	HD 78209 15 UMA 06.11.83 Ц	HD 78209 15 UMA 07.05.84 Ц	HD 87737 ETA LEO 04.06.87 Ц	HD 87737 ETA LEO 08.06.88 Ц	HD 89021 LAMBDA UMA 29.10.83 Ц
3160	-10.60.01	-10.54.01	-10.29.01	-10.44.01	-10.45.01	-9.70.01	-9.84.01	-9.87.01
3180	-10.59.01	-10.54.01	-10.32.01	-10.45.01	-10.46.01	-9.71.01	-9.84.01	-9.92.01
3200	-10.61.01	-10.58.02	-10.29.01	-10.47.01	-10.46.01	-9.72.01	-9.85.01	-9.91.01
3220	-10.59.01		-10.30.01	-10.42.02	-10.47.01	-9.72.01	-9.85.01	-9.92.01
3240	-10.60.01		-10.33.01	-10.44.02	-10.47.01	-9.72.01	-9.85.01	-9.89.01
3260	-10.58.01		-10.33.01	-10.42.01	-10.42.01	-9.72.01	-9.84.01	-9.87.01
3280	-10.58.01		-10.32.02	-10.41.02	-10.42.01	-9.71.01	-9.85.01	-9.88.01
3300	-10.59.01		-10.33.01	-10.41.02	-10.40.01	-9.71.01	-9.85.01	-9.84.01
3320	-10.60.01		-10.34.01	-10.41.02	-10.43.01	-9.72.01	-9.85.01	-9.87.01
3340	-10.61.01		-10.36.01	-10.41.02	-10.41.01	-9.72.01	-9.88.01	-9.88.01
3360	-10.60.01		-10.35.01	-10.43.02	-10.41.01	-9.73.01	-9.87.01	-9.89.01
3380	-10.63.01		-10.34.01	-10.47.01	-10.45.01	-9.73.01	-9.87.01	-9.89.01
3400	-10.61.01		-10.35.01	-10.44.01	-10.43.01	-9.73.01	-9.87.01	-9.91.01
3420	-10.62.01		-10.36.01	-10.43.02	-10.42.01	-9.72.01	-9.87.01	-9.90.01
3440	-10.63.01		-10.38.01	-10.43.02	-10.42.01	-9.73.01	-9.87.01	-9.91.01
3460	-10.64.01		-10.38.01	-10.50.01	-10.46.01	-9.74.01	-9.89.01	-9.89.01
3480	-10.64.01		-10.40.01	-10.48.01	-10.45.01	-9.75.01	-9.88.01	-9.96.01
3500	-10.64.01		-10.41.01		-10.45.01	-9.75.01	-9.88.01	-9.86.01
3520								
3540								

Длина волны, А	HD 91316 RHO LEO 05.06.87 Ц	HD 91316 RHO LEO 09.06.88 Ц	HD 97633 THETA LEO 19.06.83 Ф	HD 105680 4.06.83 Ц	HD 105680 22.05.86 Ф	HD 106223 12.06.83 Ц	HD 117287 R H/A 01.08.83 Ц	HD 118022 78 VIR 25.05.84 Ц
1480								
1500			-9.81 .01					-10.41 .01
1520			-9.75 .01	-11.98 .08				-10.39 .02
1540	-8.79 .01		-9.75 .01	-11.92 .03				-10.48 .01
1560	-8.82 .01		-9.70 .01	-11.85 .04				-10.48 .01
1580	-8.79 .01		-9.70 .01	-11.93 .04				-10.49 .02
1600	-8.80 .01		-9.67 .01	-11.89 .05				-10.51 .02
1620	-8.84 .01		-9.67 .01	-12.08 .03				-10.54 .04
1640	-8.80 .01		-9.68 .01	-12.13 .04				-10.59 .02
1660	-8.80 .01		-9.71 .01	-11.96 .05				-10.55 .03
1680	-8.80 .01		-9.73 .01	-12.11 .04		-11.98 .04		-10.51 .02
1700	-8.82 .01		-9.70 .01	-12.11 .04		-11.96 .03		-10.60 .01
1720	-8.90 .01	-8.93 .02	-9.71 .01	-11.99 .05		-11.87 .03		-10.60 .02,
1740	-8.89 .01	-8.92 .02	-9.71 .01	-12.11 .06		-12.05 .04		-10.55 .01
1760	-8.88 .01	-8.91 .01	-9.69 .01	-12.13 .05	-12.38 .15	-11.89 .04		-10.60 .02
1780	-8.88 .01	-8.90 .01	-9.70 .01	-12.22 .03	-12.38 .06	-11.88 .03		-10.50 .02
1800	-8.85 .01	-8.88 .01	-9.66 .01	-12.22 .03	-12.34 .05	-11.86 .03		-10.41 .03
1820	-8.87 .01	-8.89 .01	-9.65 .01	-12.23 .02	-12.34 .03	-11.90 .02		
1840	-8.91 .01	-8.92 .01	-9.67 .01	-12.19 .02	-12.41 .02	-11.81 .03		
1860	-8.97 .01	-9.00 .01	-9.70 .01	-12.18 .02	-12.44 .01	-11.85 .02		-10.45 .03
1880	-8.97 .01	-9.00 .02	-9.69 .01	-12.15 .03	-12.38 .02	-11.82 .02		-10.48 .02

Длина волны, Å	HD 91316 RHO LEO 05.06.87 Ц	HD 91316 RHO LEO 09.06.88 Ц	HD 97633 THETA LEO 19.06.83 Ф	HD 105680 4.06.83 Ц	HD 105680 22.05.86 Ф	HD 106223 12.06.83 Ц	HD 117287 R HYA 01.08.83 Ц	HD 118022 78 VIR. 25.05.84 Ц
1900	-9.05.01	-9.08.01	-9.69.01	-12.24.02	-12.30.03	-11.75.03		-10.49.02
1920	-9.06.01	-9.07.01	-9.69.01	-12.24.02	-12.32.02	-11.88.03		-10.45.02
1940	-9.05.01	-9.07.01	-9.69.01	-12.18.02	-12.30.03	-11.86.01		-10.42.02
1960	-9.04.01	-9.06.02	-9.68.01	-12.17.03	-12.28.02	-11.78.01		-10.41.02
1980	-9.01.01	-9.04.01	-9.68.01	-12.22.02	-12.23.02	-11.80.03		-10.41.02
2000	-9.04.01	-9.06.01	-9.71.01	-12.15.02	-12.31.01	-11.72.03		-10.43.02
2020	-8.98.01	-9.00.01	-9.72.01	-12.13.01	-12.30.02	-11.78.01		-10.45.02
2040	-8.99.01	-9.04.01	-9.72.01	-12.19.01	-12.27.01	-11.73.01		-10.46.02
2060	-9.00.01	-9.03.01	-9.71.01	-12.21.01	-12.22.01	-11.74.01		-10.44.01
2080	-8.99.01	-9.06.01	-9.70.01	-12.19.01	-12.16.01	-11.70.02		-10.44.01
2100	-8.99.01	-9.03.01	-9.70.01	-12.14.01	-12.21.01	-11.71.01		-10.34.04
2120	-8.95.01	-8.98.02	-9.72.01	-12.10.01	-12.20.01	-11.75.01		-10.41.01
2140	-8.95.01	-9.01.01	-9.76.01	-12.10.01	-12.24.01	-11.75.02		-10.47.02
2160	-8.96.01	-9.02.01	-9.76.01	-12.14.01	-12.28.01	-11.77.02		-10.38.03
2180	-8.95.01	-9.00.01	-9.77.01	-12.18.01	-12.24.01	-11.74.02		-10.38.02
2200	-8.94.01	-9.00.01	-9.77.01	-12.15.01	-12.18.01	-11.70.01		-10.44.02
2220	-8.95.01	-9.02.01	-9.80.01	-12.14.01	-12.27.01	-11.72.01		-10.39.01
2240	-8.98.01	-9.03.01	-9.80.01	-12.10.02	-12.25.01			-10.45.01
2260	-8.98.01	-9.00.02	-9.83.01	-12.14.02	-12.30.01			-10.49.01
2280	-8.98.01	-9.06.01	-9.81.01	-12.18.01	-12.27.01	-11.71.01		-10.45.01
2300	-9.00.01	-9.06.01	-9.82.01	-12.25.01	-12.29.01	-11.73.01		-10.42.02

Длина волны, А	HD 91316 RHO LEO 0:06.87 Ц	HD 91316 RHO LEO 09.06.85 Ц	HD 97633 THETA LEO 19.06.83 Ф	HD 105680 4.06.83 Ц	HD 105680 22.05.86 Ф	HD 106223 12.06.83 Ц	HD 117287 R HYA 01.08.83 Ц	HD 118022 78 VIR 25.05.84 Ц
2320	-9.00.01	-9.03.01	-9.85.01	-12.22.01	-12.32.01	-11.72.01		-10.53.01
2340	-9.00.01	-9.05.01	-9.88.01	-12.25.01	-12.39.01	-11.75.01		-10.52.01
2360	-8.99.01	-9.03.01	-9.89.01	-12.26.01	-12.41.02	-11.72.01		-10.55.01
2380	-9.00.01	-9.02.01	-9.89.01	-12.34.01	-12.40.01	-11.73.01		
2400	-9.00.01	-9.06.01	-9.92.01	-12.32.01	-12.48.01	-11.72.02		-10.77.01
2420	-9.00.01	-9.08.01	-9.89.01	-12.33.01	-12.34.02	-11.71.02		
2440	-9.02.01	-9.06.01	-9.86.01	-12.40.01	-12.27.01	-11.73.01		-10.57.04
2460	-9.02.01	-9.08.01	-9.85.01	-12.28.01	-12.30.01	-11.70.01		-10.57.03
2480	-9.02.01	-9.07.01	-9.86.01	-12.21.01	-12.30.01	-11.73.01		-10.58.04
2500	-9.02.01	-9.09.01	-9.84.01	-12.24.01	-12.27.01	-11.71.01		-10.57.02
2520	-9.04.01	-9.09.01	-9.85.01	-12.24.01	-12.35.01	-11.70.01		-10.60.02
2540	-9.05.01		-9.90.01	-12.19.01	-12.43.01	-11.75.01		-10.66.03
2560	-9.05.01	-9.10.01	-9.89.01	-12.23.01	-12.33.01	-11.69.01		-10.63.02
2580	-9.06.01	-9.12.01	-9.86.01	-12.32.02	-12.20.01	-11.64.01		-10.56.03
2600	-9.07.01	-9.12.01	-9.87.01	-12.27.01	-12.25.01	-11.62.01		-10.55.01
2620	-9.06.01	-9.11.01	-9.87.01	-12.26.01	-12.25.01	-11.64.01		-10.64.03
2640	-9.06.01	-9.10.01	-9.82.01	-12.28.01	-12.10.02	-11.63.01		-10.51.03
2660	-9.08.01	-9.13.01	-9.81.01	-12.26.01	-12.03.01	-11.60.01		-10.51.02
2680	-9.09.01	-9.12.02	-9.83.01	-12.12.01	-12.07.01	-11.65.01		-10.56.03
2700	-9.11.01	-9.16.01	-9.86.01	-12.12.01	-12.12.01	-11.66.01	-13.30.08	-10.58.01
2720	-9.11.01	-9.15.01	-9.85.01	-12.06.01	-12.11.01	-11.64.01		-10.53.03

Длина волны, А	HD 91316 RHO LEO 05.06.87 Ц	HD 91316 RHO LEO 09.06.88 Ц	HD 97633 THETA LEO 19.06.83 Ф	HD 105680 4.06.83 Ц	HD 105680 22.05.86 Ф	HD 106223 12.06.83 Ц	HD 117287 R HYA 01.08.83 Ц	HD 118022 78 VIR 25.05.84 Ц
2740	-9.11.01	-9.16.01	-9.85.01	-12.08.01	-12.14.01	-11.67.01		-10.62.01
2760	-9.12.01	-9.16.01	-9.88.01	-12.08.01	-12.19.01	-11.66.01		-10.61.03
2780	-9.13.01	-9.19.01	-9.87.01	-12.10.01	-12.13.01	-11.61.01		-10.59.01
2800	-9.17.01	-9.21.01	-9.91.01	-12.14.01	-12.24.01	-11.68.01		-10.65.03
2820	-9.15.01	-9.20.01	-9.85.01	-12.07.01	-12.06.01	-11.62.01	-13.62.19	-10.54.02
2840	-9.16.01	-9.20.01	-9.84.01	-12.17.01	-12.03.01	-11.61.01		-10.57.02
2860	-9.17.01	-9.21.01	-9.86.01	-12.03.01	-12.06.01	-11.62.01	-13.28.08	-10.59.01
2880	-9.17.01	-9.22.01	-9.85.01	-11.99.01	-12.03.01	-11.63.01		-10.54.02
2900	-9.18.01	-9.23.01	-9.84.01	-12.01.01	-11.99.01	-11.58.01	-13.45.03	-10.50.01
2920	-9.19.01	-9.23.01	-9.82.01	-11.97.01	-11.96.01	-11.57.01		-10.49.01
2940	-9.20.01	-9.26.01	-9.83.01	-11.92.01	-11.96.01	-11.58.01		-10.50.02
2960	-9.20.01	-9.24.01	-9.83.01	-11.90.01	-11.95.01	-11.59.01		-10.48.01
2980	-9.20.01	-9.28.01	-9.82.01	-11.91.01	-11.95.01	-11.56.01	-13.70.13	-10.43.05
3000	-9.21.01	-9.26.01	-9.81.01	-11.87.01	-11.93.01	-11.57.01	-13.87.11	-10.44.01
3020	-9.21.01	-9.28.01	-9.80.01	-11.86.01	-11.91.01	-11.59.01	-14.13.01	-10.44.02
3040	-9.22.01	-9.29.01	-9.80.01	-11.85.01	-11.90.01	-11.56.01		-10.46.03
3060	-9.23.01	-9.30.01	-9.81.01	-11.85.01	-11.90.01	-11.57.01		-10.40.01
3080	-9.24.01	-9.28.01	-9.81.01	-11.84.01	-11.89.01	-11.59.01		-10.40.02
3100	-9.25.01	-9.32.01	-9.81.01	-11.81.01	-11.90.01	-11.55.01	-13.90.20	-10.46.02
3120	-9.25.01	-9.32.01	-9.82.01	-11.79.01	-11.90.01	-11.53.01		-10.41.01
3140	-9.26.01	-9.31.01	-9.81.01	-11.81.01	-11.88.01		-13.69.04	-10.42.01

Длина волны, А	HD 91316 RHO LEO 05.06.87 Ц	HD 91316 RHO LEO 09.06.88 Ц	HD 97633 THETA LEO 19.06.83 Ф	HD 105680 4.06.83 Ц	HD 105680 22.05.86 Ф	HD 106223 12.06.83 Ц	HD 117287 R HYA 01.08.83 Ц	HD 118022 78 VIR 25.05.84 Ц
3160	-9.27.01	-9.32.01	-9.81.01	-11.82.01	-11.88.01		-13.34.14	-10.44.03
3180	-9.28.01	-9.33.01	-9.81.01	-11.83.01	-11.87.01	-11.54.01	-13.50.19	-10.41.01
3200	-9.29.01	-9.35.01	-9.81.01	-11.80.01	-11.88.01	-11.58.01	-13.36.10	-10.41.04
3220	-9.29.01	-9.32.01	-9.82.01	-11.79.01	-11.89.01	-11.57.01	-13.42.12	-10.40.02
3240	-9.29.01	-9.34.01	-9.82.01	-11.80.01	-11.89.01	-11.56.01		-10.33.01
3260	-9.30.01	-9.35.01	-9.81.01	-11.82.01	-11.85.01	-11.52.01	-13.18.03	-10.30.01
3280	-9.31.01	-9.35.02	-9.81.01	-11.81.01	-11.84.01	-11.52.01	-12.98.02	-10.50.07
3300	-9.31.01	-9.38.01	-9.81.01	-11.76.01	-11.83.01	-11.54.01	-12.88.06	
3320	-9.32.01	-9.38.01	-9.81.01	-11.76.01	-11.83.01	-11.54.01	-12.72.08	
3340	-9.34.01	-9.39.01	-9.82.01	-11.75.01	-11.84.01	-11.56.01	-12.60.07	
3360	-9.35.01	-9.41.01	-9.82.01	-11.71.01	-11.84.01	-11.54.01	-12.67.03	
3380	-9.35.01	-9.41.01	-9.82.01	-11.74.01	-11.85.01	-11.55.01	-12.59.02	
3400	-9.36.01	-9.42.01	-9.82.01	-11.76.01	-11.85.01	-11.52.01	-12.48.01	
3420	-9.37.01	-9.42.01	-9.82.01	-11.76.01	-11.84.01	-11.53.01	-12.38.01	
3440	-9.38.01		-9.83.01	-11.75.01	-11.85.01	-11.54.03		
3460	-9.39.01	-9.44.01	-9.83.01	-11.75.01	-11.86.01	-11.56.01	-12.24.02	
3480	-9.40.01	-9.46.01		-11.75.01		-11.54.01	-12.14.01	
3500	-9.40.01	-9.45.01		-11.76.01		-11.52.01	-12.22.07	
3520								
3540								

Длина волны, Å	HD 118022 78 VIR 03.06.87 Ц	HD 118022 78 VIR 30.06.87 Ц	HD 124850 ЮТА VIR 02.07.83 Ц	HD 125823 V761 CEN 01.09.87 Ц	HD 125823 V761 CEN 07.09.87 Ц	HD 129456 BS 5485 05.08.85 O	HD 130109 109 VIR 29.06.83 Ц	HD 134759 ЮТА-1 LIB 03.07.83 Ц
1480								
1500								
1520								
1540		-10.56 .01		-8.92 .01	-9.05 .01			
1560		-10.60 .01		-8.94 .01	-9.07 .01			
1580		-10.70 .01		-8.96 .01	-9.10 .01			
1600		-10.76 .01		-8.98 .01	-9.07 .01			
1620		-10.77 .01		-9.00 .01	-9.09 .01			
1640		-10.77 .01		-9.01 .01	-9.09 .01			
1660		-10.73 .01		-9.01 .01	-9.08 .01			
1680		-10.75 .01		-9.03 .01	-9.12 .01			
1700		-10.73 .01		-9.05 .01	-9.10 .01			
1720		-10.78 .01		-9.08 .01	-9.19 .01			
1740		-10.77 .01		-9.10 .01	-9.16 .01			
1760		-10.74 .01		-9.11 .01	-9.19 .01			
1780		-10.74 .01		-9.12 .01	-9.20 .01			
1800		-10.63 .01		-9.12 .01	-9.17 .01			
1820		-10.58 .01		-9.12 .01	-9.19 .01			-9.72 .01
1840		-10.60 .01		-9.14 .01	-9.21 .01		-9.80 .02	
1860		-10.60 .01		-9.17 .01	-9.23 .01			-9.74 .02
1880		-10.60 .01		-9.18 .01	-9.24 .02			

Длина волны, Å	HD 118022 78 VIR 03.06.87 Ц	HD 118022 78 VIR 30.06.87 Ц	HD 124850 IOTA VIR 02.07.83 Ц	HD 125823 V761 CEN 01.09.87 Ц	HD 125823 V761 CEN 07.09.87 Ц	HD 129456 BS 5485 05.08.85 O	HD 130109 109 VIR 29.06.83 Ц	HD 134759 IOTA-1 LIB 03.07.83 Ц
1900	-10.60.01	-10.51.01	-11.50.02	-9.21.01	-9.28.01		-9.83.02	-9.75.01
1920	-10.57.01	-10.48.01		-9.21.01	-9.31.01		-9.85.02	-9.73.01
1940	-10.50.01	-10.45.01	-11.45.13	-9.21.01	-9.32.01		-9.79.03	
1960	-10.48.01	-10.42.01	-11.43.04	-9.23.01	-9.35.01		-9.84.01	-9.71.01
1980	-10.49.01	-10.44.01		-9.22.01	-9.28.02		-9.86.01	
2000	-10.53.01	-10.45.01	-11.54.01	-9.23.01	-9.29.01		-9.87.01	-9.76.01
2020	-10.54.01	-10.47.01	-11.45.01	-9.23.01	-9.29.01		-9.84.02	
2040	-10.51.01	-10.44.01	-11.36.01	-9.23.01	-9.33.01		-9.85.01	-9.79.01
2060	-10.50.01	-10.44.01	-11.30.01	-9.23.01	-9.29.01		-9.86.01	
2080	-10.45.01	-10.37.01	-11.18.03	-9.24.01	-9.32.01		-9.85.01	-9.85.01
2100	-10.43.01	-10.38.01	-11.13.01	-9.24.01	-9.33.02		-9.88.01	-9.88.01
2120	-10.45.01	-10.39.01	-11.05.04	-9.25.01	-9.33.01		-9.87.01	-9.88.01
2140	-10.49.01	-10.43.01	-11.00.02	-9.24.01	-9.30.01		-9.89.01	-9.93.01
2160	-10.48.01	-10.42.01	-11.05.01	-9.27.01	-9.33.01		-9.91.01	-9.93.01
2180	-10.46.01	-10.41.01	-11.04.01	-9.28.01	-9.33.01		-9.90.01	-9.93.01
2200	-10.45.01	-10.40.01	-10.98.01	-9.29.01	-9.33.01		-9.91.01	-9.93.01
2220	-10.48.01	-10.43.01	-11.00.01	-9.31.01	-9.35.01		-9.94.01	-9.93.01
2240	-10.54.01	-10.48.01	-11.01.01	-9.32.01	-9.37.01		-9.96.01	-9.98.01
2260	-10.57.01	-10.51.01	-11.08.02	-9.33.01	-9.37.01		-9.94.01	-9.98.01
2280	-10.52.01	-10.47.01	-11.12.03	-9.33.01	-9.37.01		-9.93.01	-9.98.01
2300	-10.54.01	-10.48.01	-11.05.01	-9.33.01	-9.39.01		-9.93.01	-10.00.01

Длина волны, Å	HD 118022 78 VIR 03.06.87 Ц	HD 118022 78 VIR 30.06.87 Ц	HD 124850 ЮТА VIR 02.07.83 Ц	HD 125823 V761 CEN 01.09.87 Ц	HD 125823 V761 CEN 07.09.87 Ц	HD 129456 BS 5485 05.08.85 O	HD 130109 109 VIR 29.06.83 Ц	HD 134759 ЮТА-1 LJB 03.07.83 Ц
2320	-10.61 .01	-10.54 .01	-11.06 .02	-9.36 .01	-9.42 .01		- 9.97 .01	
2340	-10.71 .01	-10.64 .01	-11.17 .02	-9.38 .01	-9.43 .01		- 9.99 .01	-10.03 .01
2360	-10.74 .01	-10.67 .01	-11.14 .02	-9.38 .01	-9.43 .01		- 9.99 .01	
2380	-10.76 .01	-10.69 .01	-11.21 .01	-9.39 .01	-9.44 .01		-10.02 .01	-10.03 .02
2400	-10.77 .01	-10.71 .01	-11.27 .01	-9.40 .01	-9.44 .01		-10.03 .01	
2420	-10.69 .01	-10.62 .01	-11.07 .05	-9.41 .01	-9.45 .01		-10.00 .01	-10.06 .01
2440	-10.66 .01	-10.60 .01	-11.04 .01	-9.41 .01	-9.45 .01		- 9.97 .01	
2460	-10.67 .01	-10.61 .01	-11.09 .01	-9.41 .01	-9.45 .01		- 9.99 .01	-10.04 .01
2480	-10.68 .01	-10.61 .01	-11.10 .01	-9.41 .01	-9.47 .01		-10.00 .01	
2500	-10.66 .01	-10.59 .01	-11.04 .02	-9.42 .01	-9.46 .01		- 9.97 .01	-10.01 .02
2520	-10.68 .01	-10.61 .01	-11.14 .01	-9.43 .01	-9.49 .01		- 9.99 .01	
2540	-10.73 .01	-10.66 .01	-11.16 .01	-9.43 .01	-9.49 .01		-10.03 .01	-10.03 .02
2560	-10.69 .01	-10.62 .01	-11.01 .01	-9.43 .01	-9.48 .01		- 9.99 .01	
2580	-10.66 .01	-10.60 .01	-10.89 .01	-9.42 .01	-9.48 .01		- 9.98 .01	-10.06 .02
2600	-10.70 .01	-10.64 .01	-10.95 .03	-9.43 .01	-9.49 .01		- 9.99 .01	
2620	-10.71 .01	-10.63 .01	-11.06 .09	-9.44 .01	-9.49 .01			
2640	-10.61 .01	-10.54 .01		-9.44 .01	-9.49 .01			
2660	-10.60 .01	-10.54 .01		-9.46 .01	-9.50 .01			
2680	-10.65 .01	-10.59 .01		-9.47 .01	-9.52 .01			
2700	-10.64 .01	-10.59 .01		-9.49 .01	-9.53 .01			-9.94 .01
2720	-10.62 .01	-10.57 .01		-9.49 .01	-9.53 .01			

Длина волны, Å	HD 118022 78 VIR 03.06.87 Ц	HD 113022 78 VIR 30.06.87 Ц	HD 124850 IOTA VIR 02.07.83 Ц	HD 125823 V761 CEN 01.09.87 Ц	HD 125823 V761 CEN 07.09.87 Ц	HD 129456 BS 5485 05.08.85 O	HD 130109 109 VIR 29.06.83 Ц	HD 134759 IOTA-1 LIB 03.07.83 Ц
2740	-10.66.01	-10.61.01		-9.50.01	-9.54.01	-12.33.01	-10.00.01	-9.97.01
2760	-10.70.01	-10.65.01		-9.50.01	-9.54.01	-12.33.14		-9.99.01
2780	-10.67.01	-10.62.01	-10.84.01	-9.51.01	-9.55.01	-12.21.04		
2800	-10.73.01	-10.67.01	-10.89.04	-9.52.01	-9.57.01	-12.40.01	-10.04.02	
2820	-10.61.01	-10.55.01	-10.63.01	-9.53.01	-9.58.01	-12.57.09		-9.96.01
2840	-10.61.01	-10.55.01	-10.55.01	-9.53.01	-9.58.01	-12.53.14	-10.00.01	
2860	-10.65.01	-10.59.01	-10.64.02	-9.54.01	-9.59.01	-12.10.07	-9.96.02	-9.97.01
2880	-10.61.01	-10.56.01	-10.65.03	-9.54.01	-9.59.01	-11.92.05	-10.02.01	
2900	-10.56.01	-10.51.01	-10.50.04	-9.54.01	-9.59.01	-11.93.02	-10.00.01	-9.96.01
2920	-10.55.01	-10.49.01	-10.42.02	-9.55.01	-9.61.01	-11.93.07	-9.99.01	
2940	-10.57.01	-10.51.01	-10.46.01	-9.57.01	-9.65.01	-11.99.03	-9.97.01	-9.98.01
2960	-10.55.01	-10.48.01	-10.45.01	-9.57.01	-9.63.02	-12.00.02	-9.99.01	
2980	-10.51.01	-10.46.01	-10.43.01	-9.58.01	-9.66.01	-12.00.01	-9.99.01	-10.03.01
3000	-10.49.01	-10.44.01	-10.44.01	-9.58.01	-9.66.01	-11.90.08	-9.97.01	
3020	-10.48.01	-10.43.01	-10.42.01	-9.60.01	-9.67.01	-11.77.03	-9.96.02	-9.99.01
3040	-10.49.01	-10.44.01	-10.31.02	-9.59.01	-9.63.01	-11.74.01	-9.96.01	
3060	-10.50.01	-10.45.01	-10.37.01	-9.61.01	-9.65.01	-11.58.04	-9.98.01	-10.05.01
3080	-10.48.01	-10.44.01	-10.37.01	-9.62.01	-9.67.01	-11.63.01	-9.99.01	
3100	-10.48.01	-10.44.01	-10.36.01	-9.63.01	-9.67.01	-11.55.05	-9.98.01	-10.04.02
3120	-10.51.01	-10.46.01	-10.35.01	-9.64.01	-9.68.01	-11.50.03	-9.98.01	
3140	-10.51.01	-10.46.01	-10.35.01	-9.65.01	-9.69.01		-9.99.01	-10.01.01

Длина волны, Å	HD 118022 78 VIR 03.05.87 Ц	HD 118022 78 VIR 30.06.87 Ц	HD 124850 ЮТА VIR 02.07.83 Ц	HD 125823 V761 CEN 01.09.87 Ц	HD 125823 V761 CEN 07.09.87 Ц	HD 129456 BS 5485 <sup>5</sup> 05.08.85 O	HD 130109 109 VIR 29.06.83 Ц	HD 134759 ЮТА-1 LIB 03.07.83 Ц
3160	-10.49.01	-10.45.01	-10.38.03	-9.65.01	-9.69.01	-11.41.02	-9.99.01	
3180	-10.49.01	-10.45.01	-10.40.02	-9.66.01	-9.71.01	-11.30.02	-10.00.01	-10.09.01
3200	-10.51.01	-10.45.01	-10.35.03	-9.66.01	-9.72.01	-11.33.03	-9.98.01	
3220	-10.51.01	-10.46.01	-10.33.02	-9.68.01	-9.73.01	-11.40.01	-9.97.01	-10.07.01
3240	-10.51.01	-10.47.01	-10.33.01	-9.69.01	-9.73.01	-11.39.03	-10.00.01	
3260	-10.49.01	-10.46.01	-10.23.02	-9.69.01	-9.72.01	-11.24.03	-9.98.01	-10.01.02
3280	-10.49.01	-10.44.01	-10.25.01	-9.70.01	-9.75.01	-11.13.01	-10.00.01	
3300	-10.48.01	-10.44.01	-10.25.01	-9.71.01	-9.75.01	-11.06.03	-10.00.01	-10.07.01
3320	-10.50.01	-10.45.01	-10.27.01	-9.73.01	-9.76.01	-11.08.01	-9.98.01	
3340	-10.51.01	-10.47.01	-10.27.01	-9.73.01	-9.77.01	-11.09.04	-9.99.01	-10.09.01
3360	-10.53.01	-10.48.01	-10.25.01	-9.74.01	-9.78.01	-11.11.05	-10.01.01	
3380	-10.53.01	-10.47.01	-10.25.01	-9.75.01	-9.80.01	-11.12.01	-10.00.01	-10.11.01
3400	-10.51.01	-10.46.01	-10.22.03	-9.75.01	-9.80.01	-11.04.02	-9.99.01	
3420	-10.51.01	-10.46.01	-10.22.01	-9.77.01	-9.82.01	-11.00.01	-10.00.01	-10.13.02
3440	-10.52.01	-10.47.01	-10.23.01	-9.77.01	-9.82.01	-11.04.02	-10.02.01	
3460	-10.54.01	-10.49.01	-10.28.03	-9.78.01	-9.82.01	-11.04.01	-10.03.01	-10.14.02
3480	-10.53.01	-10.48.01	-10.30.01	-9.79.01	-9.84.01	-11.01.02	-10.03.01	
3500	-10.53.01	-10.47.01	-10.33.01	-9.79.01	-9.83.01	-10.96.01	-10.05.01	
3520						-10.92.02		
3540								

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 22.03.84 Ц	HD 137909 BETA CRB 13.07.85 Ц	HD 137909 BETA CRB 24.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 27.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 28.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 01.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 04.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 25.08.87 Ц
1480								
1500								
1520								
1540								
1560								
1580								
1600								
1620								
1640								
1660								
1680	-10.62.09	-10.83.03						
1700	-10.65.01	-10.73.01						
1720	-10.61.04	-10.75.06						
1740	-10.61.06	-10.75.02						
1760	-10.45.02		-10.63.02		-10.70.01			
1780			-10.55.02	-10.66.04	-10.64.01	-10.71.01	-10.64.02	-10.72.01
1800			-10.47.02	-10.61.01	-10.54.01	-10.59.01	-10.52.01	-10.60.01
1820	-10.38.02		-10.39.02	-10.53.02	-10.47.01	-10.52.01	-10.48.01	-10.55.01
1840	-10.46.01		-10.44.01	-10.51.01	-10.51.01	-10.56.01	-10.50.01	-10.58.01
1860	-10.43.02		-10.46.02	-10.58.01	-10.53.01	-10.58.01	-10.54.01	-10.60.01
1880			-10.41.02	-10.53.01	-10.50.01	-10.55.01	-10.49.01	-10.57.01

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 22.03.84 Ц	HD 137909 BETA CRB 13.07.85 Ц	HD 137909 BETA CRB 24.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 27.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 28.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 01.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 04.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 25.08.87 Ц
1900			-10.45.01	-10.51.02	-10.48.01	-10.54.01	-10.47.01	-10.54.01
1920	-10.39.01		-10.36.01	-10.47.01	-10.44.01	-10.50.01	-10.43.01	-10.48.01
1940			-10.30.01	-10.39.01	-10.36.01	-10.42.01	-10.37.01	-10.41.01
1960	-10.27.02		-10.27.01	-10.38.01	-10.33.01	-10.39.01	-10.36.01	-10.39.01
1980	-10.28.01	-10.36.01	-10.27.01	-10.38.01	-10.33.01	-10.40.01	-10.37.01	-10.40.01
2000	-10.32.01	-10.39.01	-10.32.01	-10.42.01	-10.38.01	-10.43.01	-10.39.01	-10.44.01
2020	-10.31.02	-10.42.02	-10.30.01	-10.41.01	-10.37.01	-10.43.01	-10.40.01	-10.43.01
2040	-10.28.02		-10.25.02	-10.38.01	-10.33.01	-10.40.01	-10.36.01	-10.39.01
2060	-10.25.01		-10.22.01	-10.35.01	-10.30.01	-10.36.01	-10.33.01	-10.35.01
2080			-10.14.01	-10.27.02	-10.23.01	-10.29.01	-10.25.01	-10.29.01
2100	-10.20.01		-10.15.01	-10.26.01	-10.22.01	-10.29.01	-10.25.01	-10.28.01
2120	-10.21.01		-10.17.01	-10.29.02	-10.23.01	-10.30.01	-10.27.01	-10.29.01
2140	-10.24.01	-10.34.01	-10.21.01	-10.29.02	-10.27.01	-10.33.01	-10.29.01	-10.32.01
2160	-10.25.01		-10.20.01	-10.32.01	-10.27.01	-10.33.01	-10.29.01	-10.33.01
2180	-10.23.01	-10.29.01	-10.18.01	-10.27.02	-10.25.01	-10.30.01	-10.26.01	-10.29.01
2200	-10.20.01		-10.16.01	-10.27.01	-10.22.01	-10.27.01	-10.23.01	-10.26.01
2220	-10.23.01		-10.18.01	-10.29.01	-10.24.01	-10.30.01	-10.26.01	-10.28.01
2240	-10.27.01		-10.21.01	-10.33.01	-10.28.01	-10.33.01	-10.28.01	-10.32.01
2260	-10.29.01		-10.26.01	-10.37.01	-10.31.01	-10.37.01	-10.32.01	-10.35.01
2280	-10.27.01		-10.22.01	-10.33.01	-10.28.01	-10.34.01	-10.28.01	-10.32.01
2300	-10.27.01		-10.22.01	-10.32.01	-10.27.01	-10.34.01	-10.29.01	-10.33.01

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 22.03.84 П	HD 137909 BETA CRB 13.07.85 П	HD 137909 BETA CRB 24.07.87 П	HD 137909 BETA CRB 27.07.87 П	HD 137909 BETA CRB 28.07.87 П	HD 137909 BETA CRB 01.08.87 П	HD 137909 BETA CRB 04.08.87 П	HD 137909 BETA CRB 25.08.87 П
2320	-10.32.02		-10.28.03	-10.37.01	-10.32.01	-10.38.01	-10.34.01	-10.36.01
2340	-10.40.02	-10.48.01	-10.35.01	-10.46.01	-10.41.01	-10.47.01	-10.42.01	-10.47.01
2360	-10.43.01	-10.50.01	-10.39.01	-10.49.01	-10.43.01	-10.49.01	-10.44.01	-10.49.01
2380	-10.43.01		-10.36.02	-10.49.01	-10.44.01	-10.49.01	-10.45.01	-10.48.01
2400	-10.43.01		-10.40.01	-10.48.01	-10.44.01	-10.50.01	-10.46.01	-10.49.01
2420	-10.38.02		-10.31.01	-10.42.01	-10.37.01	-10.43.01	-10.38.01	-10.41.01
2440	-10.34.01		-10.25.01	-10.38.01	-10.33.01	-10.39.01	-10.35.01	-10.38.01
2460	-10.37.01		-10.32.01	-10.42.01	-10.36.01	-10.41.01	-10.37.01	-10.40.01
2480	-10.37.01	-10.42.01	-10.33.01	-10.41.01	-10.36.01	-10.41.01	-10.37.01	-10.41.01
2500	-10.34.01	-10.38.01	-10.31.01	-10.38.01	-10.34.01	-10.39.01	-10.35.01	-10.39.01
2520	-10.35.01	-10.42.02	-10.34.01	-10.40.01	-10.36.01	-10.41.01	-10.38.01	-10.43.01
2540	-10.39.01	-10.47.01	-10.36.01	-10.44.01	-10.40.01	-10.44.01	-10.41.01	-10.47.01
2560	-10.33.02		-10.31.02	-10.38.01	-10.35.01	-10.40.01	-10.37.01	-10.41.01
2580	-10.30.01	-10.37.01	-10.28.01	-10.36.01	-10.30.01	-10.37.01	-10.33.01	-10.37.01
2600	-10.35.01	-10.41.01	-10.28.01	-10.38.01	-10.33.01	-10.38.01	-10.35.01	-10.39.01
2620	-10.35.01	-10.38.03	-10.26.01	-10.36.01	-10.32.01	-10.36.01	-10.31.01	-10.37.01
2640			-10.18.01	-10.26.01	-10.21.01	-10.26.01	-10.21.01	-10.26.01
2660	-10.23.02	-10.30.02	-10.17.01	-10.24.01	-10.21.01	-10.25.01	-10.21.01	-10.25.01
2680			-10.20.01	-10.29.01	-10.25.01	-10.29.01	-10.25.01	-10.29.01
2700	-10.28.03		-10.20.01	-10.30.01	-10.25.01	-10.30.01	-10.25.01	-10.30.01
2720	-10.27.02		-10.19.01	-10.29.01	-10.25.01	-10.28.01	-10.25.01	-10.29.01

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 22.03.84 Ц	HD 137909 BETA CRB 13.07.85 Ц	HD 137909 BETA CRB 24.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 27.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 28.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 01.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 04.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 25.08.87 Ц
2740	-10.32.01	-10.35.03	-10.23.01	-10.31.01	-10.27.01	-10.32.01	-10.29.01	-10.32.01
2760	-10.32.01		-10.26.01	-10.33.01	-10.29.01	-10.33.01	-10.30.01	-10.35.01
2780			-10.22.01	-10.30.01	-10.26.01	-10.31.01	-10.28.01	-10.32.01
2800	-10.35.02		-10.27.01	-10.34.01	-10.30.01	-10.37.01	-10.34.01	-10.38.01
2820	-10.25.01		-10.16.01	-10.24.01	-10.21.01	-10.25.01	-10.22.01	-10.26.01
2840		-10.30.01	-10.17.01	-10.24.01	-10.20.01	-10.25.01	-10.21.01	-10.25.01
2860	-10.24.01		-10.19.01	-10.27.01	-10.23.01	-10.27.01	-10.24.01	-10.27.01
2880	-10.20.01	-10.27.01	-10.14.01	-10.22.01	-10.19.01	-10.24.01	-10.21.01	-10.23.01
2900	-10.14.02	-10.22.01	-10.09.01	-10.18.01	-10.14.01	-10.20.01	-10.17.01	-10.19.01
2920	-10.12.01	-10.21.01	-10.07.01	-10.16.01	-10.13.01	-10.18.01	-10.16.01	-10.17.01
2940	-10.14.01		-10.08.01	-10.19.01	-10.14.01	-10.20.01	-10.17.01	-10.20.01
2960	-10.13.01		-10.06.01	-10.16.01	-10.12.01	-10.17.01	-10.14.01	-10.17.01
2980			-10.04.01	-10.15.01	-10.10.01	-10.15.01	-10.12.01	-10.15.01
3000	-10.08.01		-10.03.01	-10.12.01	-10.08.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.13.01
3020	-10.08.01		-10.01.01	-10.12.01	-10.07.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.11.01
3040	-10.08.01	-10.15.01	-10.02.01	-10.12.01	-10.07.01	-10.13.01	-10.10.01	-10.12.01
3060	-10.09.01		-10.03.01	-10.13.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.10.01	-10.13.01
3080	-10.07.01	-10.15.01	-10.02.01	-10.12.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.10.01	-10.12.01
3100	-10.09.01		-10.02.01	-10.13.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.10.01	-10.11.01
3120	-10.09.01		-10.04.01	-10.14.01	-10.09.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.12.01
3140	-10.08.01		-10.04.01	-10.14.01	-10.09.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.12.01

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 22.03.84 Ц	HD 137909 BETA CRB 13.07.85 Ц	HD 137909 BETA CRB 24.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 27.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 28.07.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 01.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 04.08.87 Ц	HD 137909 BETA CRB 25.08.87 Ц
3160	-10.09.01		-10.03.01	-10.14.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.11.01
3180	-10.08.01		-10.03.01	-10.14.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.12.01
3200	-10.08.01		-10.03.01	-10.13.01	-10.07.01	-10.14.01	-10.09.01	-10.12.01
3220	-10.09.01		-10.05.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.12.01
3240	-10.10.01	-10.16.01	-10.04.01	-10.14.01	-10.08.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.13.01
3260	-10.08.01	-10.13.01	-10.01.01	-10.12.01	-10.06.01	-10.12.01	-10.07.01	-10.10.01
3280	-10.07.01		-10.02.02	-10.11.01	-10.06.01	-10.11.01	-10.07.01	-10.10.01
3300	-10.06.01		-10.01.01	-10.09.01	-10.04.01	-10.10.01	-10.06.01	-10.08.01
3320	-10.07.01		- 9.99.01	-10.10.01	-10.05.01	-10.12.01	-10.07.01	-10.09.01
3340	-10.09.01		-10.01.01	-10.12.01	-10.07.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.10.01
3360	-10.10.01		-10.04.01	-10.13.01	-10.08.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.12.01
3380	-10.09.01	-10.13.01	-10.05.01	-10.12.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.12.01
3400	-10.09.01	-10.10.01	-10.04.01	-10.11.01	-10.07.01	-10.13.01	-10.09.01	-10.12.01
3420	-10.05.01	-10.14.01	-10.04.01	-10.13.01	-10.08.01	-10.13.01	-10.10.01	-10.13.01
3440	-10.10.01	-10.16.01	-10.05.01	-10.14.01	-10.09.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.14.01
3460	-10.08.01	-10.13.01	-10.07.01	-10.14.01	-10.09.01	-10.15.01	-10.11.01	-10.14.01
3480	-10.09.01	-10.17.01	-10.05.01	-10.15.01	-10.09.01	-10.15.01	-10.12.01	-10.14.01
3500				-10.14.01	-10.09.01	-10.14.01	-10.10.01	-10.14.01
3520								
3540								

Длина волны, А	HD 137909 BETA CRB 26.08.87 Ц	HD 141527 R CRB 02.08.85 Ц	HD 141556 CHI LUP 02.04.84 Ц	HD 141556 CHI LUP 09.10.84 Ц	HD 141556 CHI LUP 11.09.85 Ц	HD 142114 2 SCO 05.09.84 Ф	HD 142184 BS 5907 14.09.83 Ц	HD 144470 OMEGA-1 SCO 30.07.84 O
1480						-9.19.01		
1500			-9.56.02			-9.17.01	-9.54.01	
1520			-9.58.01	-9.58.01	-9.61.01	-9.18.01	-9.57.01	
1540			-9.59.04	-9.58.01	-9.54.04	-9.20.01	-9.60.01	-8.88.01
1560			-9.63.01	-9.61.02	-9.59.08	-9.21.01	-9.62.01	-8.86.01
1580			-9.62.01	-9.59.01	-9.55.04	-9.22.01	-9.62.01	-8.86.01
1600			-9.65.02	-9.61.01	-9.62.01	-9.24.01	-9.63.01	-8.88.01
1620			-9.62.01	-9.60.01	-9.66.02	-9.24.01	-9.65.01	-8.88.01
1640			-9.69.02	-9.65.01	-9.68.01	-9.25.01	-9.66.01	-8.88.01
1660			-9.69.03	-9.63.01	-9.65.03	-9.27.01	-9.69.01	-8.90.01
1680			-9.63.01	-9.62.01	-9.67.01	-9.28.01	-9.69.01	-8.92.01
1700			-9.67.01	-9.66.01	-9.70.01	-9.32.01	-9.73.01	-8.95.01
1720			-9.67.01	-9.66.02	-9.71.01	-9.33.01	-9.74.01	-8.96.01
1740			-9.68.01	-9.66.01	-9.65.04	-9.34.01	-9.73.01	-8.97.01
1760			-9.69.01	-9.67.02	-9.73.01	-9.34.01	-9.75.01	-8.97.01
1780	-10.66.02		-9.64.02	-9.63.02	-9.67.02	-9.34.01	-9.75.01	-8.99.01
1800	-10.55.01		-9.64.01	-9.63.02	-9.67.02	-9.35.01	-9.76.01	-9.00.01
1820	-10.47.01		-9.67.01	-9.65.01	-9.67.01	-9.37.01	-9.78.01	-9.02.01
1840	-10.50.01		-9.68.01	-9.65.01	-9.70.01	-9.41.01	-9.81.02	-9.05.01
1860	-10.52.01		-9.67.01	-9.68.01	-9.70.01	-9.42.01	-9.82.01	-9.07.01
1880	-10.47.01		-9.67.01	-9.68.01	-9.70.01			

Длина волны, Å	HD 137909 BETA CRB 26.08.87 Ц	HD 141527 R CRB 02.08.85 Ц	HD 141556 CHILLUP 02.04.84 Ц	HD 141556 CHILLUP 09.10.84 Ц	HD 141556 CHILLUP 11.09.85 Ц	HD 142114 2 SCO 05.09.84 Ф	HD 142184 BS 5907 14.09.83 Ц	HD 144470 OMEGA-1 SCO 30.07.84 O
1900	-10.46.01		-9.68.01	-9.67.01	-9.73.01	-9.45.01	-9.85.01	-9.11.01
1920	-10.41.01		-9.68.01	-9.69.01	-9.73.01	-9.47.01	-9.88.01	-9.14.01
1940	-10.36.01		-9.69.01	-9.68.01	-9.73.01	-9.49.01	-9.89.01	-9.16.01
1960	-10.32.01		-9.67.01	-9.70.02	-9.70.01	-9.50.01	-9.91.01	-9.19.01
1980	-10.33.01		-9.67.01	-9.68.02	-9.70.01	-9.51.01	-9.90.01	-9.20.01
2000	-10.38.01		-9.69.01	-9.71.01	-9.72.01	-9.54.01	-9.96.01	-9.23.01
2020	-10.36.01		-9.70.01	-9.70.01	-9.71.01	-9.54.01	-9.97.01	-9.24.01
2040	-10.33.01		-9.68.01	-9.68.01	-9.72.01	-9.56.01	-9.98.01	-9.27.01
2060	-10.28.01		-9.69.01	-9.67.01	-9.71.01	-9.57.01	-10.01.01	-9.30.01
2080	-10.21.01		-9.70.01	-9.67.01	-9.70.01	-9.59.01	-10.05.01	-9.32.01
2100	-10.21.01	-12.28.10	-9.74.01	-9.68.01	-9.71.01	-9.61.01	-10.03.02	-9.35.01
2120	-10.23.01	-12.19.12		-9.70.01	-9.73.01	-9.62.01	-10.05.01	-9.36.01
2140	-10.26.01			-9.70.01	-9.74.01	-9.63.01	-10.08.01	-9.39.01
2160	-10.25.01	-12.38.03		-9.70.01	-9.73.01	-9.65.01	-10.08.01	-9.41.01
2180	-10.23.01			-9.73.01	-9.74.01	-9.66.01	-10.11.01	-9.43.01
2200	-10.20.01			-9.73.01	-9.75.01	-9.67.01	-10.13.01	-9.43.01
2220	-10.22.01	-12.33.04		-9.75.01	-9.77.01	-9.69.01	-10.12.01	-9.44.01
2240	-10.26.01	-12.36.03		-9.76.01	-9.79.01	-9.69.01	-10.15.01	-9.45.01
2260	-10.29.01	-12.41.07		-9.79.01	-9.81.01	-9.69.01	-10.12.01	-9.44.01
2280	-10.26.01			-9.78.01	-9.78.01	-9.68.01	-10.11.01	-9.43.01
2300	-10.26.01	-12.38.12		-9.80.01	-9.80.01	-9.69.01	-10.12.01	-9.43.01

Длина волны, А	HD 137909 BETA CRB 26.08.87 Ц	HD 141527 RCRB 02.08.85 Ц	HD 141556 CHILUP 02.04.84 Ц	HD 141556 CHILUP 09.10.84 Ц	HD 141556 CHILUP 11.09.85 Ц	HD 142114 2SCO 05.09.84 Ф	HD 142184 BS 5907 14.09.83 Ц	HD 144470 OMEGA-1 SCO 30.07.84 O
2320	-10.30 .01	-12.40 .05		-9.83 .01	-9.85 .01	-9.68 .01	-10.11 .01	-9.41 .01
2340	-10.39 .01			-9.87 .01	-9.89 .01	-9.69 .01	-10.12 .01	-9.40 .01
2360	-10.40 .01			-9.87 .01	-9.89 .01	-9.68 .01	-10.11 .01	-9.38 .01
2380	-10.41 .01	-12.44 .03		-9.89 .01	-9.90 .01	-9.68 .01	-10.10 .01	-9.37 .01
2400	-10.42 .01			-9.89 .01	-9.91 .01	-9.67 .01	-10.10 .01	-9.36 .01
2420	-10.35 .01	-12.55 .11	-9.90 .04	-9.87 .01	-9.89 .01	-9.67 .01	-10.09 .01	-9.35 .01
2440	-10.31 .01	-12.39 .01	-9.91 .04	-9.87 .01	-9.88 .01	-9.66 .01	-10.09 .01	-9.35 .01
2460	-10.33 .01	-12.48 .06	-9.81 .04	-9.86 .01	-9.87 .01	-9.66 .01	-10.08 .01	-9.34 .01
2480	-10.33 .01		-9.88 .03	-9.86 .01	-9.88 .01	-9.66 .01	-10.08 .01	-9.34 .01
2500	-10.31 .01	-12.27 .04	-9.90 .03	-9.85 .01	-9.86 .01	-9.67 .01	-10.08 .01	-9.34 .01
2520	-10.33 .01	-12.25 .03	-9.91 .03	-9.85 .01	-9.88 .01	-9.67 .01	-10.07 .01	-9.34 .01
2540	-10.37 .01	-12.47 .13	-9.94 .01	-9.88 .01	-9.91 .01	-9.68 .01	-10.10 .01	-9.34 .01
2560	-10.32 .01	-12.35 .02	-9.89 .03	-9.86 .01	-9.88 .01	-9.68 .01	-10.07 .01	-9.34 .01
2580	-10.28 .01	-12.11 .03	-9.85 .01	-9.85 .01	-9.86 .01	-9.66 .01	-10.08 .01	-9.35 .01
2600	-10.31 .01	-12.30 .02	-9.89 .01	-9.86 .01	-9.89 .01	-9.67 .01	-10.09 .01	-9.35 .01
2620	-10.31 .01	-12.52 .10	-9.87 .01	-9.88 .01	-9.89 .01	-9.67 .01	-10.06 .01	-9.35 .01
2640	-10.20 .01		-9.84 .01	-9.83 .01	-9.83 .02	-9.67 .01	-10.07 .01	-9.35 .01
2660	-10.20 .01	-11.79 .03	-9.84 .01	-9.84 .01	-9.85 .01	-9.68 .01	-10.05 .01	-9.35 .01
2680	-10.23 .01	-11.93 .04	-9.86 .01	-9.85 .01	-9.87 .01	-9.69 .01	-10.08 .01	-9.36 .01
2700	-10.24 .01	-12.15 .02	-9.90 .01	-9.90 .02	-9.89 .01	-9.71 .01	-10.10 .01	-9.37 .01
2720	-10.22 .01	-12.13 .01	-9.87 .01	-9.86 .01	-9.88 .01	-9.71 .01	-10.08 .01	-9.37 .01

Длина волны, А	HD 137909 BETA CRB 26.08.87 Ц	HD 141527 R CRB 02.08.85 Ц	HD 141556 CHI LUP 02.04.84 Ц	HD 141556 CHI LUP 09.10.84 Ц	HD 141556 CHI LUP 11.09.85 Ц	HD 142114 2 SCO 05.09.84 Ф	HD 142184 BS 5907 14.09.83 Ц	HD 144470 OMEGA-1 SCO 30.07.84 O
2740	-10.26.01	-12.10.03	-9.90.01	-9.87.01	-9.89.01	-9.71.01	-10.09.01	-9.37.01
2760	-10.28.01	-12.17.01	-9.91.01	-9.91.01	-9.92.01	-9.72.01	-10.08.01	-9.38.01
2780	-10.25.01	-12.27.04	-9.90.01	-9.89.01	-9.90.01	-9.73.01	-10.11.01	-9.39.01
2800	-10.31.01	-12.58.14	-9.92.01	-9.91.01	-9.93.01	-9.74.01	-10.12.01	-9.41.01
2820	-10.19.01	-12.02.04	-9.89.01	-9.90.01	-9.89.01	-9.74.01	-10.11.01	-9.40.01
2840	-10.19.01	-11.98.05	-9.90.01	-9.89.01	-9.90.01	-9.75.01	-10.11.01	-9.41.01
2860	-10.21.01		-9.92.01	-9.91.01	-9.92.01	-9.75.01	-10.12.01	-9.41.01
2880	-10.17.01	-11.88.02	-9.91.01	-9.92.01	-9.91.01	-9.75.01	-10.11.01	-9.41.01
2900	-10.13.01	-11.69.04	-9.90.01	-9.90.01	-9.89.01	-9.75.01	-10.13.01	-9.42.01
2920	-10.11.01	-11.61.02	-9.89.01	-9.86.01	-9.88.01	-9.76.01	-10.13.01	-9.42.01
2940	-10.13.01	-11.63.03	-9.90.01	-9.87.01	-9.90.01	-9.77.01	-10.16.01	-9.43.01
2960	-10.10.01	-11.58.02	-9.90.01	-9.87.01	-9.89.01	-9.77.01	-10.15.01	-9.43.01
2980	-10.08.01	-11.55.02	-9.91.02	-9.86.01	-9.89.01	-9.77.01	-10.16.01	-9.44.01
3000	-10.06.01	-11.43.03	-9.91.02	-9.85.01	-9.88.01	-9.78.01	-10.14.01	-9.44.01
3020	-10.05.01			-9.85.01	-9.88.01	-9.78.01	-10.14.01	-9.45.01
3040	-10.05.01	-11.36.02		-9.85.01	-9.89.01	-9.79.01	-10.16.01	-9.45.01
3060	-10.05.01	-11.37.02		-9.85.01	-9.89.01	-9.79.01	-10.15.01	-9.45.01
3080	-10.05.01			-9.86.01	-9.88.01	-9.80.01	-10.16.01	-9.46.01
3100	-10.05.01	-11.50.02	-9.87.01	-9.87.01	-9.90.01	-9.81.01	-10.18.01	-9.47.01
3120	-10.06.01	-11.33.03		-9.88.01	-9.91.01	-9.81.01	-10.18.01	-9.47.01
3140	-10.06.01	-11.30.02		-9.87.01	-9.91.01	-9.82.01	-10.19.01	-9.47.01

Длина волны, А	HD 137909 BETA CRB 26.08.87 Ц	HD 141527 R.CRB 02.08.85 Ц	HD 141556 CHILUP 02.04.84 Ц	HD 141556 CHILUP 09.10.84 Ц	HD 141556 CHILUP 11.09.85 Ц	HD 142114 2.SCO 05.09.84 Ф	HD 142184 BS 5907 14.09.83 Ц	HD 144470 OMEGA-1 SCO 30.07.84 О
3160	-10.05.01	-11.34.02		-9.87.01	-9.91.01	-9.82.01	-10.17.01	-9.48.01
3180	-10.05.01	-11.40.06		-9.89.01	-9.92.01	-9.83.01	-10.19.01	-9.48.01
3200	-10.05.01	-11.34.03		-9.89.01	-9.92.01	-9.84.01	-10.20.01	-9.49.01
3220	-10.05.01	-11.32.02		-9.89.01	-9.93.01	-9.84.01	-10.20.01	-9.49.01
3240	-10.05.01	-11.40.03		-9.89.01	-9.94.01	-9.84.01	-10.20.01	-9.50.01
3260	-10.03.01	-11.31.03	-9.89.01	-9.89.01	-9.93.01	-9.85.01	-10.21.01	-9.50.01
3280	-10.02.01			-9.88.01	-9.93.01	-9.86.01	-10.21.01	-9.51.01
3300	-10.01.01	-11.21.04		-9.89.01	-9.93.01	-9.86.01	-10.21.01	-9.52.01
3320	-10.02.01	-11.28.03	-9.93.04	-9.89.01	-9.94.01	-9.87.01	-10.23.01	-9.52.01
3340	-10.04.01	-11.29.01		-9.92.01	-9.95.01	-9.87.01	-10.23.01	-9.53.01
3360	-10.05.01	-11.31.02		-9.91.01	-9.95.01	-9.88.01	-10.24.01	-9.54.01
3380	-10.05.01			-9.91.01	-9.96.01	-9.88.01	-10.23.01	-9.54.01
3400	-10.03.01	-11.21.02		-9.92.01	-9.96.01	-9.89.01	-10.25.01	-9.55.01
3420	-10.04.01	-11.09.01		-9.91.01	-9.96.01	-9.90.01	-10.25.01	-9.55.01
3440	-10.05.01	-11.22.01	-9.92.02	-9.92.01	-9.97.01	-9.91.01	-10.28.01	-9.56.01
3460	-10.06.01	-11.23.01	-9.96.01	-9.93.01	-9.98.01	-9.92.01	-10.27.01	-9.57.01
3480	-10.05.01	-11.16.04	-9.95.02	-9.95.01	-9.98.01		-10.29.01	-9.58.01
3500	-10.05.01	-11.15.01	-9.91.01	-9.95.01	-9.99.01		-10.31.01	-9.59.01
3520								
3540								

Длина волны, Å	HD 145389 PHI HER 26.08.85 Ц	HD 147394 TAU HER 21.08.84 Ц	HD 147165 SIGMA SCO 09.09.85 Ц	HD 148184 CHI OPH 12.08.83 Ц	HD 148898 OMEGA OPH 11.08.83 Ц	HD 149038 MU NOR 13.09.88 Ц	HD 149438 TAU SCO 15.08.83 Ц	HD 149438 TAU SCO 24.09.87 Ц
1480								
1500								
1520								
1540	-9.50.01	-8.97.01	-8.52.01	-9.39.01		-9.37.01		-7.83.01
1560	-9.50.01		-8.61.01	-9.42.01		-9.41.02	-8.05.01	
1580	-9.53.02	-8.99.01	-8.60.01	-9.42.01		-9.44.01	-8.03.01	-7.90.01
1600	-9.52.01		-8.58.01	-9.43.01		-9.42.01	-8.09.01	
1620	-9.53.02	-9.02.01	-8.61.01	-9.44.01	-10.96.03	-9.52.01	-8.07.01	
1640	-9.55.01		-8.64.01	-9.44.01	-10.82.04	-9.49.01	-8.14.01	
1660	-9.56.02	-9.06.01	-8.63.01	-9.45.01	-10.73.04	-9.50.02	-8.12.01	
1680	-9.57.01		-8.64.01	-9.47.01	-10.73.02	-9.46.01	-8.09.01	
1700	-9.60.01	-9.09.01	-8.66.01	-9.50.01	-10.71.03	-9.46.01	-8.07.01	-8.00.01
1720	-9.62.01		-8.72.01	-9.53.01	-10.66.02	-9.53.01		
1740	-9.62.01	-9.12.01	-8.72.01	-9.54.01	-10.64.03	-9.50.01		
1760	-9.62.01		-8.73.01	-9.56.01	-10.61.02	-9.48.01		
1780	-9.64.01	-9.14.01	-8.75.01	-9.56.01	-10.59.02	-9.49.01	-8.18.01	
1800	-9.60.01		-8.72.01	-9.57.01	-10.53.02	-9.52.01	-8.20.01	
1820	-9.59.02	-9.12.01	-8.76.01	-9.60.01	-10.46.02	-9.52.01	-8.18.01	
1840	-9.64.01		-8.78.01	-9.61.01	-10.47.01	-9.52.01	-8.20.01	
1860	-9.66.01	-9.18.02	-8.83.01	-9.66.01	-10.50.01	-9.57.01		
1880	-9.64.01		-8.85.01	-9.69.01	-10.49.01	-9.59.01	-8.24.01	

Длина волны, Å	HD 145389 PHI HER 26.08.85 II	HD 147394 TAU HER 21.08.84 II	HD 147165 SIGMA SCO 09.09.85 II	HD 148184 CHI OPH 12.08.83 II	HD 148898 OMEGA OPH 11.08.83 II	HD 149038 MU NOR 13.09.88 II	HD 149438 TAU SCO 15.08.83 II	HD 149438 TAU SCO 24.09.87 II
1900	-9.63.01	-9.20.01	-8.93.01	-9.74.01	-10.49.01	-9.61.01	-8.31.01	
1920	-9.65.01		-8.96.01	-9.76.01	-10.49.01	-9.64.01	-8.32.01	
1940	-9.66.01	-9.22.01	-8.98.01	-9.79.02	-10.47.01	-9.67.01	-8.27.01	
1960	-9.65.01		-9.00.01	-9.84.01	-10.44.01	-9.68.01	-8.33.01	
1980	-9.64.01	-9.21.01	-9.00.01	-9.86.01	-10.43.02	-9.70.01		-8.19.02
2000	-9.62.03		-9.04.01	-9.89.01	-10.48.01	-9.74.01		-8.24.01
2020	-9.69.01	-9.23.01	-9.05.01	-9.92.01	-10.48.01	-9.75.01	-8.33.01	-8.24.01
2040	-9.67.02		-9.07.01	-9.93.01	-10.47.01	-9.78.01	-8.39.01	
2060	-9.69.01	-9.23.01	-9.11.01	-9.95.01	-10.47.01	-9.82.01		
2080	-9.68.01		-9.13.01	-9.97.01	-10.44.02	-9.85.01	-8.37.01	
2100	-9.68.01	-9.24.01	-9.17.01	-10.01.01	-10.41.02	-9.89.01	-8.44.01	-8.27.01
2120	-9.66.01		-9.19.01	-10.03.01	-10.46.01	-9.90.01		
2140	-9.70.01	-9.27.01	-9.21.01	-10.05.01	-10.48.01	-9.92.01		
2160	-9.70.01		-9.25.01	-10.08.01	-10.45.02	-9.95.01	-8.41.01	
2180	-9.70.01	-9.28.01	-9.27.01	-10.10.01	-10.46.01	-9.96.01	-8.45.01	-8.30.01
2200	-9.72.01		-9.27.01	-10.09.01	-10.45.01	-9.98.01	-8.50.01	
2220	-9.72.01	-9.31.01	-9.26.01	-10.09.01	-10.48.01	-9.98.01		-8.35.01
2240	-9.74.01		-9.28.01	-10.09.01	-10.48.02	-9.98.01	-8.55.01	-8.36.01
2260	-9.76.01	-9.35.01	-9.25.01	-10.08.01	-10.53.01	-9.97.01	-8.53.01	-8.37.01
2280	-9.75.01		-9.25.01	-10.07.01	-10.51.01	-9.96.01		-8.37.01
2300	-9.78.01	-9.35.01	-9.24.01	-10.05.01	-10.51.01	-9.96.01		-8.40.01

Длина волнь, Å	HD 145389 PHI HER 26.08.85 Ц	HD 147394 TAU HER 21.08.84 Ц	HD 147165 SIGMA SCO 09.09.85 Ц	HD 148184 CHI OPH 12.08.83 Ц	HD 148898 OMEGA OPH 11.08.83 Ц	HD 149038 MU NOR 13.09.88 Ц	HD 149438 TAU SCO 15.08.83 Ц	HD 149438 TAU SCO 24.09.87 Ц
2320	-9.78.01		-9.72.01	-10.00.01	-10.56.01	-9.92.01	-8.53.01	-8.40.01
2340	-9.80.02	-9.40.01	-9.19.01	-9.99.01	-10.61.01	-9.89.01	-8.52.01	-8.41.01
2360	-9.82.01		-9.16.01	-9.97.01	-10.64.01	-9.87.01	-8.54.01	-8.42.01
2380	-9.84.01	-9.43.01	-9.15.01	-9.94.01	-10.64.01	-9.86.01	-8.54.01	-8.44.01
2400	-9.85.01		-9.14.01	-9.93.01	-10.64.01	-9.85.01		-8.42.01
2420	-9.84.01	-9.43.01	-9.11.01	-9.90.01	-10.61.01	-9.82.01		-8.44.01
2440	-9.84.01		-9.11.01	-9.86.01	-10.54.01	-9.82.01		-8.45.01
2460	-9.83.02	-9.43.01	-9.10.01	-9.85.01	-10.56.01	-9.81.01		-8.45.01
2480	-9.81.02		-9.08.01	-9.84.01	-10.56.02	-9.81.01	-8.57.01	-8.45.01
2500	-9.82.01	-9.43.01	-9.09.01	-9.85.01	-10.55.01	-9.80.01	-8.58.01	-8.47.01
2520	-9.82.02		-9.08.01	-9.83.01	-10.51.01	-9.80.01	-8.55.01	
2540	-9.88.01	-9.46.01	-9.08.01	-9.78.01	-10.59.01	-9.79.01	-8.61.01	
2560	-9.86.01		-9.08.01	-9.77.01	-10.55.01	-9.78.01	-8.62.01	-8.49.01
2580	-9.84.01	-9.45.01	-9.08.01	-9.75.01	-10.51.01	-9.77.01	-8.64.01	
2600	-9.88.01		-9.08.01	-9.81.01	-10.54.01	-9.80.01		-8.52.01
2620	-9.86.01	-9.44.01		-9.83.01	-10.60.01	-9.78.01		
2640	-9.83.01		-9.10.01	-9.85.01	-10.50.02	-9.77.01		
2660	-9.83.01	-9.46.01	-9.10.01	-9.87.01	-10.51.01	-9.79.01	-8.68.01	
2680	-9.86.01		-9.12.01	-9.85.01	-10.55.01	-9.83.01	-8.70.01	
2700	-9.89.01	-9.51.01	-9.12.01	-9.85.01	-10.55.02	-9.83.01		
2720	-9.86.01		-9.10.01	-9.85.01	-10.48.02	-9.82.01	-8.73.01	

Длина волны, Å	HD 145389 PHI HER 26.08.85 Ц	HD 147394 TAU HER 21.08.84 Ц	HD 147165 SIGMA SCO 09.09.85 Ц	HD 148184 CHI OPH 12.08.83 Ц	HD 148898 OMEGA OPH 11.08.83 Ц	HD 149038 MUNOR 13.09.88 Ц	HD 149438 TAU SCO 15.08.83 Ц	HD 149438 TAU SCO 24.09.87 Ц
2740	-9.88.01	-9.50.01	-9.10.01	-9.83.01	-10.50.01	-9.81.01	-8.73.01	
2760	-9.90.01		-9.10.01	-9.83.01	-10.57.01	-9.83.01		
2780	-9.88.01	-9.52.01	-9.10.01	-9.83.01	-10.59.02	-9.83.01	-8.74.01	
2800	-9.89.01		-9.13.01	-9.85.01	-10.72.01	-9.84.01	-8.78.01	
2820	-9.87.01	-9.52.01	-9.13.01	-9.86.01	-10.55.02	-9.82.01	-8.77.01	
2840	-9.88.01		-9.13.01	-9.86.01	-10.53.01	-9.81.01	-8.75.01	
2860	-9.90.01	-9.55.01	-9.13.01	-9.85.01	-10.58.01	-9.81.01		-8.66.01
2880	-9.89.02		-9.12.01	-9.85.01	-10.50.01	-9.82.01		
2900	-9.88.01	-9.53.01	-9.12.01	-9.85.01	-10.48.01	-9.81.01	-8.81.01	-8.67.01
2920	-9.88.01		-9.13.01	-9.84.01	-10.46.01	-9.81.01	-8.86.01	-8.68.01
2940	-9.89.01	-9.56.01	-9.13.01	-9.81.01	-10.49.01	-9.82.01		
2960	-9.89.01		-9.13.01	-9.82.01	-10.46.01	-9.82.01	-8.82.01	
2980	-9.88.01	-9.57.01	-9.13.01	-9.81.01	-10.43.01	-9.83.01	-8.82.01	
3000	-9.87.01		-9.14.01	-9.81.01	-10.43.01	-9.84.01	-8.88.01	
3020	-9.86.01	-9.56.01	-9.14.01	-9.80.01	-10.42.01	-9.84.01		
3040	-9.88.01		-9.15.01	-9.81.01	-10.45.01	-9.85.01	-8.87.01	
3060	-9.89.01	-9.58.01	-9.15.01	-9.81.01	-10.41.01	-9.85.01	-8.89.01	-8.73.01
3080	-9.89.01		-9.16.01	-9.81.01	-10.42.01	-9.85.01	-8.92.01	
3100	-9.89.01	-9.58.01	-9.16.01	-9.81.01	-10.42.01	-9.86.01		-8.79.01
3120	-9.90.01		-9.16.01	-9.82.01	-10.44.01	-9.86.01	-8.96.01	
3140	-9.89.01	-9.61.01	-9.17.01	-9.80.01	-10.43.01	-9.86.01	-8.96.01	-8.79.01

Длина волны, Å	HD 145389 PII HER 26.08.85 Ц	HD 147394 TAU HER 21.08.84 Ц	HD 147165 SIGMA SCO 09.09.85 Ц	HD 148184 CHI OPH 12.08.83 Ц	HD 148898 OMEGA OPH 11.08.83 Ц	HD 149038 MU NOR 13.09.88 Ц	HD 149438 TAU SCO 15.08.83 Ц	HD 149438 TAU SCO 24.09.87 Ц
3160	-9.91.01		-9.17.01	-9.82.01	-10.42.01	-9.88.01	-8.93.01	-8.79.01
3180	-9.93.01	-9.61.01	-9.18.01	-9.82.01	-10.42.01	-9.88.01		-8.79.01
3200	-9.92.01		-9.19.01	-9.81.01	-10.42.01	-9.90.01		-8.80.01
3220	-9.91.01	-9.64.01	-9.20.01	-9.79.01	-10.43.01	-9.90.01	-8.95.01	-8.82.01
3240	-9.90.01		-9.19.01	-9.80.01	-10.42.01	-9.91.01	-8.93.01	-8.83.01
3260	-9.92.01	-9.64.01	-9.20.01	-9.82.01	-10.41.01	-9.91.01	-8.93.01	-8.84.01
3280	-9.92.01		-9.21.01	-9.81.01	-10.41.01	-9.91.01	-8.95.01	-8.84.01
3300	-9.92.01	-9.65.01	-9.21.01	-9.82.01	-10.38.01	-9.91.01		-8.85.01
3320	-9.93.01		-9.22.01	-9.80.01	-10.40.01	-9.92.01		-8.89.01
3340	-9.94.01	-9.66.01	-9.23.01	-9.78.01	-10.39.01	-9.93.01		-8.90.01
3360	-9.93.01		-9.24.01	-9.80.01	-10.41.01	-9.94.01		-8.90.01
3380		-9.67.01	-9.24.01	-9.80.01	-10.39.02	-9.95.01	-8.99.01	-8.91.01
3400	-9.94.01		-9.25.01	-9.82.01	-10.35.01	-9.95.01	-8.99.01	
3420	-9.96.01	-9.69.01	-9.25.01	-9.79.01	-10.37.01	-9.97.01	-8.98.01	
3440	-9.96.01		-9.26.01	-9.78.01	-10.39.01	-9.97.01	-9.05.01	
3460	-9.96.02	-9.72.01	-9.27.01	-9.76.01	-10.40.01	-9.97.01		-8.97.01
3480	-9.97.01		-9.28.01	-9.78.02	-10.38.01	-9.97.01		
3500	-9.98.02	-9.71.02	-9.28.01	-9.86.02	-10.38.01	-9.98.01		-8.98.01
3520								
3540								

Длина волны, А	HD 152107 52 HER 11.07.84 Ц	HD 151804 BS 6245 26.07.83 Ц	HD 151932 BS 6249 28.07.83 O	HD 151932 BS 6249 12.10.84 Ф	HD 152408 BS 6272 27.07.83 O	HD 152408 BS 6272 04.10.83 O	HD 152408 BS 6272 19.08.85 O	HD 153919 03.08.83 Ц
1480				-10.35.01				
1500				-10.35.01				
1520	-10.46.03			-10.41.01				
1540		-9.86.01		-10.32.01			-9.84.01	-10.49.01
1560		-9.73.02		-10.29.01			-9.73.01	-10.50.07
1580		-9.71.01	-10.31.01	-10.37.01	-10.11.01	-10.00.01	-9.79.01	
1600		-9.74.01	-10.40.01	-10.38.01	-10.05.01	-10.08.01	-9.87.01	
1620		-9.84.01	-10.39.01	-10.27.01	-10.15.01	-10.16.01	-9.79.01	-10.58.05
1640		-9.79.01	-10.25.01	-10.28.01	-10.07.01	-10.10.01	-9.80.01	
1660		-9.78.01	-10.33.02	-10.40.01	-10.08.01	-10.10.01	-9.77.01	-10.52.01
1680	-10.60.08	-9.75.01	-10.44.01	-10.44.01	-10.04.01	-10.07.01	-9.81.01	
1700	-10.54.04	-9.76.01	-10.49.01	-10.42.01	-10.08.01	-10.10.01	-9.83.01	-10.57.01
1720	-10.53.01	-9.82.01	-10.41.02	-10.37.01	-10.10.01	-10.13.01	-9.76.01	
1740	-10.55.02	-9.76.01	-10.39.01	-10.46.01	-10.03.01	-10.06.01	-9.76.01	-10.53.02
1760	-10.50.01	-9.75.01	-10.48.01	-10.52.01	-10.02.01	-10.05.01	-9.78.01	
1780	-10.51.01	-9.74.01	-10.54.01	-10.53.01	-10.05.01	-10.08.01	-9.80.01	-10.54.01
1800	-10.46.03	-9.77.01	-10.54.01	-10.54.01	-10.07.01	-10.11.01	-9.80.01	
1820	-10.42.02	-9.77.01	-10.54.01	-10.54.01	-10.07.01	-10.11.01	-9.80.01	
1840	-10.44.02	-9.78.01	-10.57.01	-10.57.01	-10.09.01	-10.11.01	-9.81.01	
1860	-10.43.01	-9.81.01	-10.60.01	-10.60.01	-10.12.01	-10.15.01	-9.85.01	-10.64.02
1880	-10.45.01	-9.82.01	-10.62.01	-10.61.01	-10.12.01	-10.16.01	-9.85.01	

Длина волны, А	HD 152107 52 HER 11.07.84 Ц	HD 151804 FS 6245 26.07.83 Ц	HD 151932 BS 6249 28.07.83 O	HD 151932 BS 6249 12.10.84 Ф	HD 152408 BS 6272 27.07.83 O	HD 152408 BS 6272 04.10.83 O	HD 152408 BS 6272 19.08.85 O	HD 153919 03.08.83 Ц
1900	-10.44 .01	- 9.83 .01	-10.68 .01	-10.66 .01	-10.15 .01	-10.18 .01	- 9.87 .01	-10.65 .01
1920	-10.42 .02	- 9.86 .01	-10.73 .01	-10.71 .01	-10.19 .01	-10.21 .01	- 9.91 .01	
1940	-10.41 .02	- 9.89 .01	-10.78 .01	-10.76 .01	-10.23 .01	-10.25 .01	- 9.95 .01	-10.74 .02
1960	-10.38 .01	- 9.92 .01	-10.81 .01	-10.81 .01	-10.27 .01	-10.29 .01	- 9.99 .01	
1980	-10.42 .01	- 9.95 .01	-10.84 .01	-10.85 .01	-10.30 .01	-10.33 .01	-10.03 .01	-10.79 .01
2000	-10.43 .01	- 9.99 .01	-10.90 .01	-10.89 .01	-10.35 .01	-10.38 .01	-10.08 .01	
2020	-10.44 .01	-10.01 .01	-10.96 .01	-10.95 .01	-10.39 .01	-10.42 .01	-10.12 .01	-10.88 .01
2040	-10.43 .01	-10.06 .01	-11.00 .01	-10.99 .01	-10.44 .01	-10.46 .01	-10.17 .01	
2060	-10.43 .01	-10.09 .01	-11.05 .01	-11.04 .01	-10.48 .01	-10.51 .01	-10.22 .01	-10.96 .01
2080	-10.34 .02	-10.12 .01	-11.08 .01	-11.07 .01	-10.52 .01	-10.55 .01	-10.25 .01	
2100	-10.37 .01	-10.15 .01	-11.12 .01	-11.11 .01	-10.56 .01	-10.59 .01	-10.28 .01	-11.08 .02
2120	-10.38 .01	-10.18 .01	-11.16 .01	-11.14 .01	-10.59 .01	-10.62 .01	-10.32 .01	
2140	-10.43 .01	-10.21 .01	-11.19 .01	-11.17 .01	-10.63 .01	-10.66 .01	-10.36 .01	-11.14 .01
2160	-10.40 .01	-10.24 .01	-11.22 .01	-11.20 .01	-10.66 .01	-10.70 .01	-10.39 .01	
2180	-10.40 .01	-10.26 .01	-11.25 .01	-11.23 .01	-10.69 .01	-10.72 .01	-10.41 .01	-11.20 .01
2200	-10.39 .01	-10.26 .01	-11.26 .01	-11.24 .01	-10.69 .01	-10.72 .01	-10.42 .01	
2220	-10.43 .01	-10.26 .01	-11.25 .01	-11.22 .01	-10.69 .01	-10.72 .01	-10.41 .01	-11.21 .02
2240	-10.45 .01	-10.25 .01	-11.22 .01	-11.22 .01	-10.67 .01	-10.69 .01	-10.40 .01	
2260	-10.49 .01	-10.25 .01	-11.23 .01	-11.20 .01	-10.65 .01	-10.68 .01	-10.38 .01	-11.15 .03
2280	-10.45 .01	-10.24 .01	-11.21 .01	-11.17 .01	-10.64 .01	-10.66 .01	-10.36 .01	
2300	-10.46 .01	-10.21 .01	-11.15 .01	-11.12 .01	-10.60 .01	-10.63 .01	-10.33 .01	-11.13 .01

Длина волны, А	HD 152107 52HER 11.07.84 Ц	HD 151804 BS 6245 26.07.83 Ц	HE 151932 BS 6249 28.07.83 O	HD 151932 BS 6249 12.10.84 O	HD 152408 BS 6272 27.07.83 O	HD 152408 BS 6272 04.10.83 O	HD 152408 BS 6272 19.08.85 O	HD 153919 03.08.83 Ц
2320	-10.52.01	-10.18.01	-11.11.01	-11.09.01	-10.57.01	-10.60.01	-10.29.01	-11.04.01
2340	-10.58.01	-10.17.01	-11.11.01	-11.08.01	-10.55.01	-10.57.01	-10.27.01	-11.04.01
2360	-10.61.01	-10.16.01	-11.08.01	-11.05.01	-10.52.01	-10.55.01	-10.24.01	-10.99.01
2380	-10.66.01	-10.14.01	-11.03.01	-11.01.01	-10.50.01	-10.52.01	-10.22.01	-10.99.01
2400	-10.63.01	-10.12.01	-10.99.01	-10.96.01	-10.46.01	-10.49.01	-10.18.01	-10.99.01
2420	-10.58.02	-10.11.01	-10.97.01	-10.94.01	-10.44.01	-10.47.01	-10.16.01	-10.93.01
2440	-10.57.01	-10.10.01	-10.95.01	-10.91.01	-10.43.01	-10.46.01	-10.15.01	-10.93.01
2460	-10.58.01	-10.08.01	-10.92.01	-10.90.01	-10.41.01	-10.44.01	-10.13.01	-10.89.01
2480	-10.59.01	-10.08.01	-10.90.01	-10.87.01	-10.39.01	-10.42.01	-10.11.01	-10.89.01
2500	-10.57.01	-10.07.01	-10.88.01	-10.86.01	-10.38.01	-10.41.01	-10.10.01	-10.86.01
2520	-10.58.02	-10.07.01	-10.85.01	-10.83.01	-10.37.01	-10.40.01	-10.09.01	-10.86.01
2540	-10.62.01	-10.05.01	-10.86.01	-10.83.01	-10.35.01	-10.38.01	-10.07.01	-10.82.01
2560	-10.60.02	-10.04.01	-10.86.01	-10.83.01	-10.34.01	-10.38.01	-10.07.01	-10.82.01
2580	-10.58.02	-10.07.01	-10.86.01	-10.84.01	-10.36.01	-10.40.01	-10.09.01	-10.81.01
2600	-10.63.03	-10.09.01	-10.86.01	-10.82.01	-10.37.01	-10.41.01	-10.09.01	-10.81.01
2620	-10.60.02	-10.04.01	-10.83.01	-10.81.01	-10.34.01	-10.38.01	-10.05.01	-10.77.03
2640	-10.52.03	-10.03.01	-10.83.01	-10.81.01	-10.34.01	-10.38.01	-10.04.01	-10.77.03
2660	-10.52.01	-10.05.01	-10.80.01	-10.79.01	-10.33.01	-10.37.01	-10.06.01	-10.79.03
2680	-10.56.01	-10.05.01	-10.80.01	-10.79.01	-10.33.01	-10.37.01	-10.06.01	-10.79.03
2700	-10.57.02	-10.06.01	-10.79.01	-10.80.01	-10.33.01	-10.37.01	-10.05.01	-10.79.03
2720	-10.54.01	-10.05.01	-10.76.01	-10.78.01	-10.32.01	-10.36.01	-10.05.01	-10.79.03

Длина волны, А	HD 152107 52 HER 11.07.84 Ц	HD 151804 BS 6245 26.07.83 Ц	HD 151932 BS 6249 28.07.83 O	HD 151932 BS 6249 12.10.84 Ф	HD 152408 BS 6272 27.07.83 O	HD 152408 BS 6272 04.10.83 O	HD 152408 BS 6272 19.08.85 O	HD 153919 03.08.83 Ц
2740	-10.57.01	-10.05.01	-10.73.01	-10.73.01	-10.32.01	-10.35.01	-10.04.01	-10.84.01
2760	-10.61.02	-10.06.01	-10.78.01	-10.78.01	-10.33.01	-10.37.01	-10.05.01	
2780	-10.59.01	-10.07.01	-10.81.01	-10.80.01	-10.35.01	-10.40.01	-10.07.01	-10.81.02
2800	-10.66.01	-10.11.01	-10.82.01	-10.82.01	-10.37.01	-10.42.01	-10.09.01	
2820	-10.53.02	-10.09.01	-10.79.01	-10.80.01	-10.35.01	-10.38.01	-10.06.01	-10.83.02
2840	-10.55.01	-10.08.01	-10.79.01	-10.79.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.06.01	
2860	-10.56.01	-10.09.01	-10.79.01	-10.79.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.07.01	-10.80.02
2880	-10.54.01	-10.08.01	-10.78.01	-10.77.01	-10.34.01	-10.39.01	-10.07.01	
2900	-10.49.01	-10.09.01	-10.77.01	-10.77.01	-10.34.01	-10.39.01	-10.07.01	-10.81.01
2920	-10.49.01	-10.09.01	-10.78.01	-10.77.01	-10.34.01	-10.39.01	-10.08.01	
2940	-10.50.01	-10.10.01	-10.78.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.40.01	-10.08.01	-10.80.01
2960	-10.47.01	-10.10.01	-10.77.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.08.01	
2980	-10.43.01	-10.10.01	-10.77.01	-10.77.01	-10.34.01	-10.39.01	-10.08.01	-10.80.01
3000	-10.43.01	-10.10.01	-10.78.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.07.01	
3020	-10.42.01	-10.11.01	-10.79.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.07.01	-10.78.01
3040	-10.44.01	-10.10.01	-10.79.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.08.01	
3060	-10.42.01	-10.12.01	-10.79.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.40.01	-10.09.01	-10.77.01
3080	-10.42.01	-10.12.01	-10.79.01	-10.77.01	-10.35.01	-10.40.01	-10.08.01	
3100	-10.42.01	-10.13.01	-10.79.01	-10.77.01	-10.36.01	-10.40.01	-10.08.01	-10.80.02
3120	-10.44.01	-10.13.01	-10.80.01	-10.77.01	-10.36.01	-10.40.01	-10.08.01	
3140	-10.44.01	-10.12.01	-10.78.01	-10.76.01	-10.35.01	-10.39.01	-10.08.01	-10.76.01



Длина волны, А	HD 154090 BS 6334 02.10.87 Ц	HD 155125 ETA OPH 03.09.88 Ц	HD 155806 BS 6397 24.10.83 Ф	HD 156385 04.08.83 O	HD 157056 THETA OPH 25.09.83 O	HD 158408 UPSILON SCO 08.09.88 Ц	HD 161912 IOTA-2.SCO 09.10.83 Ц	HD 166937 MU SGR 15.09.83 Ц
1480								
1500								
1520			-9.33.01					
1540	-10.05.01		-9.47.01			-8.11.01		
1560	-10.11.01		-9.43.01	-9.88.01	-8.43.01	-8.14.01		
1580	-10.03.01		-9.41.01	-10.02.01	-8.40.01	-8.16.01		
1600	-10.04.01	-9.88.02	-9.43.01	-10.25.01	-8.41.01	-8.16.01		
1620	-10.05.03	-9.82.02	-9.49.01	-10.16.01	-8.43.01	-8.18.01		
1640	-10.03.01	-9.78.01	-9.50.01	-10.00.01	-8.42.01	-8.18.01		
1660	-10.03.01	-9.78.01	-9.49.01	-10.12.01	-8.43.01	-8.18.01	-11.23.04	-9.83.12
1680	-10.02.02	-9.78.06	-9.50.01	-10.35.01	-8.44.01	-8.19.01		-9.79.02
1700	-10.02.02	-9.75.01	-9.50.01		-8.46.01	-8.22.01	-11.24.02	-9.82.01
1720	-10.10.01	-9.69.05	-9.54.01	-10.30.01	-8.50.01	-8.27.01	-11.25.03	-9.88.02
1740	-10.10.01	-9.68.01	-9.53.01	-10.39.01	-8.50.01	-8.28.01	-11.16.02	-9.83.03
1760	-10.06.01	-9.63.02	-9.53.01	-10.54.01	-8.50.01	-8.28.01	-11.15.02	-9.88.03
1780	-10.09.01	-9.62.01	-9.54.01	-10.54.01	-8.51.01	-8.28.01	-11.15.02	-9.85.01
1800	-10.07.01	-9.60.01	-9.55.01	-10.50.01	-8.51.01	-8.27.01	-11.07.02	-9.82.02
1820	-10.10.01	-9.56.01	-9.56.01	-10.50.01	-8.52.01	-8.29.01	-11.12.02	-9.81.01
1840	-10.15.01	-9.56.02	-9.56.01	-10.61.01	-8.55.01	-8.32.01	-11.11.02	-9.85.01
1860	-10.22.01	-9.61.01	-9.59.01	-10.65.01	-8.58.01	-8.37.01	-11.18.02	-9.94.02
1880	-10.25.01	-9.62.01	-9.61.01	-10.63.01	-8.59.01	-8.36.01	-11.10.01	-9.93.01

Длина волны, Å	HD 154090 BS 6334 02.10.87 Ц	HD 155125 ETA OPH 03.09.88 Ц	HD 155806 BS 6397 24.10.83 Ф	HD 156385 04.08.83 O	HD 157056 THETA OPH 25.09.83 O	HD 158408 UPSILON SCO 08.09.88 Ц	HD 161912 IOTA-2 SCO 09.10.83 Ц	HD 166937 MU SGR 15.09.83 Ц
1900	-10.30.01	-9.59.01	-9.62.01	-10.36.01	-8.63.01	-8.39.01	-11.12.02	-9.99.01
1920	-10.34.01	-9.62.01	-9.65.01	-10.30.01	-8.64.01	-8.40.01	-11.15.01	-9.98.01
1940	-10.33.01	-9.58.02	-9.68.01	-10.68.01	-8.65.01	-8.40.01	-11.08.02	-9.99.01
1960	-10.35.01	-9.56.01	-9.71.01	-10.93.01	-8.66.01	-8.42.01	-11.10.02	-9.98.01
1980	-10.34.01	-9.57.01	-9.73.01	-10.88.01	-8.65.01	-8.41.01	-11.11.02	-10.00.01
2000	-10.41.01	-9.59.01	-9.76.01	-10.82.01	-8.67.01	-8.43.01	-11.18.03	-10.08.01
2020	-10.37.01	-9.60.01	-9.79.01	-10.84.01	-8.66.01	-8.42.01	-11.25.02	-10.08.01
2040	-10.39.01	-9.61.01	-9.81.01	-11.03.01	-8.67.01	-8.42.01	-11.21.01	-10.11.01
2060	-10.43.01	-9.58.01	-9.84.01	-11.07.01	-8.67.01	-8.43.01	-11.23.01	-10.13.01
2080	-10.46.01	-9.56.01	-9.87.01	-11.06.01	-8.68.01	-8.42.01	-11.23.01	-10.18.01
2100	-10.48.01		-9.89.01	-11.00.01	-8.69.01	-8.43.01	-11.22.03	-10.16.01
2120	-10.45.01	-9.56.01	-9.92.01	-11.09.01	-8.68.01	-8.43.01	-11.26.02	-10.20.01
2140	-10.45.01		-9.95.01	-11.20.01	-8.69.01	-8.44.01	-11.34.02	-10.21.01
2160	-10.47.01	-9.61.01	-9.97.01	-11.21.01	-8.70.01	-8.43.01	-11.34.02	-10.23.01
2180	-10.48.01	-9.61.01	-9.98.01	-11.27.01	-8.71.01	-8.45.01	-11.35.02	-10.25.01
2200	-10.46.01	-9.57.01	-9.99.01	-11.36.01	-8.71.01	-8.47.01	-11.30.02	-10.23.01
2220	-10.46.01	-9.64.01	-10.00.01	-11.38.01	-8.73.01	-8.49.01	-11.38.01	-10.27.01
2240	-10.45.01	-9.65.01	-10.00.01	-11.37.01	-8.74.01	-8.51.01	-11.38.03	-10.25.01
2260	-10.43.01	-9.68.02	-10.00.01	-11.35.01	-8.75.01	-8.52.01	-11.39.02	-10.26.01
2280	-10.41.01	-9.61.01	-10.00.01	-11.16.02	-8.76.01	-8.51.01	-11.32.02	-10.20.01
2300	-10.38.01	-9.68.01	-10.00.01	-10.54.01	-8.77.01	-8.53.01	-11.27.01	-10.21.01

Длина волны, Å	HD 154090 BS 6334 02.10.87 Ц	HD 155125 ETA OPH 03.09.88 Ц	HD 155806 BS 6397 24.10.83 Ф	HD 156385 04.08.83 O	HD 157056 THETA OPH 25.09.83 O	HD 158408 UPSILON SCO 08.09.88 Ц	HD 161912 IOTA-2 SCO 09.10.83 Ц	HD 166937 MUSGR 15.09.83 Ц
2320	-10.35 .01	-9.71 .01	-9.98 .01	-10.84 .01	-8.78 .01	-8.55 .01	-11.32 .01	-10.20 .01
2340	-10.32 .01	-9.73 .02	-9.96 .01	-11.13 .01	-8.79 .01	-8.56 .01	-11.36 .02	-10.22 .01
2360	-10.29 .01	-9.77 .01	-9.96 .01	-11.18 .01	-8.80 .01	-8.56 .01	-11.33 .02	-10.20 .01
2380	-10.28 .01	-9.78 .01	-9.97 .01	-11.07 .01	-8.81 .01	-8.57 .01	-11.35 .01	-10.18 .01
2400	-10.24 .01	-9.77 .02	-9.95 .01	-10.83 .01	-8.82 .01	-8.58 .01	-11.37 .01	-10.17 .01
2420	-10.21 .01	-9.75 .01	-9.93 .01	-10.87 .01	-8.82 .01	-8.59 .01	-11.26 .02	-10.14 .01
2440	-10.20 .01	-9.73 .01	-9.92 .01	-11.13 .01	-8.83 .01	-8.57 .02	-11.19 .01	-10.08 .01
2460	-10.17 .01	-9.73 .01	-9.92 .01	-11.15 .01	-8.83 .01	-8.60 .02	-11.17 .01	-10.09 .01
2480	-10.16 .01	-9.72 .01	-9.92 .01	-11.13 .01	-8.84 .01	-8.59 .01	-11.17 .01	-10.07 .01
2500	-10.15 .01	-9.68 .01	-9.93 .01	-11.02 .01	-8.85 .01	-8.62 .01	-11.13 .01	-10.04 .01
2520	-10.14 .01	-9.70 .01	-9.93 .01	-10.65 .01	-8.86 .01	-8.64 .01	-11.15 .02	-10.05 .01
2540	-10.14 .01	-9.77 .01	-9.92 .01	-10.62 .01	-8.87 .01	-8.63 .01	-11.21 .01	-10.09 .01
2560	-10.12 .01	-9.72 .02	-9.92 .01	-10.97 .01	-8.87 .01	-8.63 .01	-11.15 .01	-10.02 .01
2580	-10.12 .01	-9.66 .04	-9.93 .01	-11.07 .01	-8.88 .01	-8.64 .01	-11.08 .01	-9.99 .01
2600	-10.12 .01	-9.69 .01	-9.94 .01	-10.89 .01	-8.89 .01	-8.65 .01	-11.08 .01	-9.98 .01
2620	-10.08 .01	-9.68 .03	-9.92 .01	-11.04 .01	-8.89 .01	-8.65 .01	-11.08 .01	-9.99 .02
2640	-10.06 .01	-9.61 .01	-9.93 .01	-11.06 .02	-8.90 .01	-8.66 .01	-10.98 .01	-9.89 .02
2660	-10.07 .01	-9.60 .01	-9.95 .01	-11.09 .01	-8.91 .01	-8.67 .01	-10.93 .01	-9.85 .01
2680	-10.07 .01	-9.65 .01	-9.95 .01	-10.97 .01	-8.92 .01	-8.68 .01	-11.00 .01	-9.89 .01
2700	-10.09 .01	-9.68 .01	-9.97 .01	-10.92 .01	-8.94 .01	-8.70 .01	-11.01 .01	-9.90 .01
2720	-10.07 .01	-9.66 .01	-9.97 .01	-10.91 .01	-8.94 .01	-8.72 .01	-11.00 .01	-9.89 .01

Длина волны, Å	HD 154090 BS 6334 02.10.87 Ц	HD 155125 ETA OPH 03.09.88 Ц	HD 155806 BS 6397 24.10.83 Ф	HD 156385 04.08.83 O	HD 157056 THETA OPH 25.09.83 O	HD 158408 UPSILON SCO 08.09.88 Ц	HD 161912 IOTA-2 SCO 09.10.83 Ц	HD 166937 MU SGR 15.09.83 Ц
2740	-10.06.01	-9.66.01	- 9.97.01	-10.87.01	-8.95.01	-8.72.01	-11.01.01	-9.91.01
2760	-10.06.01	-9.69.01	- 9.97.01	-10.97.01	-8.96.01	-8.73.01	-11.03.02	-9.93.01
2780	-10.07.01	-9.69.01	- 9.99.01	-10.94.01	-8.97.01	-8.74.01	-11.01.01	-9.89.01
2800	-10.10.01	-9.74.01	-10.02.01	-10.91.01	-8.99.01	-8.75.01	-11.04.01	-9.94.01
2820	-10.07.01	-9.65.01	-10.00.01	-10.88.01	-8.99.01	-8.75.01	-10.92.01	-9.85.01
2840	-10.07.01	-9.65.01	-10.01.01	-10.92.01	-9.00.01	-8.77.01	-10.95.01	-9.89.01
2860	-10.08.01	-9.67.01	-10.02.01	-11.04.01	-9.01.01	-8.77.01	-10.97.01	-9.88.01
2880	-10.07.01	-9.66.01	-10.01.01	-11.01.01	-9.01.01	-8.78.01	-10.93.01	-9.86.01
2900	-10.06.01	-9.63.01	-10.02.01	-10.77.01	-9.02.01	-8.78.01	-10.89.02	-9.84.01
2920	-10.07.01	-9.62.01	-10.03.01	-10.74.01	-9.03.01	-8.79.01	-10.84.01	-9.83.01
2940	-10.08.01	-9.62.01	-10.04.01	-10.93.01	-9.04.01	-8.81.01	-10.87.01	-9.87.01
2960	-10.07.01	-9.62.01	-10.04.01	-11.01.01	-9.04.01	-8.82.01	-10.83.01	-9.84.01
2980	-10.07.01	-9.61.01	-10.05.01	-10.93.01	-9.05.01	-8.82.01	-10.81.01	-9.85.01
3000	-10.07.01	-9.60.02	-10.05.01	-10.93.01	-9.05.01	-8.83.01	-10.78.02	-9.82.01
3020	-10.07.01	-9.59.01	-10.06.01	-11.01.01	-9.06.01	-8.84.01	-10.72.01	-9.82.01
3040	-10.06.01	-9.58.01	-10.07.01	-11.05.01	-9.06.01	-8.83.01	-10.75.01	-9.81.01
3060	-10.07.01	-9.61.01	-10.07.01	-10.90.01	-9.06.01	-8.84.01	-10.75.01	-9.81.01
3080	-10.08.01	-9.58.01	-10.08.01	-10.89.01	-9.07.01	-8.87.01	-10.75.01	-9.82.01
3100	-10.08.01	-9.61.01	-10.08.01	-11.08.01	-9.08.01	-8.87.01	-10.75.01	-9.81.01
3120	-10.07.01	-9.59.02	-10.09.01	-11.00.01	-9.08.01	-8.88.01	-10.76.01	-9.82.01
3140	-10.07.01	-9.61.01	-10.09.01	-10.90.01	-9.09.01	-8.90.01	-10.77.01	-9.81.01

Длина волны, Å	HD 154090 BS 6334 02.10.87 Ц	HD 155125 ETA OPH 03.09.88 Ц	HD 155806 BS 6397 24.10.83 Ф	HD 156385 04.08.83 O	HD 157056 THETA OPH 25.09.83 O	HD 158408 UPSILON SCO 08.09.88 Ц	HD 161912 IOTA-2 SCO 09.10.83 Ц	HD 166937 MU SGR 15.09.83 Ц
3160	-10.08.01	-9.60.01	-10.10.01	-11.02.01	-9.10.01	-8.90.01	-10.73.01	-9.82.01
3180	-10.09.01	-9.61.01	-10.10.01	-11.03.01	-9.11.01	-8.89.01	-10.75.01	-9.82.01
3200	-10.09.01	-9.62.01	-10.12.01	-10.83.01	-9.12.01	-8.91.01	-10.72.01	-9.82.01
3220	-10.09.01	-9.64.01	-10.12.01	-10.91.01	-9.12.01	-8.92.01	-10.72.01	-9.82.01
3240	-10.09.01	-9.62.02	-10.12.01	-11.10.01	-9.13.01	-8.93.01	-10.76.01	-9.82.01
3260	-10.10.01	-9.61.01	-10.13.01	-11.06.01	-9.13.01	-8.94.01	-10.73.01	-9.82.01
3280	-10.10.01	-9.62.01	-10.14.01	-11.08.01	-9.14.01	-8.94.01	-10.71.01	-9.81.01
3300	-10.10.01	-9.59.01	-10.14.01	-11.15.01	-9.15.01	-8.96.01	-10.70.01	-9.81.01
3320	-10.11.01	-9.61.01	-10.15.01	-11.14.01	-9.16.01	-8.90.01	-10.70.01	-9.81.01
3340	-10.12.01	-9.63.01	-10.16.01	-11.08.01	-9.17.01	-8.92.01	-10.70.01	-9.82.01
3360	-10.11.01	-9.63.01	-10.17.01	-11.03.01	-9.17.01	-8.92.01	-10.70.01	-9.82.01
3380	-10.12.01	-9.63.01	-10.17.01	-10.94.01	-9.18.01	-8.92.01	-10.69.01	-9.82.01
3400	-10.13.01	-9.62.01	-10.18.01	-10.77.01	-9.19.01	-8.92.01	-10.68.01	-9.82.01
3420	-10.13.01	-9.62.01	-10.19.01	-10.75.01	-9.19.01	-9.07.01	-10.67.01	-9.82.01
3440	-10.14.01	-9.63.01	-10.20.01	-11.04.01	-9.21.01	-9.07.01	-10.67.01	-9.83.01
3460	-10.13.01	-9.64.01	-10.21.01	-11.15.01	-9.22.01	-9.08.01	-10.69.01	-9.84.01
3480	-10.14.01			-11.23.01	-9.23.01		-10.69.01	-9.85.01
3500	-10.14.01			-11.21.01	-9.25.01		-10.69.01	-9.84.01
3520				-11.29.01	-9.25.01			
3540								

Длина волося, %	HD 166937 MU SGR 26.09.87 Ц	HD 173948 LAMBDA PAV 28.08.87 Ц	HD 175687 XI-1 SGR 12.09.88 Ц	HD 179761 ZI AQL 4.12.83 Ц	HD 181615 UPSILON SGR 10.09.84 Ц	HD 226868 CYG X-1 24.07.83 Ф	HD 189849 15 VUL 30.07.83 Ц	HD 189849 15 VUL 24.03.84 Ц
1480								
1500								
1520								
1540	- 9.88.01	-8.91.01		-9.64.01				
1560	- 9.87.01	-8.94.01		-9.66.01	-10.40.01			
1580	- 9.94.01	-8.92.01		-9.70.01	-10.41.03			
1600	- 9.88.01	-8.93.01	-10.73.03	-9.73.01	-10.33.01			
1620	- 9.95.01	-8.95.01	-10.67.03	-9.72.01	-10.34.02		-11.17.03	
1640	- 9.93.01	-8.92.01	-10.76.03	-9.75.02	-10.42.01	-12.39.03		-11.15.02
1660	- 9.94.01	-8.93.01	-10.79.03	-9.75.01	-10.36.02			-11.11.02
1680	- 9.95.01	-8.94.01	-10.80.03	-9.78.01	-10.39.01			-11.08.02
1700	- 9.96.01	-8.96.01	-10.73.01	-9.79.01	-10.38.01			-11.08.02
1720	-10.06.01	-9.01.01	-10.79.05	-9.78.01	-10.38.01	-12.42.02		-10.96.02
1740	-10.03.01	-9.02.01	-10.75.02	-9.84.01	-10.45.02			-10.87.01
1760	-10.00.01	-9.00.01	-10.75.01	-9.81.02	-10.43.02			-10.84.01
1780	- 9.97.01	-9.02.01	-10.74.03	-9.84.01	-10.43.02			-10.78.01
1800	- 9.92.01	-9.02.01	-10.67.02	-9.83.01	-10.42.02	-12.45.02		-10.71.02
1820	- 9.95.01	-9.03.01	-10.70.03	-9.83.01	-10.37.01			-10.67.01
1840	-10.01.01	-9.06.01	-10.72.02	-9.83.01	-10.37.01			-10.66.01
1860	-10.07.01	-9.09.01	-10.77.04	-9.85.01	-10.44.02			-10.71.01
1880	-10.06.01	-9.10.01		-9.88.01	-10.55.01	-12.63.01		-10.74.01
				-9.87.01	-10.52.01			-10.70.01

Длина волны, Å	HD 166937 MU SGR 26.09.87 Ц	HD 173948 LAMBDA PAU 28.08.87 Ц	HD 175687 XI-1 SGR 12.09.85 Ц	HD 179761 21 AOL 4.12.83 Ц	HD 181615 UPSILON SGR 10.09.84 Ц	HD 228668 CYG X-1 24.07.83 Ф	HD 189849 15 VUL 30.07.83 Ц	HD 189849 15 VUL 24.03.84 Ц
1900	-10.12.01	-9.17.01	-10.74.02	- 9.89.01	-10.59.02		-10.70.01	
1920	-10.12.01	-9.18.01	-10.74.02	- 9.91.01	-10.61.01		-10.72.01	
1940	-10.12.01	-9.19.01	-10.78.02	- 9.91.01	-10.59.02	-12.76.02	-10.72.01	-10.77.03
1960	-10.12.01	-9.20.01	-10.77.02	- 9.93.01	-10.56.01		-10.67.01	
1980	-10.12.01	-9.19.01	-10.78.02	- 9.92.01	-10.52.01		-10.65.01	-10.67.03
2000	-10.19.01	-9.20.01	-10.79.01	- 9.96.01	-10.59.01		-10.70.01	
2020	-10.18.01	-9.18.01	-10.84.02	- 9.97.01	-10.52.02	-12.94.02	-10.71.01	-10.79.01
2040	-10.19.01	-9.19.01	-10.83.02	- 9.96.01	-10.56.01		-10.69.01	
2060	-10.24.01	-9.19.01	-10.83.01	- 9.97.01	-10.59.01		-10.67.01	-10.65.02
2080	-10.24.01	-9.19.01	-10.87.02	- 9.98.01	-10.56.02		-10.64.01	
2100	-10.24.01	-9.20.01	-10.88.02	-10.00.01	-10.57.01		-10.68.01	-10.63.01
2120	-10.27.01	-9.20.01	-10.88.01	-10.00.01	-10.56.01		-10.69.01	
2140	-10.29.01	-9.20.01	-10.95.03	-10.03.01	-10.60.01	-13.15.03	-10.74.01	
2160	-10.29.01	-9.21.01	-10.92.02	-10.03.01	-10.60.01		-10.73.01	-10.69.01
2180	-10.32.01	-9.22.01	-10.96.02	-10.03.01	-10.61.01		-10.73.01	
2200	-10.28.01	-9.22.01	-10.96.01	-10.04.01	-10.58.01		-10.72.01	
2220	-10.34.01	-9.23.01	-10.96.01	-10.07.01	-10.60.01	-13.25.02	-10.73.01	-10.71.02
2240	-10.32.01	-9.24.01	-10.96.01	-10.07.01	-10.63.01		-10.73.01	
2260	-10.32.01	-9.24.01	-10.98.02	-10.09.01			-10.78.01	-10.70.03
2280	-10.23.01	-9.24.01	-10.95.01	-10.07.01	-10.57.01		-10.75.01	
2300	-10.23.01	-9.25.01	-10.94.01	-10.08.01		-13.06.02	-10.78.01	-10.77.01

Длина волны, Å	HD 166937 MU SGR 26.09.87 Ц	HD 173948 LAMBDA PAV 28.08.87 Ц	HD 175687 XI-1 SCF 12.09.88 Ц	HD 179761 21 AQL 4.12.83 Ц	HD 181615 UPSILON SGR 10.07.84 Ц	HD 226868 CYG X-1 24.07.83 Ф	HD 189849 15 VUL 30.07.83 Ц	HD 189849 15 VUL 24.03.84 Ц
2320	-10.24 .01	-9.26 .01	-10.95 .01	-10.10 .01	-10.59 .01		-10.81 .01	
2340	-10.24 .01	-9.26 .01	-10.97 .01	-10.10 .01			-10.87 .01	-10.81 .01
2360		-9.26 .01	-10.96 .01	-10.11 .01			-10.87 .01	
2380	-10.20 .01	-9.26 .01	-10.98 .01	-10.12 .01			-10.87 .01	-10.83 .04
2400	-10.17 .01	-9.27 .01	-10.96 .01	-10.12 .01	-10.56 .03	-12.88 .01	-10.91 .02	
2420	-10.16 .01	-9.27 .01	-10.89 .01	-10.12 .01			-10.83 .01	-10.83 .02
2440	-10.11 .01	-9.27 .01	-10.88 .01	-10.12 .01			-10.77 .01	
2460	-10.11 .01	-9.27 .01	-10.86 .01	-10.09 .01	-10.47 .01		-10.78 .02	-10.77 .06
2480	-10.09 .01	-9.27 .01	-10.87 .01	-10.10 .01	-10.47 .03	-12.67 .01	-10.80 .01	
2500	-10.06 .01	-9.28 .01	-10.82 .01	-10.09 .01	-10.43 .02		-10.76 .01	
2520		-9.29 .01	-10.85 .01	-10.10 .01			-10.81 .01	
2540	-10.08 .01	-9.30 .01	-10.87 .01	-10.12 .01	-10.40 .02	-12.52 .01	-10.87 .01	-10.78 .01
2560	-10.03 .01	-9.30 .01	-10.82 .01	-10.11 .01	-10.40 .01		-10.79 .01	
2580	-10.01 .02	-9.30 .01	-10.79 .01	-10.10 .01	-10.40 .01		-10.74 .02	-10.71 .01
2600	-10.01 .01	-9.31 .01	-10.81 .01	-10.11 .01	-10.41 .01	-12.46 .01	-10.75 .01	
2620	-10.00 .01	-9.31 .01	-10.80 .01	-10.09 .01	-10.37 .01		-10.74 .01	
2640	- 9.94 .01	-9.31 .01	-10.73 .01	-10.07 .01	-10.28 .01		-10.65 .01	
2660	- 9.92 .01	-9.33 .01	-10.72 .01	-10.08 .01	-10.30 .01		-10.61 .01	
2680	- 9.93 .01	-9.34 .01	-10.74 .01	-10.10 .01	-10.32 .01	-12.37 .01	-10.66 .01	
2700	- 9.95 .01	-9.37 .01	-10.77 .01	-10.11 .01	-10.34 .01		-10.69 .01	
2720	- 9.95 .01	-9.36 .01	-10.75 .01	-10.12 .01	-10.30 .01		-10.68 .01	

Длина волны, А	HD 166937 MU SGR 26.09.87 Ц	HD 173948 LAMBDA PAV 28.08.87 Ц	HD 175687 XI-1 SGR 12.09.88 Ц	HD 179761 2: AQL 4.12.83 Ц	HD 181615 UPSILON SGR 10.09.84 Ц	HD 226868 CYG X-1 24.07.83 Ф	HD 189849 IS VUL 30.07.83 Ц	HD 189849 IS VUL 24.03.84 Ц
2740	-9.88 .01	-9.37 .01	-10.77 .01	-10.14 .01	-10.32 .01		-10.71 .01	-10.64 .06
2760	-9.88 .01	-9.37 .01	-10.79 .01	-10.11 .01	-10.32 .01	-12.31 .01	-10.71 .01	
2780	-9.95 .01	-9.38 .01	-10.76 .01	-10.11 .01	-10.32 .01		-10.69 .01	-10.67 .06
2800	-9.97 .01	-9.41 .01	-10.82 .01	-10.14 .01	-10.34 .02		-10.77 .01	
2820	-9.92 .01	-9.40 .01	-10.72 .01	-10.14 .01	-10.27 .01		-10.65 .01	-10.74 .06
2840	-9.94 .01	-9.41 .01	-10.74 .01	-10.14 .01	-10.28 .01	-12.26 .01	-10.66 .01	
2860	-9.94 .01	-9.42 .01	-10.74 .01	-10.15 .01	-10.31 .01		-10.66 .01	-10.65 .04
2880	-9.91 .01	-9.42 .01	-10.72 .01	-10.14 .01	-10.30 .01		-10.65 .01	
2900	-9.89 .01	-9.43 .01	-10.71 .01	-10.14 .01	-10.25 .01		-10.62 .01	-10.66 .02
2920	-9.83 .02	-9.43 .01	-10.67 .01	-10.14 .01	-10.18 .01	-12.21 .01	-10.60 .01	
2940	-9.90 .01	-9.44 .01	-10.68 .01	-10.15 .01			-10.61 .01	-10.63 .02
2960	-9.89 .01	-9.45 .01	-10.67 .01	-10.14 .01	-10.20 .01		-10.60 .01	
2980	-9.88 .01	-9.45 .01	-10.67 .01	-10.15 .01	-10.15 .01		-10.58 .01	-10.54 .02
3000	-9.86 .01	-9.46 .01	-10.67 .01	-10.15 .01	-10.07 .01		-10.56 .01	
3020	-9.87 .01	-9.46 .01	-10.65 .01	-10.14 .01	-10.05 .01		-10.57 .01	-10.51 .01
3040	-9.86 .01	-9.47 .01	-10.65 .01	-10.15 .01	-10.11 .02	-12.17 .01	-10.57 .01	
3060	-9.85 .01	-9.48 .01	-10.64 .01	-10.15 .01	-10.09 .01		-10.56 .01	-10.50 .01
3080	-9.86 .01	-9.49 .01	-10.66 .01	-10.14 .01	-10.08 .01		-10.56 .01	
3100	-9.86 .01	-9.50 .01	-10.65 .01	-10.16 .01	-10.08 .01		-10.56 .01	-10.53 .05
3120	-9.88 .01	-9.50 .01	-10.67 .01	-10.17 .01	-10.09 .01	-12.14 .01	-10.55 .01	
3140	-9.87 .01	-9.51 .01	-10.67 .01	-10.16 .01	-10.09 .01		-10.54 .01	-10.51 .04

Длина волны, А	HD 169937 MU SGR 26.09.87 Ц	HD 173948 LAMBDA PAV 28.08.87 Ц	HD 175687 XI-1 SGR 12.09.88 Ц	HD 179761 21 AOL 4.12.83 Ц	HD 181615 UPSILON SGR 10.09.84 Ц	HD 226868 CYG X-1 24.07.83 Ф	HD 189849 15 VUL 30.07.83 Ц	HD 189849 15 VUL 24.03.84 Ц
3160	-9.88.01	-9.51.01	-10.65.01	-10.16.01	-10.08.01		-10.53.01	
3180	-9.87.01	-9.52.01	-10.66.01	-10.18.01	-10.11.01		-10.54.01	-10.52.04
3200	-9.88.01	-9.53.01	-10.66.01	-10.18.01		-12.11.01	-10.54.01	
3220	-9.88.01	-9.54.01	-10.66.01	-10.18.01	-10.10.01		-10.56.01	-10.53.01
3240	-9.88.01	-9.55.01	-10.66.01	-10.18.01			-10.55.01	
3260		-9.55.01	-10.66.01	-10.19.01			-10.53.01	-10.46.01
3280	-9.86.01	-9.56.01	-10.66.01	-10.18.01		-12.09.01	-10.53.01	
3300	-9.88.01	-9.57.01	-10.65.01	-10.20.01			-10.52.01	-10.52.07
3320	-9.88.01	-9.58.01	-10.65.01	-10.21.01			-10.51.01	
3340	-9.88.01	-9.59.01	-10.66.01	-10.21.01	-10.09.01		-10.52.01	-10.46.01
3360	-9.89.01	-9.60.01	-10.67.01	-10.21.01		-12.09.01	-10.54.01	
3380	-9.89.01	-9.60.01	-10.68.01	-10.22.01			-10.56.01	
3400	-9.88.01	-9.61.01	-10.66.01	-10.22.01	-10.07.01		-10.54.01	
3420	-9.89.01	-9.62.01	-10.66.01	-10.24.01			-10.50.02	
3440	-9.90.01	-9.64.01	-10.66.01	-10.25.01		-12.08.01	-10.55.01	
3460	-9.89.01	-9.64.01	-10.67.01	-10.26.01	-10.09.01		-10.54.01	-10.47.01
3480		-9.65.01	-10.67.01	-10.26.01	-10.07.01		-10.54.03	
3500		-9.66.01	-10.68.01	-10.30.03				-10.48.01
3520								
3540								

Длина волны, Å	HD 196502 73 DRA 20.07.83 Ц	HD 196502 73 DRA 28.02.84 Ц	Длина волны, Å	HD 196502 73 DRA 20.07.83 Ц	HD 196502 73 DRA 28.02.84 Ц
1480			1920	-10.74.02	-10.78.01
1500			1940	-10.68.02	-10.72.02
1520			1960	-10.69.02	-10.75.01
1540		-11.00.13	1980	-10.68.01	-10.69.01
1560			2000	-10.75.01	-10.74.01
1580			2020	-10.75.01	-10.74.01
1600		-10.93.15	2040	-10.72.01	-10.74.02
1620		-10.97.02	2060	-10.78.01	-10.81.03
1640		-11.01.06	2080	-10.68.02	
1660			2100	-10.65.02	
1680			2120	-10.69.01	
1700			2140	-10.74.01	-10.69.04
1720		-10.94.06	2160	-10.73.01	
1740		-10.97.04	2180	-10.71.01	-10.68.03
1760		-10.93.03	2200	-10.68.01	-10.69.03
1780		-10.90.02	2220	-10.73.01	-10.69.02
1800	-10.73.01	-10.88.04	2240	-10.76.01	-10.74.02
1820	-10.74.03	-10.81.02	2260	-10.79.01	-10.78.01
1840	-10.74.02	-10.81.01	2280	-10.74.01	-10.75.01
1860	-10.80.02	-10.84.01	2300	-10.75.01	-10.75.02
1880	-10.78.02	-10.84.01	2320	-10.80.01	-10.78.02
1900	-10.77.02	-10.86.02			

Длина волны, Å	PU VUL 01.07.83 Ф	PU VUL 10.07.84 Ф	PU VUL 11.07.85 Ф	PU VUL 28.08.86 Ф	HD 194093 GAMMA CYG 26.03.84 Ц	HD 196502 73 DRA 20.07.83 Ц	HD 196502 73 DRA 28.02.84 Ц	HD 197989 EPSILON CYG 16.12.83 O
2340				-13.18.05		-10.88.01	-10.90.01	
2360			-13.33.05	-13.07.04		-10.92.01	-10.90.01	
2380			-13.27.03	-13.06.04		-10.95.01	-10.92.01	
2400			-13.18.05	-12.98.04		-10.95.01	-11.01.02	
2420	-13.46.07	-13.27.06	-13.04.03	-12.88.03	-11.21.03	-10.88.01	-10.94.03	
2440	-13.36.08	-12.94.03	-12.94.04	-12.76.02	-11.05.02	-10.83.01	-10.87.03	
2460	-13.41.04	-12.92.03	-12.88.02	-12.74.02	-10.99.02	-10.85.01	-10.91.01	
2480	-13.46.05	-12.99.02	-12.89.03	-12.75.02	-11.00.02	-10.85.01	-10.92.02	
2500	-13.23.04	-12.85.02	-12.80.02	-12.63.02	-10.98.02	-10.86.01	-10.91.03	
2520	-13.41.06	-12.84.06	-12.77.10	-12.61.09	-11.03.02	-10.86.01	-10.89.02	
2540	-13.45.05	-12.93.10	-12.84.10	-12.70.10	-11.09.03	-10.92.01	-10.95.02	
2560	-13.26.09	-12.80.09	-12.76.10	-12.59.10	-10.97.02	-10.87.01	-10.90.02	
2580	-13.18.05	-12.68.05	-12.65.02	-12.52.03	-11.01.03	-10.86.01	-10.88.02	
2600	-13.10.03	-12.74.03	-12.66.02	-12.51.02	-11.10.03	-10.91.01		
2620	-13.10.04	-12.72.02	-12.66.02	-12.54.03	-11.17.04		-10.94.03	
2640	-12.88.03	-12.56.01	-12.47.02	-12.32.03	-10.65.04		-10.83.01	
2660	-12.90.02	-12.54.02	-12.49.01	-12.31.01	-10.60.02		-10.84.02	
2680	-13.04.02	-12.59.01	-12.57.03	-12.38.02	-10.68.02		-10.89.01	
2700	-13.06.02	-12.64.01	-12.60.01	-12.44.02	-10.68.02	-10.81.01	-10.87.02	
2720	-13.06.01	-12.61.01	-12.55.02	-12.40.02	-10.68.01	-10.83.01	-10.87.01	
2740	-13.12.02	-12.64.01	-12.57.02	-12.40.02	-10.83.02	-10.84.01	-10.92.01	-11.46.02

Длина волны, Å	PU VUL 01.07.83 Ф	PU VUL 10.07.84 Ф	PU VUL 11.07.85 Ф	PU VUL 28.08.86 Ф	HD 194093 GAMMA CYG 26.03.84 Ц	HD 196502 73 DRA 20.07.83 Ц	HD 196502 73 DRA 28.02.84 Ц	HD 197989 EPSILON CYG 16.12.83 O
2760	-13.04.03	-12.63.01	-12.59.02	-12.43.02	-10.82.03	-10.90.01	-10.95.01	-11.38.03
2780	-13.05.02	-12.56.01	-12.52.02	-12.36.03	-10.80.02	-10.90.02	-10.95.02	-11.38.01
2800	-13.11.02	-12.61.01	-12.58.01	-12.41.02	-11.02.02	-11.02.01	-11.08.01	-11.46.02
2820	-12.86.02	-12.46.01	-12.43.02	-12.28.03	-10.60.02	-10.90.04	-10.91.04	-11.32.01
2840	-12.82.02	-12.48.01	-12.46.02	-12.28.02	-10.52.02	-10.85.01	-10.84.03	-11.32.01
2860	-12.93.02	-12.55.01	-12.54.01	-12.35.02	-10.54.01	-10.86.02	-10.94.01	-11.38.01
2880	-12.88.02	-12.51.01	-12.49.01	-12.34.02	-10.50.01	-10.81.01	-10.81.02	-11.12.01
2900	-12.72.01	-12.42.01	-12.39.01	-12.24.01	-10.38.01	-10.78.01	-10.77.02	-10.88.01
2920	-12.71.01	-12.39.01	-12.35.01	-12.19.01	-10.34.01	-10.75.01	-10.73.01	-10.79.01
2940	-12.74.02	-12.41.01	-12.37.01	-12.23.01	-10.32.01	-10.75.01	-10.79.02	-10.80.01
2960	-12.66.01	-12.35.01	-12.31.01	-12.14.01	-10.26.01	-10.75.01	-10.78.02	-10.83.01
2980	-12.60.02	-12.32.01	-12.27.01	-12.15.01	-10.26.01	-10.71.01		-10.87.01
3000	-12.52.01	-12.27.01	-12.21.01	-12.09.02	-10.19.01	-10.69.01		-10.92.01
3020	-12.51.01	-12.23.01	-12.19.01	-12.05.02	-10.17.01	-10.67.01	-10.68.01	-10.88.02
3040	-12.51.01	-12.25.01	-12.21.02	-12.08.02	-10.12.01	-10.70.01		-10.72.01
3060	-12.54.01	-12.27.01	-12.23.01	-12.10.02	-10.14.01	-10.70.01		-10.70.01
3080	-12.53.01	-12.29.01	-12.21.02	-12.11.01	-10.14.01	-10.69.01	-10.67.02	-10.66.01
3100	-12.53.01	-12.27.01	-12.21.02	-12.08.02	-10.09.01	-10.67.01	-10.68.03	-10.60.01
3120	-12.56.01	-12.29.01	-12.26.02	-12.11.02	-10.09.01	-10.72.01	-10.68.02	-10.54.01
3140	-12.54.01	-12.27.01	-12.23.01	-12.10.01	-10.10.01	-10.69.01	-10.71.02	-10.53.01
3160	-12.51.01	-12.25.01	-12.21.01	-12.08.01	-10.03.01	-10.68.01	-10.63.02	-10.50.01

Длина волны, Å	PU VUJL 01.07.83 Ф	PU VUL 10.07.84 Ф	PU VUL 11.07.85 Ф	PU VUL 28.08.86 Ф	HD 194093 GAMMA CYG 26.03.84 Ц	HD 196502 73 DRA 20.07.83 Ц	HD 196502 73 DRA 28.02.84 Ц	HD 197989 EPSILON CYG 16.12.83 O
3180	-12.50.01	-12.23.01	-12.19.01	-12.06.02	-10.08.01	-10.66.01	-10.67.02	-10.45.01
3200	-12.50.01	-12.25.01	-12.19.01	-12.06.01	-10.10.02	-10.67.01	-10.63.02	-10.44.01
3220	-12.53.02	-12.27.01	-12.22.01	-12.07.01	-10.09.01	-10.68.01	-10.68.02	-10.46.01
3240	-12.55.01	-12.28.01	-12.24.01	-12.11.01	-10.15.01	-10.67.01	-10.66.02	-10.46.01
3260	-12.46.02	-12.22.02	-12.18.01	-12.06.01	-10.01.01	-10.64.01	-10.65.02	-10.31.01
3280	-12.44.01	-12.19.02	-12.16.01	-12.02.01	- 9.97.01	-10.65.01	-10.65.02	-10.26.01
3300	-12.37.01	-12.15.01	-12.12.01	-11.98.01	- 9.94.01	-10.63.01	-10.68.01	-10.23.01
3320	-12.43.01	-12.19.01	-12.14.01	-11.99.01	- 9.98.01	-10.64.01	-10.71.01	-10.26.01
3340	-12.47.01	-12.21.01	-12.18.01	-12.04.01	- 9.99.01	-10.67.01	-10.71.02	-10.27.01
3360	-12.42.01	-12.18.01	-12.15.01	-12.02.01	- 9.97.01	-10.67.01	-10.73.01	-10.31.01
3380	-12.39.01	-12.18.01	-12.14.01	-12.01.01	- 9.98.01	-10.69.01	-10.73.01	-10.33.01
3400	-12.36.01	-12.14.02	-12.10.02	-11.97.01	- 9.98.01	-10.68.01	-10.72.01	-10.24.01
3420	-12.31.01	-12.12.01	-12.06.01	-11.95.02	- 9.90.01	-10.66.01	-10.70.01	-10.21.01
3440	-12.33.01	-12.12.01	-12.07.02	-11.95.01	- 9.99.01	-10.70.01	-10.71.01	-10.25.01
3460	-12.35.03	-12.11.01	-12.08.01	-11.95.01	- 9.92.01	-10.69.01	-10.69.02	-10.25.01
3480					- 9.89.01	-10.71.01	-10.72.02	-10.25.01
3500					- 9.94.01	-10.72.01		-10.21.01
3520								-10.20.01
3540								

Длина волны, Å	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 БЕТА СЕР 27.06.84 О	HD 205021 БЕТА СЕР 26.07.84 О	HD 210339 LAMBDA СЕР 25.02.84 Ц	Длина волны, Å	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 БЕТА СЕР 27.06.84 О	HD 205021 БЕТА СЕР 26.07.84 О	HD 210339 LAMBDA СЕР 25.02.84 Ц	Длина волны, Å	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 БЕТА СЕР 27.06.84 О	HD 205021 БЕТА СЕР 26.07.84 О	HD 210339 LAMBDA СЕР 25.02.84 Ц
1480					1900	-10.16.01				1900	-10.16.01			
1500					1920	-10.14.01				1920	-10.14.01			-10.15.02
1520				-9.74.01	1940	-10.13.01				1940	-10.13.01			-10.18.01
1540	-10.06.01			-9.78.04	1960	-10.13.01				1960	-10.13.01			-10.24.01
1560		-8.34.01	-8.34.01	-9.83.05	1980	-10.11.01		-8.34.01		1980	-10.11.01			-10.29.01
1580	-10.12.07	-8.33.01	-8.31.01	-9.84.02	2000	-10.18.01		-8.31.01		2000	-10.18.01			-10.33.01
1600	-10.05.02	-8.33.01	-8.31.01		2020	-10.19.01		-8.31.01		2020	-10.19.01			-10.39.03
1620	-10.13.01	-8.35.01	-8.33.01	-9.93.01	2040	-10.17.01		-8.33.01		2040	-10.17.01			-10.42.01
1640	-10.14.01	-8.34.01	-8.32.01		2060	-10.20.01		-8.32.01		2060	-10.20.01			
1660	-10.15.02	-8.34.01	-8.33.01		2080	-10.19.01		-8.33.01		2080	-10.19.01			
1680	-10.14.01	-8.36.01	-8.34.01		2100	-10.19.01		-8.34.01		2100	-10.19.01			-10.60.02
1700	-10.14.01	-8.38.01	-8.36.01		2120	-10.23.01		-8.36.01		2120	-10.23.01			-10.60.01
1720	-10.21.02	-8.42.01	-8.40.01		2140	-10.24.01		-8.40.01		2140	-10.24.01			
1740	-10.16.02	-8.42.01	-8.40.01		2160	-10.25.01		-8.40.01		2160	-10.25.01			-10.67.01
1760	-10.12.01	-8.42.01	-8.40.01		2180	-10.28.01		-8.40.01		2180	-10.28.01			
1780	-10.12.01	-8.43.01	-8.41.01		2200	-10.26.01		-8.41.01		2200	-10.26.01			
1800	-10.06.01	-8.43.01	-8.42.01		2220	-10.27.02		-8.42.01		2220	-10.27.02			
1820	-10.08.01	-8.44.01	-8.42.01		2240	-10.29.01		-8.42.01		2240	-10.29.01			-10.60.01
1840	-10.12.01	-8.46.01	-8.45.01	-10.05.01	2260	-10.29.01		-8.45.01	-10.05.01	2260	-10.29.01			-10.58.02
1860	-10.17.01	-8.49.01	-8.48.01	-10.03.01	2280	-10.23.01		-8.48.01	-10.03.01	2280	-10.23.01			
1880	-10.15.02	-8.50.01	-8.49.01		2300	-10.24.01		-8.49.01		2300	-10.24.01			-10.56.01

Длина волн., А	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 BETA CEP 27.06.84 О	HD 205021 BETA CEP 26.07.84 О	HD 210839 LAMBDA CEP 25.02.84 Ц	EV IAC 24.02.84 Ф	EV LAC 06.02.86 Ф	EV LAC 09.02.87 Ф	EV LAC 11.02.87 Ф
2320	-10.27.01	-8.70.01	-8.69.01					
2340	-10.26.01	-8.71.01	-8.70.01					
2360	-10.26.01	-8.71.01	-8.70.01	-10.41.01				
2380	-10.26.01	-8.72.01	-8.71.01	-10.36.01				
2400	-10.24.01	-8.73.01	-8.72.01	-10.34.01				
2420	-10.23.01	-8.74.01	-8.73.01					
2440	-10.20.01	-8.75.01	-8.74.01	-10.28.01				
2460	-10.17.01	-8.75.01	-8.75.01	-10.26.03				
2480	-10.18.01	-8.75.01	-8.75.01	-10.25.01				
2500	-10.14.01	-8.77.01	-8.76.01	-10.23.01				
2520	-10.16.01	-8.78.01	-8.78.01	-10.21.03				
2540	-10.18.01	-8.79.01	-8.78.01	-10.19.01				
2560	-10.14.01	-8.80.01	-8.79.01					
2580	-10.11.01	-8.81.01	-8.80.01	-10.16.02				
2600	-10.11.01	-8.82.01	-8.81.01	-10.16.03				
2620	-10.11.02	-8.82.01	-8.82.01					
2640	-10.03.02	-8.83.01	-8.81.01					
2660	-10.04.01	-8.84.01	-8.83.01					
2680	-10.09.02	-8.85.01	-8.84.01					
2700	-10.07.01	-8.87.01	-8.86.01					
2720	-10.08.01	-8.87.01	-8.86.01		-13.65.05			

Длина волны, А	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 BETA CEP 27.06.84 О	HD 205021 BETA CEP 26.07.84 О	HD 210839 LAMDA CEP 25.02.84 Ц	EV LAC 24.02.84 Ф	EV LAC 06.02.86 Ф	EV LAC 09.02.87 Ф	EV LAC 11.02.87 Ф
2740	-10.08.01	-8.87.01	-8.86.01	-10.21.01		-13.62.11		-13.46.09
2760	-10.09.01	-8.88.01	-8.88.01	-10.19.01				
2780	-10.07.01	-8.90.01	-8.89.01	-10.21.01		-13.29.06	-13.20.08	-13.16.05
2800	-10.07.01	-8.92.01	-8.91.01	-10.19.01	-13.41.04			
2820	-10.03.01	-8.92.01	-8.91.01	-10.20.02				
2840	-10.06.01	-8.93.01	-8.91.01	-10.19.01	-13.51.01		-13.58.07	-13.30.09
2860	-10.07.01	-8.94.01	-8.93.01	-10.20.01				
2880	-10.04.01	-8.94.01	-8.93.01	-10.19.01	-13.55.04	-13.52.10	-13.62.09	-13.52.06
2900	-10.00.01	-8.95.01	-8.94.01	-10.18.01				
2920	-10.00.01	-8.96.01	-8.95.01	-10.17.01	-13.59.08:		-13.49.07	-13.54.08
2940	-10.01.01	-8.97.01	-8.97.01	-10.16.01				
2960	-10.00.01	-8.97.01	-8.97.01		-13.43.09	-13.39.09	-13.58.03	-13.36.11
2980	- 9.99.01	-8.98.01	-8.97.01	-10.17.01				
3000	- 9.98.01	-8.99.01	-8.98.01		-13.61.06	-13.46.05:		-13.47.05
3020	- 9.97.01	-8.99.01	-8.99.01					
3040	- 9.97.01	-9.00.01	-8.99.01		-13.42.06		-13.53.03	-13.38.07
3060	- 9.99.01	-9.00.01	-9.00.01	-10.19.01				
3080	- 9.98.01	-9.01.01	-9.01.01		-13.52.04	-13.24.02	-13.45.09	-13.37.09
3100	- 9.98.01	-9.02.01	-9.02.01					
3120	- 9.99.01	-9.03.01	-9.02.01		-13.37.03	-13.50.13	-13.48.05	-13.41.02
3140	- 9.98.01	-9.04.01	-9.03.01	-10.12.02				

Длина волны, А	HD 202850 SIGMA CYG 02.07.87 Ц	HD 205021 BETA CEP 27.06.84 O	HD 205021 BETA CEP 26.07.84 O	HD 210839 LAMBDA CEP 25.02.84 Ц	EV LAC 24.02.84 Ф	EV LAC 06.02.86 Ф	EV LAC 09.02.87 Ф	EV LAC 11.02.87 Ф
3160	- 9.98 .01	-9.04 .01	-9.03 .01	-10.16 .02	-13.40 .04	-13.33 .05	-13.47 .05	-13.46 .02
3180	-10.00 .01	-9.05 .01	-9.05 .01	-10.14 .01	-13.47 .05	-13.27 .07	-13.39 .06	-13.33 .06
3200	-10.00 .01	-9.06 .01	-9.05 .01					
3220	-10.00 .01	-9.06 .01	-9.06 .01					
3240	- 9.99 .01	-9.07 .01	-9.07 .01	-10.14 .01	-13.44 .02		-13.34 .01	-13.42 .06
3260	- 9.99 .01	-9.08 .01	-9.08 .01	-10.14 .01				
3280	- 9.99 .01	-9.09 .01	-9.08 .01	-10.12 .01	-13.37 .05	-13.53 .06	-13.31 .03	-13.23 .05
3300	- 9.99 .01	-9.10 .01	-9.09 .01	-10.15 .01				
3320	- 9.99 .01	-9.11 .01	-9.10 .01	-10.17 .03	-13.29 .04	-13.02 .14	-13.25 .05	-13.30 .04
3340	- 9.99 .01	-9.12 .01	-9.11 .01					
3360	- 9.99 .01	-9.12 .01	-9.12 .01	-10.17 .01	-13.39 .01		-13.23 .02	-13.36 .03
3380	- 9.99 .01	-9.13 .01	-9.13 .01	-10.14 .01				
3400	-10.01 .01	-9.14 .01	-9.14 .01	-10.18 .01	-13.24 .02	-13.22 .07	-13.28 .03	-13.26 .04
3420	-10.01 .01	-9.15 .01	-9.15 .01	-10.16 .02				
3440	-10.03 .01	-9.16 .01	-9.16 .01	-10.18 .01	-13.20 .08	-13.14 .16	-13.28 .01	-13.15 .05
3460	-10.03 .01	-9.17 .01	-9.17 .01	-10.19 .01				
3480	-10.03 .01	-9.18 .01	-9.18 .01	-10.17 .01				
3500	-10.03 .01	-9.19 .01	-9.19 .01	-10.18 .03				
3520		-9.20 .01	-9.21 .01					
3540								

Длина волны, Å	HD 217050 EW LAC 10.12.84 Ц	HD 217675 OMICRON AND 12.07.85 Ц	HD 219749 ET AND 13.12.84 Ц	HD 217050 EW LAC 10.12.84 Ц	HD 217675 OMICRON AND 12.07.85 Ц	HD 219749 ET AND 13.12.84 Ц	HD 221760 IOTA PHE 26.03.85 Ц
1480				- 9.94.01		-10.66.01	
1500				- 9.96.01		-10.64.01	
1520				- 9.97.01		-10.65.01	
1540	-8.99.04		-10.59.01	- 9.98.02		-10.62.01	
1560			-10.57.02	- 9.97.02		-10.64.01	
1580			-10.62.02	-10.00.01		-10.68.01	
1600	-9.05.01		-10.57.01	- 9.93.01		-10.70.01	
1620			-10.56.02	- 9.94.01		-10.68.01	
1640			-10.58.01	- 9.97.01	-9.25.03	-10.70.01	
1660			-10.59.02	- 9.96.01		-10.70.01	
1680			-10.59.01	-10.00.01	-9.24.04	-10.69.01	
1700			-10.56.01	-10.00.01	-9.26.01	-10.73.01	
1720	-9.15.01		-10.62.01	-10.01.01	-9.30.01	-10.73.01	
1740			-10.63.02	-10.00.01	-9.32.01	-10.75.01	
1760			-10.63.01	-10.01.01	-9.30.01	-10.75.01	
1780	-9.21.02		-10.68.01	-10.01.01	-9.31.02	-10.76.01	-10.53.01
1800			-10.64.01	-10.03.01	-9.34.01	-10.77.01	-10.64.08
1820			-10.59.01	-10.04.01	-9.31.01	-10.79.01	-10.58.02
1840	-9.18.01		-10.62.01	-10.05.01	-9.35.01	-10.82.01	-10.66.06
1860	-9.19.01		-10.63.01	-10.02.01	-9.33.01	-10.78.01	-10.54.04
1880	-9.20.01		-10.64.01	-10.05.01	-9.34.01	-10.79.01	-10.50.04

Длина волны, Å	HD 217050 EW LAC 10.12.84 Ц	HD 217675 OMICRON AND 12.07.85 Ц	HD 219749 ET AND 13.12.84 Ц	HD 221760 IOTA PHE 26.03.85 Ц	HD 222800 RAOR 25.04.86 O	HD 224014 RHO CAS 06.08.85 O
2320	-10.05 .01	-9.36 .01	-10.81 .01	-10.57 .04		
2340	-10.06 .01	-9.35 .01	-10.84 .01	-10.55 .03		
2360	-10.04 .01		-10.86 .01	-10.70 .01		
2380	-10.05 .01	-9.37 .02	-10.87 .01	-10.63 .01		
2400	-10.05 .01	-9.38 .01	-10.88 .01	-10.68 .01		
2420	-10.05 .01	-9.36 .01	-10.87 .01	-10.75 .05		
2440	-10.02 .01	-9.41 .01	-10.84 .01	-10.59 .07		
2460	-10.02 .01	-9.32 .01	-10.84 .01	-10.54 .01		
2480	-10.03 .01	-9.38 .01	-10.82 .01	-10.60 .04		
2500	-10.02 .01	-9.36 .01	-10.82 .01	-10.54 .02		
2520	-10.06 .01	-9.37 .01	-10.83 .01	-10.64 .04		
2540	-10.09 .01	-9.38 .03	-10.84 .01	-10.81 .06		
2560	-10.06 .01	-9.38 .02	-10.83 .01	-10.64 .01	-13.24 .04	
2580	-10.03 .01	-9.36 .01	-10.81 .01	-10.76 .01	-13.17 .03	
2600	-10.04 .01		-10.82 .01	-10.58 .04	-13.11 .03	
2620	-10.08 .01		-10.78 .02		-13.06 .04	
2640	-10.03 .01		-10.81 .01		-13.20 .04	
2660	-10.03 .01		-10.78 .01		-13.25 .04	
2680	-10.04 .01		-10.81 .01		-13.22 .02	
2700	-10.05 .01		-10.83 .01		-13.25 .03	
2720	-10.05 .01		-10.79 .01		-13.14 .03	

Длина волны, Å	HD 217050 EW LAC 10.12.84 Ц	HD 217675 OMICRON AND 12.07.85 Ц	HD 219749 ET AND 13.12.84 Ц	HD 221760 IOTA PHE 26.03.85 Ц	HD 222800 R AQR 25.04.86 O	HD 224014 RHO CAS 06.08.85 O
2740	-10.07 .01	-9.43 .02	-10.81 .01		-13.07 .02	
2760	-10.03 .01	-9.42 .01	-10.83 .01		-13.10 .03	
2780	-10.08 .01	-9.42 .01	-10.83 .01		-12.92 .02	
2800	-10.08 .01		-10.81 .01		-12.71 .01	
2820	-10.09 .01		-10.78 .01		-13.00 .02	-12.36 .06
2840	-10.08 .01	-9.55 .01	-10.82 .01		-13.09 .02	-12.20 .04
2860	-10.10 .01		-10.81 .01		-13.18 .02	-12.14 .02
2880	-10.09 .01		-10.83 .01		-13.23 .02	-12.03 .01
2900	-10.07 .01		-10.82 .01		-13.31 .02	-11.89 .02
2920	-10.08 .01		-10.81 .01		-13.27 .02	-11.82 .02
2940	-10.08 .01		-10.81 .01		-13.20 .01	-11.84 .02
2960	-10.09 .01	-9.44 .02	-10.81 .01		-13.23 .02	-11.80 .02
2980	-10.09 .01	-9.45 .02	-10.79 .01		-13.22 .03	-11.72 .02
3000	-10.10 .01	-9.42 .01	-10.80 .01		-13.28 .03	-11.64 .03
3020	-10.12 .01		-10.78 .01		-13.26 .03	-11.62 .01
3040	-10.12 .01	-9.46 .01	-10.78 .01		-13.22 .04	-11.58 .02
3060	-10.12 .01	-9.44 .02	-10.80 .01		-13.26 .01	-11.53 .01
3080	-10.14 .01	-9.47 .01	-10.80 .01		-13.25 .02	-11.50 .01
3100	-10.15 .01	-9.47 .01	-10.80 .01	-10.41 .01	-13.25 .02	-11.48 .01
3120	-10.13 .01	-9.47 .02	-10.80 .01	-10.45 .04	-13.23 .02	-11.41 .01
3140	-10.16 .01	-9.45 .01	-10.80 .01	-10.47 .02	-13.23 .02	-11.41 .01

Длина волны, Å	HD 217050 EW LAC 10.12.84 Ц	HD 217675 OMICRON AND 12.07.85 Ц	HD 219749 ET AND 13.12.84 Ц	HD 221760 IOTA PHE 26.03.85 Ц	HD 222800 RAOR 25.04.86 O	HD 224014 RHO CAS 06.08.85 O
3160	-10.15 .01	-9.47 .01	-10.80 .01	-10.47 .03	-13.23 .01	-11.40 .03
3180	-10.15 .01	-9.48 .01	-10.81 .01	-10.44 .01	-13.14 .02	-11.34 .02
3200	-10.16 .01	-9.48 .01	-10.83 .01	-10.46 .01	-13.13 .02	-11.38 .02
3220	-10.16 .01	-9.49 .01	-10.81 .01	-10.50 .01	-13.19 .02	-11.42 .03
3240	-10.17 .01	-9.49 .01	-10.82 .01	-10.47 .01	-13.15 .02	-11.51 .01
3260	-10.17 .01	-9.49 .01	-10.83 .01	-10.42 .01	-13.15 .02	-11.31 .02
3280	-10.19 .01	-9.49 .01	-10.82 .01	-10.44 .01	-13.15 .01	-11.28 .03
3300	-10.19 .01	-9.52 .01	-10.82 .01	-10.47 .01	-13.15 .02	-11.21 .02
3320	-10.19 .01	-9.51 .01	-10.83 .01	-10.42 .02	-13.21 .02	-11.22 .02
3340	-10.19 .01	-9.54 .01	-10.84 .01	-10.45 .02	-13.18 .02	-11.25 .01
3360	-10.20 .01	-9.50 .01	-10.85 .01	-10.44 .02	-13.17 .03	-11.23 .02
3380	-10.20 .01	-9.54 .01	-10.84 .01	-10.46 .01	-13.19 .04	-11.16 .02
3400	-10.19 .01	-9.53 .01	-10.86 .01	-10.45 .02	-13.20 .02	-11.19 .02
3420	-10.22 .01	-9.53 .01	-10.85 .01	-10.43 .02	-13.18 .03	-11.13 .03
3440	-10.23 .01	-9.54 .01	-10.87 .01	-10.44 .01	-13.15 .02	-11.09 .02
3460	-10.24 .01	-9.55 .01	-10.89 .01	-10.44 .01	-13.15 .01	-11.12 .02
3480	-10.25 .01	-9.58 .01	-10.88 .01	-10.47 .01	-13.20 .02	-11.09 .05
3500	-10.28 .02		-10.88 .01	-10.47 .01	-13.12 .02	-11.11 .02
3520					-13.16 .02	-11.05 .01
3540						

Логарифмы спектральной плотности потоков излучения в единицах эрг/(с·см<sup>2</sup>·Å), полученные при узкополосной многоцветной фотометрии

Длина волны, Å	VX CAS 27.07.84 Ф	Длина волны, Å	EG AND 20.12.83 O	Длина волны, Å	RX AND 23.08.83 O	Длина волны, Å	SU AUR 26.09.83 Ф	Длина волны, Å	SU AUR 09.09.84 Ф
1546	-12.88.15	1614	-12.91.20	1622	-12.74.05	2540	-14.04.18	1960	-14.05.15
1602	-13.33.15	1668	-12.16.03	1709	-12.78.03	2691	-13.42.02	2258	-13.76.15
1910	-13.35.05	1765	-12.64.03	1798	-12.78.03	2719	-13.38.01	2340	-13.65.20
1976	-13.54.07	1918	-12.41.02	1866	-12.79.03	2752	-13.37.04	2420	-13.76.30
2175	-14.19.09	2000	-13.10.05	1966	-12.82.03	2852	-13.26.01	2490	-13.75.30
2389	-13.97.07	2257	-13.24.04	2107	-12.89.03	2958	-13.00.02	2530	-13.60.07
2561	-13.86.04	2486	-13.03.02	2323	-12.91.03	3007	-12.98.02	2690	-13.45.05
2805	-13.56.04	2556	-13.00.04	2509	-12.97.03	3119	-12.85.01	2715	-13.43.05
2871	-13.55.03	2655	-13.25.03	2597	-12.98.04	3240	-12.74.01	2765	-13.32.02
3072	-13.42.02	2811	-12.68.02	2689	-13.02.03	3359	-12.65.01	2855	-13.25.02
3285	-13.32.01	2895	-13.26.02	2759	-13.02.03	3436	-12.69.01	2930	-13.15.02
3455	-13.31.01	3153	-13.13.02	2861	-13.04.03			2970	-13.03.02
		3382	-13.03.02	3003	-13.06.03			2982	-13.02.02
				3220	-13.06.03			3049	-12.91.01
				3404	-13.10.03			3090	-12.90.01
								3142	-12.85.01
								3170	-12.84.01
								3211	-12.81.01
								3262	-12.71.01
								3291	-12.70.01
								3343	-12.68.01
								3384	-12.66.01
								3422	-12.65.01

Длина волны, Å	SS AUR 22.08.83 O	Длина волны, Å	VY SMA 24.09.84 Ф	Длина волны, Å	SN1983 NGC 5236 07.08.83 Ф	Длина волны, Å	RY LUP 25.07.83 Ф	Длина волны, Å	YU HER 22.08.84 Ф
1622	-13.05.25	2552	-14.39.50	1790	-14.09.39/.99	2685	-15.31.20/.40	1549	-13.29.20
1710	-13.07.25	2645	-14.30.40	1880	-14.14.30/.99	2790	-15.22.20/.40	1600	<-14.50
1799	-13.19.20	2682	-14.27.11	1970	-13.97.18/.30	2899	-14.55.10	1662	-14.22.50
1970	-13.43.20	2753	-13.94.40	2095	-14.23.23/.50	3148	-13.74.02	1754	-13.78.20
2100	-13.91.30	2805	-14.29.08	2212	-14.00.11/.14	3333	-13.27.01	1792	-14.31.30
2318	-13.72.10	2870	-14.18.40	2340	-14.07.10/.12			1911	-13.91.15
2495	-13.68.05	2990	-13.83.15	2460	-14.00.05/.11			2169	<-14.50
2508	-13.45.15	3064	-13.91.03	2540	-13.86.07			2487	-14.40.40
2590	-13.45.10	3110	-13.92.16	2680	-13.88.06			2551	-14.37.20
2690	-13.76.05	3231	-13.71.10	2773	-13.77.03			2646	-14.28.10
2864	-13.69.03	3350	-13.55.07	2864	-13.85.03			2684	-14.32.08
2997	-13.67.02	3442	-13.51.01	2991	-13.66.02			2805	-14.39.08
3215	-13.71.02			3109	-13.59.02			3066	-14.25.05
3391	-13.70.02			3237	-13.56.01				
				3356	-13.47.01				
				3430	-13.44.01				

Длина волны, Å	YU HER 17.09.85 Ф	Длина волны, Å	V1016 CYG 21.03.85 O	Длина волны, Å	V1329 CYG 05.04.84 O	Длина волны, Å	HD 200582 SAO 164119 16.12.86 Ф	Длина волны, Å	ANON
1550	-13.23.15	1550	-11.36.03	1552	-13.10.20	1601	-12.42.04	2654	-13.71.05
1598	-13.33.15	1584	-11.51.03	1614	-13.90.50	1802	-11.83.04	2790	-13.96.06
1665	-13.39.15	1640	-11.67.02	1853	-14.10.40	1914	-11.83.04	3102	-13.39.02
1750	-13.68.20	1750	-11.90.15	1901	-13.80.15	2000	-11.84.04	3246	-13.31.02

Продолжение табл. 5

Длина волны, Å	УУ HER 17.09.85 Ф	Длина волны, Å	V1016 CUG 21.03.85 O	Длина волны, Å	V1329 CUG 05.04.84 O	Длина волны, Å	HD 200582 SAO 164119 16.12.86 Ф	Длина волны, Å	ANON 03.10.86 Ф
1791	-13.86.20	1790	-12.81.02	2131	-14.35.20	2207	-11.79.04		
1908	-13.57.10	1907	-11.80.02	2602	-14.40.15	2407	-12.02.04		
2175	-14.15.15	1941	-12.94.03	2745	-13.84.10	2489	-11.80.04		
2485	-13.94.40	2172	-13.16.04	2794	-13.80.10	2695	-11.70.04		
2550	-13.90.10	2450	-12.85.06	3028	-13.97.05	2809	-11.82.04		
2641	-13.85.05	2529	-12.91.04	3154	-13.93.05	2896	-11.62.04	Длина волны, Å	SVS 2636 19.12.85 Ф
2684	-13.89.05	2682	-12.88.03	3524	-13.82.04	3104	-11.55.04	1789	-13.24.08/12:
2802	-13.68.03	2801	-12.33.01			3302	-11.49.04	1904	-13.29.07
3072	-13.79.03	2836	-12.61.02					2168	-13.69.05
3443	-13.41.02	3070	-12.81.01					2681	-13.53.02
		3100	-12.20.15					2798	-13.41.02
		3200	-12.40.20			Длина волны, Å	DI CEP 04.08.84 Ф	3065	-13.72.02
		3320	-12.00.20			2652	-14.45.18/.30		
		3430	-11.40.20			3173	-14.58.13/.20		

Примечания. Спектральное разрешение при наблюдениях в центральной диафрагме (Ц) составляет 28 Å, при наблюдениях в фоновой (Ф) и офсетной (О) — около 31 Å. Для определения потока в эмиссионной линии приводимые в таблице спектральные плотность и потоков следует уменьшить на плотность потоков прилегающего континуума и полученные разности умножить на 28 Å.

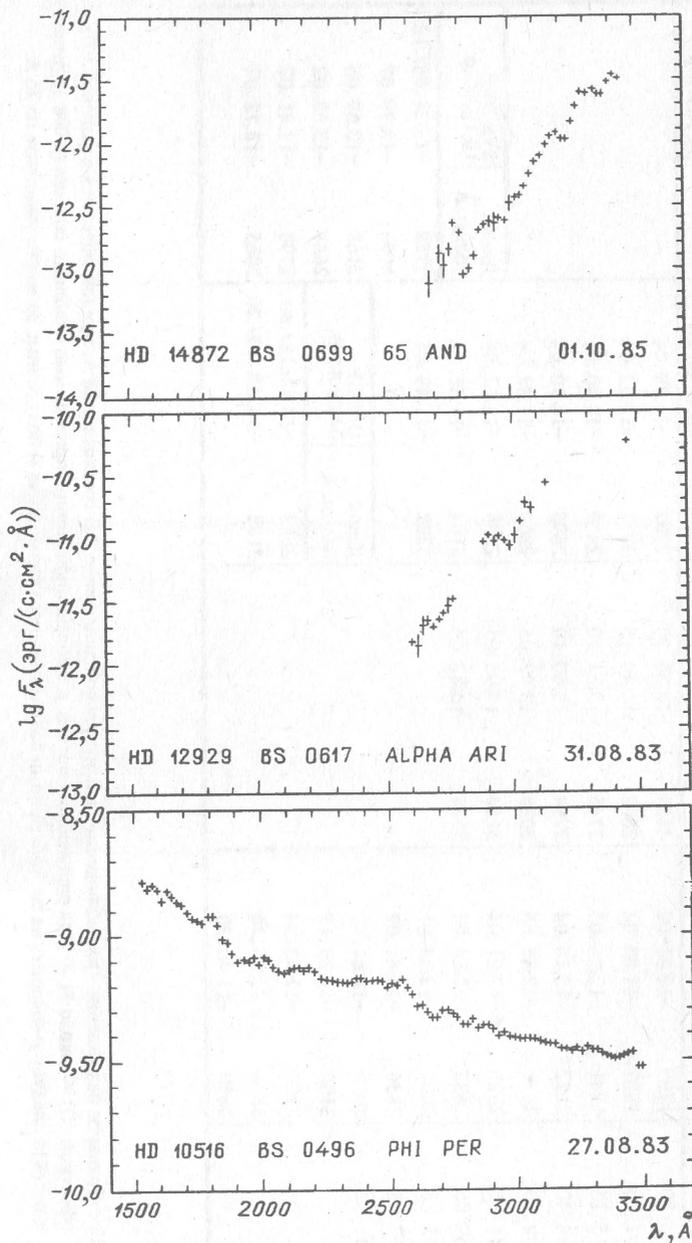


Рис. 31.1. Распределение энергии в спектрах звезд

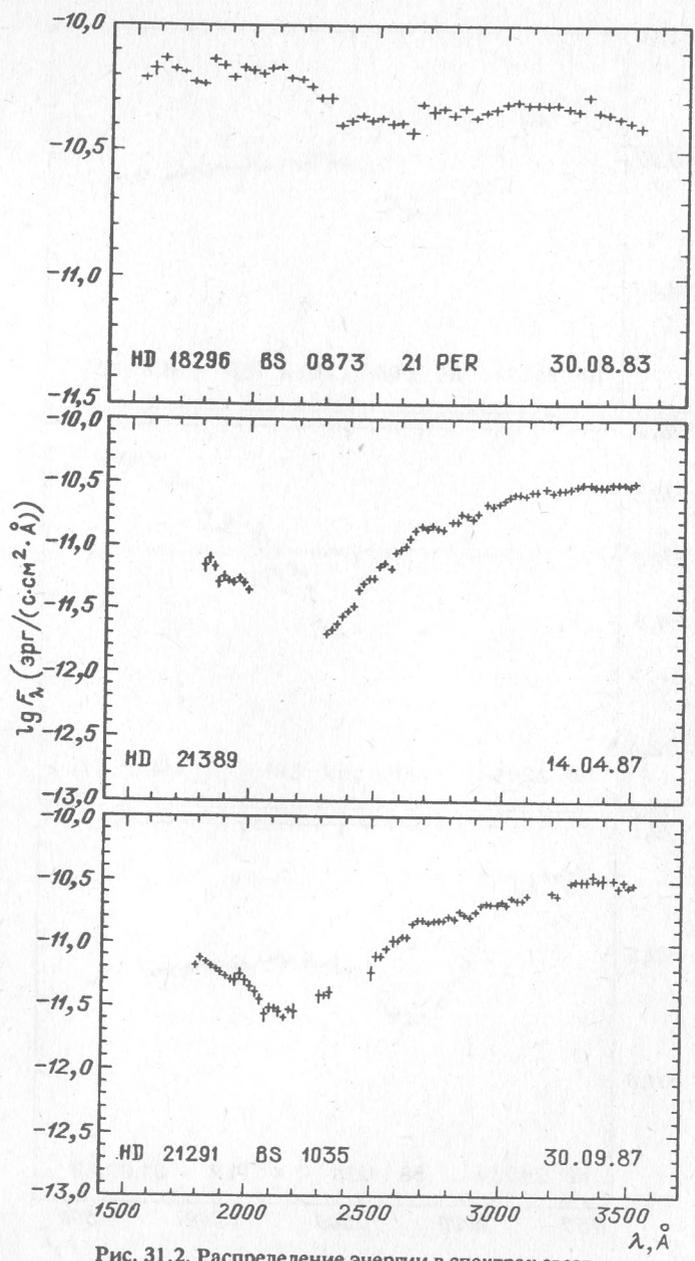


Рис. 31.2. Распределение энергии в спектрах звезд

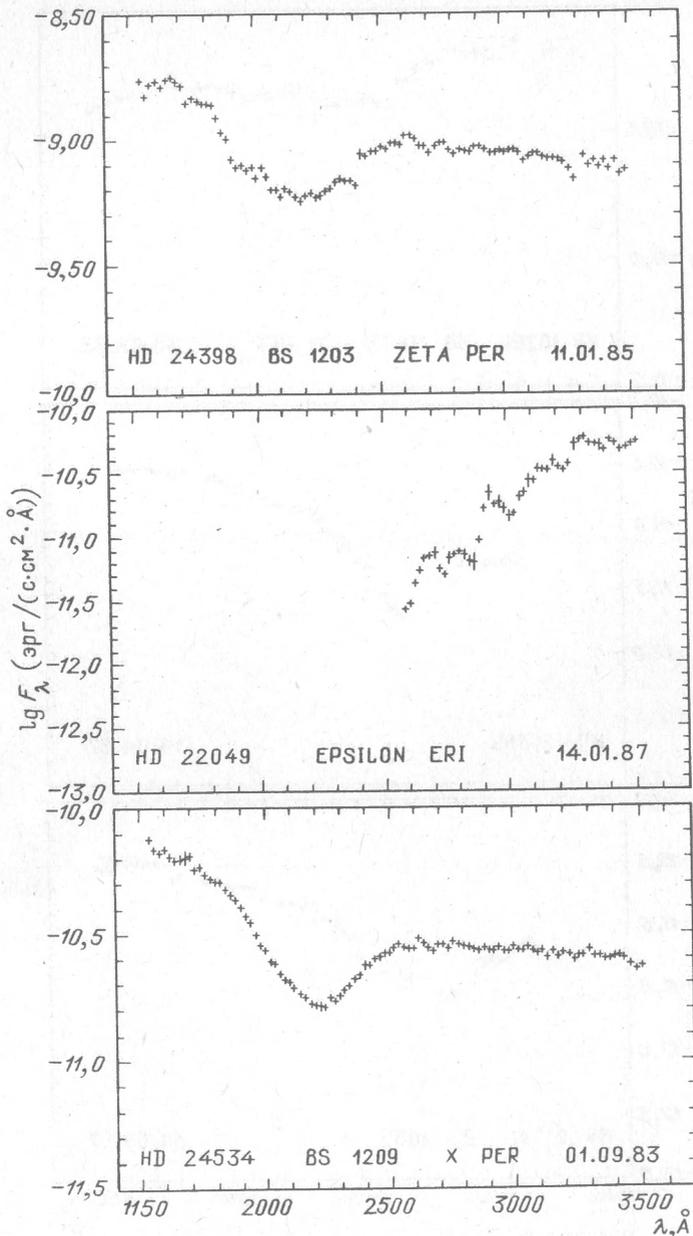


Рис. 31.3. Распределение энергии в спектрах звезд

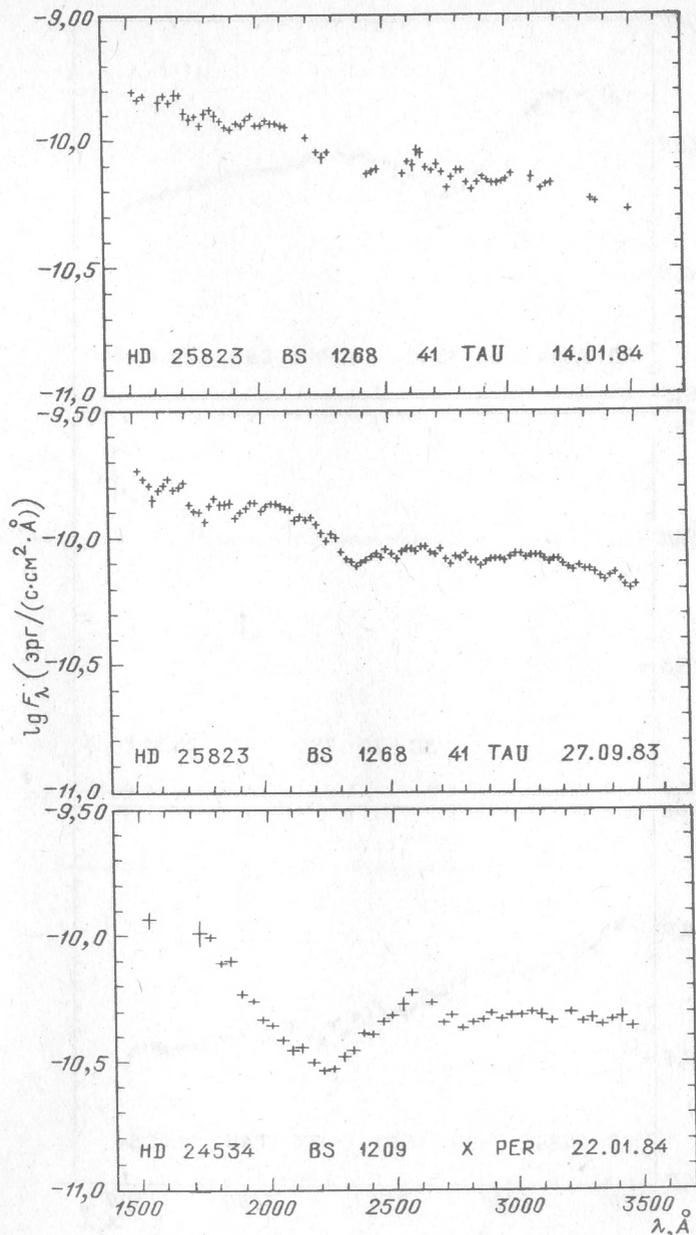


Рис. 31.4. Распределение энергии в спектрах звезд

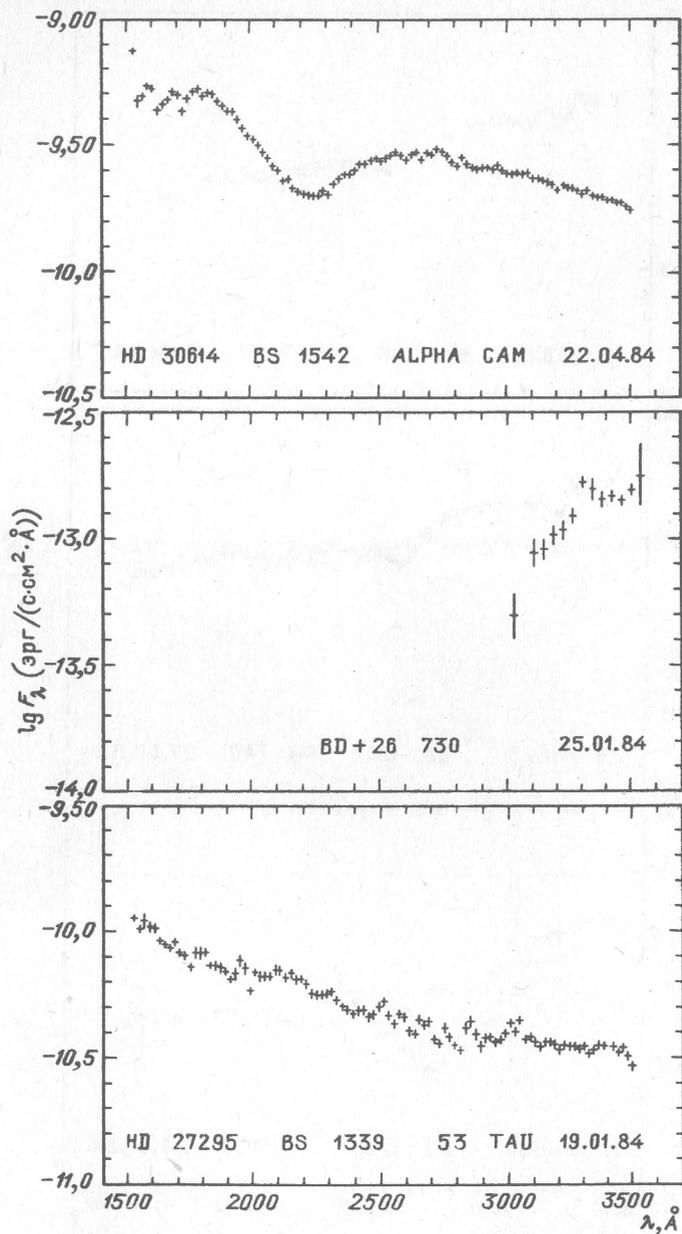


Рис. 31.5. Распределение энергии в спектрах звезд

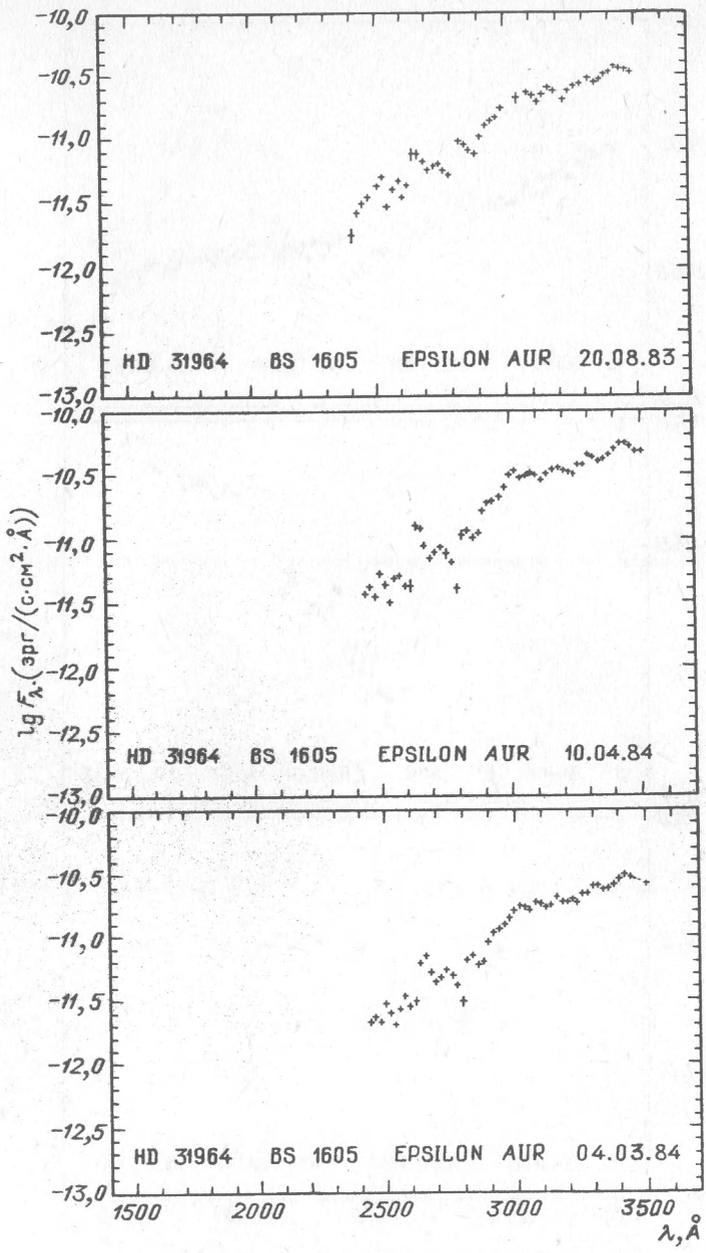


Рис. 31.6. Распределение энергии в спектрах звезд

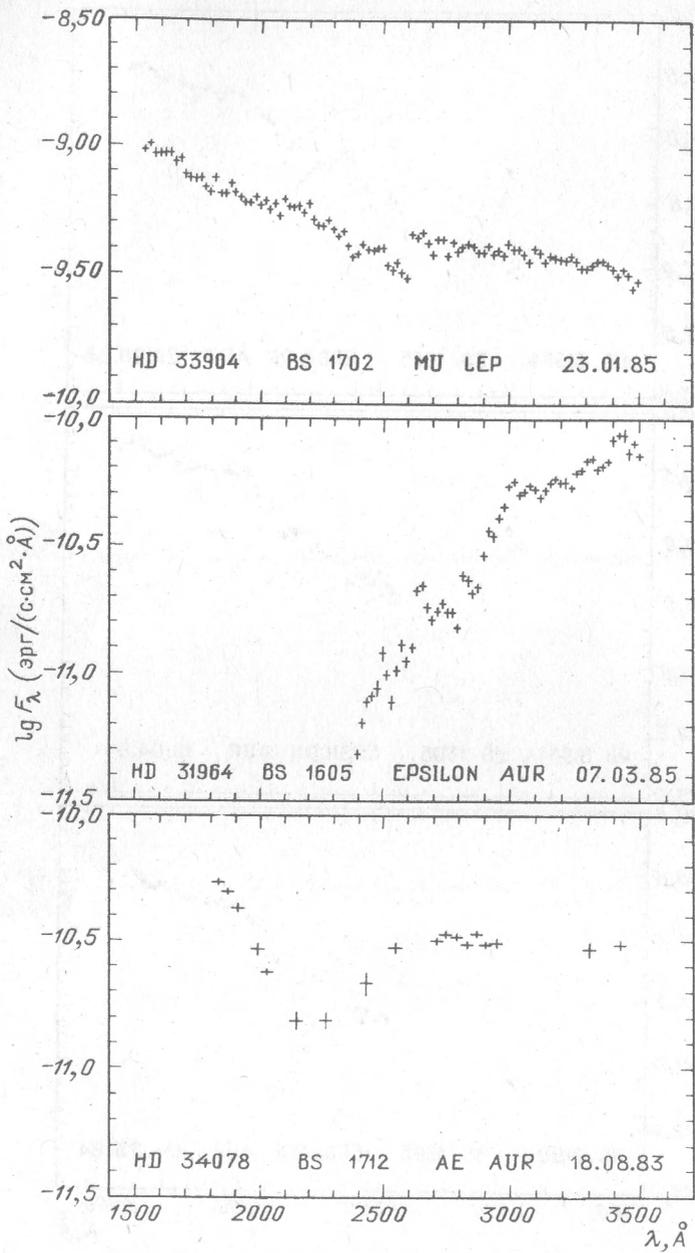


Рис. 31.7. Распределение энергии в спектрах звезд

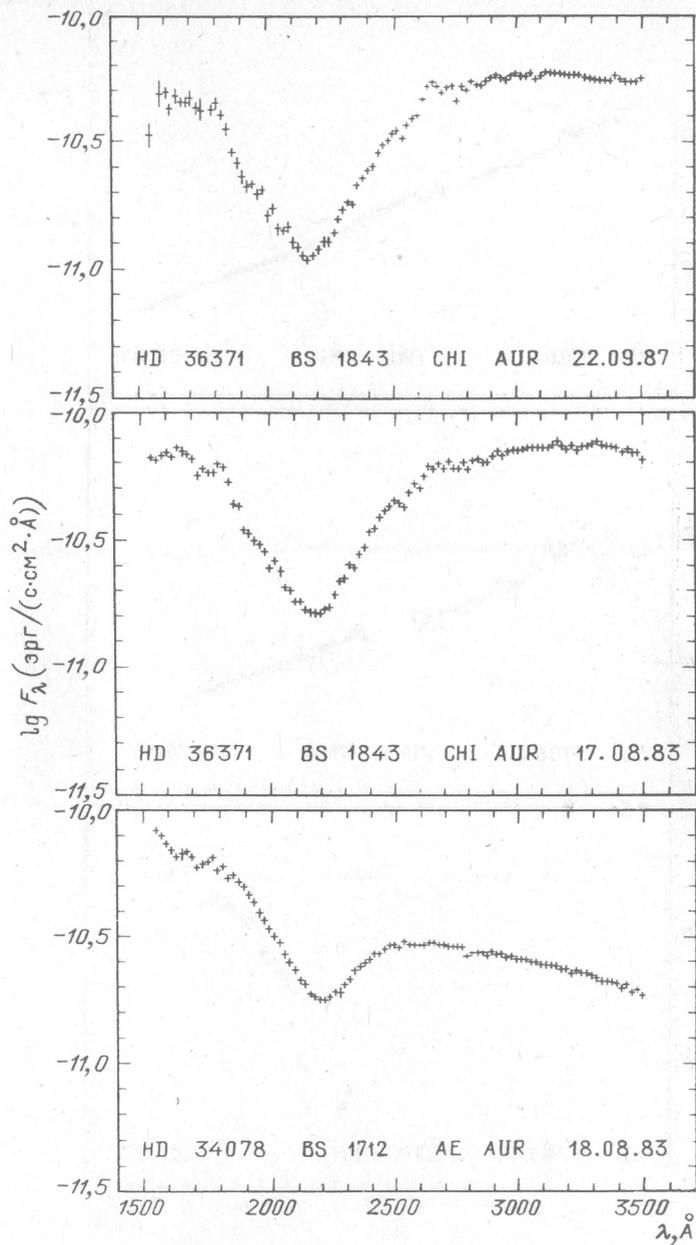


Рис. 31.8. Распределение энергии в спектрах звезд

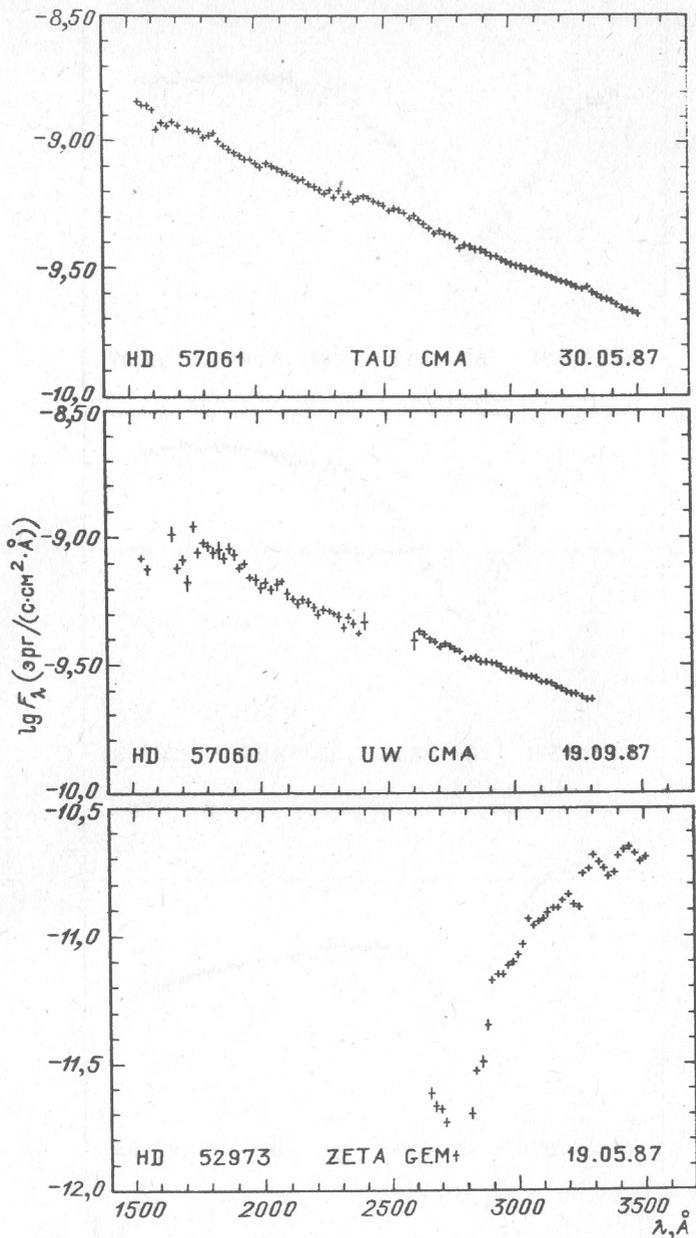


Рис. 31.9. Распределение энергии в спектрах звезд

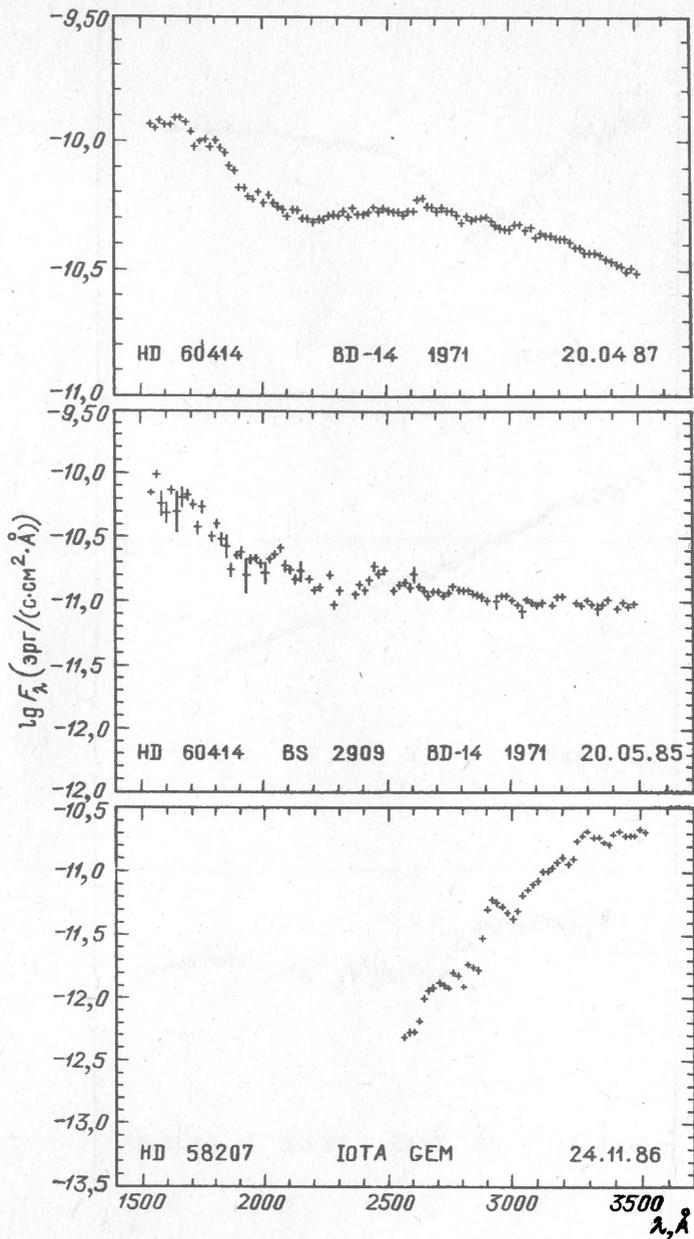


Рис. 31.10. Распределение энергии в спектрах звезд

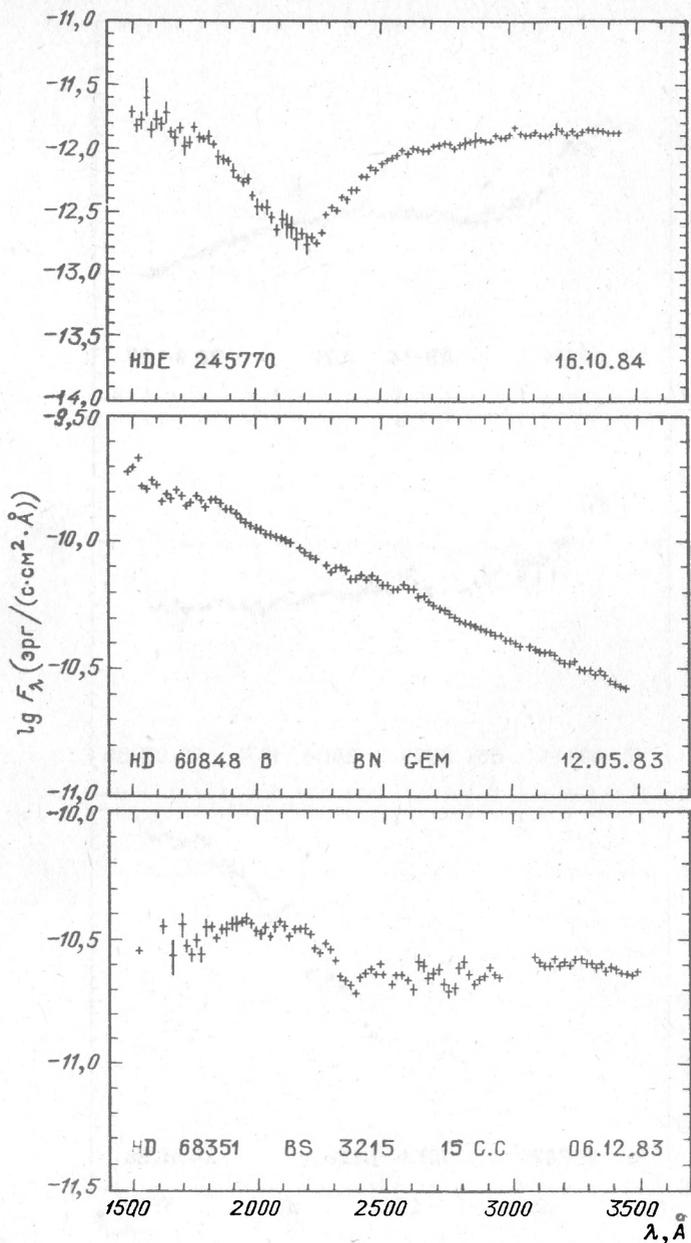


Рис. 31.11. Распределение энергии в спектрах звезд

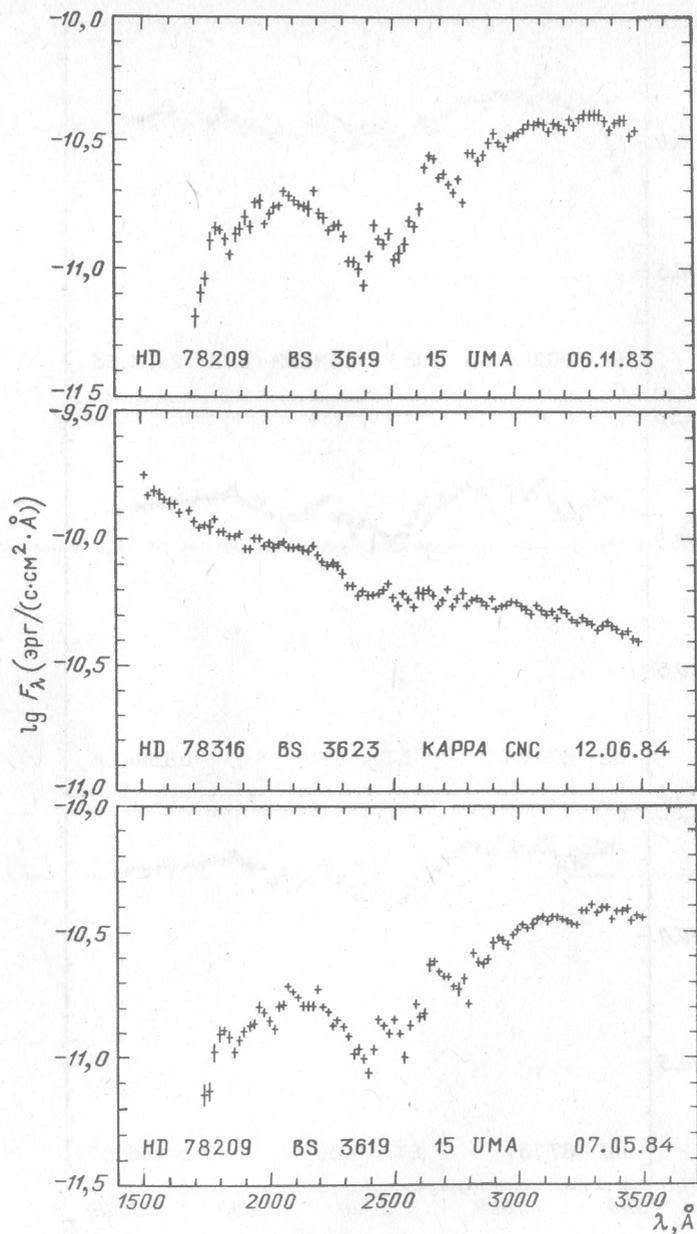


Рис. 31.12. Распределение энергии в спектрах звезд

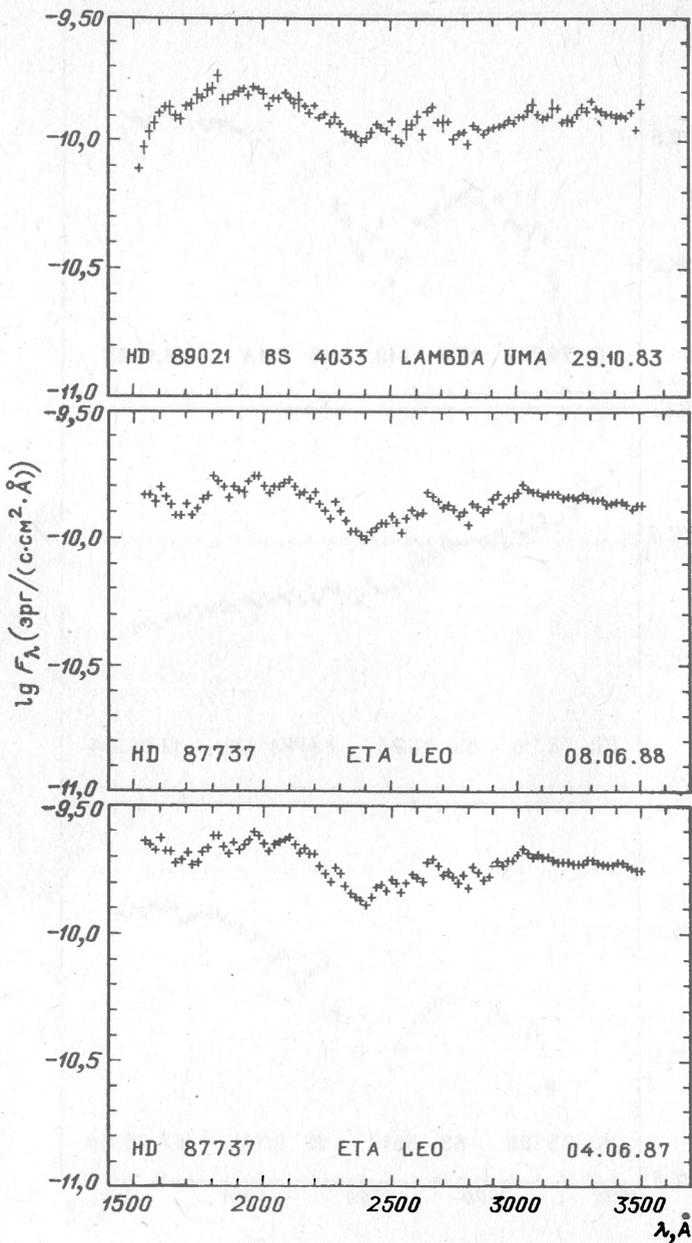


Рис. 31.13. Распределение энергии в спектрах звезд

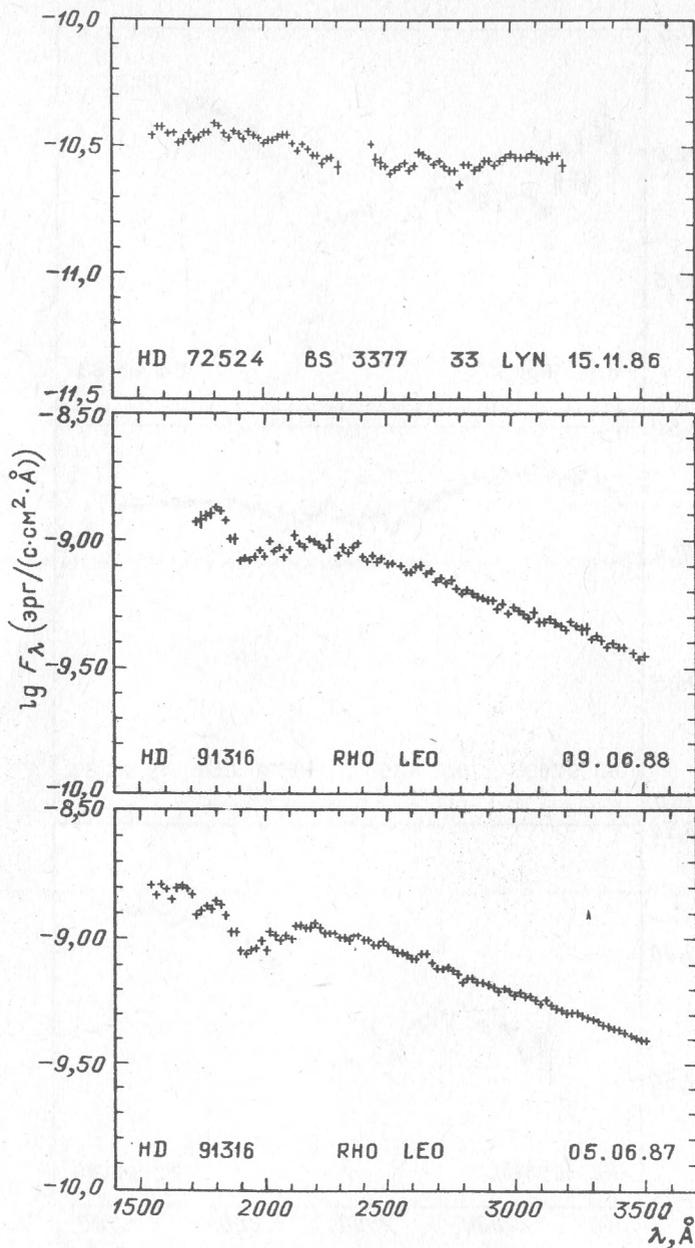


Рис. 31.14. Распределение энергии в спектрах звезд

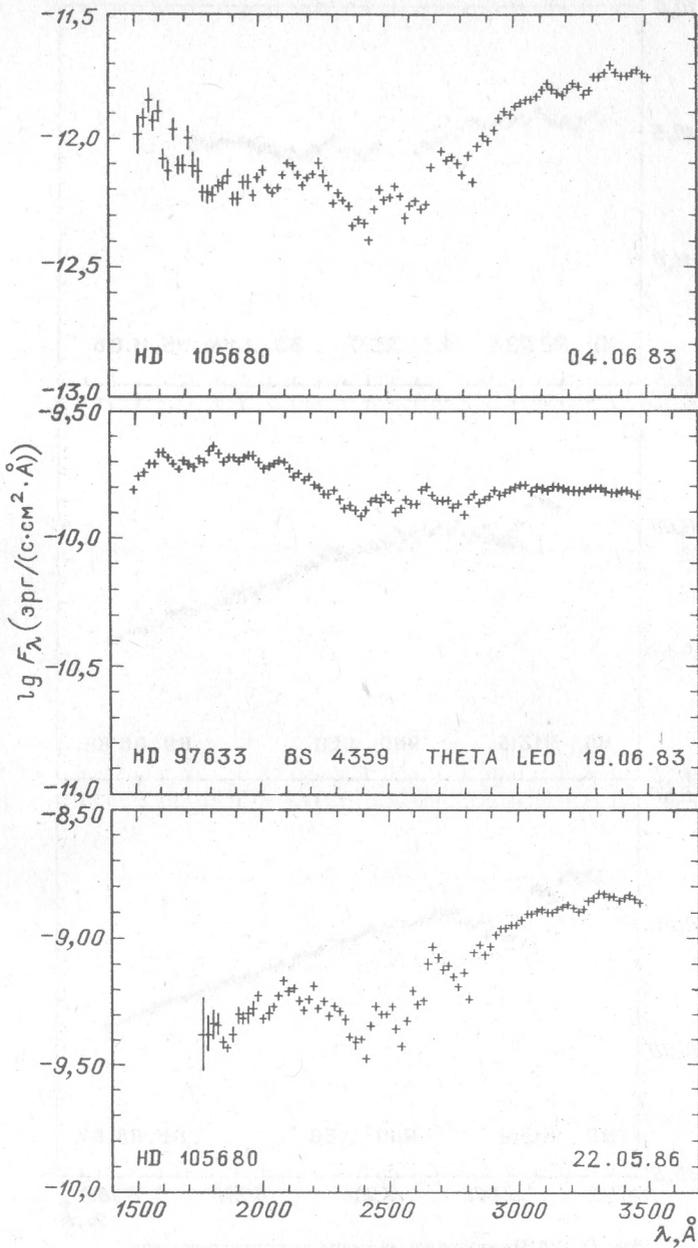


Рис. 31.15. Распределение энергии в спектрах звезд

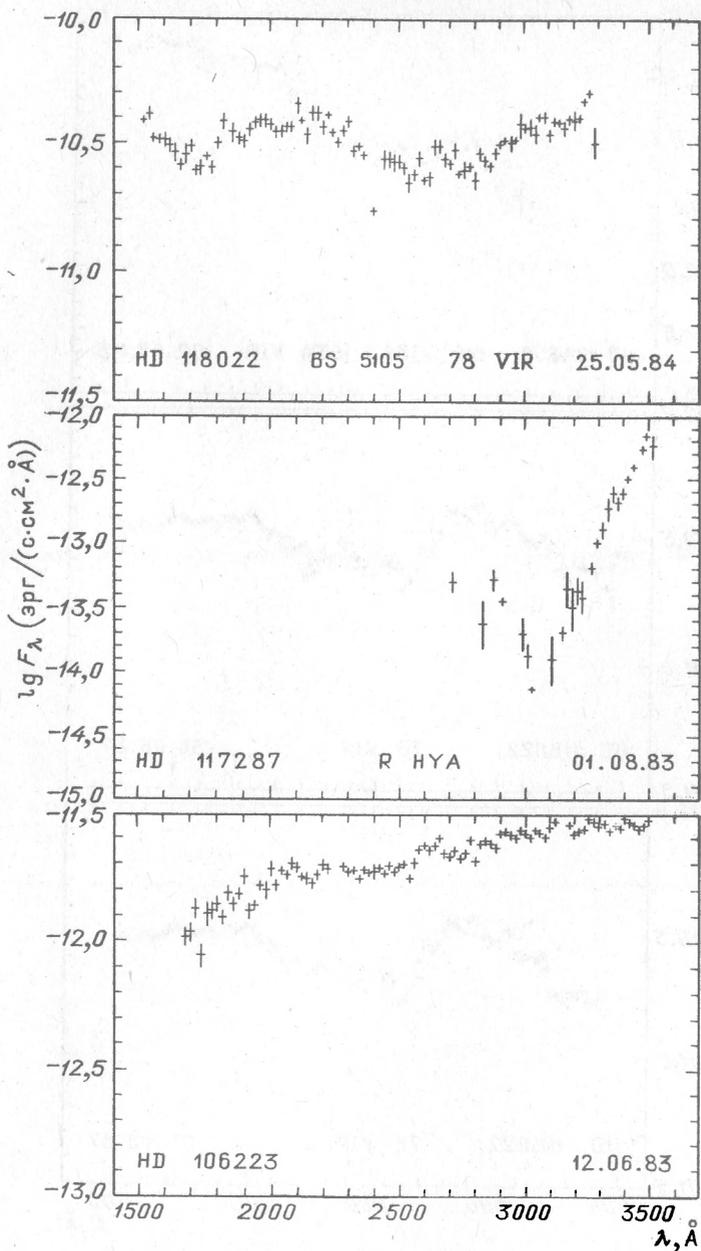


Рис. 31.16. Распределение энергии в спектрах звезд

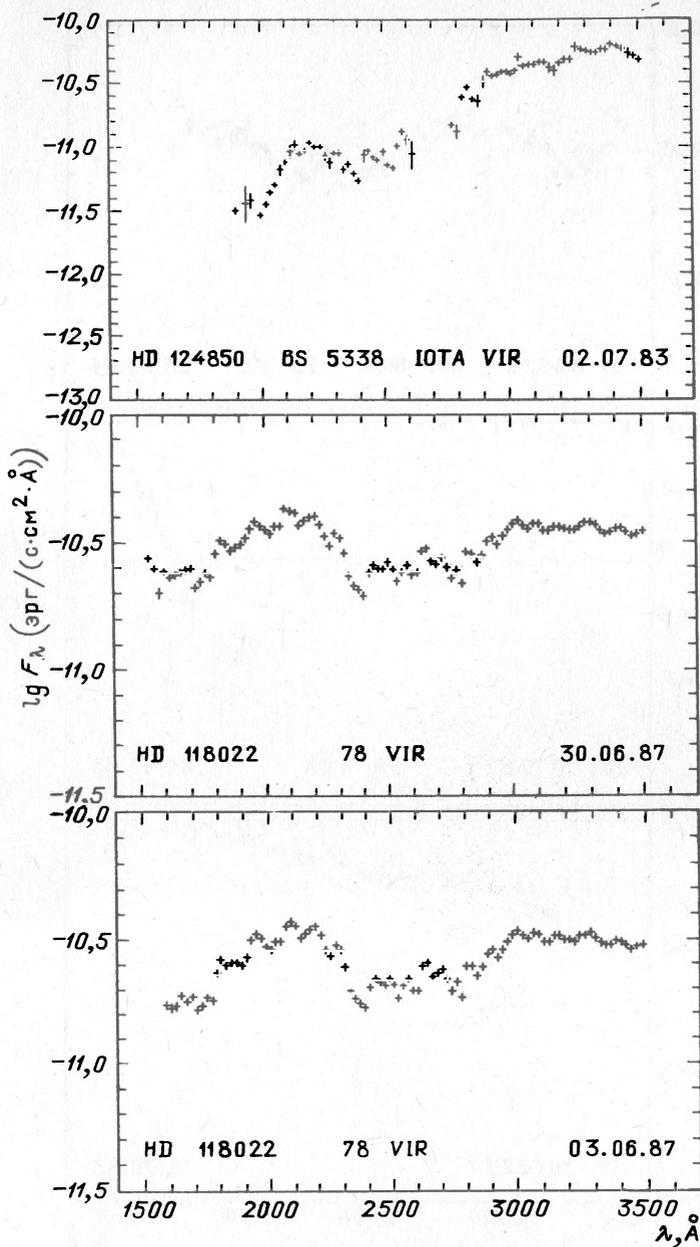


Рис. 31.17. Распределение энергии в спектрах звезд

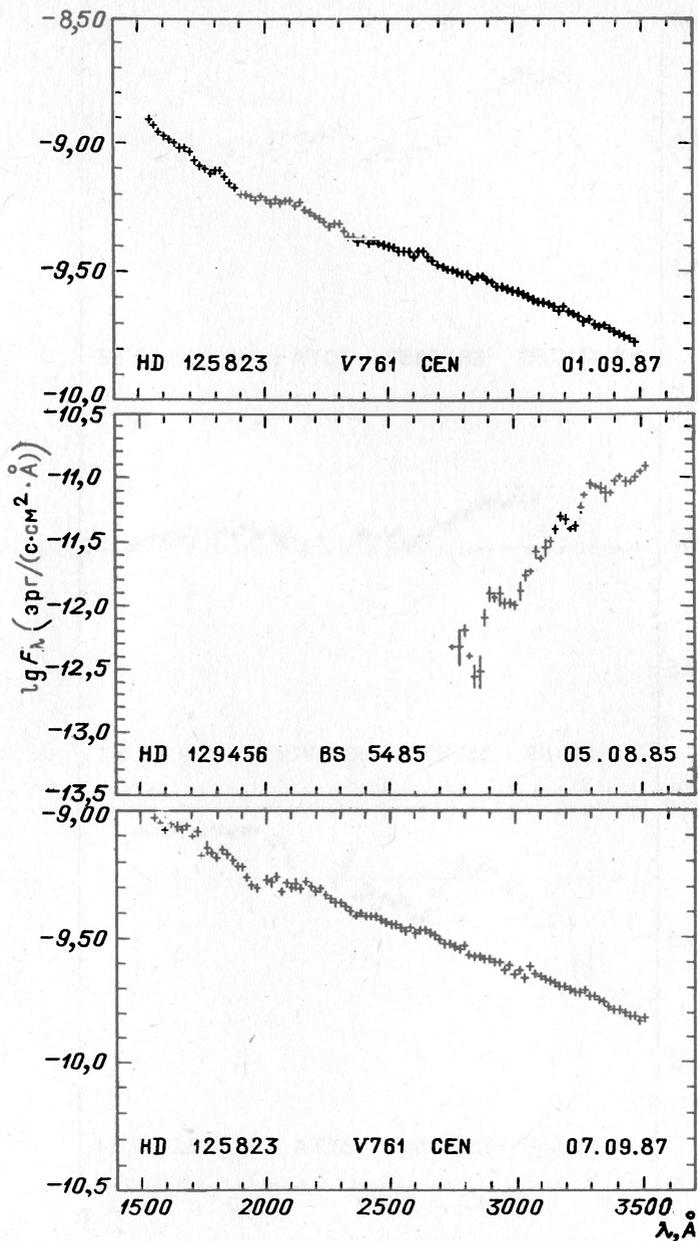


Рис. 31.18. Распределение энергии в спектрах звезд

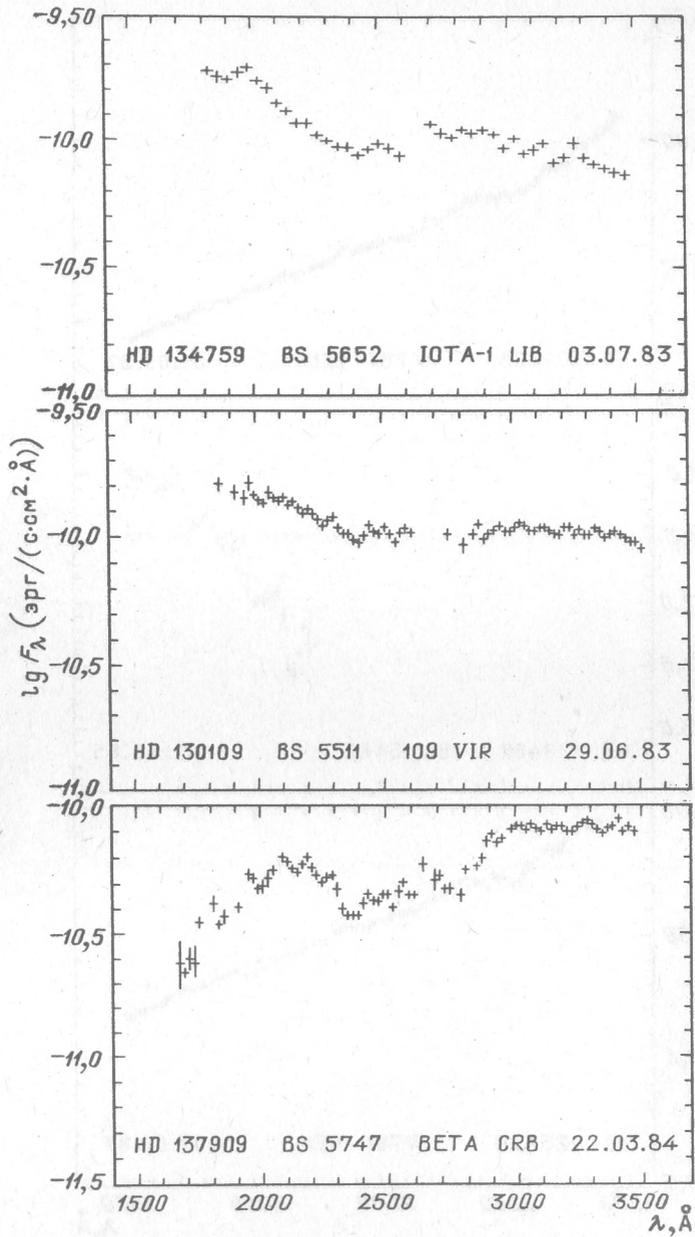


Рис. 31.19. Распределение энергии в спектрах звезд

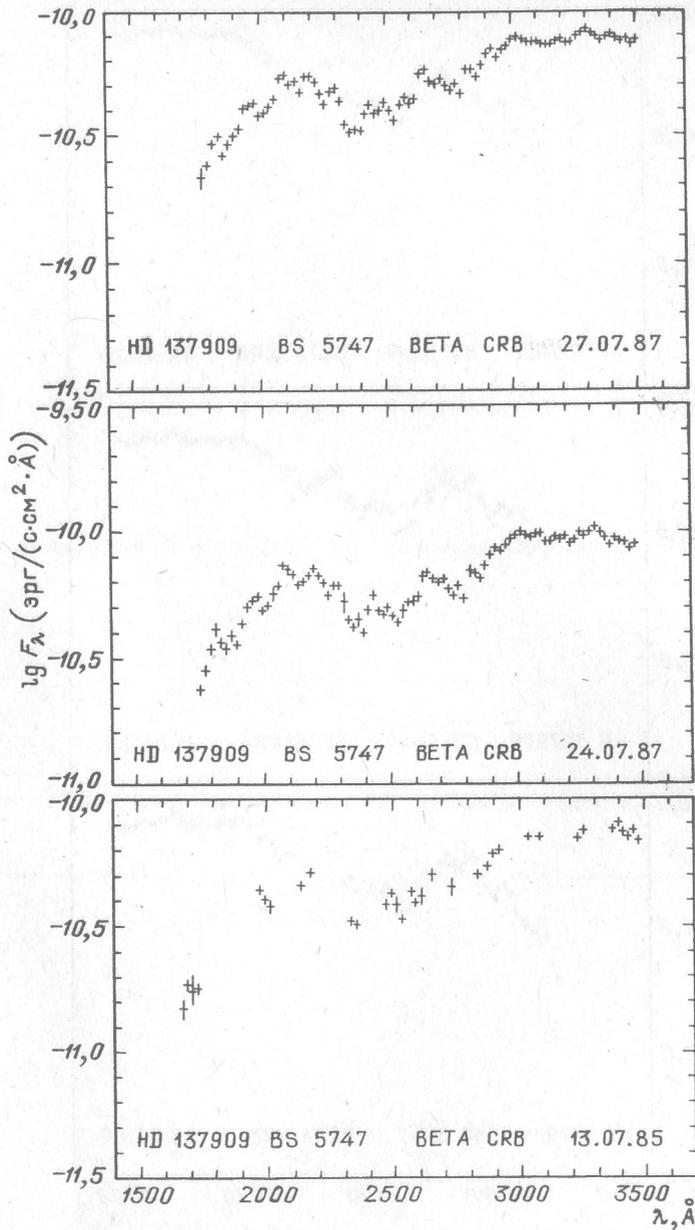


Рис. 31.20. Распределение энергии в спектрах звезд

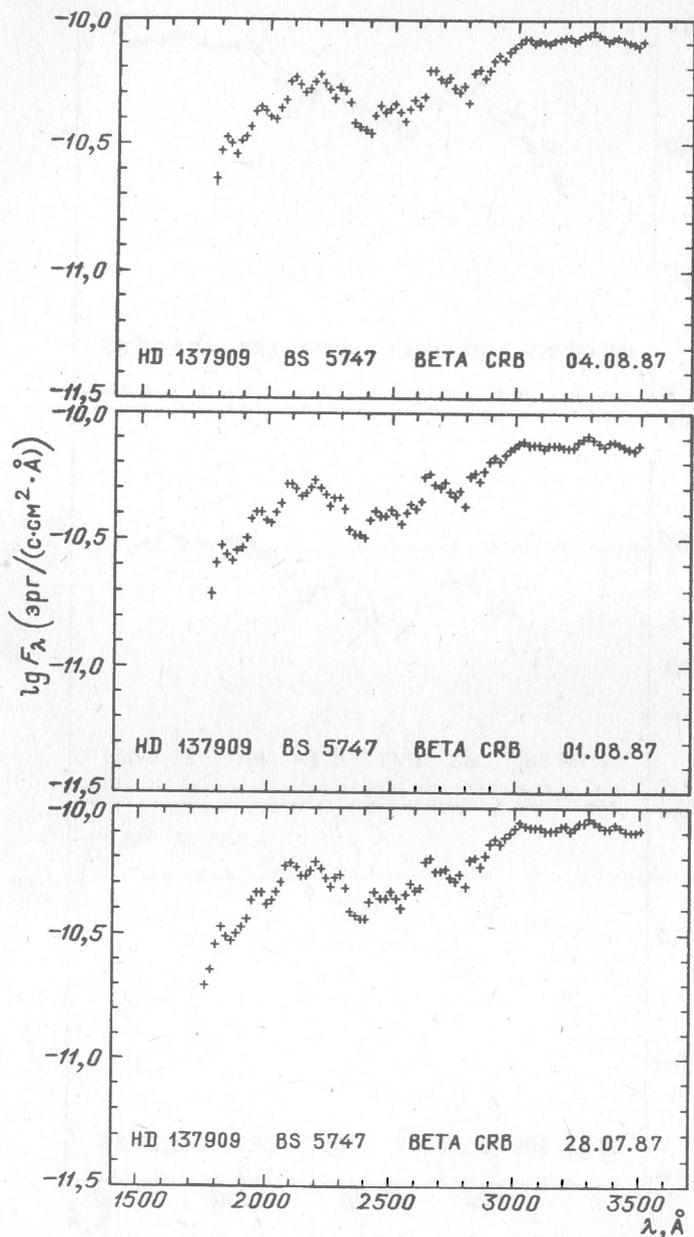


Рис. 31.21. Распределение энергии в спектрах звезд

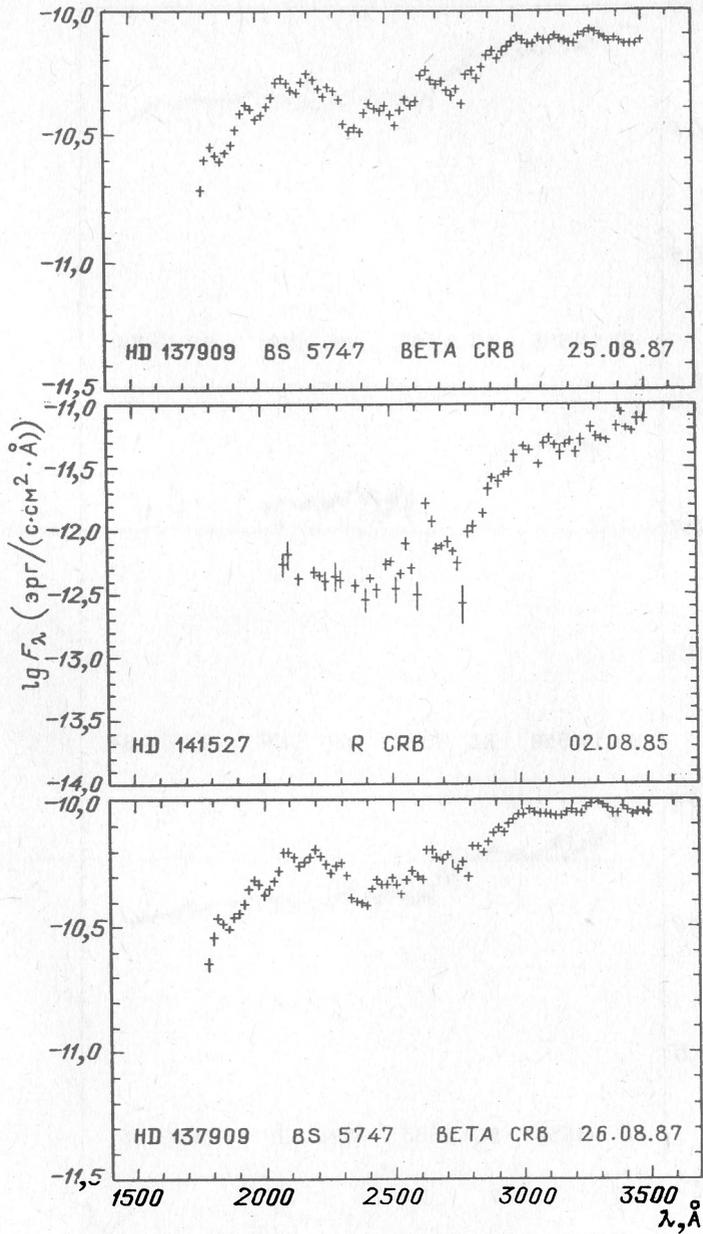


Рис. 31.22. Распределение энергии в спектрах звезд

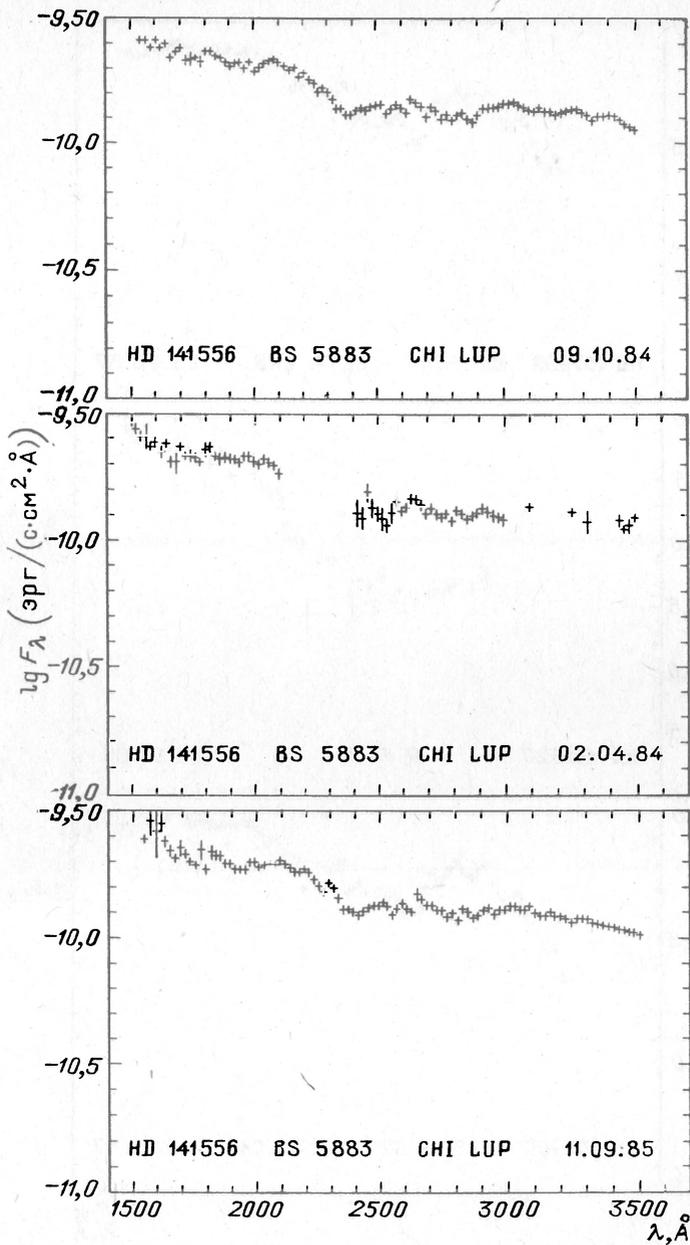


Рис. 31.23. Распределение энергии в спектрах звезд

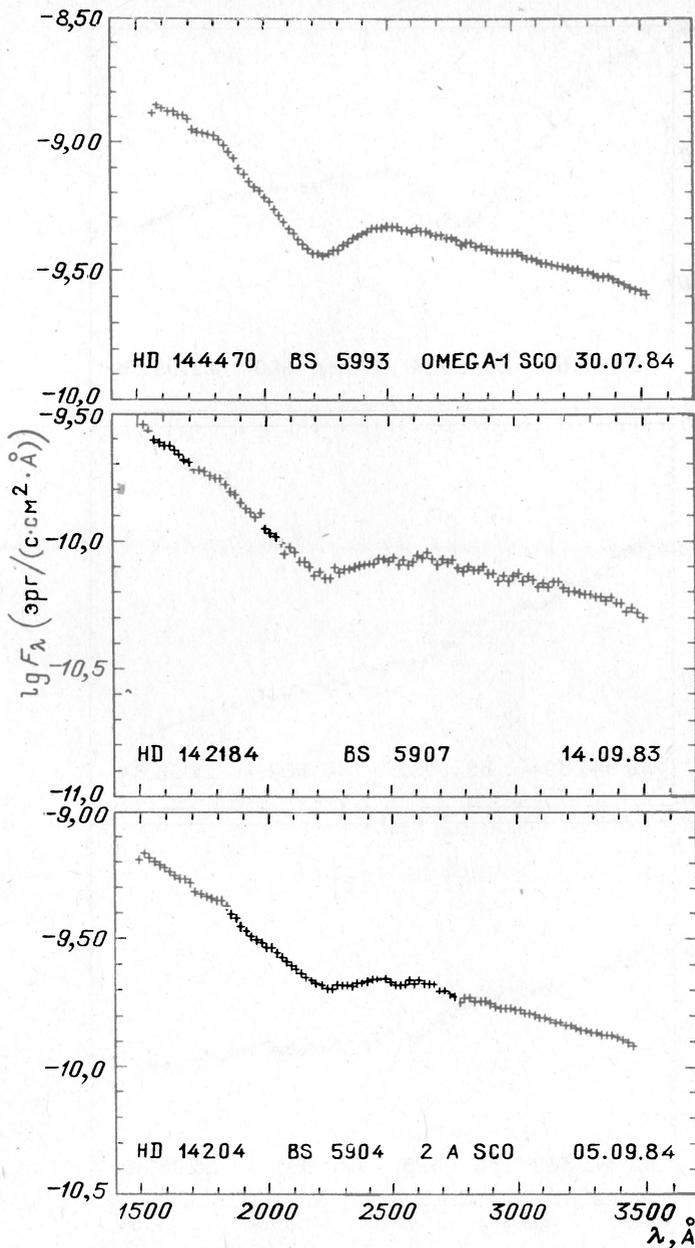


Рис. 31.24. Распределение энергии в спектрах звезд

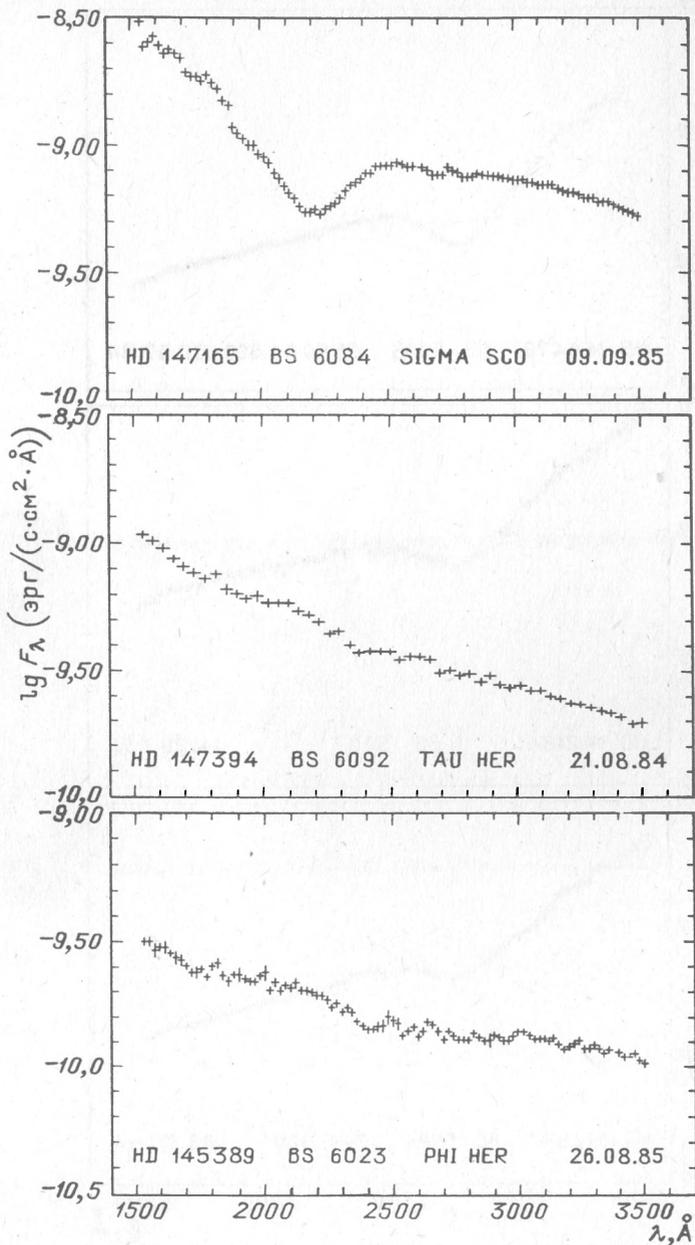


Рис. 31.25. Распределение энергии в спектрах звезд

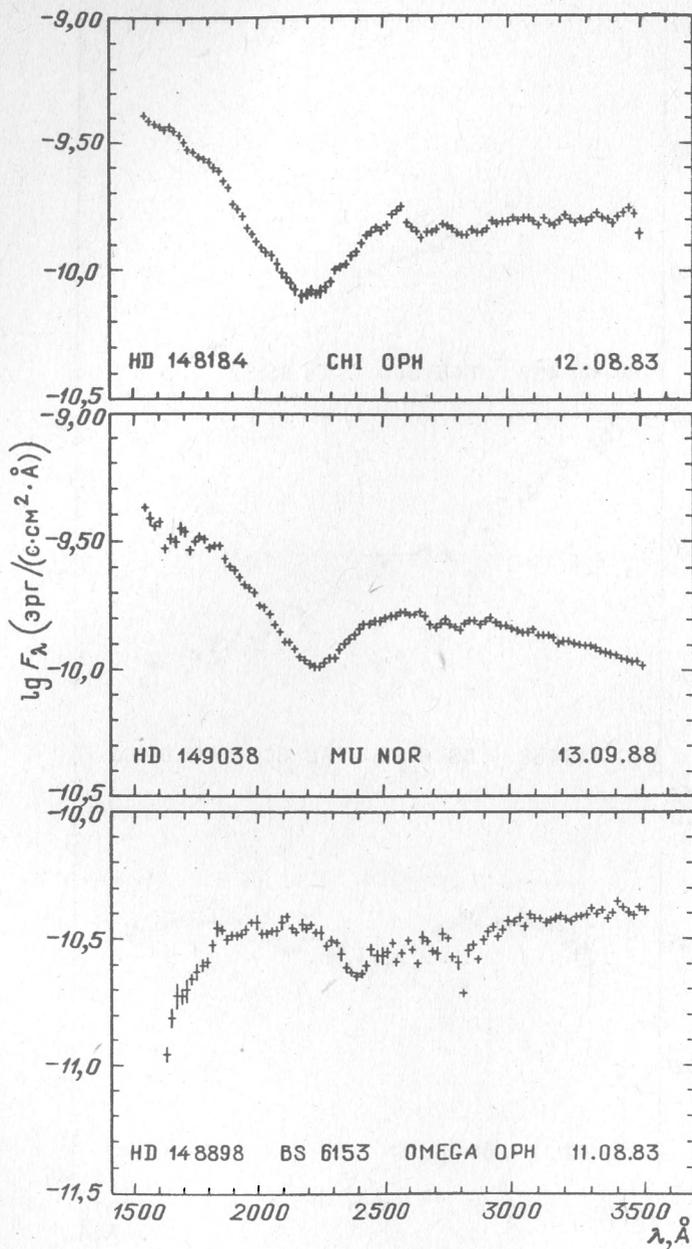


Рис. 31.26. Распределение энергии в спектрах звезд

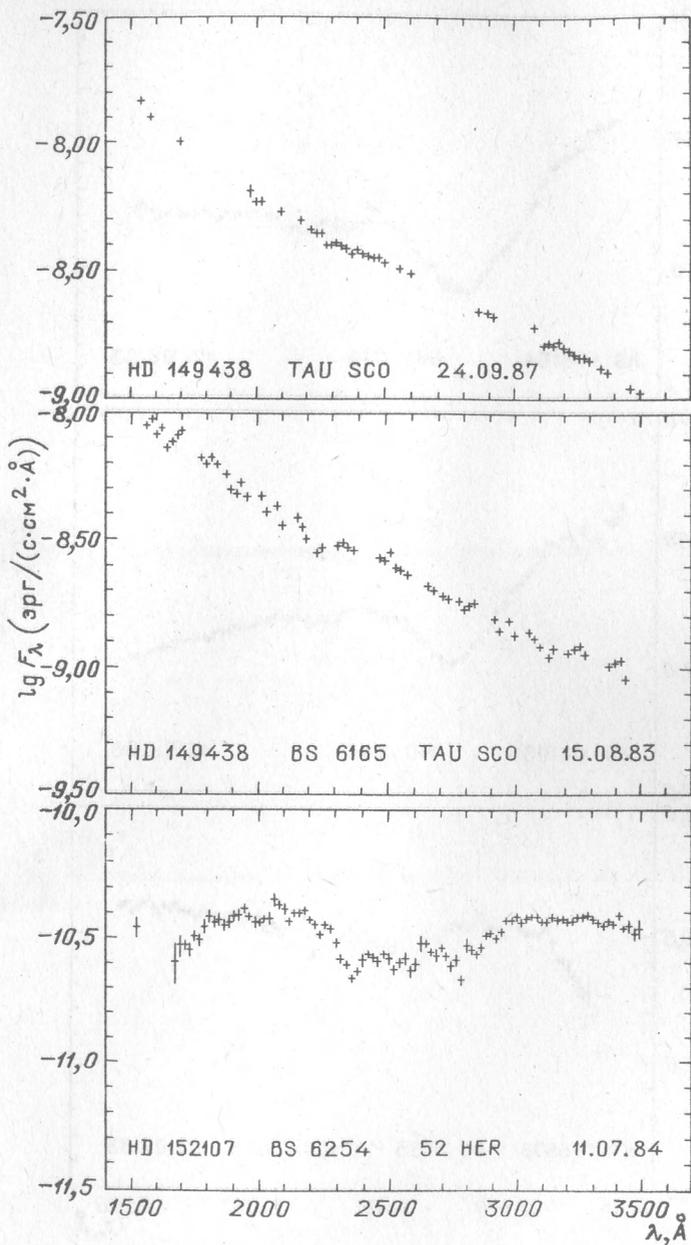


Рис. 31.27. Распределение энергии в спектрах звезд

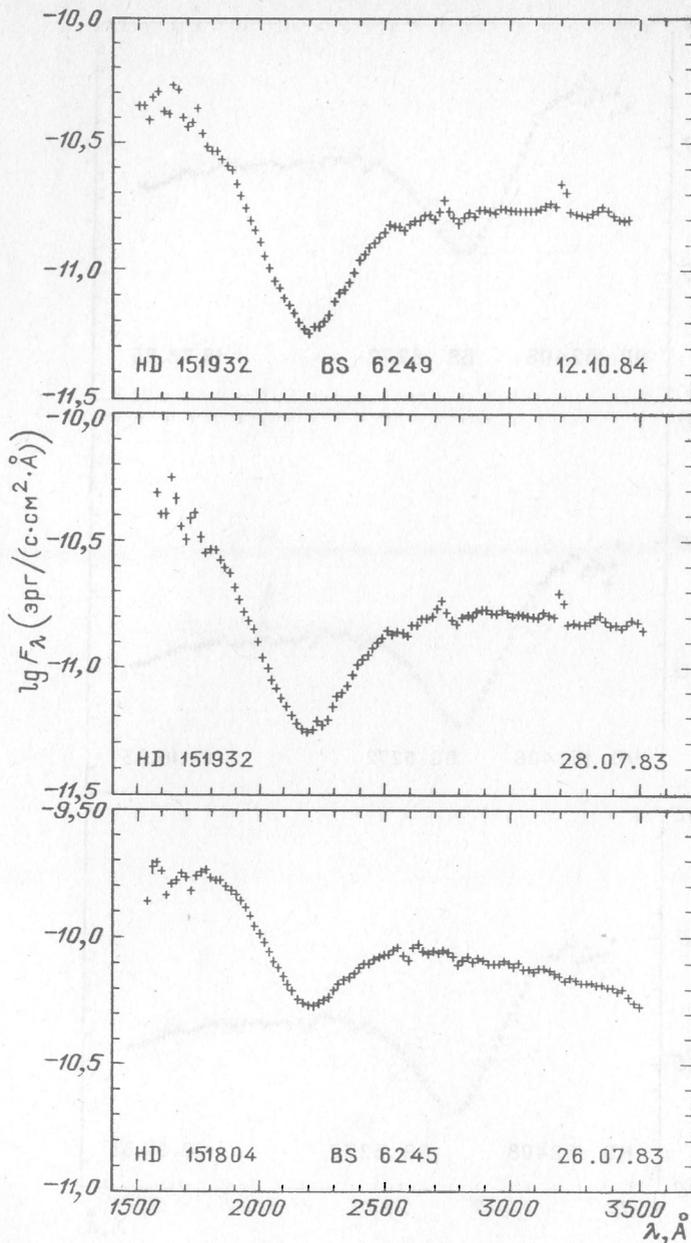


Рис. 31.28. Распределение энергии в спектрах звезд

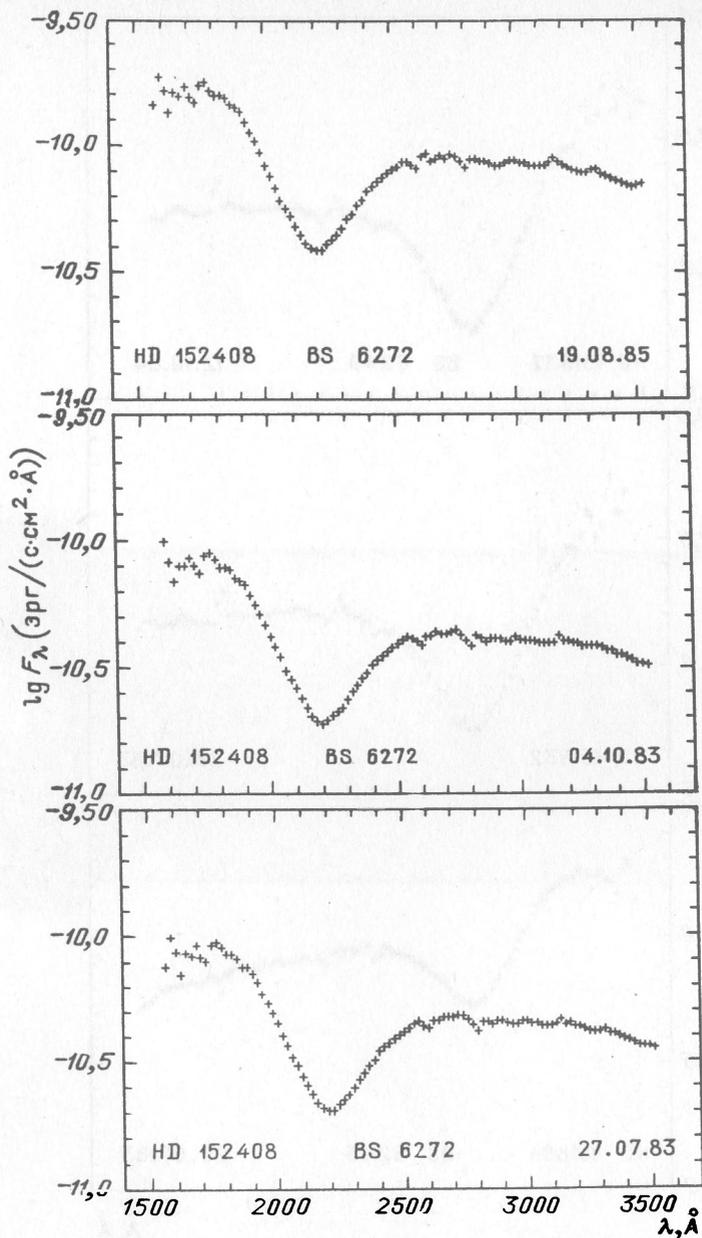


Рис. 31.29. Распределение энергии в спектрах звезд

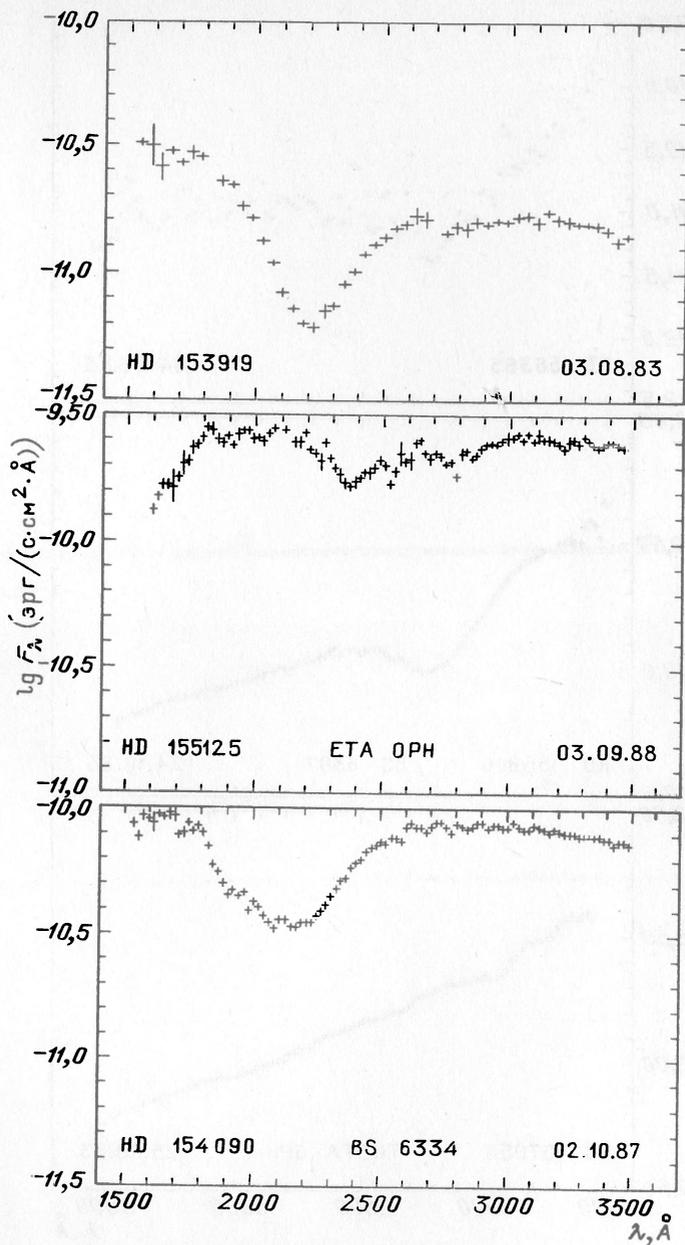


Рис. 31.30. Распределение энергии в спектрах звезд

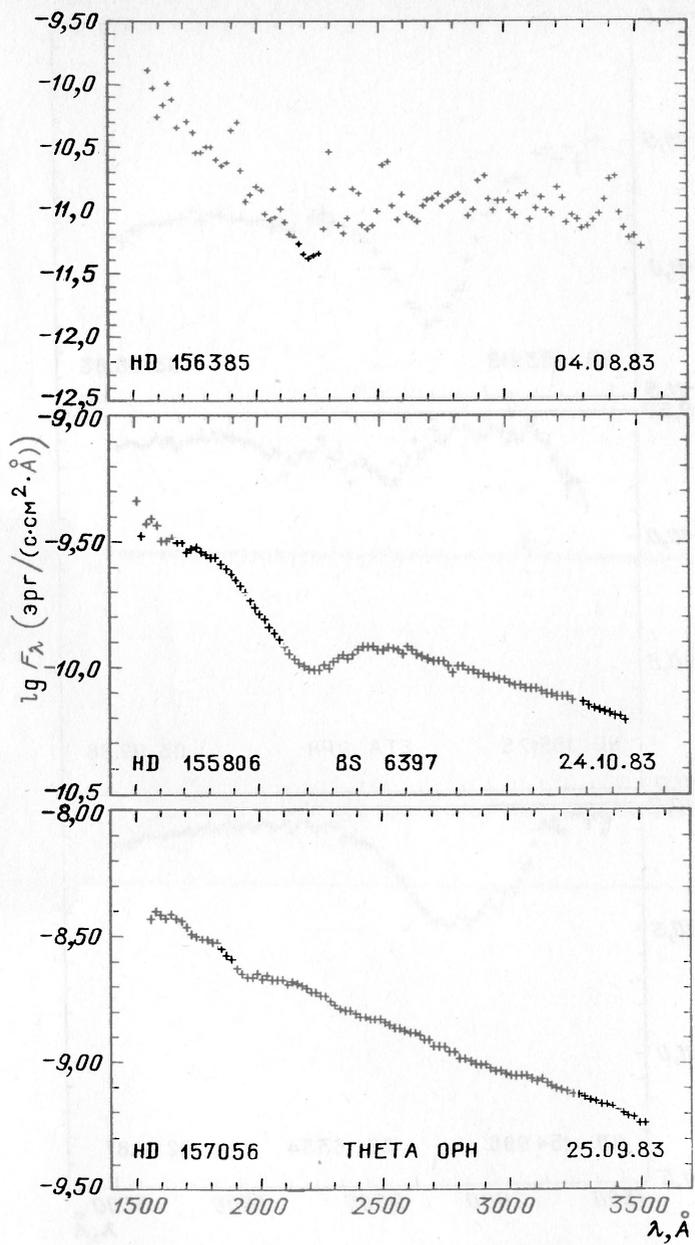


Рис. 31.31. Распределение энергии в спектрах звезд

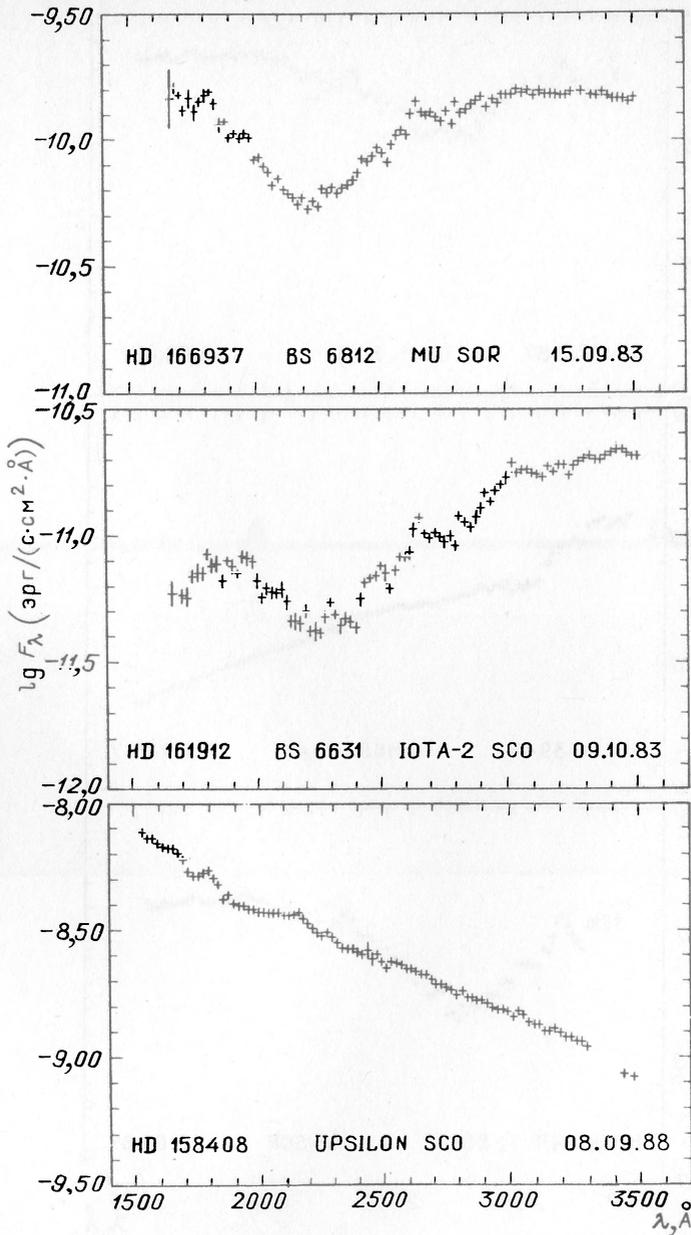


Рис. 31.32. Распределение энергии в спектрах звезд

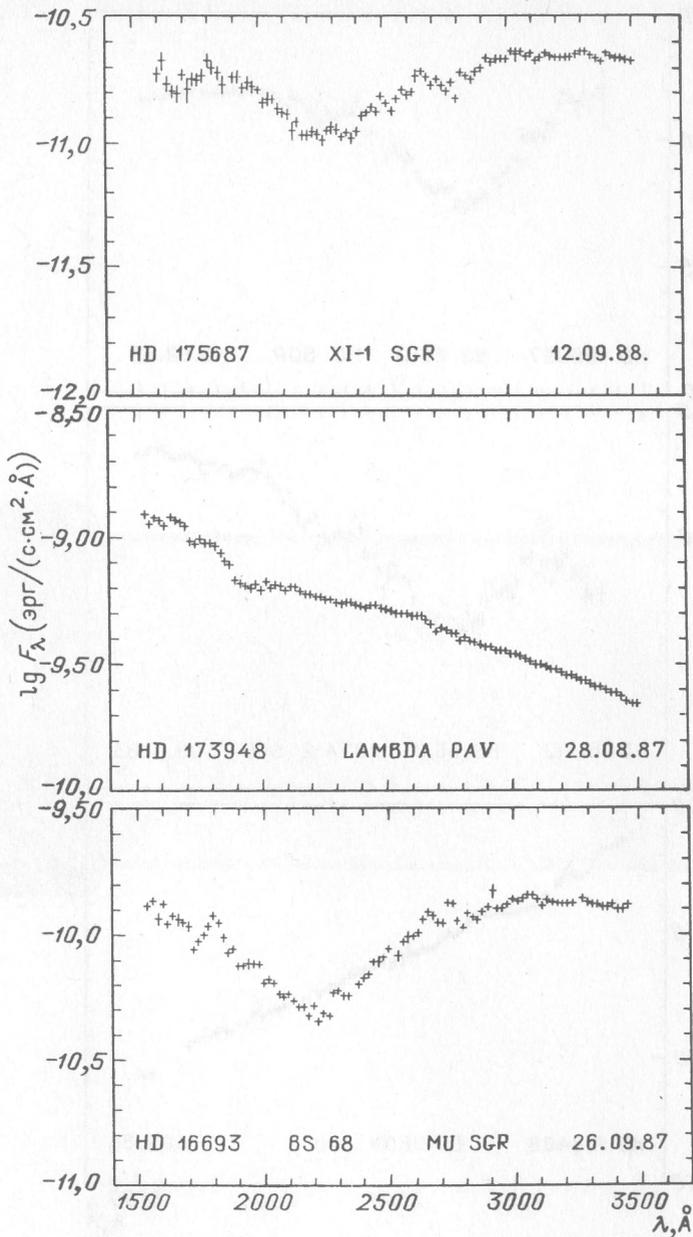


Рис. 31.33. Распределение энергии в спектрах звезд

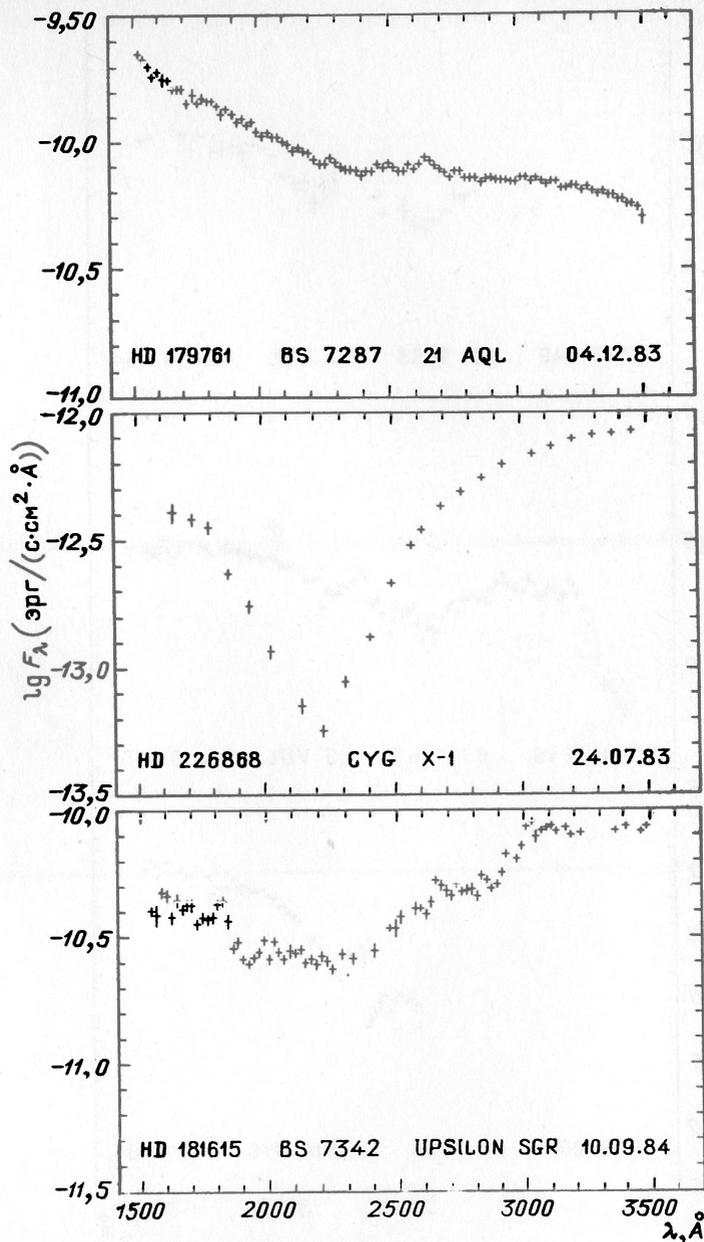


Рис. 31.34. Распределение энергии в спектрах звезд

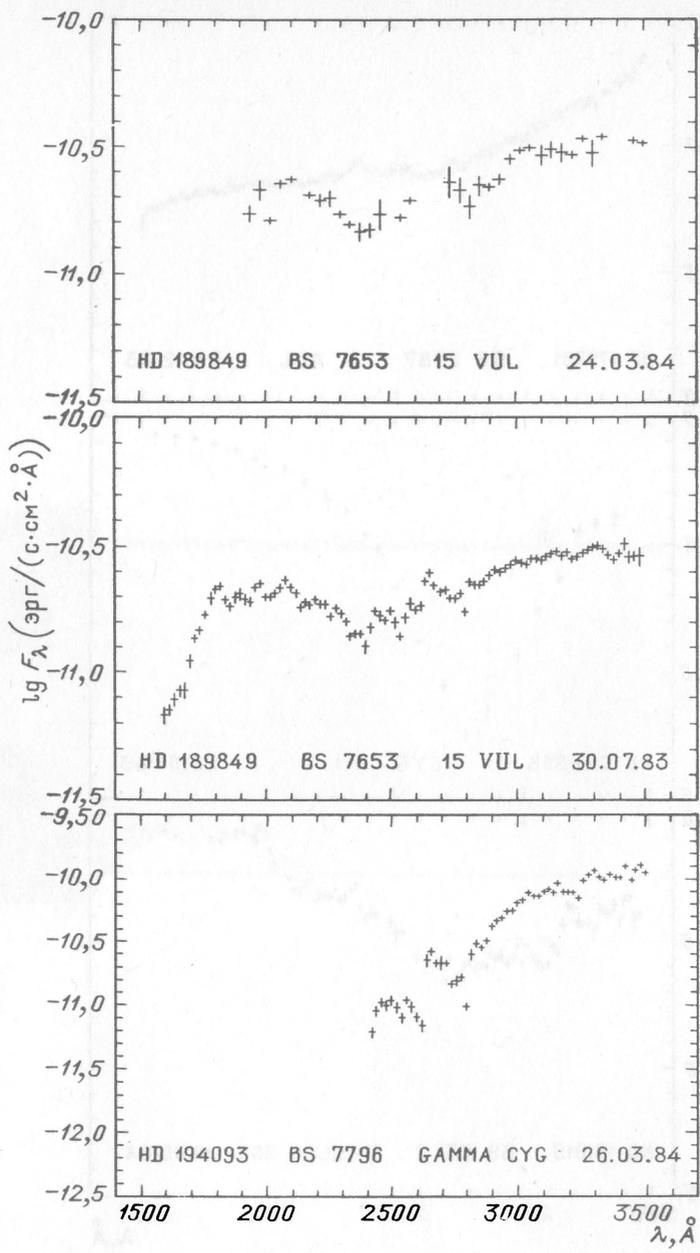


Рис. 31.35. Распределение энергии в спектрах звезд

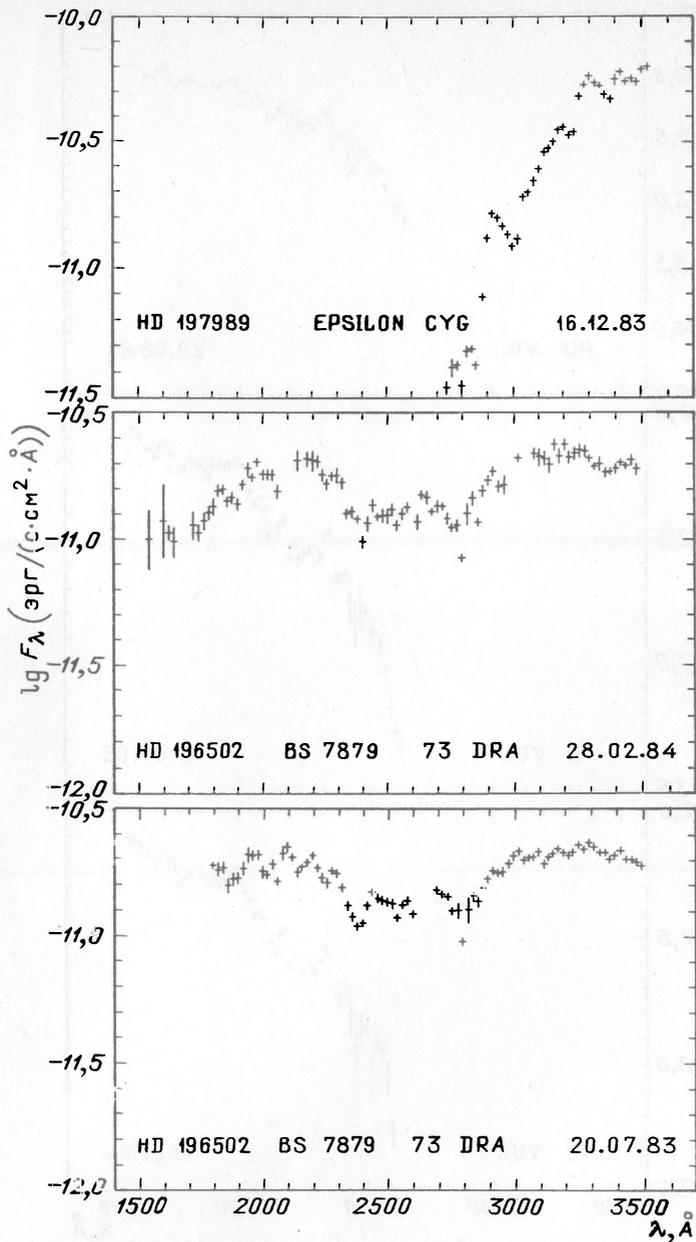


Рис. 31.36. Распределение энергии в спектрах звезд

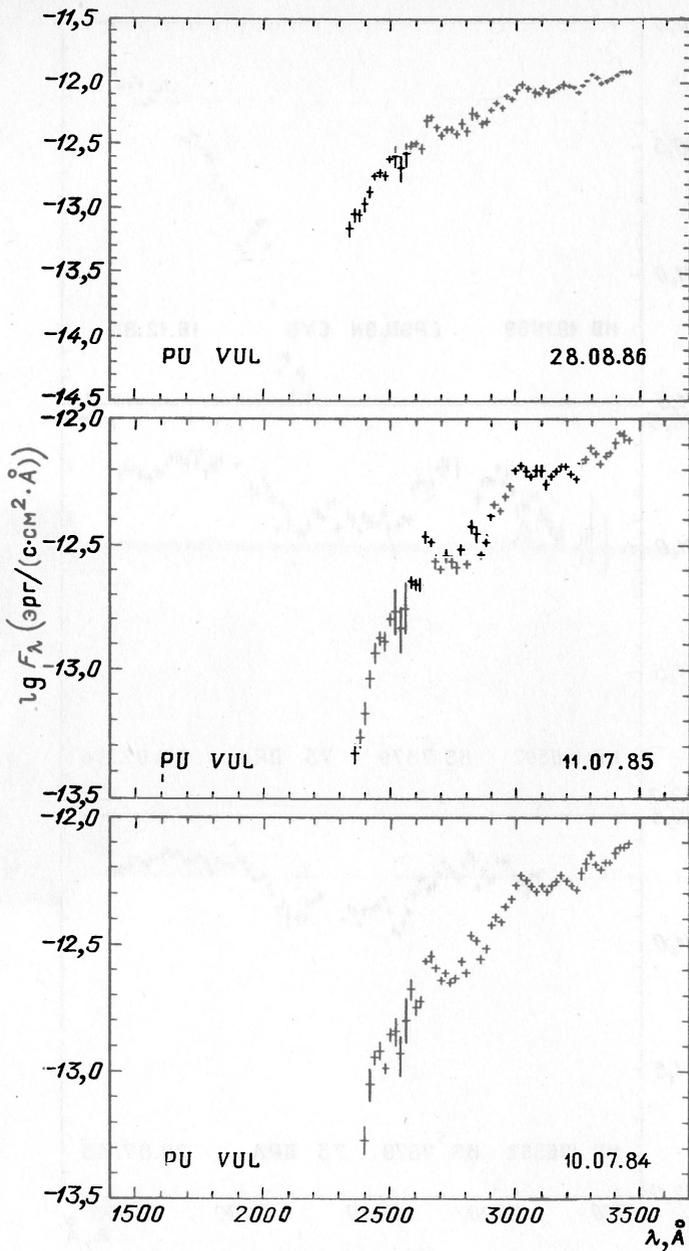


Рис. 31.37. Распределение энергии в спектрах звезд

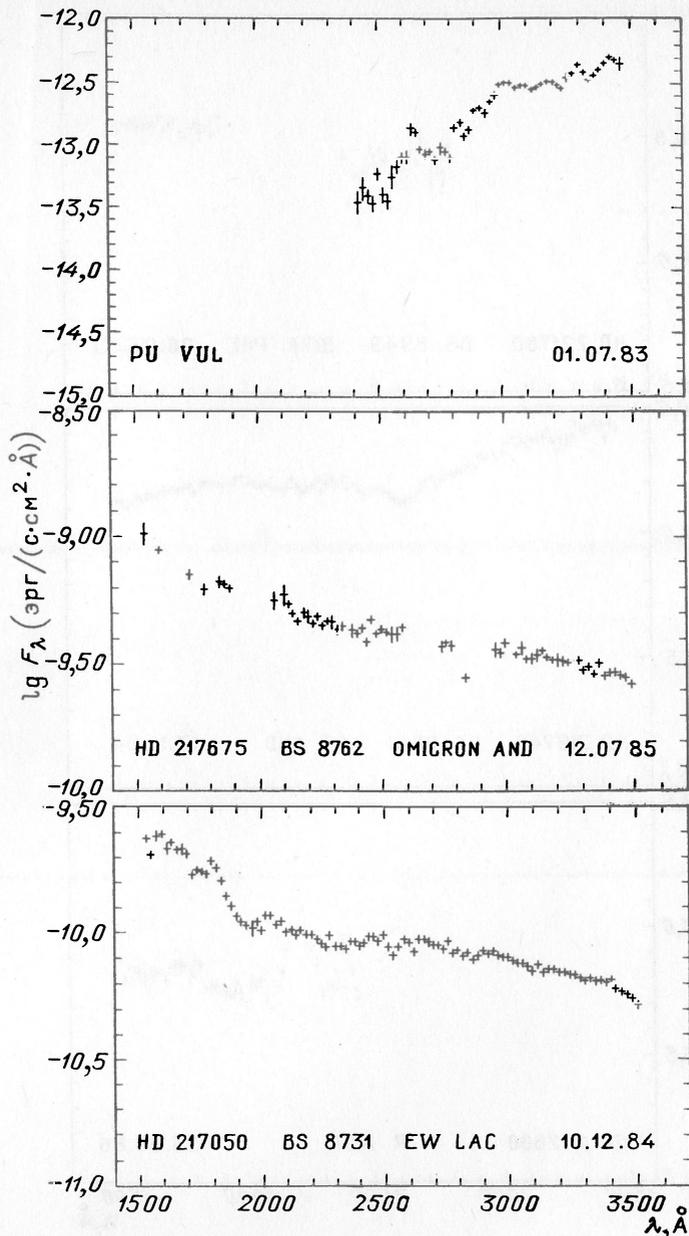


Рис. 31.38. Распределение энергии в спектрах звезд

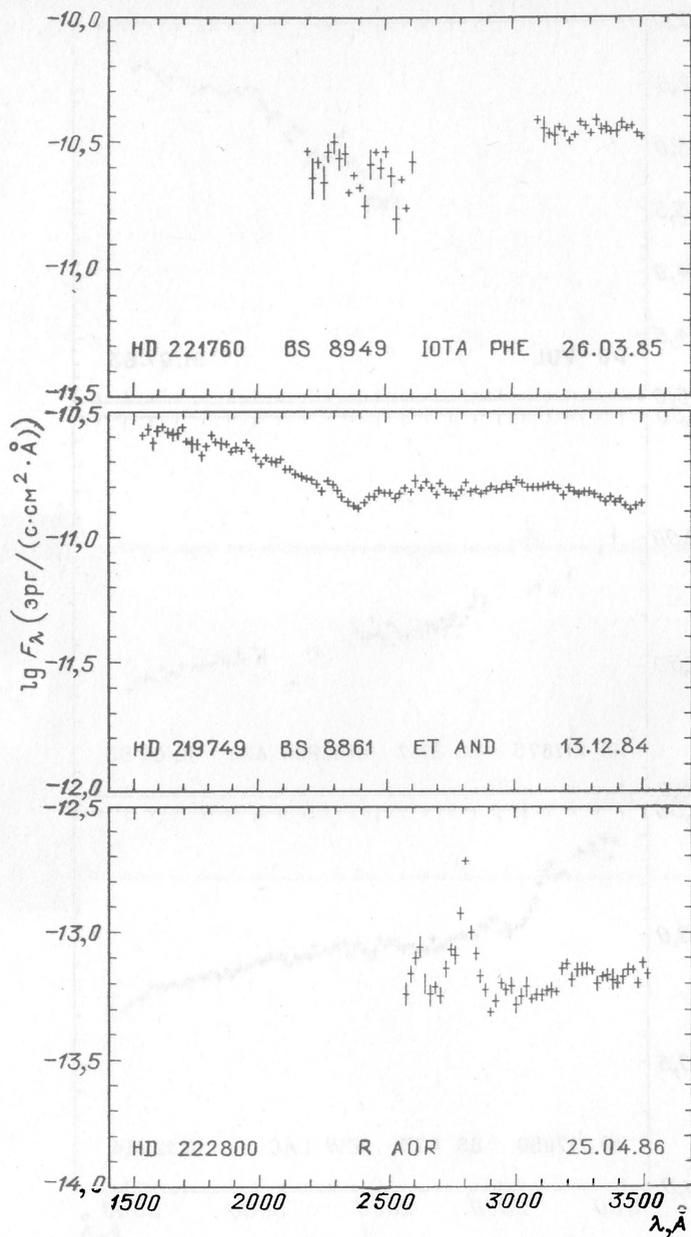


Рис. 31.39. Распределение энергии в спектрах звезд

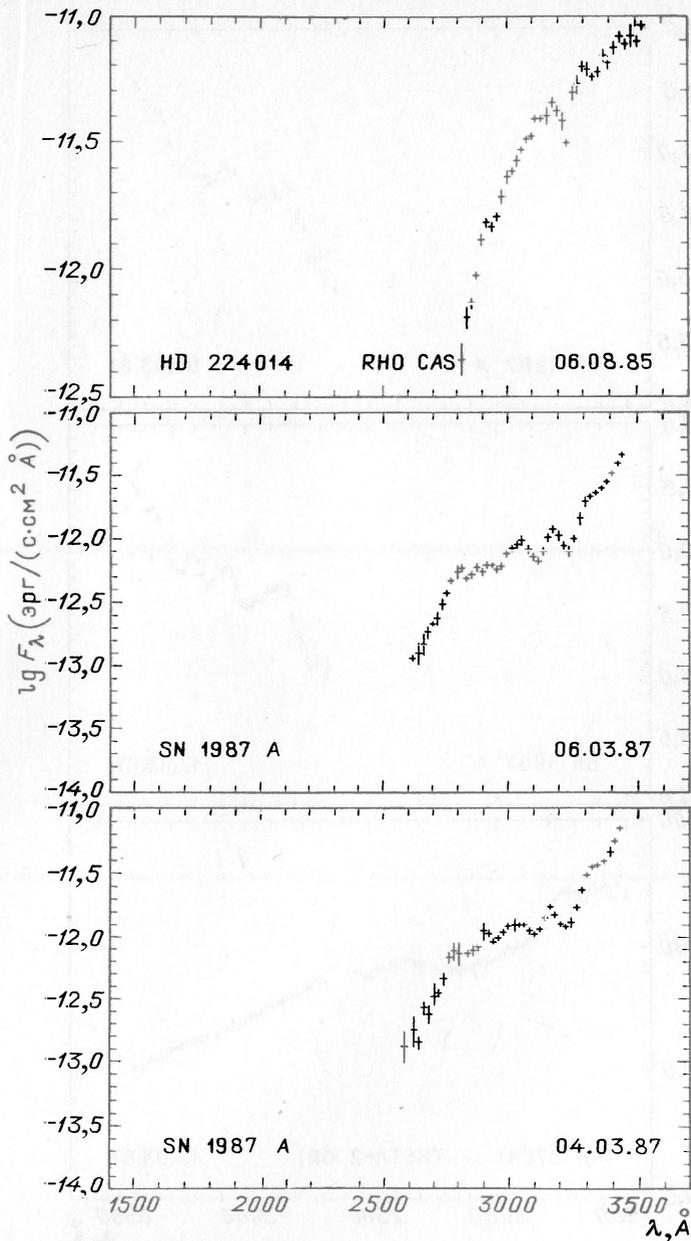


Рис. 31.40. Распределение энергии в спектрах звезд

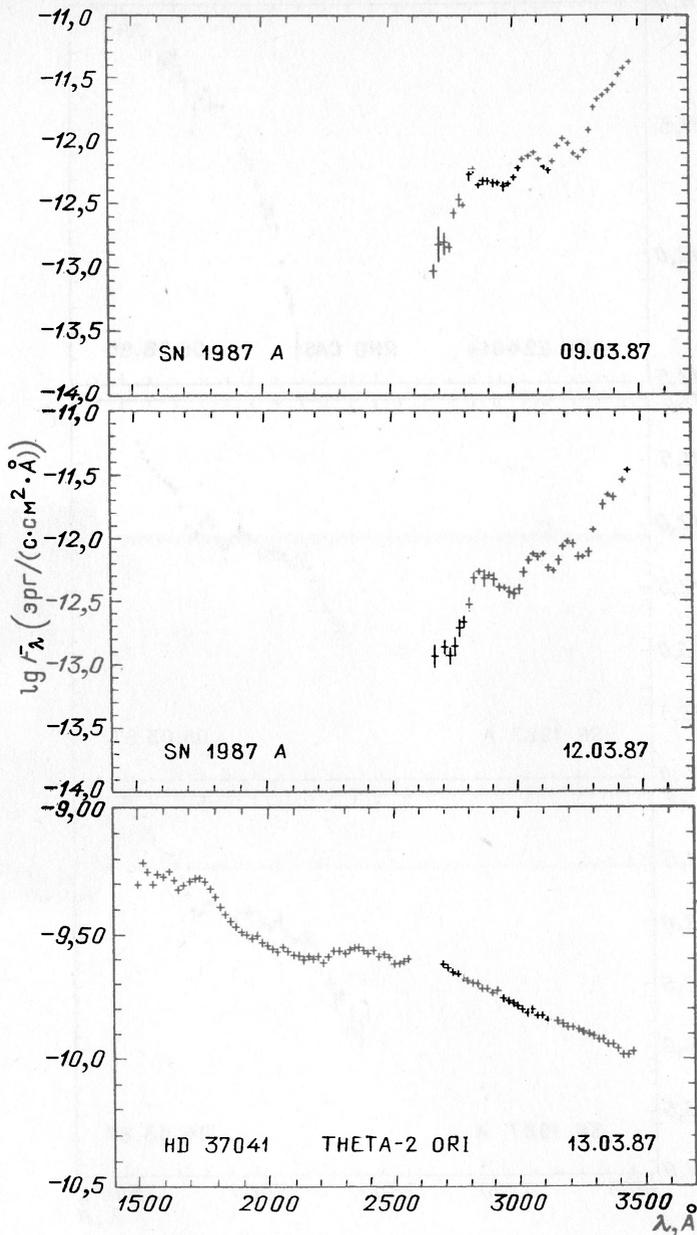


Рис. 31.41. Распределение энергии в спектрах звезд

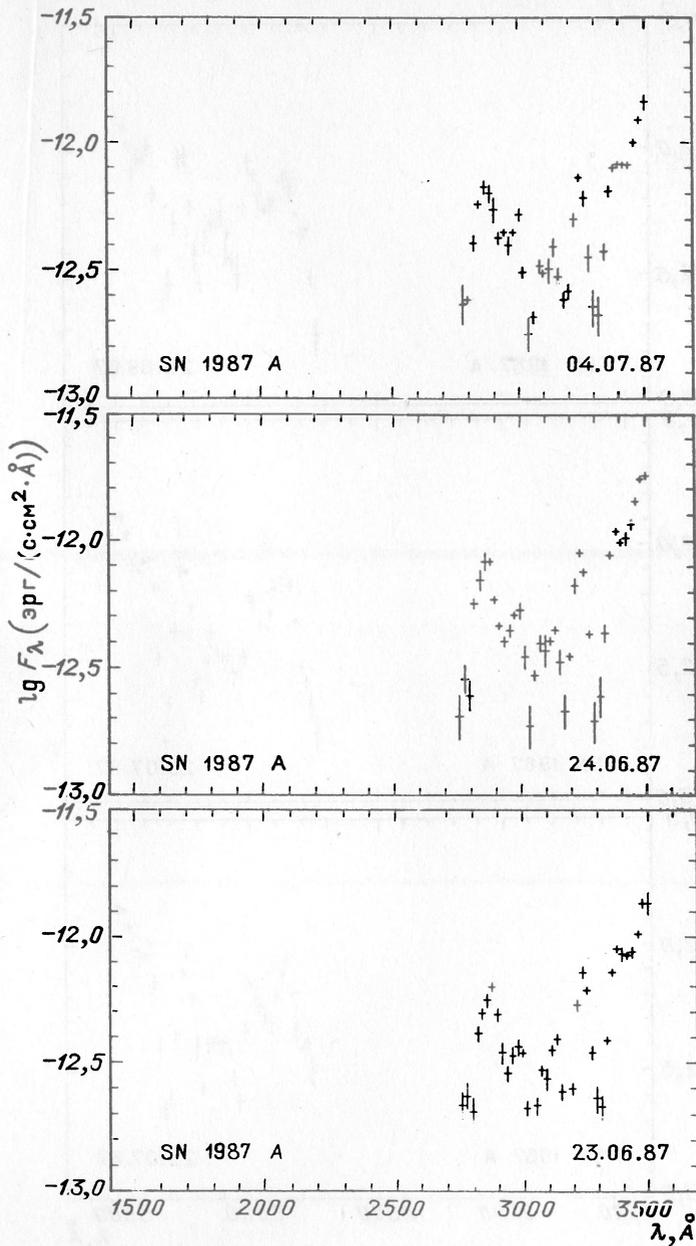


Рис. 31.42. Распределение энергии в спектрах звезд

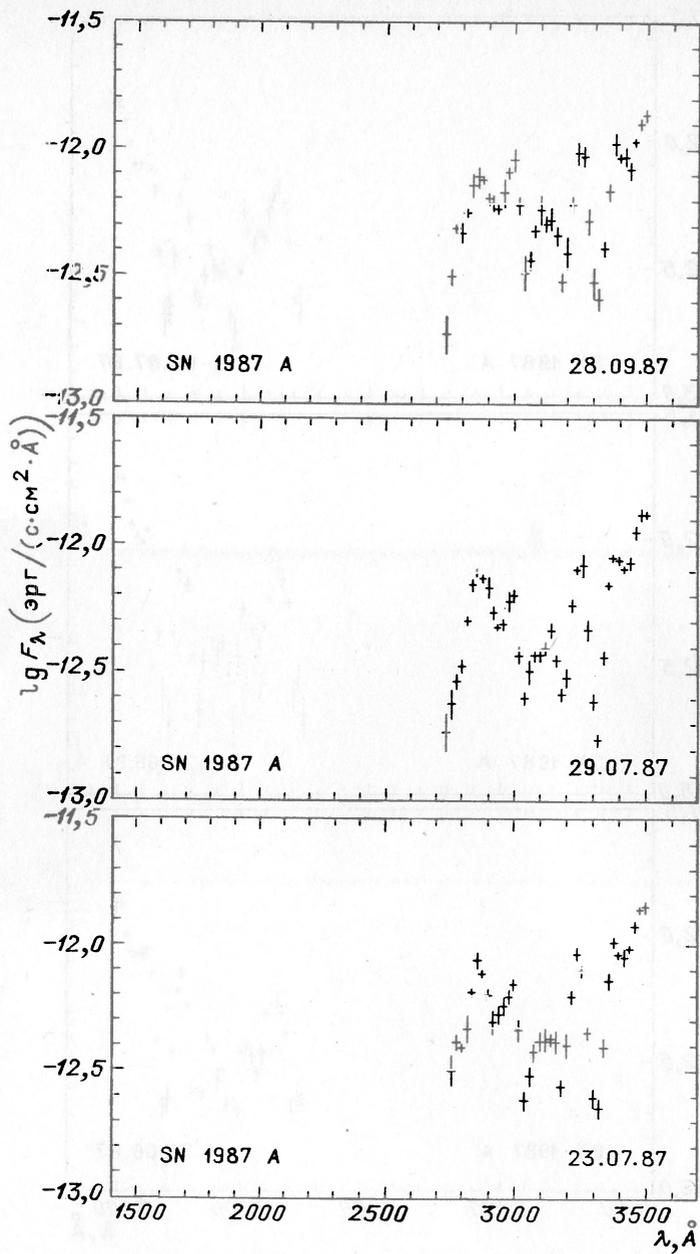


Рис. 31.43. Распределение энергии в спектрах звезд

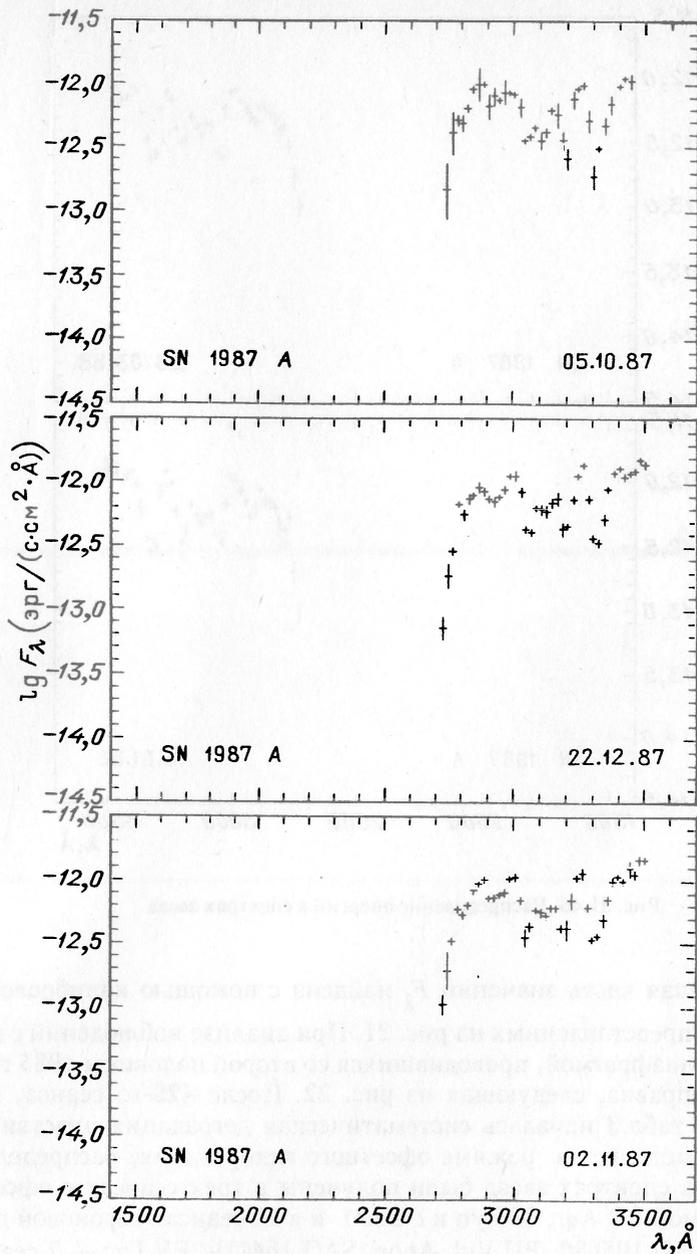


Рис. 31.44. Распределение энергии в спектрах звезд

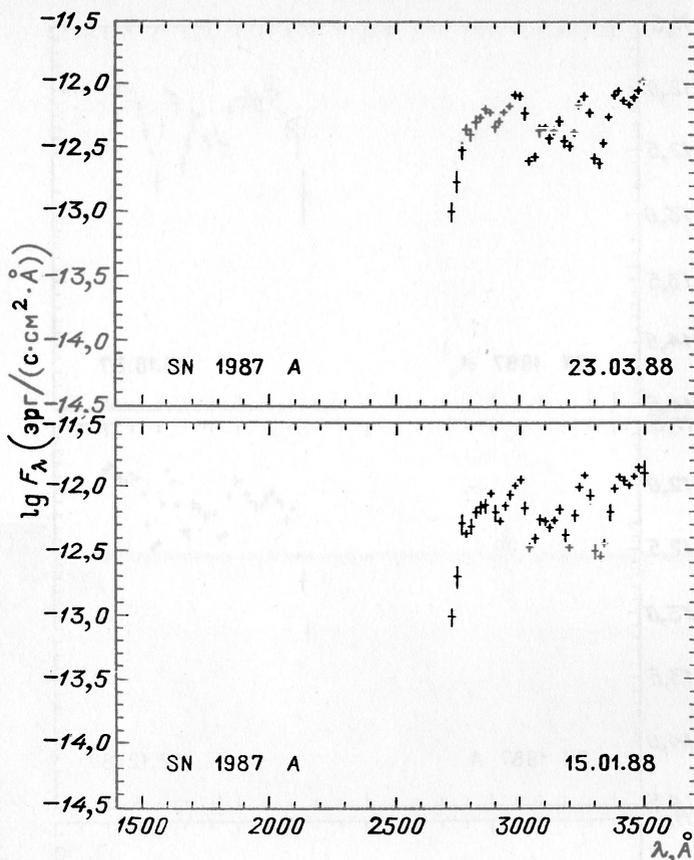


Рис. 31.45. Распределение энергии в спектрах звезд

Большая часть значений  $F_{\lambda}$  найдена с помощью калибровочных кривых, представленных на рис. 21. При анализе наблюдений с центральной диафрагмой, проводившихся со второй половины 1985 г., учтена поправка, следующая из рис. 22. После 428-го сеанса, когда согласно табл.3 началась систематическая деградация чувствительности системы в режиме офсетного гидирования, распределения энергии в спектрах звезд были получены в трех сеансах с офсетной диафрагмой (R Aqr, 33 Lyn и  $\iota$  Gem) и в 10 сеансах с фоновой диафрагмой (HD 105680, PU Vul, Anon, SAO 164119, EV Lac — 2 сеанса и SN 1987a — 4 сеанса). Поскольку эффект такой деградации обнаружен лишь на годовом интервале, не представляется возможным корректно учесть его в каждом из перечисленных 13 сеансов. Поэтому эти наблюдения обработаны без учета такого эффекта и приведенные численные значения  $F_{\lambda}$  могут быть систематически занижены до

8–10 %. Однако сравнение наблюдений HD 105680 04.06.83 и 22.05.86 обнаруживает систематическое понижение величин  $F_{\lambda}$  на 17 %.

Вероятные погрешности, приводимые в табл. 5, вычислены по статистике квантов и не учитывают возможных погрешностей абсолютной калибровки. При наблюдениях самых слабых объектов с минимальными скоростями счета положительные и отрицательные вероятные погрешности  $\lg F_{\lambda}$  перестают совпадать по абсолютной величине, и в нескольких таких сеансах, проведенных в режиме многоцветной фотометрии, когда эти величины превышают 0,1, в табл. 5 даны обе погрешности: сначала меньшая по абсолютной величине положительная, затем — через косую черту — большая отрицательная вершотная погрешность.

**2.5.2. Непрерывные спектры звезд.** Распределение энергии в спектрах звезд является источником важной информации об основных характеристиках звезд. Именно на распределении энергии основывается главным образом определение температур звезд. Естественно, определение температуры будет тем точнее, чем больший интервал длин волн будет рассматриваться. Поэтому ультрафиолетовые наблюдения здесь очень важны, особенно для горячих звезд. Кроме того, аномалии химического состава часто приводят к значительному усилению абсорбционных линий, что может повлиять на наблюдаемый непрерывный спектр. Например, депрессии, вызванные аномалиями химического состава, наблюдаются в непрерывном спектре магнитных звезд в видимом диапазоне. Можно предположить, что в ультрафиолетовом диапазоне этот эффект будет заметнее из-за большего числа и большей интенсивности линий поглощения.

С другой стороны, на распределении энергии в непрерывном спектре сильно сказывается межзвездное поглощение. Поэтому из наблюдений непрерывного спектра мы можем получить также и данные о межзвездной среде. Здесь ультрафиолетовые наблюдения очень важны не только потому, что в этой области межзвездное поглощение намного больше, чем в видимой области, но и потому, что при  $\lambda = 2170 \text{ \AA}$  расположена довольно широкая и интенсивная полоса межзвездного поглощения, позволяющая очень точно оценить его величину.

Хотя данные о непрерывных спектрах звезд в ультрафиолетовой области, полученных на станции «Астрон», еще изучены недостаточно, некоторое представление об их характере могут дать представленные здесь рисунки.

На рис. 32 показано распределение энергии в области спектра 1500—3500  $\text{\AA}$  в спектрах нормальных звезд, начиная со спектрального класса B0 ( $T \sim 20\,000 \text{ K}$ ) и до спектрального класса K0 ( $T \sim 4500 \text{ K}$ ). Как и следовало ожидать, распределение энергии существенно изменилось. Для горячих звезд наблюдается сильный рост в сторону коротких длин волн, в то время как спектры холодных звезд показывают

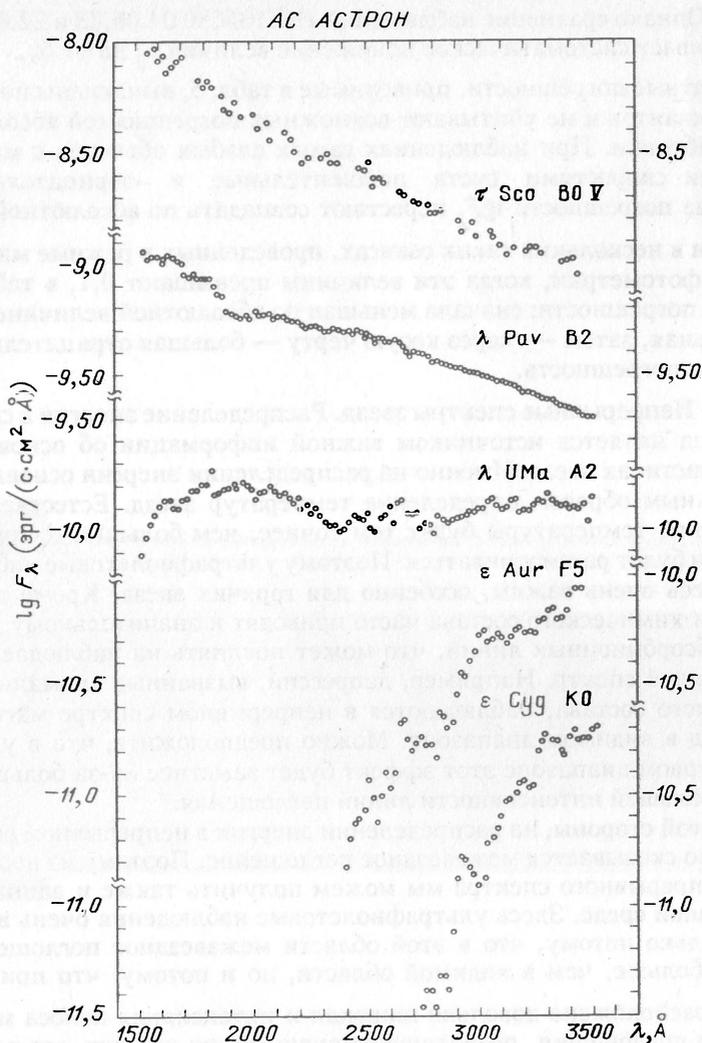


Рис. 32. Распределение энергии в области 1500–3500 Å в спектрах нормальных звезд, начиная со спектрального класса BO ( $T \sim 20\,000\text{ K}$ ) и до KO ( $T \sim 4500\text{ K}$ )

чрезвычайно крутой спад. Разброс точек, за исключением  $\tau$  Sco, обусловлен линиями поглощения в спектрах звезд, а не ошибками измерений.

На рис. 33 представлено распределение энергии в спектрах нескольких магнитных звезд. Мы видим, что общий ход спектров несколько меняется, что говорит о различии в температурах звезд. Многие детали спектров повторяются, что указывает на то, что они

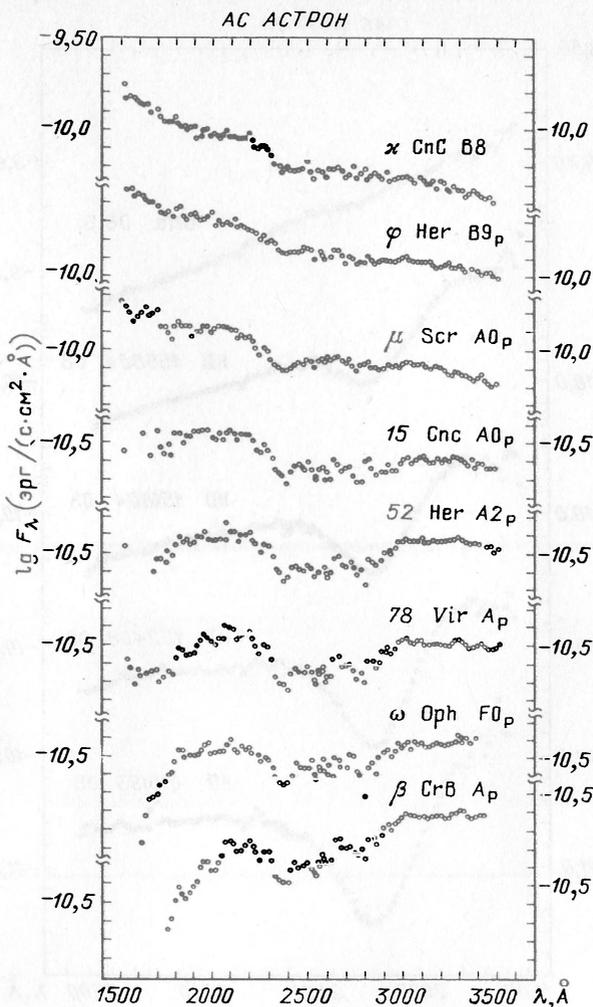


Рис. 33. Распределение энергии в спектрах нескольких магнитных звезд

возникают вследствие блендирования линий поглощения из-за низкого спектрального разрешения, а не являются шумами. Их интенсивность меняется от спектра к спектру. Это говорит о том, что величина аномалий различна у разных звезд.

На рис. 34 представлены спектры нескольких звезд класса O8, подверженных разному воздействию межзвездного поглощения. Разброс точек вызван наличием линий поглощения и излучения. Последние особенно заметны в спектре звезды HD 015193. Легко видеть,

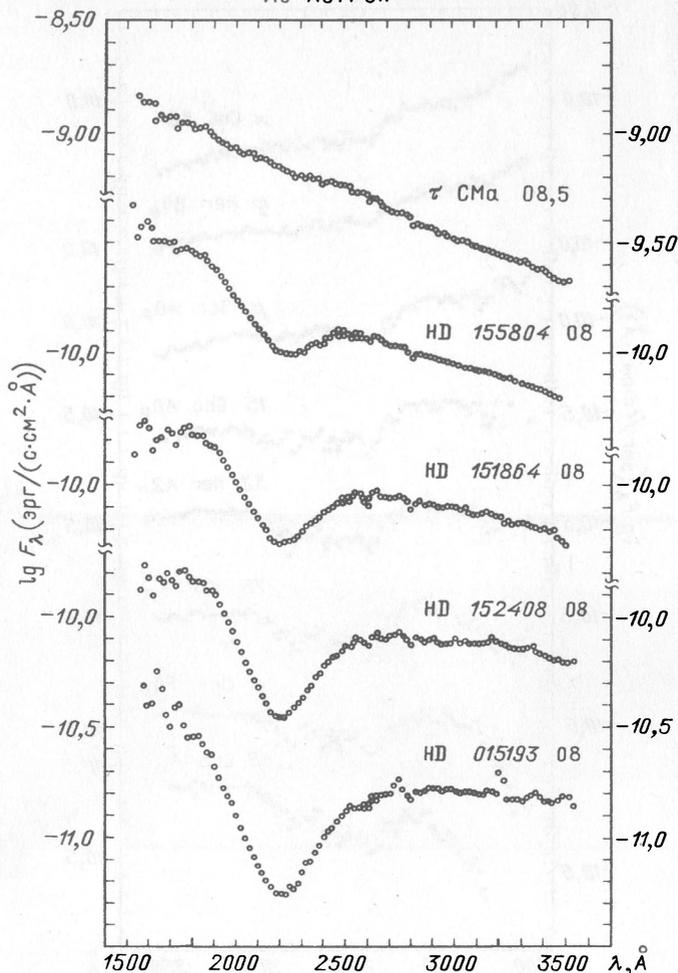


Рис. 34. Спектры звезд класса O8

что у звезды  $\tau$  CMa межзвездное поглощение практически отсутствует, в то время как у звезды HD 015193 оно чрезвычайно велико.

**2.5.3. Сверхтяжелые элементы в атмосферах пекулярных звезд.** Одна из задач, поставленных при запуске «Астрона», состояла в поиске линий очень тяжелых элементов (U, Th, Pb и W) в ультрафиолетовых спектрах Ар-звезд. Как отмечено в работе [10], предшествующие попытки обнаружить линии таких элементов в видимой области спектра носили качественный характер и не позволяли получить какие-либо уверенные количественные оценки. Между тем сведения о содержании очень тяжелых элементов, в особенности с атомными но-

мерами  $Z \geq 80$  («сверхтяжелые» элементы), представляются весьма важными как для объяснения самого феномена Ар-звезд, так и для проверки теоретических представлений о звездном нуклеосинтезе. Ниже кратко изложены результаты поиска сверхтяжелых элементов в спектрах нескольких Ар-звезд; детали анализа можно найти в [10].

Список исследуемых линий представлен в табл.6. При наблюдениях с «Астроны» записывались спектральные участки шириной около  $5 \text{ \AA}$  в области этих линий, затем проводилась редукция наблюдательных данных по методу, описанному в [10]. Затем на тех же участках нами вычислялись синтетические спектры, которые после учета вращения звезды и инструментального профиля сравнивались с наблюдаемыми спектрами. Чтобы установить положение наблюдаемого континуума, по синтетическому спектру выполнялась калибровка остаточных интенсивностей некоторых сильных бленд, обусловленных элементами группы железа. Варьируя содержание рассматриваемого элемента, мы добивались наилучшего согласия с наблюдаемым профилем соответствующей линии и отсюда определяли искомое содержание Pb, W, U или Th.

Т а б л и ц а 6

Список исследованных линий

Ион	Линия ( $\lambda$ , $\text{\AA}$ )	$\chi$ , эВ	$\lg gf$	$\lg \epsilon_{\odot}$ [14]
Pb II	2203,53	1,73	-0,15 [2]	1,9
W II	2204,48	0,75	+1,58 [3]	0,8
Th II	2368,05	0,55	-0,66 [3]	0,2
U II	2556,19	0,00	-1,14 [4]	< 0,6

В расчетах синтетического спектра в каждом спектральном интервале участвовало несколько десятков линий (в основном они принадлежат элементам группы железа). Для большинства таких линий единственным источником сил осцилляторов  $gf$  являлись таблицы [12]. Известно, что приведенные в них полуэмпирические  $gf$ -величины могут содержать значительные ошибки. Для проверки и уточнения данных [12] сначала были просчитаны синтетические спектры для нормальной А-звезды  $\lambda$  УМа, наблюдения которой на рассмотренных участках также проводились на «Астроны».

Программа наблюдений охватывала более десятка Ар-звезд, однако к настоящему времени оценки содержания сверхтяжелых элементов получены пока только для трех таких объектов. Список исследованных звезд представлен в табл. 7. Приведенные здесь значения эффективной температуры  $T_{\text{ef}}$  и ускорения силы тяжести  $g$  для  $\kappa$  Сп взяты из [15], а для остальных звезд получены нами. Методика определения  $T_{\text{ef}}$  и  $\lg g$  изложена на примере 73 Dra в работе [16]. Вычисления синтетических спектров основаны на моделях атмосфер, соответствующих принятым параметрам  $T_{\text{ef}}$  и  $\lg g$  и полученным путем

интерполяции из сетки моделей Куруца [17]. Из табл. 7 следует, что три рассмотренные пекулярные звезды весьма заметно различаются по эффективным температурам, а также по типу пекулярности. Отметим, что указанные в табл. 7 значения  $v \sin i$  использованы при свертке синтетических спектров с вращением.

Т а б л и ц а 7

Параметры исследованных звезд

Звезда	Тип	$T_{ef} / \lg g$	$v \sin i$ , км/с
$\lambda$ UMa	A2IV	9300/3,7	45
$\kappa$ Спс	Hg-Mn	12800/3,7	6
$\omega$ Oph	Sr-(Cr)	9500/4,0	35
73 Dra	Sr-Cr-Eu	8150/3,6	9

Результаты анализа представлены в табл. 8. Обсудим сначала оценки содержания свинца по линии Pb II  $\lambda$  2203,53. Она блендируется линией Ni II  $\lambda$  2203,47, и это обстоятельство затрудняет анализ в случае относительно горячей звезды  $\kappa$  Спс. Трудность связана с неопределенностью в содержании Ni у  $\kappa$  Спс. Согласно данным [18], для нее характерен дефицит никеля 1,0 dex; тогда мы получаем для  $\kappa$  Спс избыток свинца относительно солнечного содержания, составляющий в логарифмической шкале  $[Pb/H] = 2,0$  (солнечное содержание  $\lg \epsilon_{\odot}$  приведено в табл. 6). Однако по более ранним данным других авторов содержание Ni у этой звезды может быть близко к нормальному, и в этом случае вследствие большого вклада в бленду линии Ni II  $\lambda$  2203,47 величина  $[Pb/H]$  не поддается точной оценке.

Т а б л и ц а 8

Избытки сверхтяжелых элементов в атмосферах трех пекулярных звезд

Звезда	$[Pb/H]$	$[W/II]$	$[Th/H]$	$[U/H]$
$\kappa$ Спс	2,0:	2,5	—	—
$\omega$ Oph	0,0:	1,2	—	—
73 Dra	3,5	2,8	> 3,0 ~	4,3

При уменьшении  $T_{ef}$  роль линии Ni II снижается, и синтетический спектр становится более чувствительным к выбору значения  $[Pb/H]$ . В частности, для звезды  $\omega$  Oph хорошее согласие между теоретическим и наблюдаемым спектрами в области Pb II  $\lambda$  2203,53 получается при нормальном содержании Pb, если принять, что содержание Ni тоже нормальное. Рядом с рассмотренной линией Pb II на том же спектральном участке находится линия W II  $\lambda$  2204,48. В этом месте на спектрах  $\kappa$  Спс и  $\omega$  Oph наблюдается заметная депрессия, которую удается объяснить только повышением содержания вольфрама:  $[W/H] = 2,5$  для  $\kappa$  Спс и  $[W/H] = 1,2$  для  $\omega$  Oph. Отметим также, что по линиям марганца в этом же спектральном интервале

нам удалось оценить содержание Мп для  $\kappa$  Спс, которое оказалось повышенным примерно на 2,0 dex; этот результат хорошо согласуется с другими определениями [Мп/Н] как в видимой, так и в ультрафиолетовой областях спектра.

Магнитная переменная 73 Dra является самой холодной из трех рассмотренных Ар-звезд (см. табл. 7). Она наиболее благоприятна для анализа линий свертяжелых элементов из табл.6, поскольку их эквивалентные ширины при заданном содержании быстро увеличиваются с понижением  $T_{\text{ef}}$ . Расчеты синтетических спектров 73 Dra облегча-

ются тем обстоятельством, что для нее было проведено детальное исследование химического состава по видимой части спектра [16]. Анализ линий Pb II  $\lambda$  2203,53 и W II  $\lambda$  2204,48, выполненный нами для этой звезды, привел к особенно большим избыткам: [Pb/H] = 3,5 и [W/H] = 2,8.

Особый интерес представляет спектральный участок, содержащий линию U II  $\lambda$  2556,19. Среди всех Ар-звезд, для которых на «Астроне» записывался этот участок, только у 73 Dra на месте указанной линии была обнаружена отчетливая депрессия, превышающая  $3\sigma$ , где  $\sigma$  — среднеквадратичное отклонение. Это хорошо видно из рис. 35, где представлены записи соответствующего ультрафиолетового интервала для нескольких звезд. Для контроля звезда 73 Dra наблюдалась на «Астроне» дважды в одной и той же фазе  $\varphi = -0,77$  (в 1983 и 1984 гг.), и депрессия хорошо видна на обоих спектрах.

На рис. 36 показано сравнение между синтетическим и наблюдаемым спектрами 73 Dra в области линии U II  $\lambda$  2556,19. При нормальном содержании урана  $\lg \varepsilon(\text{U}) = 0,6$  никакой депрессии на месте этой линии вообще не должно быть (штриховая линия), и лишь при повышении содержания до  $\lg \varepsilon(\text{U}) = 4,4$  здесь достигается практически полное совпадение с наблюдаемой блендой. Отметим,

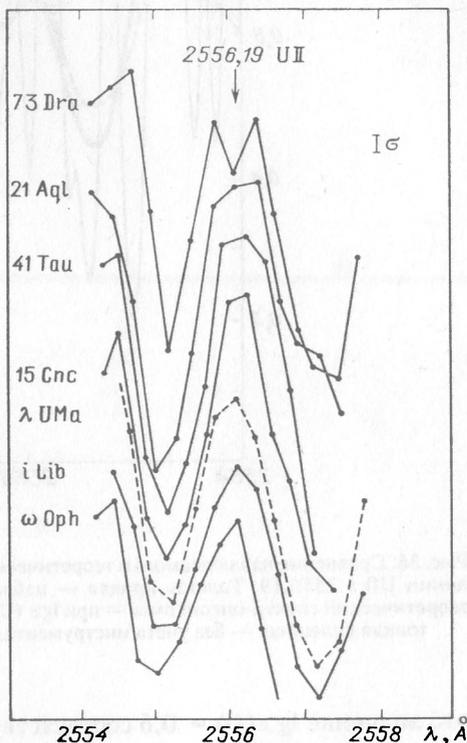


Рис. 35. Спектры в области линии U II,  $\lambda$  2556,19, полученные для нескольких программных звезд. Запись интенсивностей дана в относительных единицах. Кривые, соответствующие разным звездам, для наглядности сдвинуты относительно друг друга

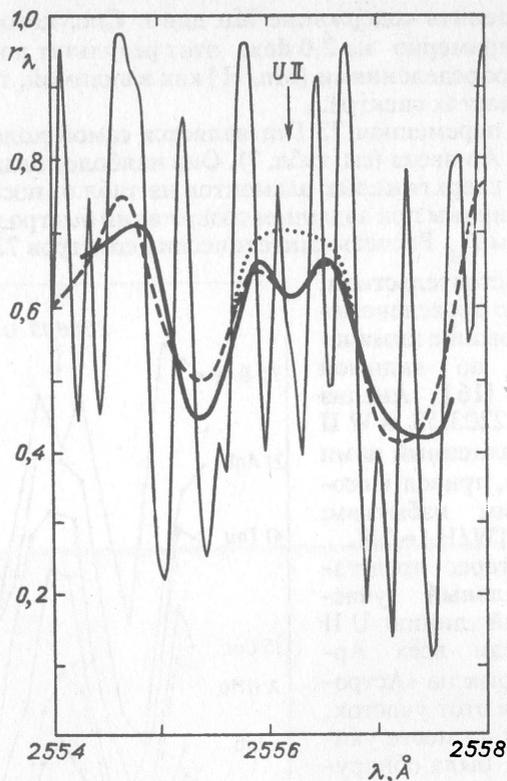


Рис. 36. Сравнение наблюдаемого и теоретического спектров Ар-звезды 73 Dra в области линии U II  $\lambda$  2556,19. Толстая кривая — наблюдаемый спектр, остальные кривые — теоретический спектр (штриховая — при  $\lg \epsilon(U) = 4,4$ ; пунктирная — при  $\lg \epsilon(U) = 0,6$ ; тонкая сплошная — без учета инструментального профиля, но с вращением)

что значение  $\lg \epsilon(U) = 0,6$  соответствует верхней оценке для атмосферы Солнца (табл. 6). Если же в качестве нормального принять содержание  $\lg \epsilon(U) = 0,1$ , найденное по метеоритам, тогда избыток урана у 73 Dra составляет  $[U/H] = 4,3$ . Необходимо отметить, что впоследствии избыток того же порядка величины у 73 Dra был обнаружен и по линии U II  $\lambda$  3859,58 в видимой области спектра [19].

Как уже отмечалось, у других пекулярных звезд, которые наблюдались на «Астроне», видимых следов депрессии на месте линии U II  $\lambda$  2556,19 обнаружено не было. Однако отсюда не следует, что содержание урана у них можно считать нормальным. Как правило, эти звезды имеют более высокую эффективную температуру, чем 73 Dra, поэтому заметная линия U II  $\lambda$  2556,19 может появиться в их спектрах лишь при больших избытках урана. Например, расчеты синтетических спектров для относительно горячей звезды 53 Tau ( $T_{ef} = 12000$  K)

показали, что присутствие этой линии на спектрах «Астроны» можно было бы обнаружить лишь при  $[U/H] \geq 5$ .

Остается рассмотреть спектральный участок, содержащий линию Th II  $\lambda$  2368,05. В соответствующем месте спектра 73 Dra видна отчетливая депрессия. Однако анализ данного участка затруднен тем обстоятельством, что по соседству с линией Th II имеется ряд других линий, силы осцилляторов которых могут содержать ошибки (на это указывают синтетические спектры, вычисленные для нормальной звезды  $\lambda$  UMa). Поэтому в данном случае нам удалось лишь приближенно оценить, что содержание тория у 73 Dra повышено не менее чем на три порядка.

На основании данных, представленных в табл. 8, приходим к следующим выводам. Для Ар-звезды  $\omega$  Ori избытки в содержании Pb и W оказались сравнительно небольшими ( $\leq 1$  dex), в то время как для ртутно-марганцевой звезды  $\kappa$  Sps они того же порядка, что и избыток Mп ( $\sim 2$  dex). Для магнитной Ар-звезды 73 Dra получены наибольшие отличия от нормального содержания; здесь содержание Pb, W, Th и U оказалось повышенным на три порядка и более. Последний результат интересен с той точки зрения, что впервые удалось получить достаточно уверенные количественные оценки сразу по четырем сверхтяжелым элементам.

**2.5.4. Исследование Сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке.** 23 февраля 1987 года в Большом Магеллановом Облаке вспыхнула Сверхновая (SN 1987А), которая быстро достигла яркости около  $4^m$ . Как только это стало известно, было решено изменить мартовское расписание наблюдений на «Астроне» с тем, чтобы провести исследование этого долгожданного явления. К сожалению, дело осложнялось тем обстоятельством, что ни одна из 15 штатных опорных звезд не позволяла в это время навести «Астрон» на область Большого Магелланового Облака; выход из этой критической ситуации был найден в том, чтобы в качестве опорной звезды использовать Сатурн, и после пересмотра навигационной программы «Астроны» мы смогли начать исследования SN 1987А в первых числах марта.

Пятнадцать раз «Астрон» наводился на SN 1987А, никакой другой объект не изучался с «Астроны» столь интенсивно. Эти наблюдения перекрывают интервал времени от 9 до 394 суток после взрыва, и полученные данные приведены в табл. 5. Анализ этих данных позволил сделать ряд принципиальных выводов о происхождении и физике взрыва этой Сверхновой.

1. SN 1987А вспыхнула на месте горячей звезды Sk-69°202 спектрального класса В3 I, видимая величина которой была  $V = 12,2^m$ . Для понимания природы вспышек сверхновых принципиальным является вопрос о структуре предсверхновых. Координаты SK-69°202 совпали с координатами SN 1987А с точностью до 1", но одна угловая секунда в Большом Магеллановом Облаке соответствует примерно одной угловой минуте в Млечном Пути, а площадка такого диаметра в Млечном Пути содержит обычно десятки звезд. Поэтому указанное совпадение

координат еще не доказывало, что взорвался именно голубой сверхгигант Sk-69°202, и это обстоятельство стимулировало попытки найти спектральные следы такого горячего объекта на ультрафиолетовых спектрах после вспышки. Рассмотрим вкратце результаты такого поиска (детали можно найти в [20]).

На рис. 37 отдельными точками представлен фрагмент нередуцированного ультрафиолетового спектра SN 1987A, полученного 12 марта 1987 г. Середины заштрихованных полос соответствуют уровню рассеянного света, вычисленному по интенсивности излучения в референтном канале спектрометра согласно алгоритму обработки дан-

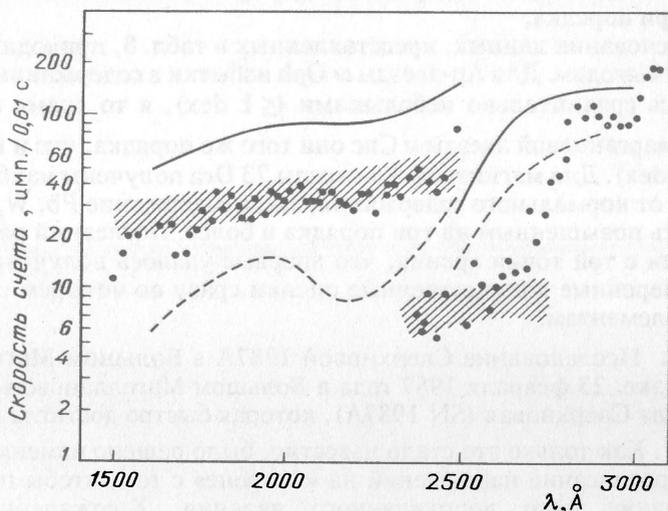


Рис. 37. Наблюдения SN 1987 A и ожидаемое излучение звезды Sk-69°202 в ультрафиолетовом диапазоне длин волн

ных с «Астроны»; ширина этих полос соответствует  $\pm 0,1$  dex — неопределенности в оценке уровня рассеянного света. Далее, используя наблюдения на «Астроны» звезды  $\beta$  Сер (B2 III,  $V = 3,2^m$ ), мы построили ожидаемое распределение скорости счета в ультрафиолетовой области спектра для звезды  $V = 12^m$  с избытками цвета  $E(B - V) = 0,2^m$  и  $0,5^m$ , которые представлены на рис. 37 сплошной и штриховой линиями соответственно. Рисунок показывает, что мы не наблюдаем явных следов спектра горячей звезды: если такая звезда действительно присутствует, то либо при  $E(B - V) = 0,2$  она должна быть слабее  $13^m$ , либо при  $V = 12^m$  избыток цвета должен быть не менее  $0,5$ ; но оба эти варианта не согласуются с измеренными характеристиками звезды Sk-69°202. Таким образом, остается заключить, что именно этот горячий объект был предсверхновой.

Позднее вывод о том, что SN 1987A возникла при вспышке горячего сверхгиганта, а не холодной звезды высокой светимости, как это

следовало из широко распространенных теоретических представлений, был подтвержден и другими исследованиями [21,22].

2. Как указано в [23], наиболее существенными деталями на полученных спектрах SN 1987A являются три абсорбционные бленды, которым соответствуют несмещенные длины волн 3350, 3230 и 3080 Å. Эти детали видны также на спектрах Сверхновой, полученных в марте 1987 г. с помощью международного спутника IUE (см. рис. 22). Как уже отмечалось, этот рисунок показывает хорошее согласие двух независимых внеатмосферных наблюдений SN 1987A. Позднее с помощью IUE исследовался главным образом эмиссионный линейчатый спектр SN 1987A в более далекой ультрафиолетовой области, так что наблюдения на «Астроне» дали единственную возможность проследить эволюцию абсорбционного ультрафиолетового спектра этого объекта в течение длительного времени.

Для каждого из наших наблюдений SN 1987A на «Астроне» был определен сдвиг бленды  $\lambda$  3230 Å и найдена соответствующая ему лучевая скорость  $V_r$ : несмещенная длина волны этой бленды была оценена по ультрафиолетовому спектру нормального К-гиганта  $\epsilon$  Суг, который был зарегистрирован ранее на «Астроне», а также по рассчитанным синтетическим спектрам холодных звезд. На рис. 38 приведена зависимость  $V_r$  от времени  $t$ , отсчитываемого в днях после вспышки SN 1987A; здесь же светлыми кружками представлены оценки  $V_r$  по бальмеровским линиям водорода согласно наблюдениям [24].

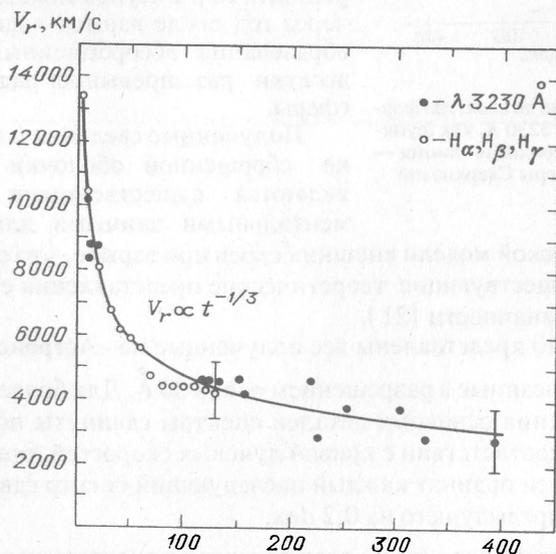


Рис. 38. Лучевая скорость как функция времени

Зависимость  $V_r(t)$  хорошо аппроксимируется степенным законом  $V_r = 21200 t^{-1/3}$ , которому на рис. 38 соответствует сплошная кривая. Заметим, что скорость движения Большого Магелланового Облака относительно нашей Галактики и пекулярные скорости массивных звезд в БМО пренебрежимо малы по сравнению с измеренными в спектре SN 1987A, так что наблюдаемые смещения определяются практически только движениями в оболочке Сверхновой.

Уменьшение  $V_r$  со временем объясняется тем, что оболочка SN 1987A в процессе расширения становится все более прозрачной и мы наблюдаем все более глубокие слои, движущиеся все с меньшими скоростями. Поскольку вскоре после взрыва начинается свободный разлет вещества оболочки, то расстояние, на котором в данный момент происходило формирование рассматриваемой абсорбционной

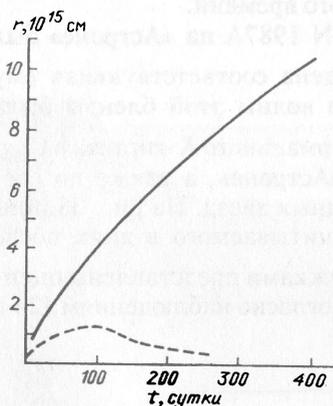


Рис. 39. Расстояние до слоя, где формируется бленда  $\lambda$  3230 Å, как функция времени, штриховая линия — радиус фотосферы Сверхновой

бленды, определяется простым соотношением:  $r = V_r t = 1,83 \cdot 10^{14} t^{2/3}$ , где  $r$  выражено в см и  $t$  — в днях. На рис. 39 сплошная линия представляет рост со временем расстояния от центра Сверхновой до уровня формирования бленды  $\lambda$  3230 Å. На этом же рисунке штриховая линия соответствует радиусу фотосферы SN 1987A, определенному для различных моментов времени по фотометрическим измерениям [25]. Рисунок показывает, что через год после взрыва радиус сферы образования абсорбционных бленд в десятки раз превышал радиус фотосферы.

Полученные сведения о кинематике сброшенной оболочки SN 1987A являются существенными экспериментальными данными для построения

динамической модели внешних слоев при взрыве, что очень важно, так как существующие теоретические представления еще весьма далеки от однозначности [21].

3. На рис. 40 представлены все полученные на «Астроне» спектры SN 1987A, записанные с разрешением около 30 Å. Для более надежного отождествления основных деталей спектры сдвинуты по оси длин волн вправо в соответствии с кривой лучевых скоростей, приведенной на рис. 38; по оси ординат каждый последующий спектр сдвинут вниз относительно предыдущего на 0,2 dex.

Рис. 40 показывает, что на всех спектрах присутствуют три отмеченные выше устойчивые бленды  $\lambda$  3350, 3230 и 3080 Å. Чтобы установить происхождение наблюдаемых бленд, нами были вычислены

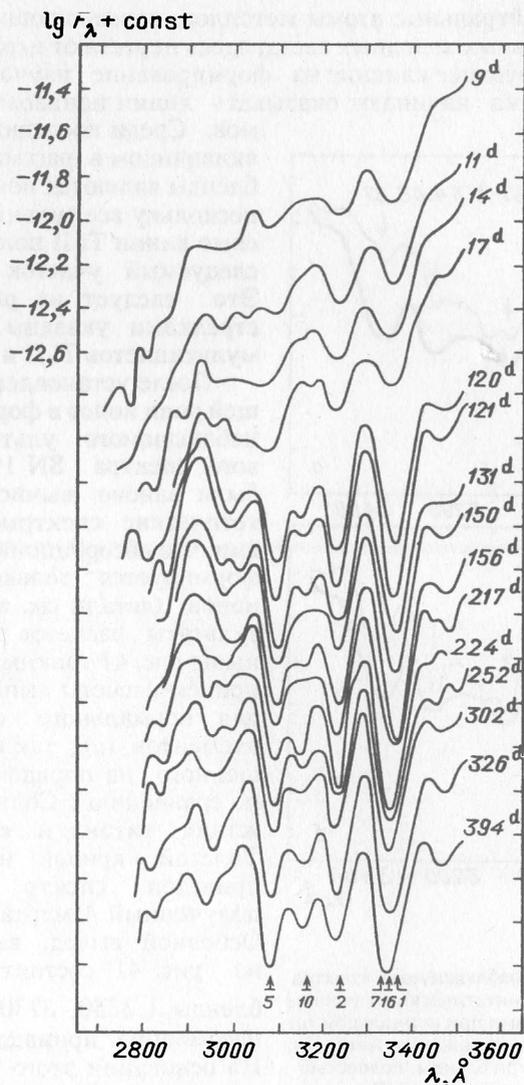


Рис. 40. Спектры SN 1987 A, смещенные вдоль обеих осей — см. текст. Стрелки с числами внизу указывают положения и номера наиболее сильных мультиплетов ионов титана

синтетические спектры для модели атмосферы сверхгиганта с эффективной температурой 5000 К и ускорением силы тяжести  $lg g = 0$ . Оказалось, что основные детали наблюдаемого спектра SN 1987A удастся воспроизвести лишь при учете резко повышенной ионизации элементов группы железа, обусловленной отклонениями от локального термодинамического равновесия. Повышенная ионизация приводит

к тому, что нейтральные атомы металлов, определяющие характер спектра нормальных холодных звезд, здесь перестают играть важную роль, и доминирующее влияние на формирование изучаемого спектрального участка начинают оказывать линии ионизованных атомов.

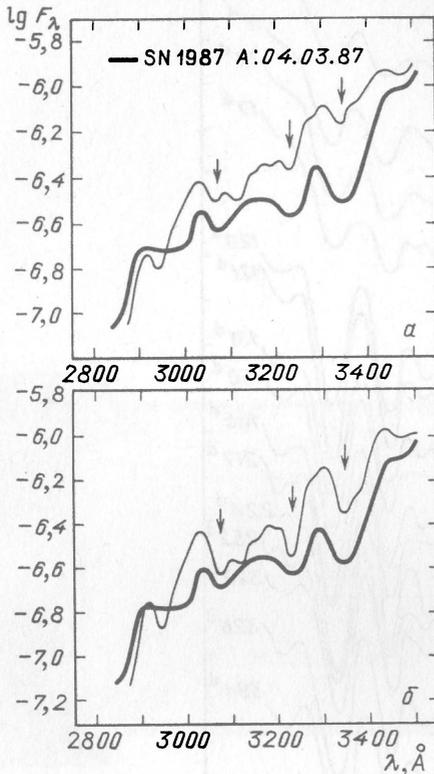


Рис. 41. Сравнение наблюдаемого спектра (толстые линии) с синтетическими (тонкие линии), вычисленными при нормальном (а) и повышенном (б) содержании металлов; стрелками указаны три бленды, полностью сформированные линиями Ti II

на, поскольку расчеты выполнены для стационарной модели атмосферы сверхгиганта, а не для расширяющейся оболочки Сверхновой. Тем не менее вывод о резко повышенной роли ионов в формировании наблюдаемого спектра SN 1987A необходимо иметь в виду при спектральном анализе этого объекта во всех областях длин волн.

4. На рис. 40 бросается в глаза различие в глубинах бленд на первых четырех ( $t = 9 - 17^d$ ) и всех последующих ( $t \geq 120^d$ ) спектрах SN 1987A. На рис. 42 представлены относительные глубины  $\Delta \lg F_\lambda$

Среди последних главным вкладчиком в рассматриваемые бленды являются ионы титана, поскольку все сильные резонансные линии Ti II попадают в исследуемый участок длин волн. Это следует из рис. 40, где стрелками указаны положения мультиплетов Ti II и их номера.

После установления решающей роли ионов в формировании наблюдаемого ультрафиолетового спектра SN 1987A нами были заново вычислены синтетические спектры при условии, что абсорбционный спектр формируется только линиями ионов (детали см. в [23]). Результаты расчетов представлены на рис. 41 тонкими кривыми, причем расчеты выполнены как для нормального содержания элементов (а), так и для повышенного на порядок величины по сравнению с Солнцем содержания титана и железа (б). Толстой кривой на рисунке приведен спектр SN 1987A, полученный 4 марта 1987 года.

Основной вывод, вытекающий из рис. 41, состоит в том, что бленды  $\lambda$  3350, 3230 и 3080 Å, несомненно, принадлежат Ti II. На основании этого рисунка не следует, однако, оценивать количественно содержание титана,

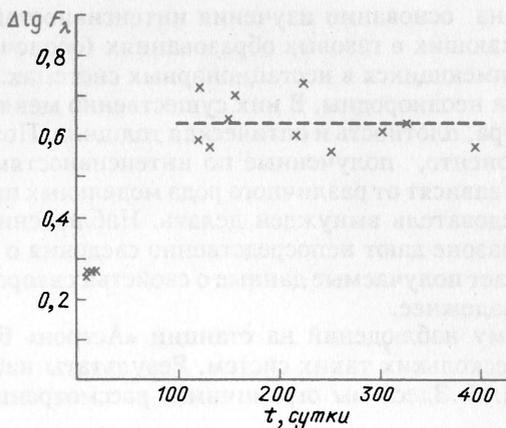


Рис. 42. Эволюция глубины бленды  $\lambda$  3350 Å; штриховая линия соответствует среднему значению при  $t \geq 120^{\text{д}}$

сильной бленды  $\lambda$  3350 Å в ее центре, измеренные на всех наших спектрах SN 1987A. Рисунок показывает, что в период между мартом и концом июня 1987 г. глубина указанной бленды возросла почти вдвое и потом оставалась практически на постоянном уровне. Повидимому, значительное усиление титановых бленд обусловлено тем обстоятельством, что уже на 120-й день после вспышки SN 1987A в ее оболочке стали видны продукты взрывного нуклеосинтеза, в частности синтезированный титан.

Целый ряд наблюдательных данных, перечисленных в [26], свидетельствует о том, что при взрыве SN 1987A в оболочке произошло эффективное перемешивание, приведшее к «загрязнению» значительной ее части изотопами синтезированных элементов. В частности, появление в оболочке  $^{56}\text{Co}$  привело к неожиданно раннему — в июле 1987 г. — обнаружению рентгеновского излучения SN 1987A. Одним из следствий перемешивания могло быть и увеличение содержания титана в оболочке в десятки раз. Поэтому весьма вероятно, что наши наблюдения на «Астроне» дали одно из первых свидетельств появления продуктов взрывного нуклеосинтеза в оболочке SN 1987A на сравнительно ранней стадии ее расширения.

**2.5.5. Нестационарные звезды.** Среди звезд существует довольно большая группа, члены которой имеют переменный блеск и их спектры свидетельствуют о наличии различного рода нестационарных процессов. Довольно часто такие объекты являются двойными звездами, один из компонентов которых является холодной звездой, а излучение другого соответствует высокотемпературному излучению. В оптическом диапазоне доминирует излучение холодного компонента. Поэтому его свойства сравнительно хорошо изучены. Но в то же время это приводит к тому, что практически невозможно непосредственно изучать излучение второго компонента. Его свойства обычно уста-

навливались на основании изучения интенсивностей эмиссионных линий, возникающих в газовых образованиях (оболочках, потоках и т.п.), обычно имеющих в нестационарных системах. Газовые образования весьма неоднородны. В них существенно меняется электронная температура, плотность и оптическая толщина. Поэтому данные о втором компоненте, полученные по интенсивностям эмиссионных линий, сильно зависят от различного рода модельных предположений, которые исследователь вынужден делать. Наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне дают непосредственно сведения о втором компоненте, что делает получаемые данные о свойствах второго компонента существенно надежнее.

В программу наблюдений на станции «Астрон» было включено наблюдение нескольких таких систем. Результаты наблюдений приведены в табл. 5. Здесь мы ограничимся рассмотрением лишь двух примеров.

*Симбиотическая звезда EG And.* Группа нестационарных звезд получила название «симбиотические звезды» из-за того, что в их спектрах одновременно присутствуют («осуществляют симбиоз») такие, на первый взгляд, противоречивые детали, как спектр поглощения, соответствующий холодной звезде М3-М6, и интенсивные эмиссионные линии, для которых требуется излучение с температурой около 100 000 К и даже выше. Предполагалось, что источником высокотемпературного излучения может быть либо горячий субкарлик, либо аккреционный диск вокруг белого карлика.

Наблюдения EG And на станции «Астрон» выполнялись в виде многоцветной фотометрии, а не сканирования. Положение каретки спектрометра выбиралось таким, чтобы обеспечить измерение основных эмиссионных линий, наблюдаемых в спектрах симбиотических

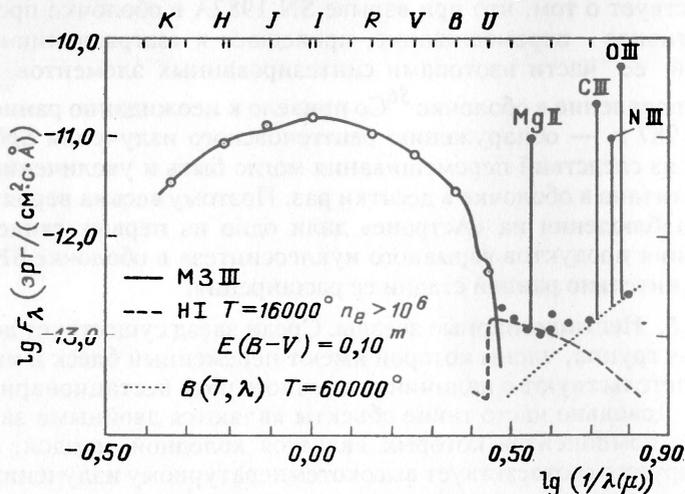


Рис. 43. Результаты наблюдений звезды EG And: черные кружки — «Астрон» 20.12.83, светлые кружки — телескоп АЗТ-11 19.12.83

звезд, а также участков континуума. Одновременно EG And наблюдалась в Крымской астрофизической обсерватории Т.С. Беякиной на 1,25-метровом телескопе АЗТ-11 в пяти цветах *UBVIR*. Результаты наблюдений представлены на рис. 43.

Как видно из этого рисунка, внеатмосферные наблюдения впервые дают возможность оценить соотношение излучений холодного и горячего компонентов. Используя эти наблюдения, мы попытаемся определить некоторые параметры горячего компонента.

Предположим, что холодный компонент EG And есть нормальный гигант МЗIII. Это предположение хорошо подтверждается совпадением наблюдаемых потоков в оптическом и инфракрасном диапазонах с распределением энергии, усредненным для 10 ярких звезд МЗIII, выбранных случайно. Мы предполагаем, что излучение в полосе  $J$  ( $\lambda \approx 1,2$  мкм) возникает только в атмосфере холодного компонента. Из рис. 43 видно, что это предположение также хорошо выполняется в случае EG And. Предположим также, что излучение горячего компонента можно представить излучением абсолютного черного тела с температурой  $T_h$  и доминирует в общем излучении для  $\lambda < 1600 \text{ \AA}$ . Для более длинноволновой части вклад рекомбинационного излучения водорода становится заметным. Предположим также, что горячий компонент имеет сферическую форму. Тогда наблюдаемое соотношение излучений компонентов равно

$$\frac{F_h(\lambda = 1600 \text{ \AA})}{J} = \frac{4\pi R_h^2 B(T_h, 1600 \text{ \AA})}{4\pi R_c^2 B(T_c, 1,2 \text{ мкм})}, \quad (2.10)$$

где  $R_h$  и  $R_c$  — радиусы горячего и холодного компонентов соответственно и  $B(T, \lambda)$  — функция Планка.

С другой стороны,

$$4\pi R_c^2 B(T_c, 1,2 \text{ мкм}) = 4\pi (10 \text{ пк})^2 \cdot 10^{-0,4J(Sp)} C, \quad (2.11)$$

где  $J(Sp)$  — абсолютная величина для гигантов данного спектрального класса. Мы ее взяли из работ [27, 28].  $C$  — калибровочный множитель.

Из (2.10) и (2.11) получаем

$$\lg \frac{R_h}{R_\odot} = 8,13 + 0,5 \left\{ \lg F_{\lambda=1600} - \lg B(T_h, 1600 \text{ \AA}) + 0,4 (J - J(Sp)) \right\}. \quad (2.12)$$

Болометрическая светимость горячего компонента равна

$$\lg \frac{R_h}{L_\odot} = 4 \lg T_h - 15,04 + 2 \lg \frac{R_h}{R_\odot}. \quad (2.13)$$

Наблюдаемые ультрафиолетовые потоки были исправлены за межзвездное поглощение для  $E_{B-V} = 0,10^m$ . Значение  $T_h = 60000 \text{ K}$

было определено по наклону точек в крайней ультрафиолетовой области. Конечно, величина  $T_h$  определяется менее уверенно по сравнению с другими величинами. Подставив в уравнения (2.12) и (2.13) наблюдаемые величины, мы нашли, что горячий компонент EG And имеет следующие характеристики:

$$\lg \frac{R}{R_{\odot}} = -1,96; \quad T_h = 6 \cdot 10^4 \text{K}; \quad \lg \frac{L_h}{L_{\odot}} = 0,16.$$

Горячий компонент EG And располагается на диаграмме температура–светимость в области расположения самых горячих белых карликов. Поэтому мы можем считать, что горячим компонентом изучаемой звезды является белый карлик. Это не противоречит наблюдаемому эмиссионному спектру. Однако имеющиеся наблюдения не могут полностью исключить возможность того, что горячим компонентом может быть аккреционный диск, окружающий холодный карлик.

*Карликовые новые.* Среди нестационарных звезд существует довольно многочисленный класс двойных звезд, состоящих из белого карлика и холодной звезды главной последовательности. Это тесные двойные с периодом в несколько часов. Примерно раз в месяц системы испытывают небольшие, на 2–3 звездные величины, вспышки продолжительностью около недели. Это обстоятельство и дало основание назвать рассматриваемую группу нестационарных звезд карликовыми новыми.

Для объяснения феномена карликовых новых в настоящее время наиболее распространена следующая модель. Красный компонент заполняет свою полость Роша, и через лагранжеву точку происходит истечение материи с его поверхности. Затем эта материя образует аккреционный диск вокруг белого карлика. Предполагается, что различного рода нестабильности в процессе аккреции и приводят к наблюдаемым вспышкам. Хотя в целом предложенная схема хорошо согласуется с имеющимися наблюдениями, еще многие моменты остаются недостаточно ясными. В частности не до конца ясен вопрос, существует ли аккреционный диск всегда или же он в основном возникает во время вспышек.

Из-за слабости карликовых новых их наблюдения выполнялись методом многоцветной фотометрии. Одновременно на 1,25-метровом телескопе АЗТ-11 Крымской астрофизической обсерватории Н.М. Шаховским и Ю.С. Ефимовым проводились наблюдения этих звезд в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах.

На рис. 44 представлены распределения энергии в спектрах двух звезд RX And и SS Aur.

Из этого рисунка видно, что наблюдаемое распределение энергии хорошо представляется суммой двух излучений — холодного (~6000 К) и горячего (~60 000К). Если предположить, что размеры холодного компонента такие же, как для нормальной звезды главной последовательности, то по приведенным выше формулам можно рассчитать радиус горячего компонента. Его размеры оказались равными

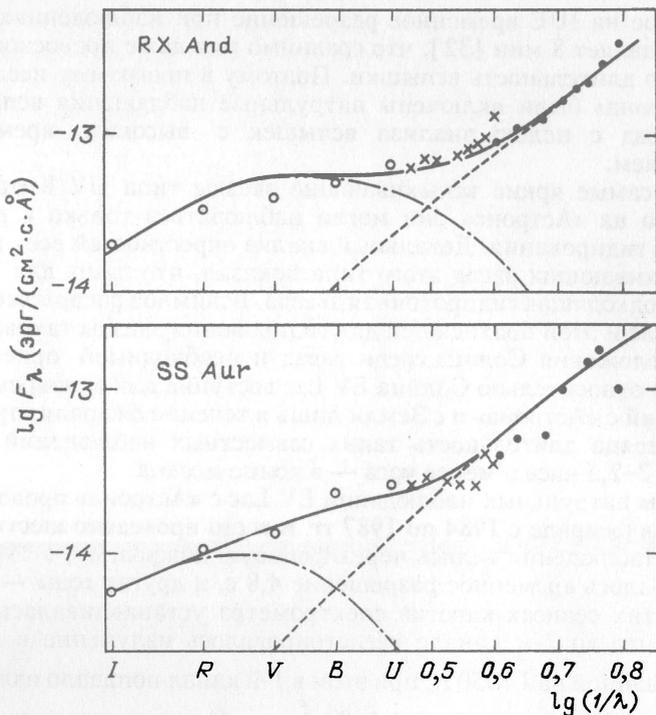


Рис. 44. Распределение энергии в спектрах звезд RX And и SS Aur

$\sim 0,01R$ , что соответствует размерам белого карлика. Отсюда следует, что в момент наших наблюдений аккреционный диск отсутствовал или же был небольшим по размерам.

**2.5.6. Фотометрический патруль вспыхивающей красной карликовой звезды EV Lac в линии C IV  $\lambda 1550 \text{ \AA}$ .** Резонансный дублет C IV  $\lambda 1548/1551 \text{ \AA}$  — одна из самых сильных эмиссионных деталей в ультрафиолетовой области звездных спектров, и ее интенсивность — один из наиболее чувствительных индикаторов активности звезд с хромосферно-корональной структурой атмосферы. К настоящему времени на звездах типа UV Кита, на которых звездные аналоги солнечных вспышек регистрируются с наибольшей частотой, зарегистрировано около дюжины вспышек с заметным повышением яркости линии C IV  $\lambda 1550 \text{ \AA}$ ; спектры этих вспышек были получены на IUE с экспозициями от 15 до 130 мин, и на них было обнаружено усиление линии в 1,4–9 раз [29–36]. Известная пространственная локализация излучения линии C IV  $\lambda 1550 \text{ \AA}$  в переходной области между хромосферой и короной делает весьма интересным определение временной локализации этой эмиссии в общей картине развития вспышки. Но лучшее

достигнутое на IUE временное разрешение при наблюдениях таких звезд составляет 8 мин [32], что сравнимо или даже превосходит характерную длительность вспышки. Поэтому в программу исследований «Астроны» были включены патрульные наблюдения вспыхивающих звезд с целью анализа вспышек с высоким временным разрешением.

Даже самые яркие вспыхивающие звезды типа UV Кита столь слабы, что на «Астроне» они могли наблюдаться только в режиме офсетного гидирования. Детальный анализ окрестностей всех известных вспыхивающих звезд этого типа показал, что лишь для EV Lac имеется подходящая гидировочная звезда. Взаимное расположение на небе EV Lac и этой подходящей для гидирования звезды таково, что с учетом положения Солнца среди звезд и необходимой ориентации «Астроны» относительно Солнца EV Lac доступна для одновременных наблюдений с «Астроны» и с Земли лишь в течение февраля, причем в начале месяца длительность таких совместных наблюдений может достигать 2–2,5 часа и менее часа — в конце месяца.

Сеансы патрульных наблюдений EV Lac с «Астроны» проводились ежегодно в феврале с 1984 по 1987 гг. и всего проведено шесть таких сеансов. Наблюдения велись через фоновую диафрагму, в 1985 году использовалось временное разрешение 4,8 с, в другие годы — 0,61 с. Во всех этих сеансах каретка спектрометра устанавливалась таким образом, что во 2-м канале регистрировалось излучение в полосе, центрированной на  $\lambda$  1550 Å, при этом в 1-й канал попадало излучение в полосе, центрированной на  $\lambda$  2434 Å, а в 4-м канале регистрировалось излучение, отраженное в нулевом порядке дифракционной решетки спектрометра.

Из шести патрульных сеансов в двух были зарегистрированы вспышки. 24.02.84 во время непродолжительных патрульных наблюдений общей длительностью 48 мин в 4-м канале была зарегистрирована скоротечная вспышка общей продолжительностью 2,4 с — сильный всплеск на четырех последовательных кадрах телеметрии. Одновременно небольшой всплеск был обнаружен в 1-м канале, но во 2-м канале вспышка не дала заметный эффект (см. рис. 45). Реальность столь быстрых оптических вспышек на красных карликовых звездах ранее ставилась под сомнение, но кроме этих наблюдений на «Астроне», описанных в [37], она позднее была надежно подтверждена в ходе патрулирования блеска таких звезд на БТА, где благодаря применению комплекса скоростной фотометрии кривые блеска подобных секундных звездных вспышек были зарегистрированы уверенно и весьма детально [38].

Наиболее успешный сеанс наблюдений EV Lac с «Астроны» был проведен 06.02.86, когда патрульные ультрафиолетовые наблюдения велись с 16<sup>h</sup>11<sup>m</sup> до 18<sup>h</sup>40<sup>m</sup> UT и одновременно в Крымской астрофизической обсерватории на 1,25-метровом рефлекторе АЗТ-11 проводился фотометрический патруль этой звезды с помощью пятиканального фотометра-поляриметра [39]. На рис. 46 приведены кривые блеска EV Lac с 17<sup>h</sup>05<sup>m</sup> до 18<sup>h</sup>15<sup>m</sup> UT в трех каналах спект-

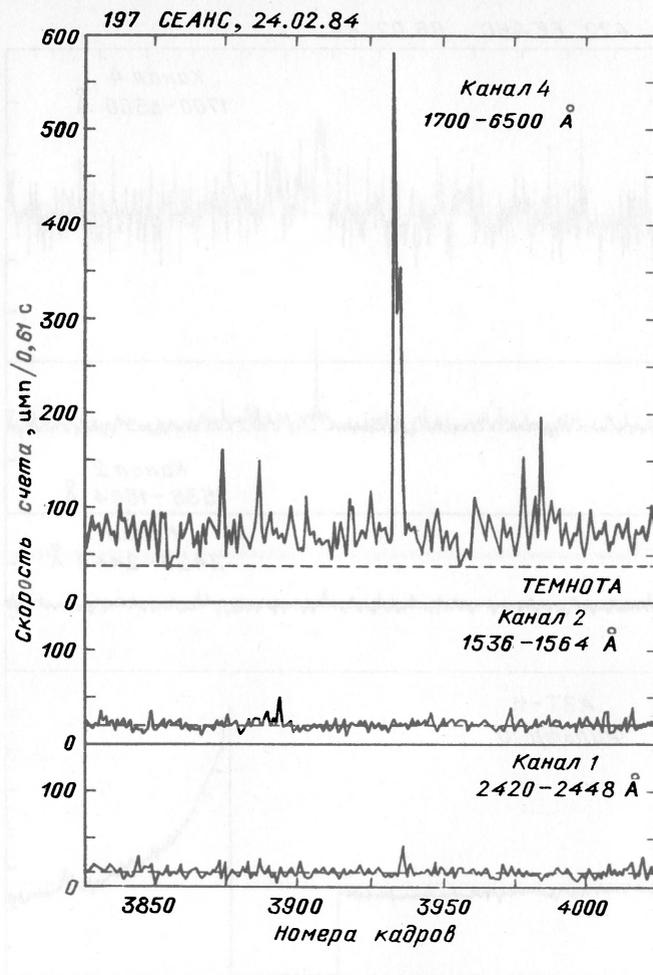


Рис. 45. Вспышка EV Lac 24.02.84. Наблюдения на «Астроне»

рометра «Астрона» и в стандартной полосе  $U$  по наземным наблюдениям, причем кривые блеска с «Астрона» построены усреднением скользящим средним по девяти кадрам, т.е. с временным разрешением 5,5 с, а временное разрешение наземных наблюдений было близко к 6 с.

К сожалению, перед началом вспышки и в момент максимального блеска вспышки проводилась смена бумажной ленты перфоратора на АЗТ-11. Несмотря на это обстоятельство, независимый анализ наземной кривой блеска и данных с «Астрона» привел к выводу, что амплитуда этой вспышки  $\Delta U \sim 3^m$ , а полная энергия  $\bar{E}_{\bar{v}} \sim 10^{33}$  эрг.

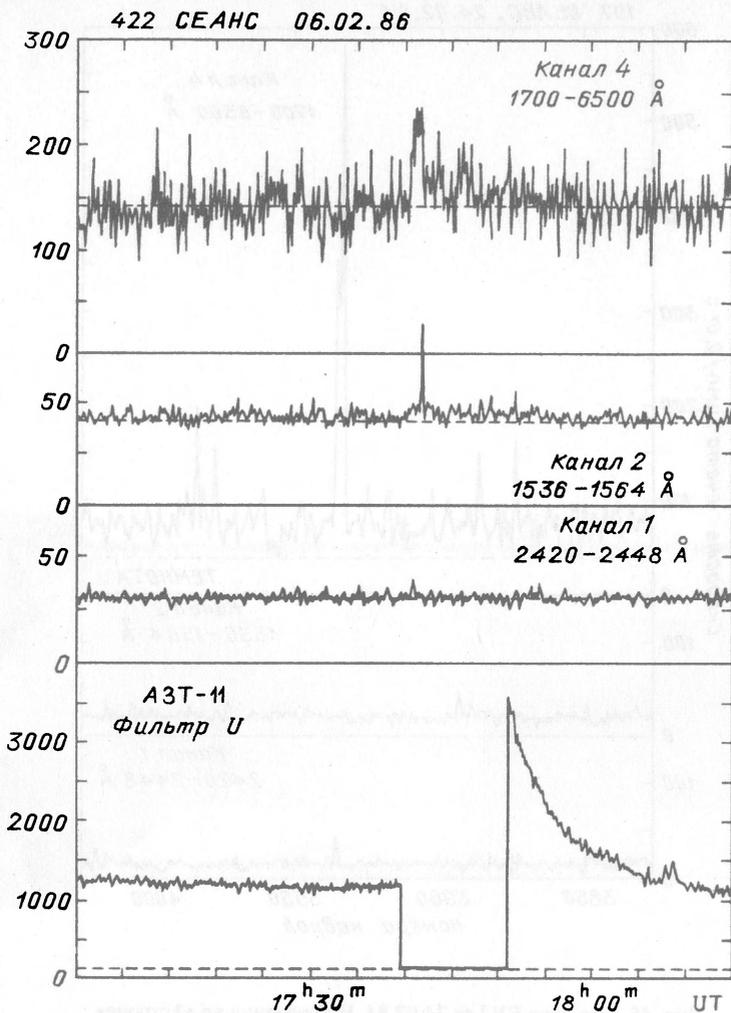


Рис. 46. Вспышка EV Lac 6.02.86. Наблюдения на «Астроне» и на телескопе АЗТ-11 в Крымской астрофизической обсерватории

Столь мощные вспышки довольно редки на EV Lac. При покадровом рассмотрении данных телеметрии обнаружены следующие тонкие детали развития этой вспышки.

Около 17<sup>h</sup>42<sup>m</sup>00<sup>s</sup> UT на двух соседних кадрах во 2-м канале зарегистрированы отсчеты, превышающие средний уровень отсчетов за предыдущие полтора часа патрульных наблюдений на 3,1 и 4,2 среднеквадратичных отклонения одного измерения от среднего уровня; на втором из этих двух кадров обнаружено, что отсчет в 4-м канале на

$3\sigma$  ( $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение) превышает средний уровень. В  $17^{\text{h}}42^{\text{m}}07^{\text{s}}$  резким всплеском на одном кадре с амплитудой около  $8\sigma$  началась вспышка в 1-м канале. Через 3 с во 2-м канале зарегистрирован всплеск на уровне  $4,4\sigma$ , и со следующего кадра начался сравнительно широкий — около 45 с — максимум излучения в 4-м канале. А в  $17^{\text{h}}42^{\text{m}}58^{\text{s}}$  во 2-м канале произошел одиночный всплеск, интенсивность которого на порядок величины превысила интенсивность всплесков в этом канале в самом начале вспышки.

Во всех трех каналах спектрометра «Астро́на» проявления вспышки обнаруживаются более или менее уверенно в течение 15 мин после максимума, причем в конце этого интервала в 1-м и 2-м каналах видны всплески, сравнимые по амплитуде с теми, что были зарегистрированы в начале вспышки, однако между собой эти всплески практически не коррелируют. Около  $18^{\text{h}}08^{\text{m}}$  UT, когда на оптической кривой блеска заметны существенные поярчения, аналогичная структура видна и на записи 2-го канала, но всплески такой же амплитуды в этом канале были видны и ранее.

Таким образом, ультрафиолетовые наблюдения звездной вспышки с рекордно высоким временным разрешением позволили обнаружить две качественно новые особенности. Во-первых, возгорание эмиссии C IV  $\lambda$  1550 Å началось за 7 с до начала вспышки в континууме. Это нетривиальный результат, поскольку указанные эмиссии пространственно существенно разнесены: непрерывное оптическое излучение вблизи максимума вспышки формируется, согласно газодинамической модели звездных вспышек [40], в нижней хромосфере или даже в области температурного минимума звездной атмосферы, тогда как всплеск эмиссии C IV во вспышке должен возникать при испарении верхних слоев хромосферы. Во-вторых, в начальной фазе вспышки был, по-видимому, зарегистрирован очень мощный и быстрый всплеск излучения в линии C IV  $\lambda$  1550 Å. Этот всплеск должен был занимать на звезде область площадью, в сто раз превосходящую площадь быстрых всплесков яркости в этой линии на Солнце, которые наблюдаются преимущественно в активных областях и их окрестностях; но всплеск на EV Lac на несколько порядков величины превосходил солнечные всплески по энергии и на порядок величины был более скоротечным.

Более подробно наблюдения EV Lac на «Астроне» описаны в работах [37, 41].

2.5.7. Наблюдения на AC «Астрон» с высоким спектральным разрешением. Таблица 9 содержит данные о сеансах наблюдений звезд, проведенных с высоким спектральным разрешением (узкой щелью во втором канале), а также основные сведения об исследуемых звездах. Как и в табл. 5, звезды перечислены в порядке возрастания прямого восхождения. Последний столбец таблицы содержит даты проведения сеансов наблюдений. [См. продолжение на с. 263.]

Таблица 9

## Наблюдения с высоким спектральным разрешением звезд на АС «Астрон»

Название звезды	HD	Координаты (1975)		V	B-V	U-V	Спектр	Дата наблюдения
		$\alpha$	$\delta$					
$\rho$ Per	10516	01 <sup>h</sup> 42,1 <sup>m</sup>	+50° 33'	4,07 <sup>m</sup>	-0,04 <sup>m</sup>	-0,93 <sup>m</sup>	B2 Ver	27.08.83
21 Per	18296	02 55,8	+31 50	5,11	-0,01	-0,23	B9 p	30.08.83
$\zeta$ Per	24398	03 54,1	+31 53	2,83	+0,12	-0,77	B1 Ib	11.01.85
X Per	24534	03 53,8	+30 58	6,10	+0,29	-0,82	O9,5ep	01.09.83
41 Tau	25823	04 05,1	+27 32	5,20	-0,13	-0,47	B9 p	27.09.83
41 Tau	25823	04 05,1	+27 32	5,20	-0,13	-0,47	B9 p	14.01.84
53 Tau	27295	04 18,1	+21 42	5,35	-0,08	-0,25	B9 IV	19.01.84
$\alpha$ Cam	30614	04 51,5	+66 18	4,29	+0,03	-0,88	O9,5 Iae	22.04.84
$\mu$ Lep	33904	05 11,8	-16 14	3,28	-0,11	-0,38	B9 p	23.01.85
139 Tau	40111	05 56,4	+25 57	4,82	+0,06	-0,93	B0,5 II	18.03.84
$\chi^2$ Ori	41117	06 02,4	+20 08	4,63	-0,70	+0,27	B2 Ia	18.04.83
$\chi^2$ Ori	41117	06 02,4	+20 08	4,63	-0,70	+0,27	B2 Ia	19.04.83
$\tau$ CMa	57061	07 17,7	-24 54	4,40	-0,15	-0,99	O9 Ib	30.05.87
15 Cnc	68351	08 11,6	+29 43	5,63	-0,07	-0,12	A2 V	20.04.83
15 Cnc	68351	08 11,6	+29 43	5,63	-0,07	-0,12	A2 V	23.04.83
15 Cnc	68351	08 11,6	+29 43	5,63	-0,07	-0,12	A2 V	06.12.83
$\alpha$ Cnc	76756	08 57,1	+11 57	4,20	+0,16	+0,20	A5 m	13.05.83
$\alpha$ Cnc	76756	08 57,1	+11 57	4,20	+1,16	+0,20	A5 m	13.05.83
$\kappa$ Cnc	78316	09 06,4	+10 46	5,25	-0,42	-0,11	B8 IIIp	19.05.83
$\kappa$ Cnc	78316	09 06,4	+10 46	5,25	-0,42	-0,11	B8 IIIp	12.06.84
15 UMa	78209	09 07,1	+51 42	4,48	+0,27	+0,12	A m	06.11.83

Название звезды	HD	Координаты (1975)		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		$\alpha$	$\delta$					
15 UMa	78209	09 <sup>h</sup> 07,1 <sup>m</sup>	+51° 42'	4,48 <sup>m</sup>	+0,27 <sup>m</sup>	+0,12 <sup>m</sup>	A <sub>7</sub>	07.05.84
$\eta$ Leo	87737	10 06,0	+16 53	3,52	-0,03	-0,21	A0 Ib	21.05.83
$\eta$ Leo	87737	10 06,0	+16 53	3,52	-0,03	-0,21	A0 Ib	04.06.87
$\eta$ Leo	87737	10 06,0	+16 53	3,52	-0,03	+0,21	A0 Ib	08.06.88
$\lambda$ UMa	89021	10 15,6	+43 02	3,45	+0,03	+0,06	A2 IV	29.10.83
$\rho$ Leo	91316	10 31,5	+09 26	3,85	-0,95	-0,14	B1 Ib	20.05.83
$\rho$ Leo	91316	10 31,5	+09 26	3,85	-0,95	-0,14	B1 Ib	09.06.88
32 d <sup>2</sup> Vir	110951	12 44,4	+07 48	5,22	+0,33	+0,15	F0 III m	06.07.83
78 Vir	118022	13 32,9	+03 47	4,94	+0,03	+0,00	A1 p	25.06.83
78 Vir	118022	13 32,9	+03 47	4,94	+0,03	+0,00	A1 p	26.06.83
78 Vir	118022	13 32,9	+03 47	4,94	+0,03	+0,00	A1 p	25.05.84
$\lambda$ Vir	125337	14 17,8	-13 15	4,52	-0,13	+0,12	A2 m	24.06.83
V 751 Cen	125823	14 21,5	-39 23	4,42	-0,18	-0,75	B7 III p v	01.09.87
$\iota$ <sup>1</sup> L b	134759	15 10,8	-19 41	4,54	-0,08	-0,35	A0 p	03.07.83
$\beta$ CrB	137909	15 26,8	+29 11	3,68	+0,28	+0,11	A8 III p	22.03.84
$\beta$ CrB	137909	15 26,8	+29 11	3,68	+0,28	+0,11	A8 III p	26.02.85
$\beta$ CrB	137909	15 26,8	+29 11	3,68	+0,28	+0,11	A8 III p	13.07.84
$\chi$ Lup	141556	15 49,4	-33 33	3,94	-0,05	-0,13	B9 IV	02.04.84
$\chi$ Lup	141556	15 49,4	-33 33	3,94	-0,05	-0,13	B9 IV	09.10.84
$\chi$ Lup	141556	15 49,4	-33 33	3,94	-0,05	-0,13	B9 IV	11.09.85
BS 5907	142184	15 52,4	-23 54	5,42	-0,04	-0,61	B2,5 ne	14.09.83

Название звезды	HD	Координаты (1975)		V	B-V	U-B	Спектр	Дата наблюдения
		$\alpha$	$\delta$					
$\varphi$ Her	145389	16 <sup>h</sup> 03,0 <sup>m</sup>	+44° 59'	4,26 <sup>m</sup>	-0,07 <sup>m</sup>	-0,28 <sup>m</sup>	B9p	26.08.85
$\varphi$ Her	145389	16 08,0	+44 59	4,26	-0,07	-0,28	B9p	22.08.87
$\tau$ Her	147349	16 19,0	+46 22	3,89	-0,15	-0,56	B5 IV	21.08.84
$\chi$ Oph	148184	16 25,6	-18 24	4,42	+0,28	-0,75	B2 IV	12.08.83
$\alpha$ Oph	148898	16 30,6	-21 24	4,45	+0,13	+0,13	A7p	11.08.83
$\tau$ Sco	149438	16 34,3	-28 09	2,82	-0,26	-1,02	B0 V	15.08.83
$\tau$ Sco	149438	16 34,3	-28 09	2,82	-0,26	-1,02	B0 V	24.09.87
52 Her	152107	16 48,5	+46 01	4,82	+0,09	+0,04	A2 Vp	11.07.84
BS 6245	151804	16 49,8	-41 11	5,22	+0,07	-0,84	O8 Ifp	26.07.83
$\theta$ Oph	157056	17 20,5	-24 58	3,27	-0,22	-0,86	B2 IV	25.09.83
$\mu$ Sgr	166937	18 12,3	-21 04	3,86	+0,23	-0,49	B8 Iape	15.09.83
$\nu$ Sgr	181615	19 20,3	-16 00	4,61	+0,10	-0,53	B2pe	10.09.84
15 Vul	189849	20 00,1	+27 41	4,64	+0,18	+0,16	A4 III	30.07.83
15 Vul	189849	20 00,1	+27 41	4,64	+0,18	+0,16	A4 III	24.03.84
73 Dra	196502	20 31,9	+74 52	5,20	+0,07	+0,11	A0p	20.07.83
73 Dra	196502	20 31,9	+74 52	5,20	+0,07	+0,11	A0p	28.02.84
$\beta$ Cep	205021	21 28,3	+70 27	3,23	-0,22	-0,95	B1 IV	27.06.84
$\beta$ Cep	205021	21 28,3	+70 27	3,23	-0,22	-0,95	B1 IV	26.07.84
$\lambda$ Cep	210839	22 10,7	+59 17	5,04	+0,25	-0,74	O6 If	25.02.84
$\sigma$ And	217675	23 00,8	+42 11	3,62	-0,09	-0,53	B6pe	12.07.85
$\iota$ Phe	221760	23 33,7	-42 45	4,70	+0,08	+0,08	A2 Vp	26.03.85

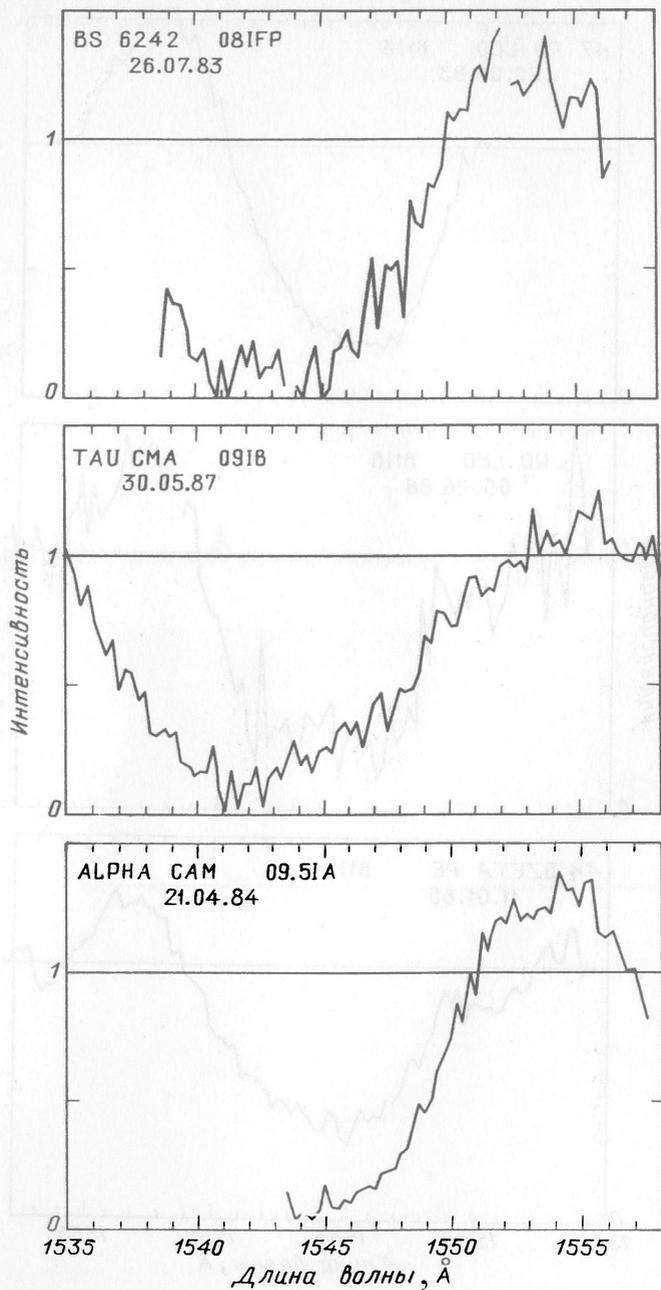


Рис. 47.1. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

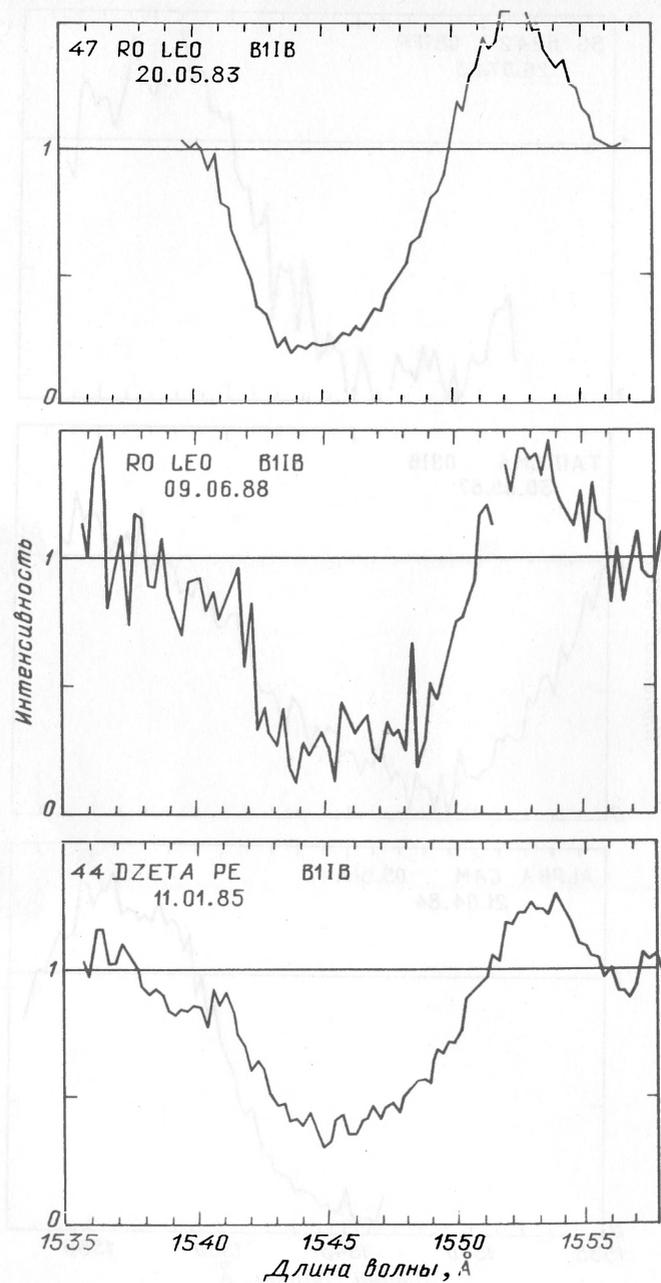


Рис. 47.2. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

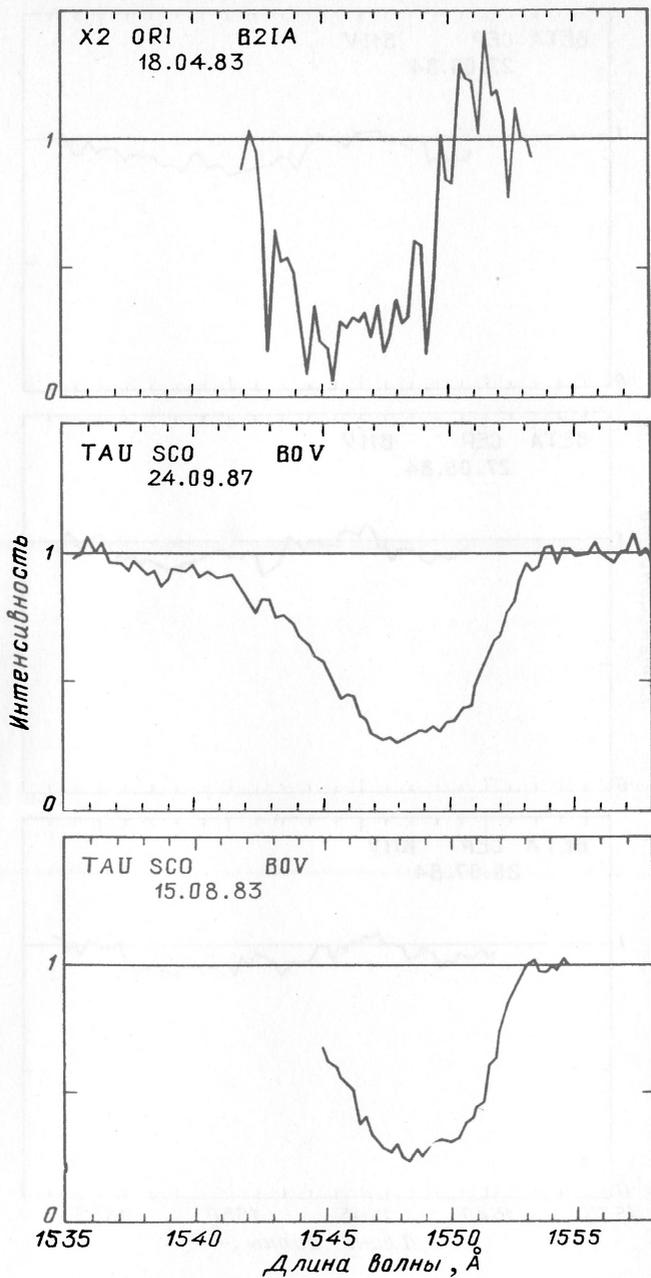


Рис. 47.3. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

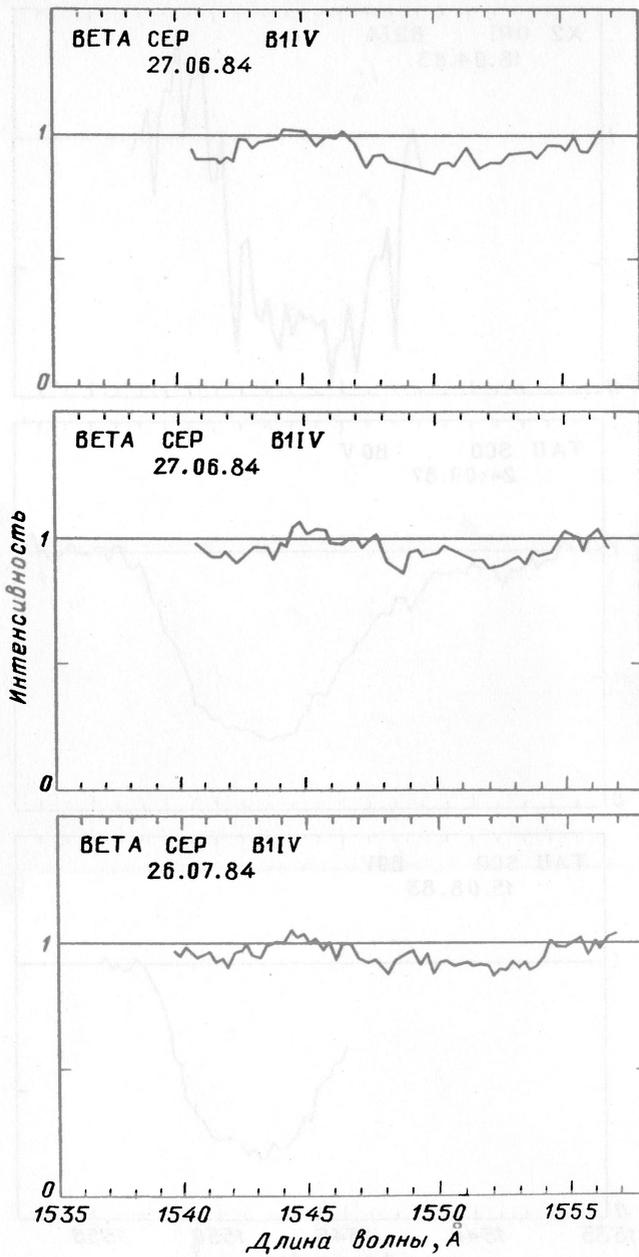


Рис. 47.4. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

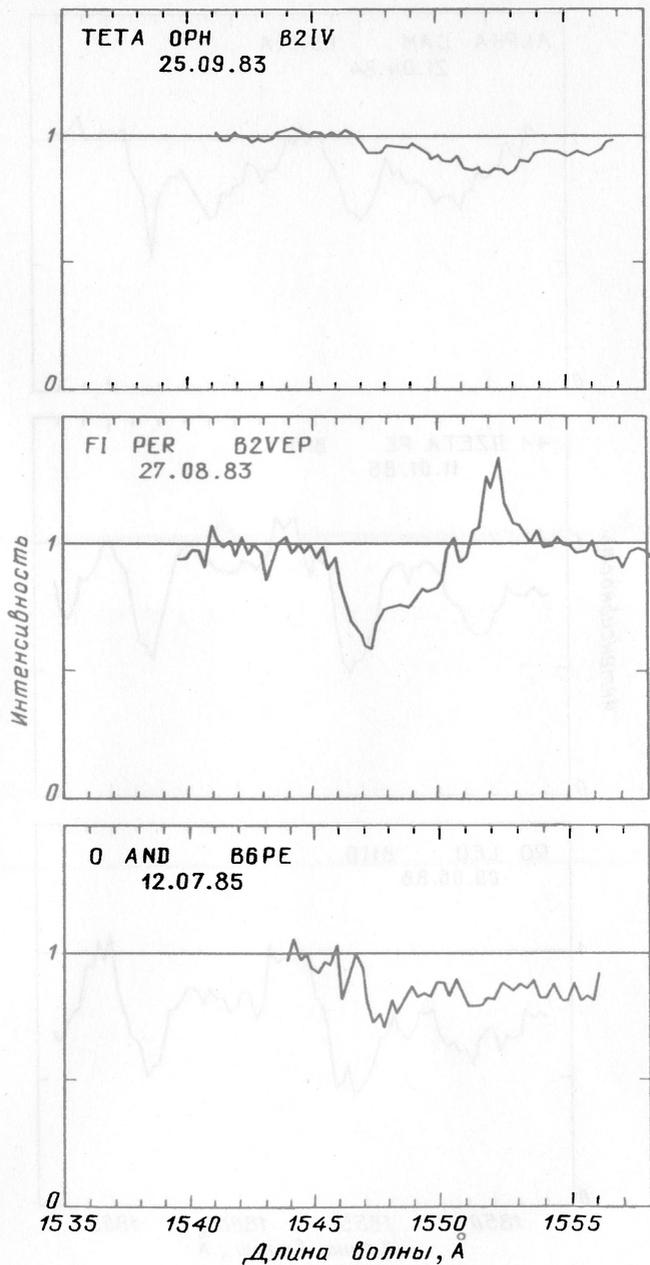


Рис. 47.5. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

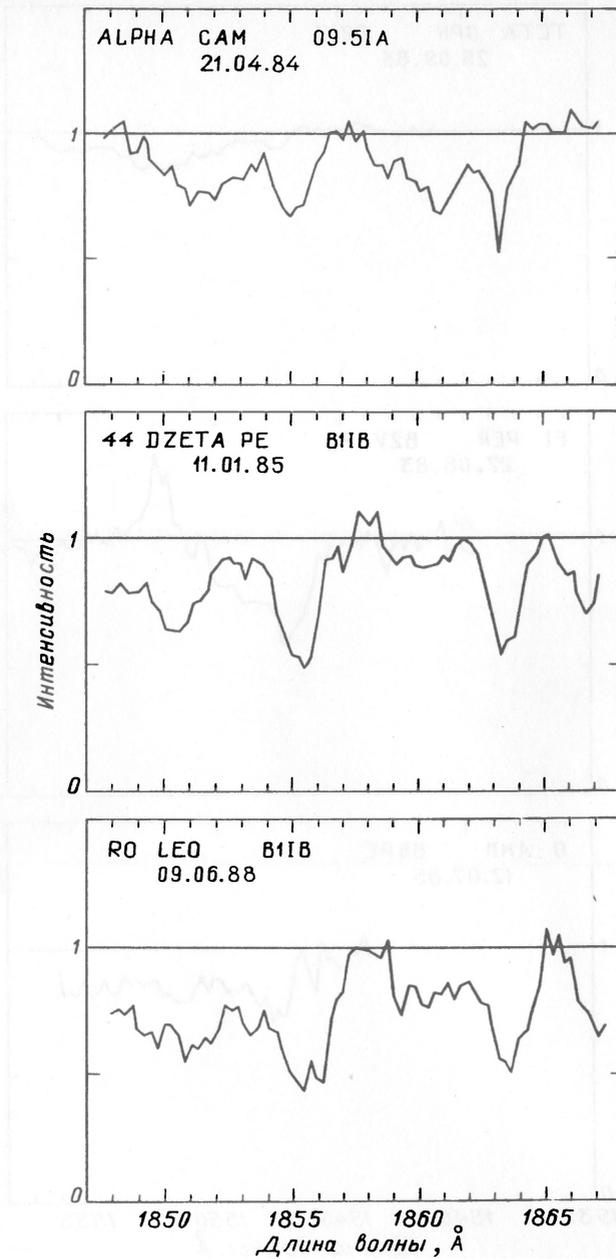


Рис. 47.6. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

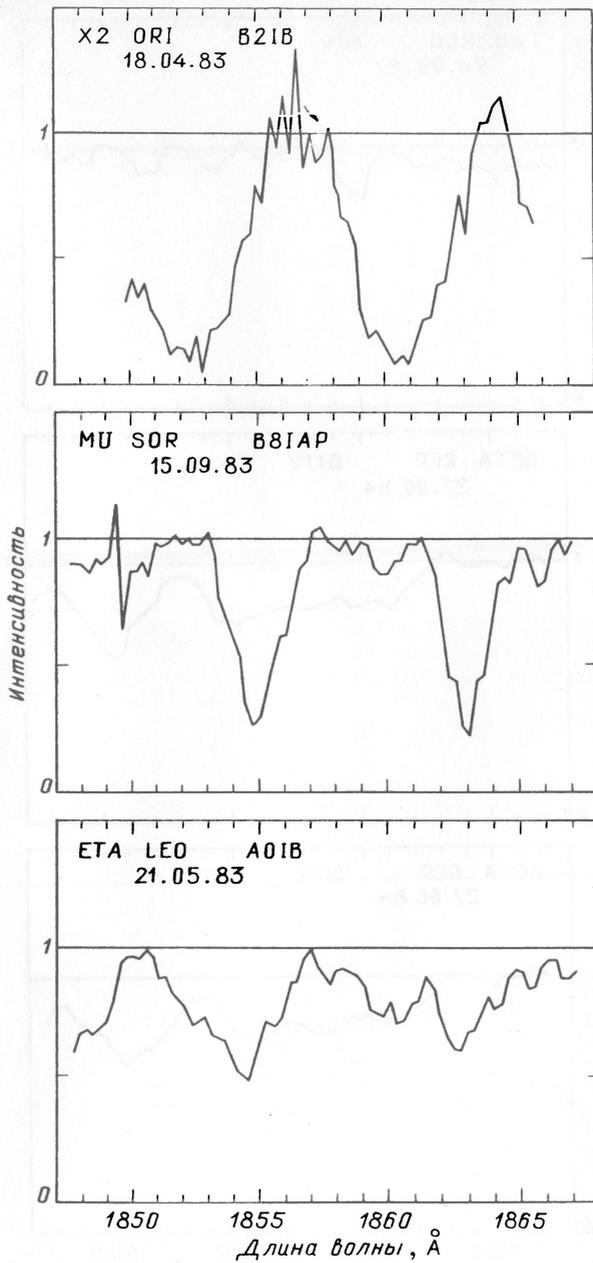


Рис. 47.7. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

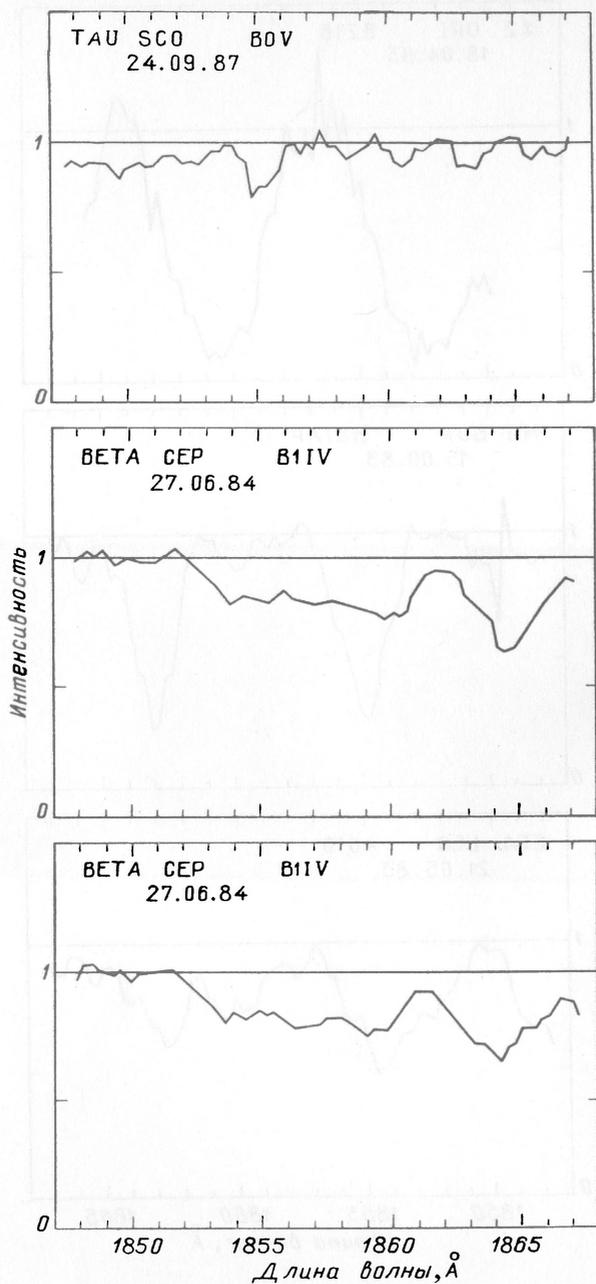


Рис. 47.8. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

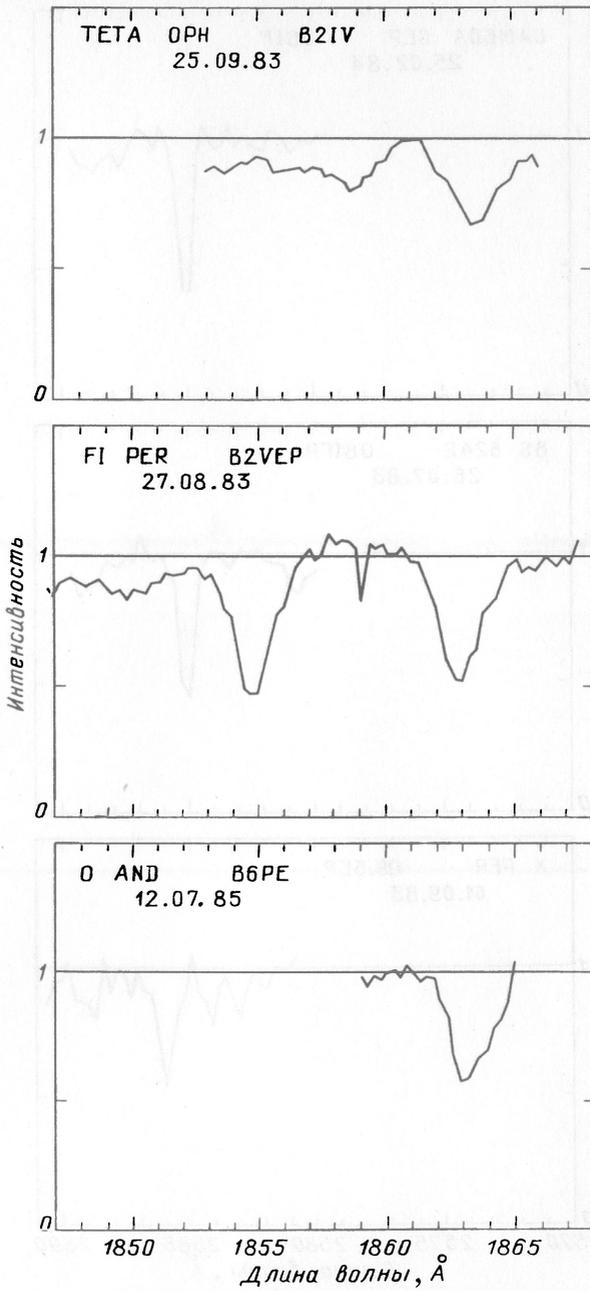


Рис. 47.9. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

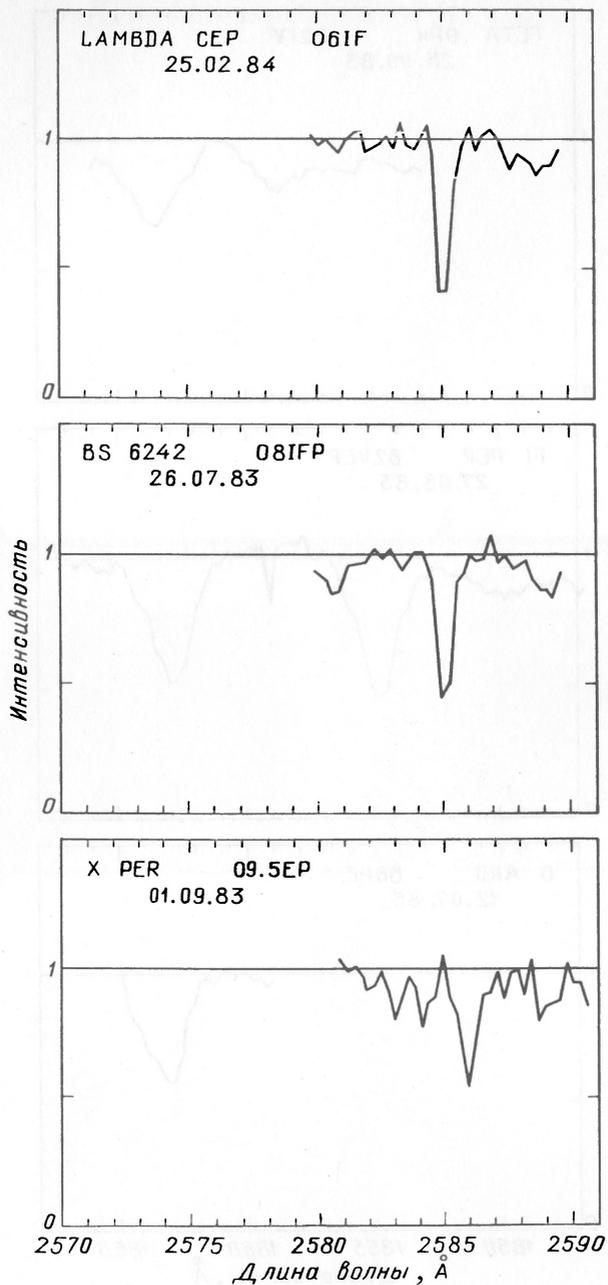


Рис. 47.10. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

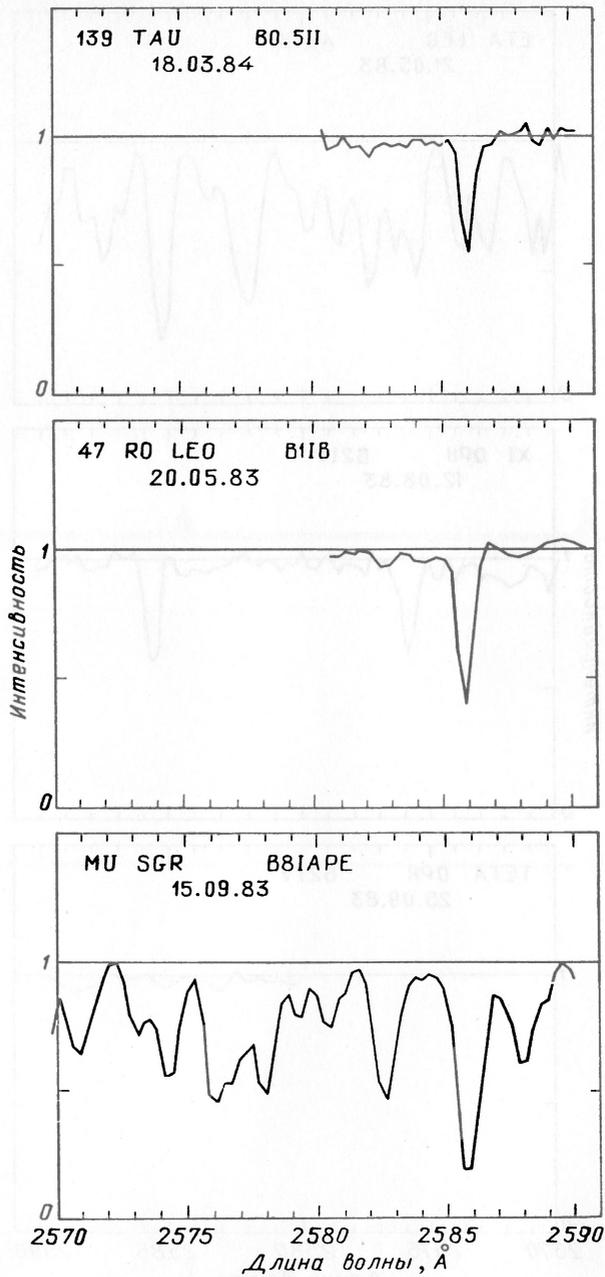


Рис. 47.11. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

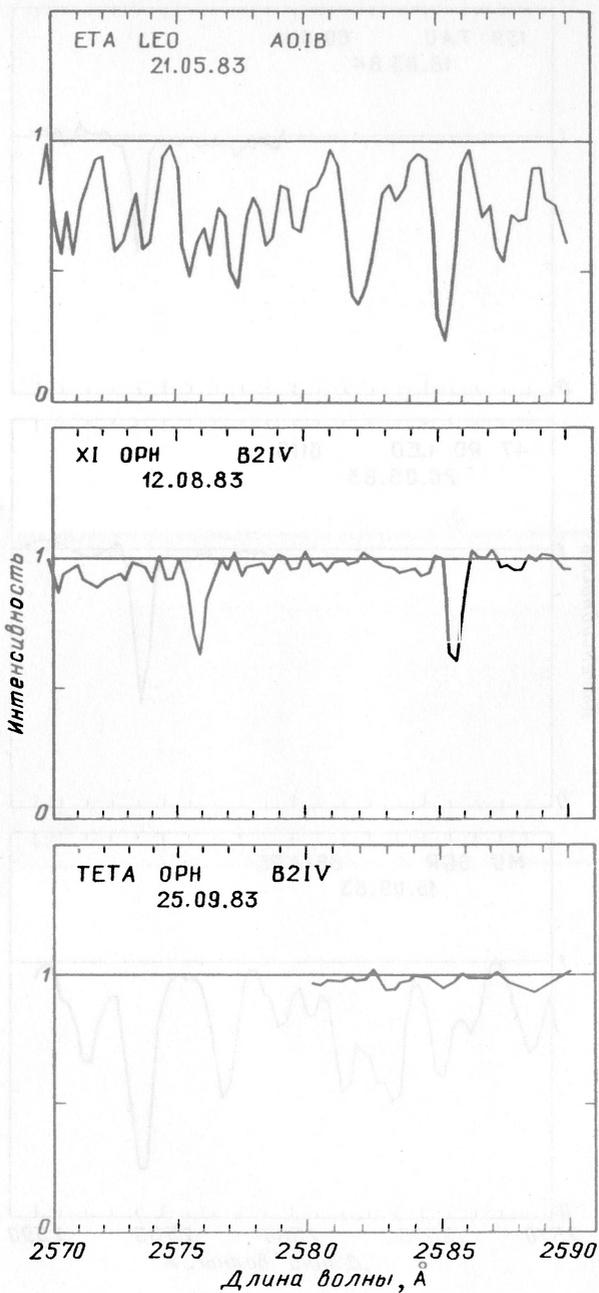


Рис. 47.12. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

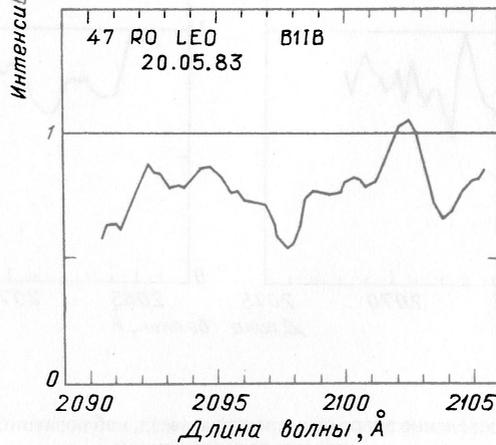
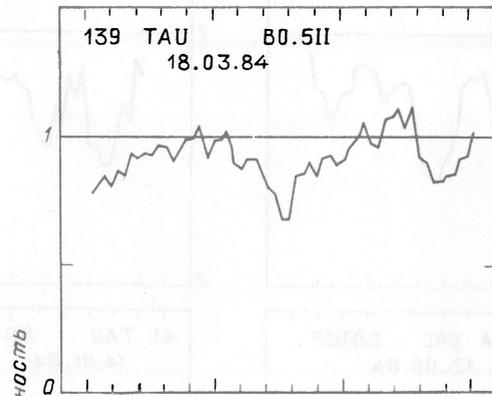
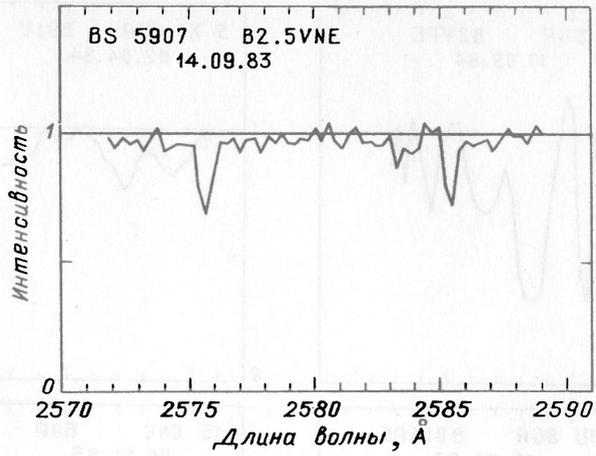


Рис. 47.13. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

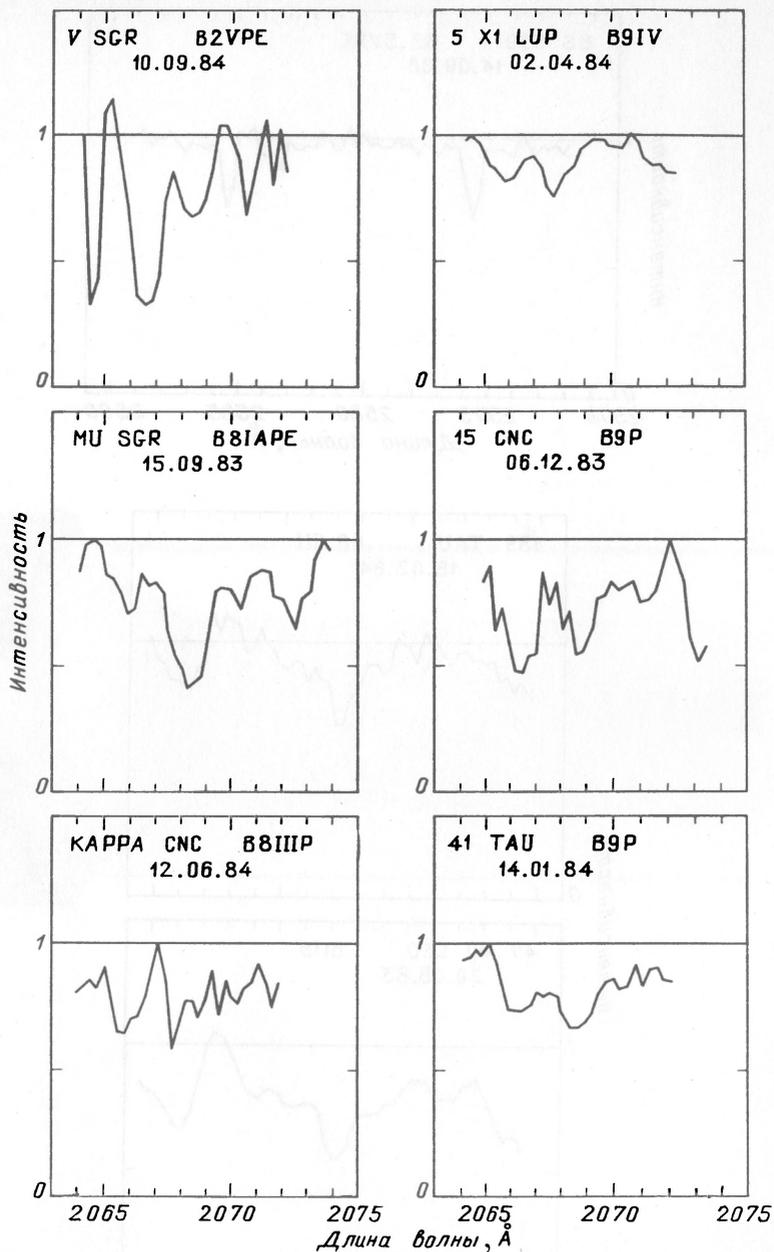


Рис. 47.14. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

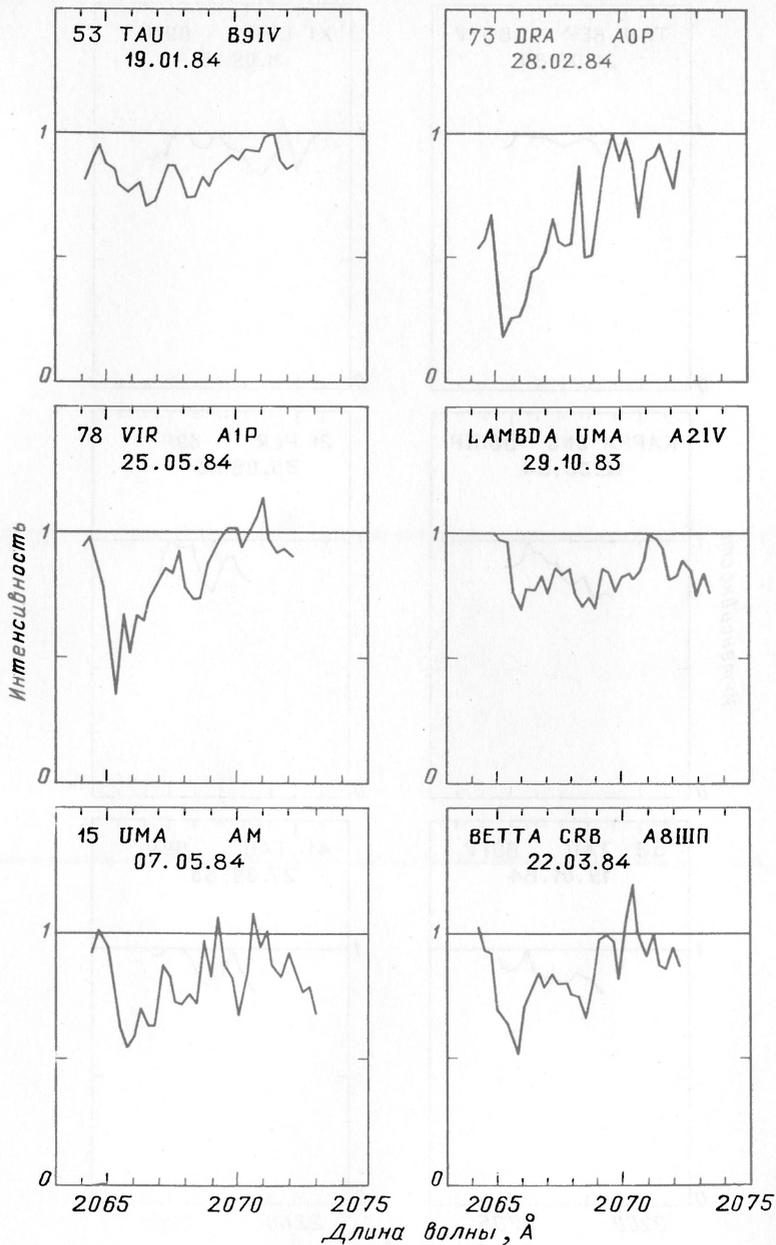


Рис. 47.15. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

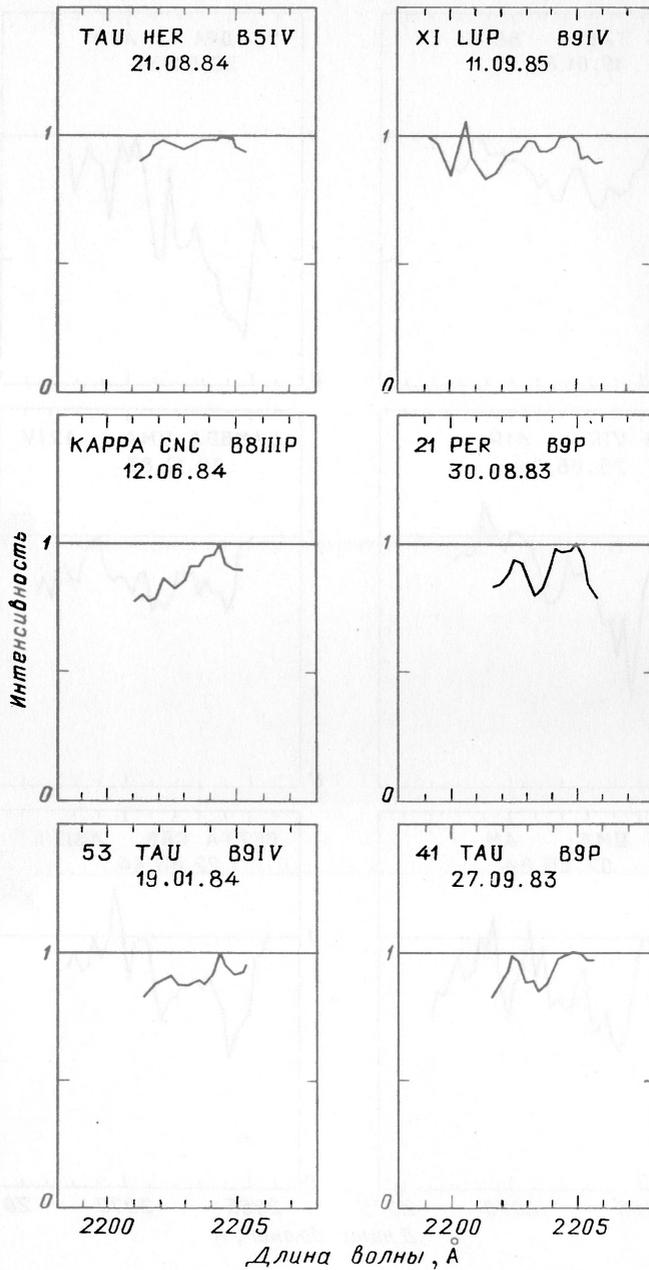


Рис. 47.16. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

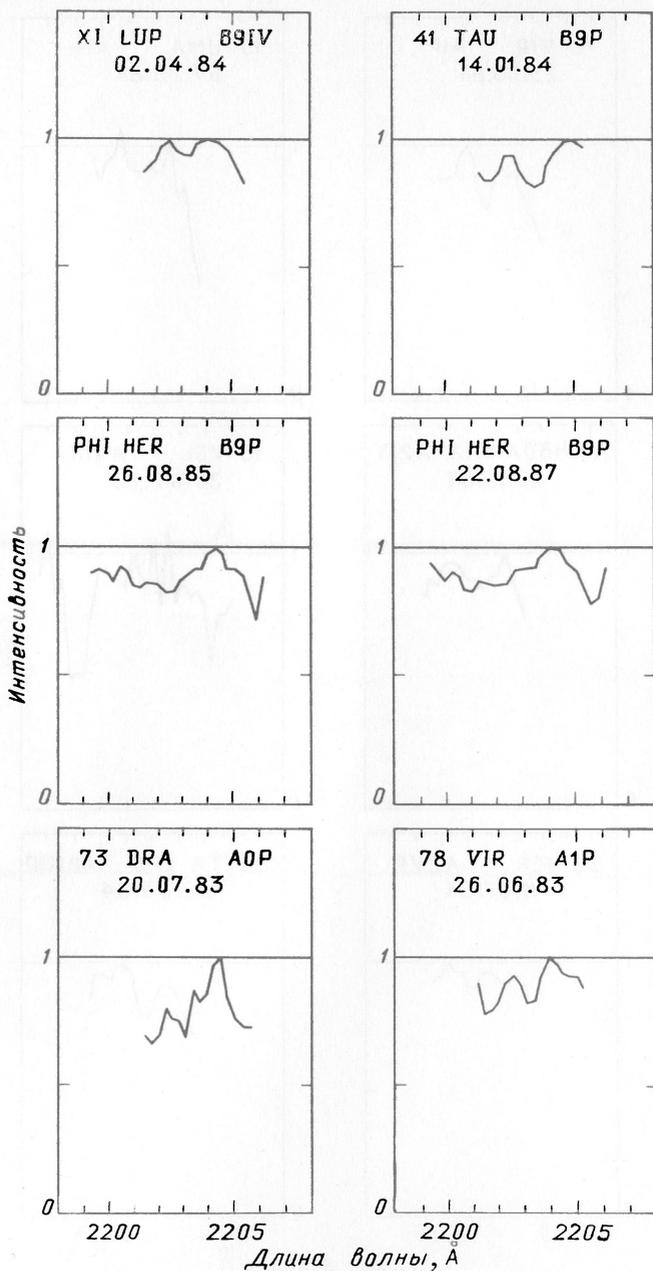


Рис. 47.17. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

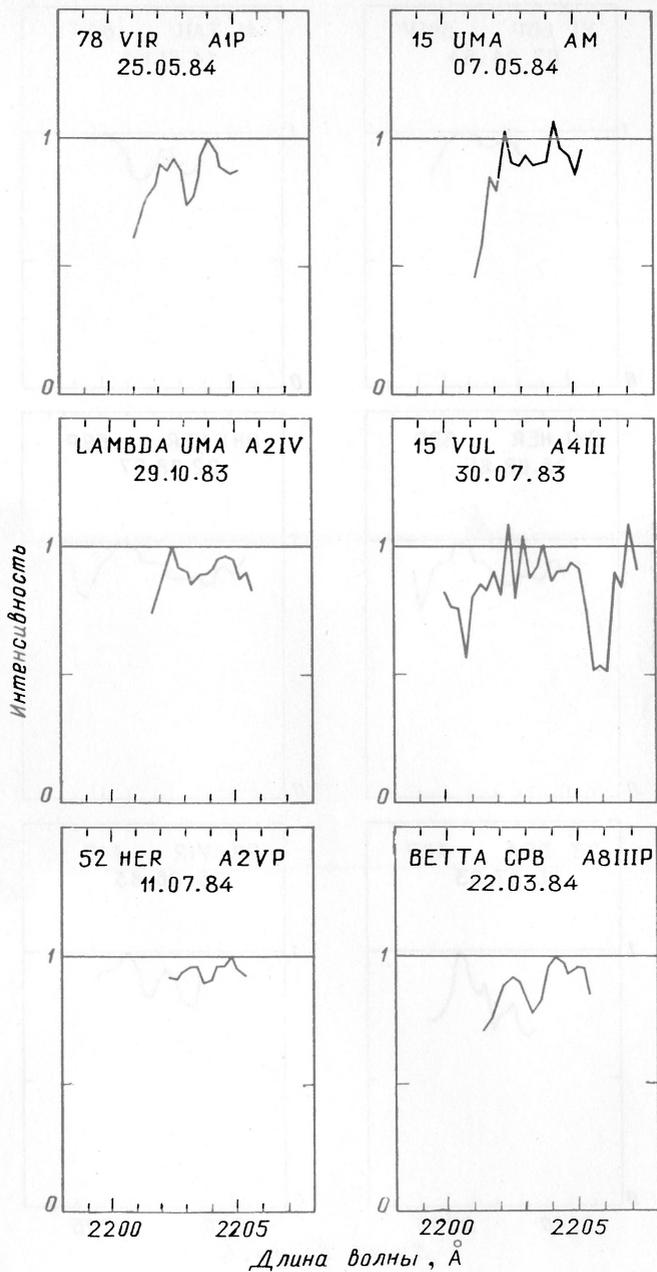


Рис. 47.18. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением



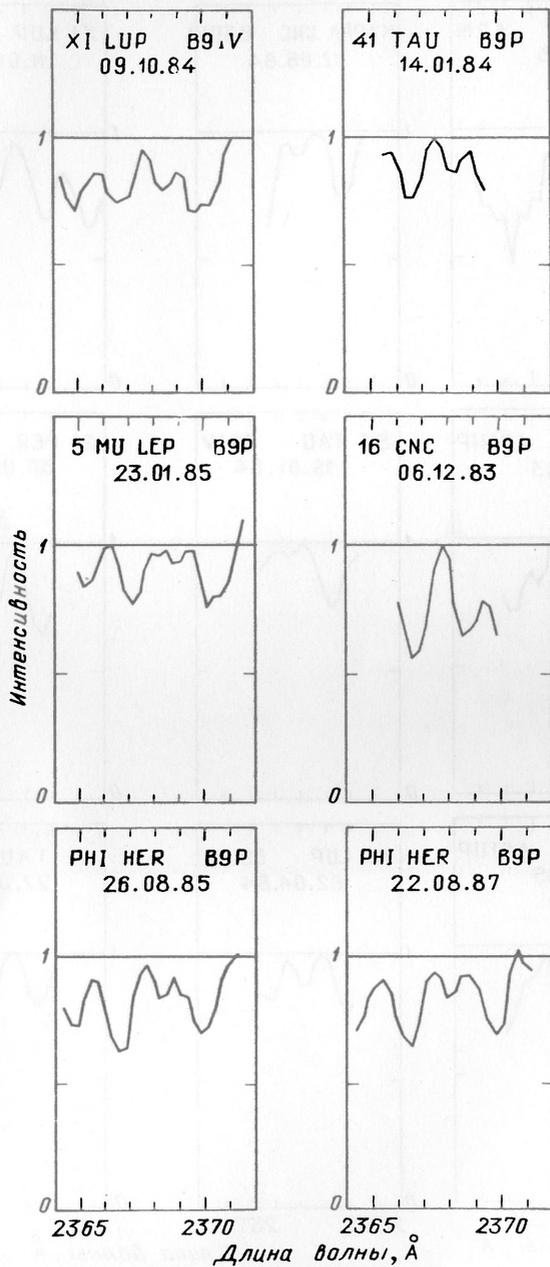


Рис. 47.20. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

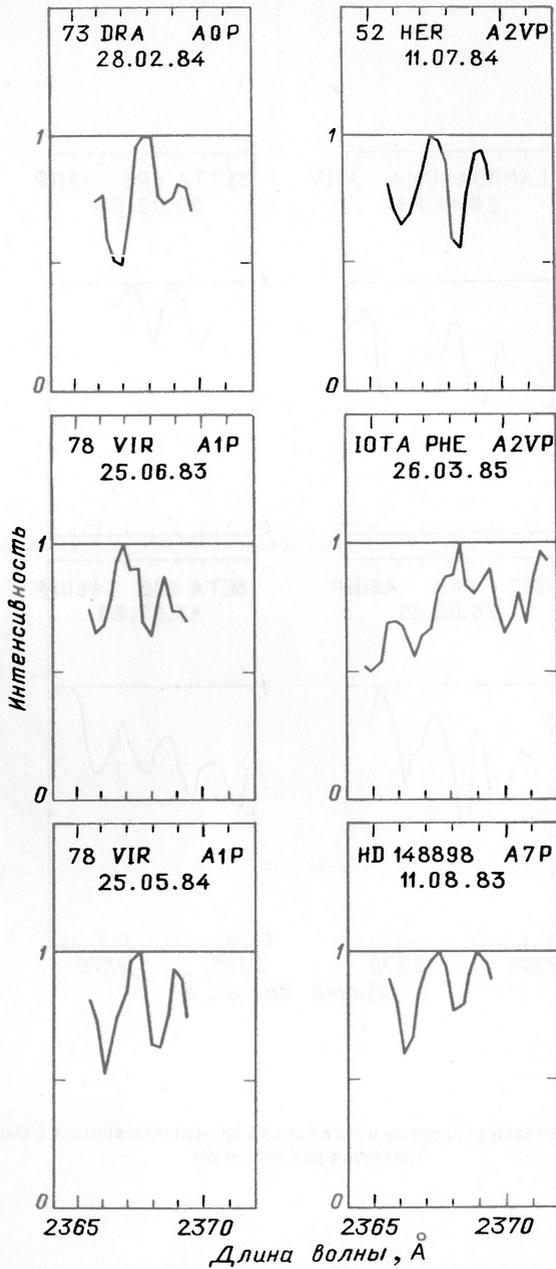


Рис. 47.21. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

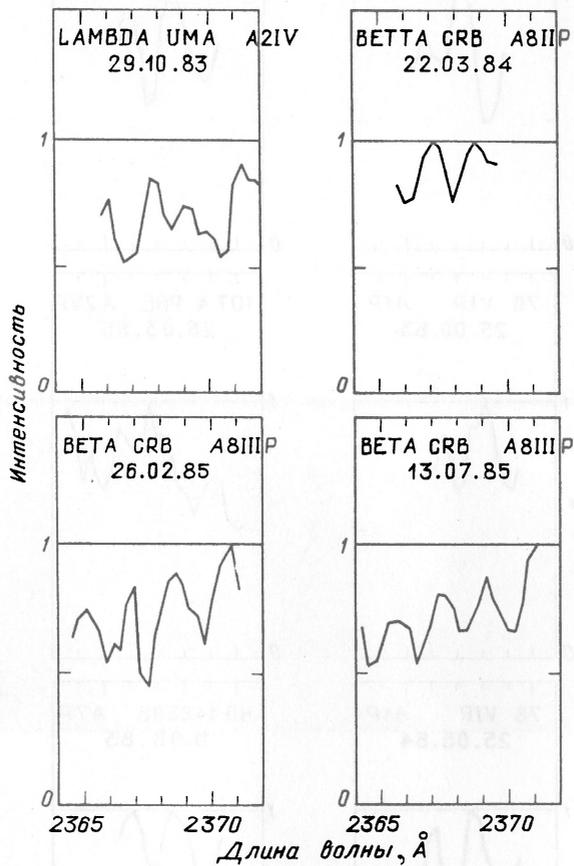


Рис. 47.22. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

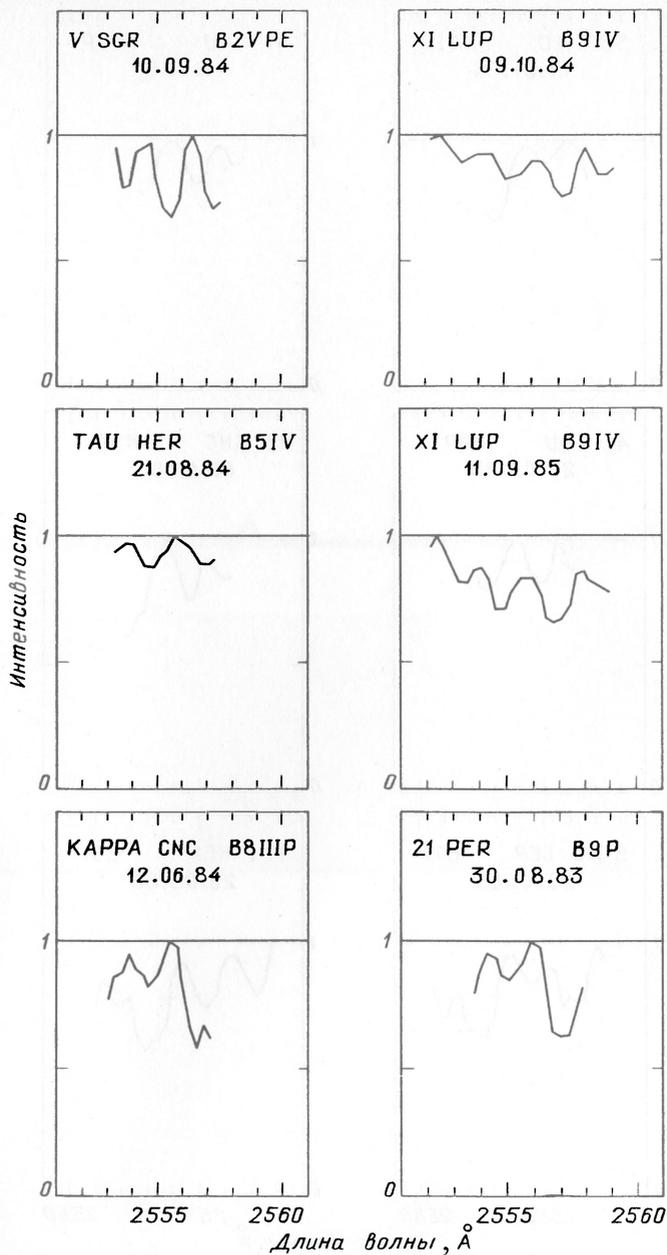


Рис. 47.23. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

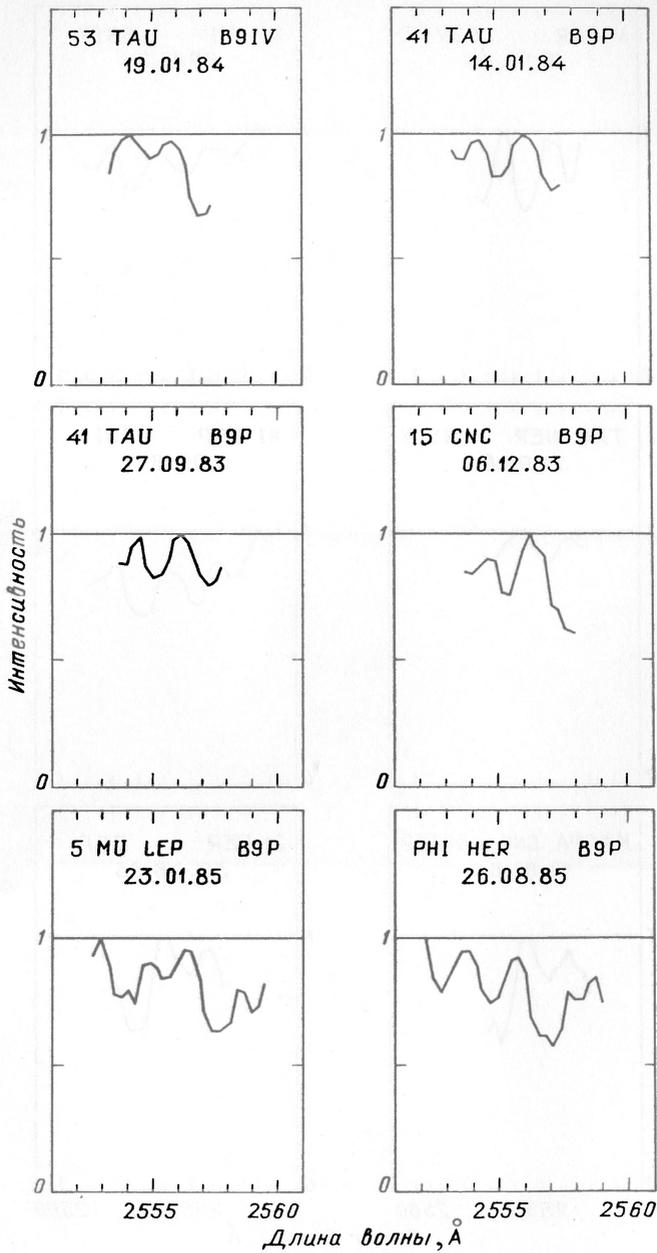


Рис. 47.24. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

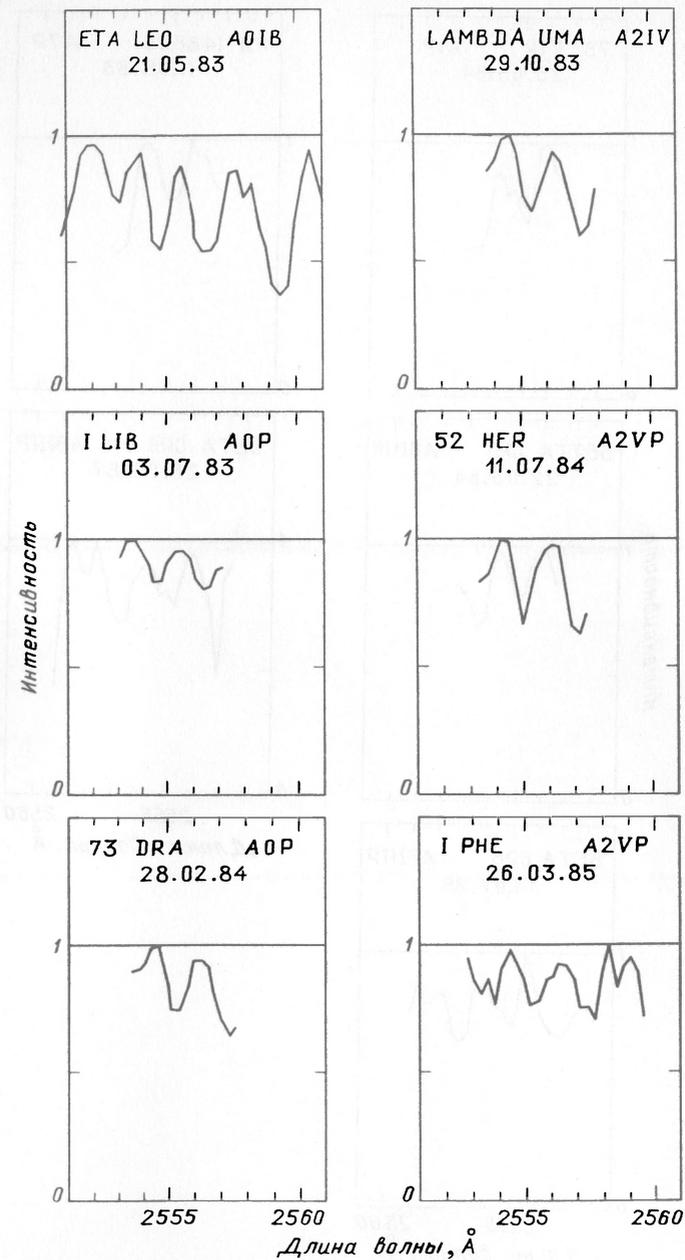


Рис. 47.25. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

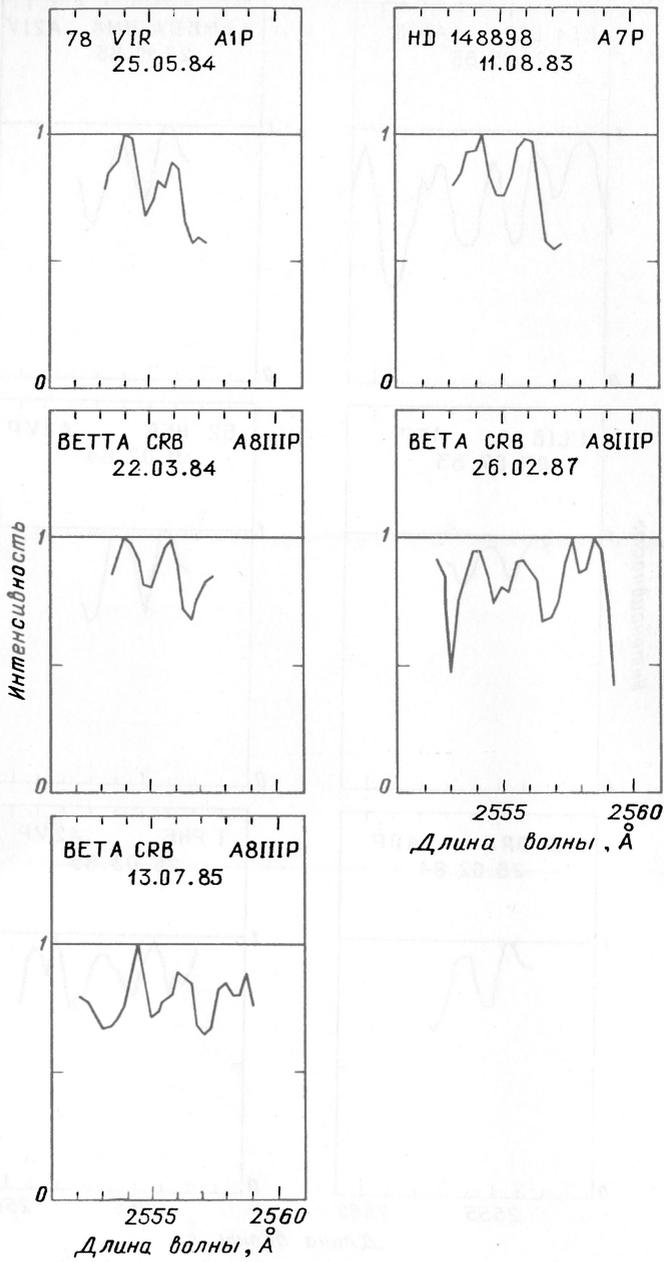


Рис. 47.26. Распределение энергии в спектрах звезд, наблюдавшихся с высоким спектральным разрешением

Наблюдения проводились с центральной диафрагмой, спектральное разрешение составляло около  $0,4 \text{ \AA}$ .

Для обработки спектральных наблюдений была создана вычислительная программа «Спикон», в алгоритм которой был включен учет ошибок гидирования. Как указывалось ранее, для заданной длины волны величины отсчетов в 1-м и 2-м каналах  $S_1$  и  $S_2$  изменяются за счет ошибок гидирования непропорционально изменениям отсчетов 4-го канала, в то время как величина отношения сигналов  $S_2/S_1$  остается достаточно постоянной. В ходе машинной обработки производился учет темновых токов, отбраковка отсчетов второго канала  $S_2$  по отношению  $S_2/S_1$ , учет влияния рассеянного света, переход к абсолютной шкале длин волн с учетом движения АС и Земли вокруг Солнца.

Примененная нами методика редукции отсчетов не позволяет указать непосредственно вероятные погрешности остаточной интенсивности для каждой точки спектра отдельно взятого сеанса наблюдений. Поэтому для ряда сеансов нами были определены типичные отношения сигнала к шуму, и было установлено, что в среднем эти отношения находятся в диапазоне от 30 до 50.

Научная программа наблюдений с высоким спектральным разрешением включала в себя решение ряда астрофизических задач, основными из которых являются следующие:

- 1) исследование кинематики атмосфер горячих звезд спектральных классов О-В-А различных типов светимости;
- 2) изучение химического состава атмосфер горячих звезд (определение содержания элементов, линии которых расположены в ультрафиолетовой области спектра);
- 3) исследование химического состава атмосфер горячих химически-пекулярных звезд.

В соответствии с указанными задачами на рис. 47 представлены наиболее характерные спектры. На этих рисунках спектры звезд расположены в порядке от ранних спектральных классов к более поздним.

## 2.6. Исследование звездных систем

В программу наблюдений АС «Астрон» были включены различные звездные системы: галактики и шаровые скопления. Исследовались нормальные галактики разных морфологических типов — спиральные, эллиптические, иррегулярные — и объекты разного уровня активности — квазар, галактики Маркаряна и Сейферта. В протяженных объектах наблюдались структурные детали: центральные области, звездные ассоциации, известный выброс из ядра радиогалактики Дева-А. В 34 сеансах — их список приведен в таблице 10 — зарегистрировано ультрафиолетовое излучение 27 звездных систем, дважды наблюдались две галактики типа Е7 — NGC 1023 и NGC 4251 — и шесть раз — радиогалактика Дева-А. На выбор конкретных объектов

программы наблюдений на «Астроне» повлияли ограничения системы гидирования, которые описаны выше в связи с отбором подходящих вспыхивающих звезд (см. п. 2.5.6).

Т а б л и ц а 10

Наблюдения звездных систем на астрофизической станции «Астрон»

Объект	Тип объекта	Координаты (1975)		Дата наблю- дения	Диаф- рагма
		RA	DEC		
NGC 206	ОВ-ассоциация в M31	0°39.2 <sup>III</sup>	+40°35'	18/12/84	Ф
NGC 224-M31	Галактика типа SBI-II	0 41.4	+41 08	17/12/83	Ф
NGC 598-M33	Галактика типа SCII-III	1 32.4	+30 31	2/09/85	Ф
MRK 573	Галактика типа SY2	1 42.7	+02 13	10/01/84	Ф
0219+428	Квazar	2 21.1	+42 55	28/08/83	О
NGC 1023	Пекулярная галактика E7	2 38.8	+38 57	29/08/83	О
NGC 1023	Пекулярная галактика E7	2 38.8	+38 57	18/09/84	Ф
NGC 1569	Пекулярная галактика IRR	4 28.5	+64 47	25/02/87	Ф
NGC 2415	Пекулярная галактика APO	7 35.3	+35 17	9/04/85	Ф
NGC 2841	Галактика типа SBI	9 20.3	+51 04	13/10/84	Ф
NGC 3377	Пекулярная галактика E5	10 46.4	+14 07	9/11/83	О
NGC 3414	Галактика типа LPSB или E	10 49.9	+28 06	23/06/83	Ф
NGC 3448	Галактика типа IO SNT	10 53.1	+54 26	3/10/83	О
NGC 3593	Галактика типа SBIII	11 13.3	+12 57	22/06/83	Ф
NGC 3593	Галактика типа SBIII	11 13.3	+12 57	24/04/84	Ф
NGC 3664	Галактика типа SBIV-V	11 23.1	+03 23	3/06/83	Ф
NGC 4251	Галактика типа E7	12 16.9	+28 18	30/05/83	Ф
NGC 4251	Галактика типа E7	12 16.9	+28 18	31/05/83	Ф
MRK 205	Галактика типа SY1	12 20.6	+75 26	29/02/84	Ф
NGC 4486 JET	Выброс из ядра галактики	12 29.5	+12 31	7/07/83	О
NGC 4486-M87	Радиогалактика Дева-A	12 29.6	+12 31	25/05/83	Ф
NGC 4486-M87	Радиогалактика Дева-A	12 29.6	+12 31	26/05/83	Ф
NGC 4486-M87	Радиогалактика Дева-A	12 29.6	+12 31	27/05/83	Ф
NGC 4486-M87	Радиогалактика Дева-A	12 29.6	+12 31	30/05/86	Ф
NGC 4486-M87	Радиогалактика Дева-A	12 29.6	+12 31	3/06/86	Ф
NGC 4608	Галактика типа SBA	12 40.0	+10 17	8/06/83	Ф
NGC 4689	Галактика типа SBII	12 46.5	+13 54	23/05/83	Ф
NGC 5194	Галактика типа SC	13 28.8	+47 19	1/08/84	Ф
NGC 5195	Пекулярная галактика	13 28.9	+47 32	18/07/84	Ф
NGC 5236	Область III в M83	13 35.5	-29 43	8/06/84	Ф
NGC 5236-M83	Галактика типа SC	13 35.7	-29 44	14/07/83	Ф
MRK 800	Галактика Маркаряна	14 00.8	+10 02	27/06/83	Ф
NGC 6397	Шаровое скопление	17 38.8	-53 39	4/10/86	Ф
NGC 7078-M15	Шаровое скопление	21 28.8	+12 03	26/11/86	Ф

**2.6.1. Распределение энергии в спектрах звездных систем.** Основная задача наблюдений звездных систем на АС «Астрон» состояла в определении распределения энергии в ультрафиолетовой области спектра, поэтому все наблюдения проводились с широкой выходной щелью спектрометра. В шести сеансах исследования велись через офсетную диафрагму, которая вырезала на небе площадку размером в  $96\text{п}''$ , в остальных сеансах использовалась фоновая диафрагма, которая вырезала площадку в  $3500\text{п}''$  ( $0,96\text{п}'$ ). Измеренные участки звездных систем отмечены на прилагаемых фотографиях (рис. 48) кружками, хотя проекции входных диафрагм спектрометра на небесную сферу имели вид эллипсов. В двух из шести сеансов наблюдений радиогалактики Дева-А и частично в сеансе наблюдений галактики NGC 224 в Андромеде исследования велись в режиме сканирования, в других случаях — в режиме многоцветной фотометрии, т.е. в нескольких фиксированных положениях сканера; как правило, при многоцветной фотометрии положение каретки после ее установки регистрировалось, как и при сканировании спектра, с точностью до  $0,45 \text{ \AA}$ . При сканировании спектров считывание данных проводилось каждые  $0,61 \text{ с}$ , при многоцветной фотометрии —  $14,66 \text{ с}$ , но полные экспозиции в выбранной длине волны составляли от 2 до 30 мин.

Наблюдения, выполненные в режиме сканирования, обработаны с помощью машинной программы «Рас» (см. разд. 2.4); данные, полученные в ходе многоцветной фотометрии, обработаны вручную с использованием ряда промежуточных машинных расчетов, которые входят в общий алгоритм программы «Рас». Процедура такой ручной обработки включала следующие операции для каждого рассматриваемого спектрального интервала:

- определение длин волн;
- определение среднего значения наблюдаемого сигнала;
- определение темнового тока или нуля-пункта в момент наблюдения объекта;
- учет рассеянного света в спектрометре;
- учет зодиакального света;
- калибровка измерений в абсолютных единицах.

Определение среднего значения наблюдаемого сигнала в каждом спектральном участке проводилось с отбраковкой выбросов: из совокупности всех отсчетов устранялись те из них, которые отличались от среднего значения совокупности более чем на заданное число среднеквадратичных отклонений от этого среднего; использовался критерий  $3\sigma$ , и после одной-двух таких последовательных процедур отбраковка сходилась; окончательная величина среднеквадратичного отклонения оказывалась достаточно близкой к пуассоновскому значению.

При наблюдениях слабых объектов темновой ток в каждом канале измерялся в течение сеанса через каждые 20–30 мин. Дополнительная паразитная засветка (см. п. 2.3.5) оценивалась один-два раза за сеанс.

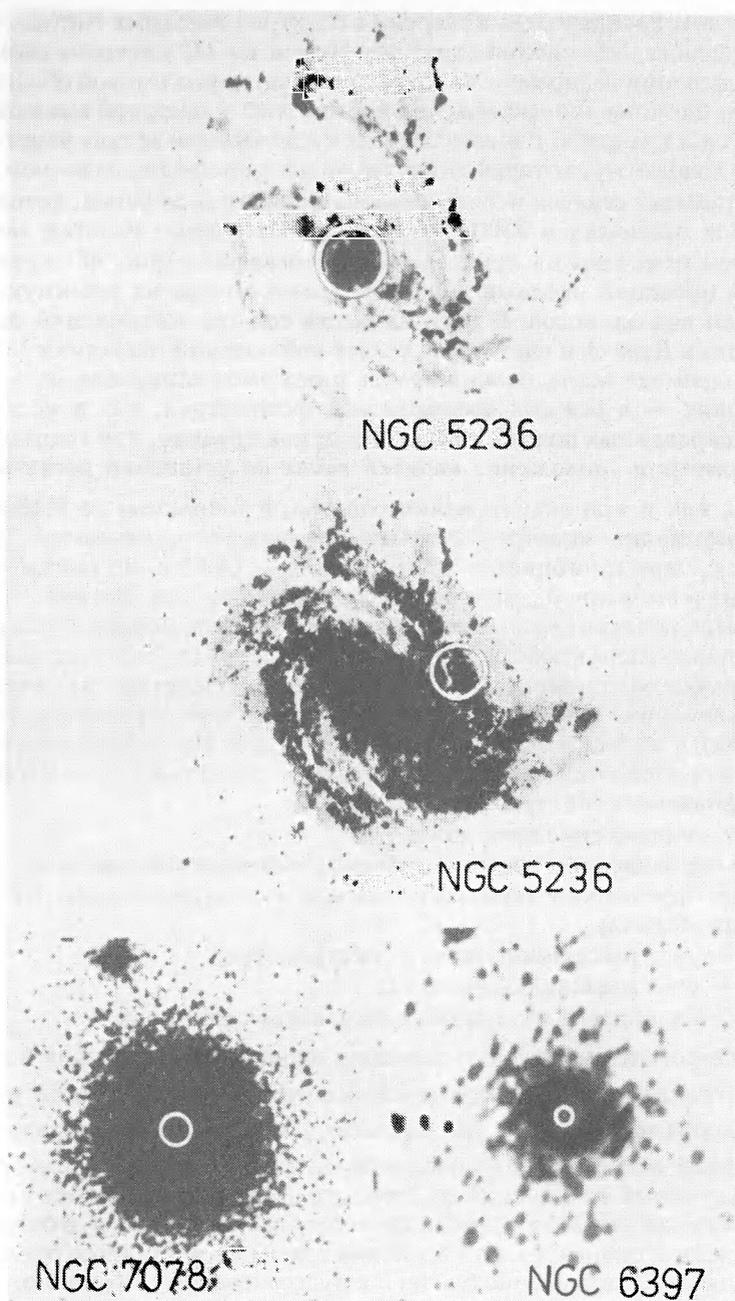


Рис. 48.1. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10: *O*—офсетная, *Ф*—фоновая

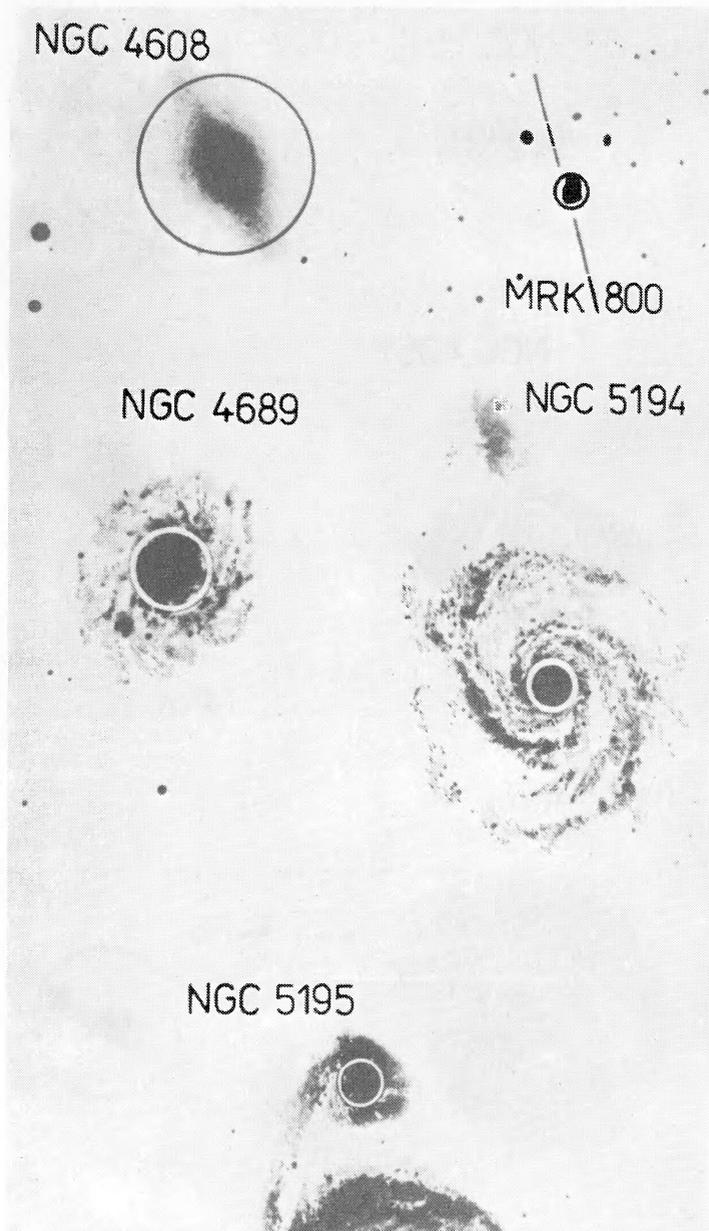


Рис. 48.2. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10: *O*—офсетная, *Ф*—фоновая

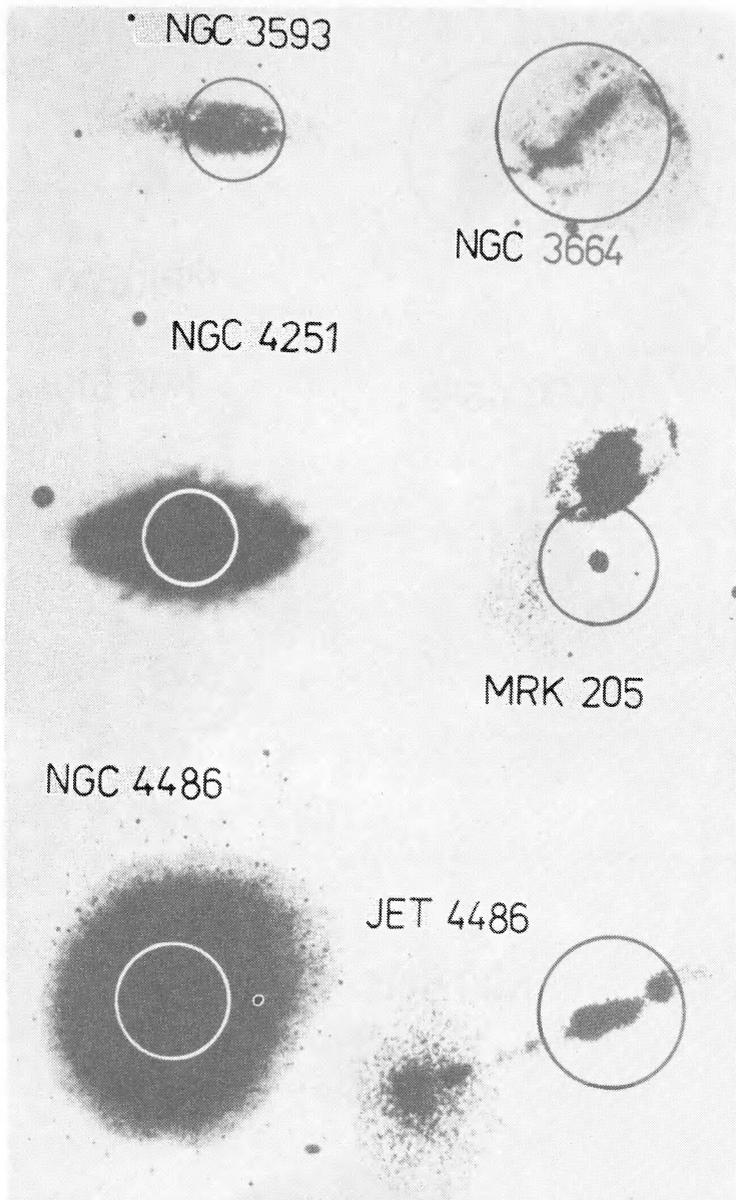


Рис. 48.3. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10:  $O$ —офсетная,  $\Phi$ —фоновая

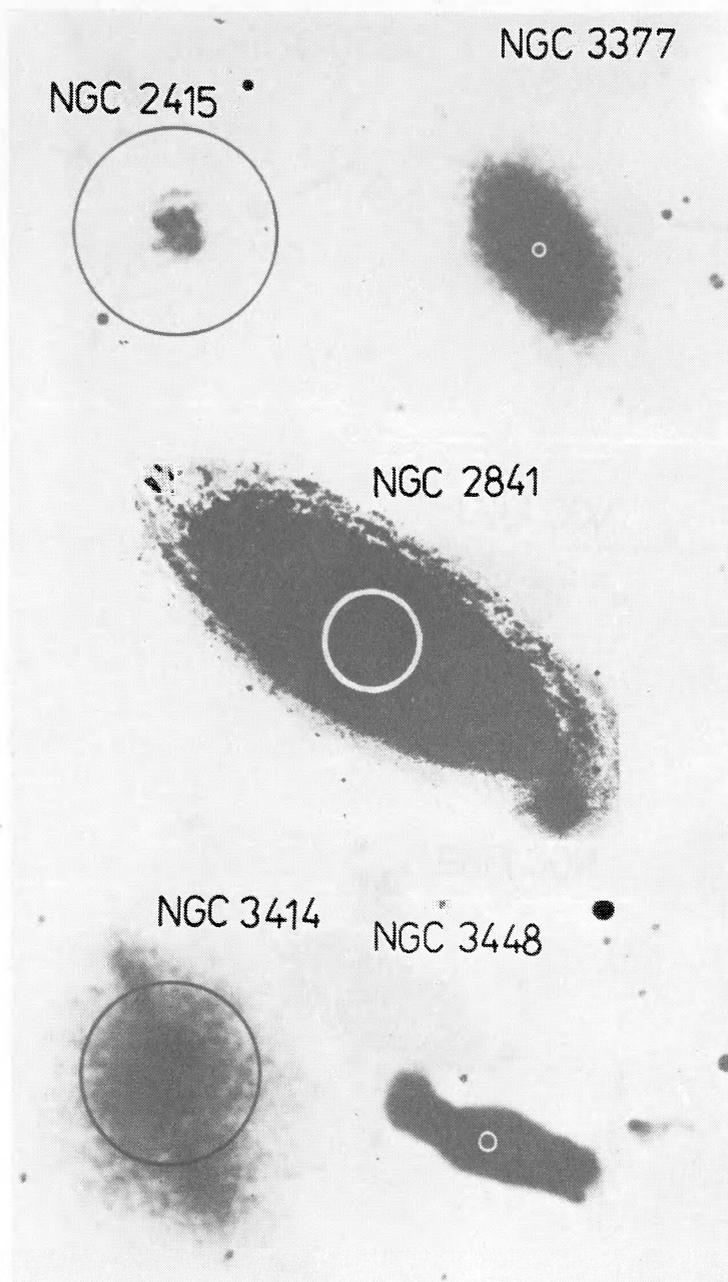


Рис. 48.4. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10: *O*—офсетная, *Ф*—фоновая

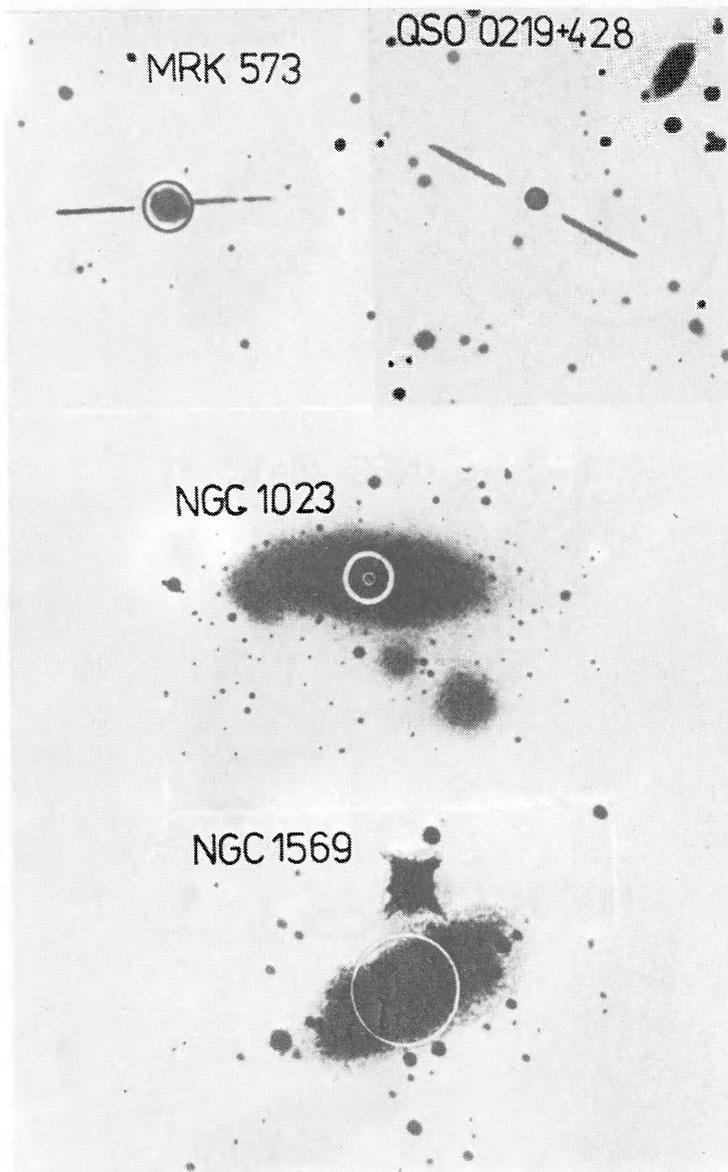


Рис. 48.5. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10: *O*—офсетная, *Φ*—фоновая

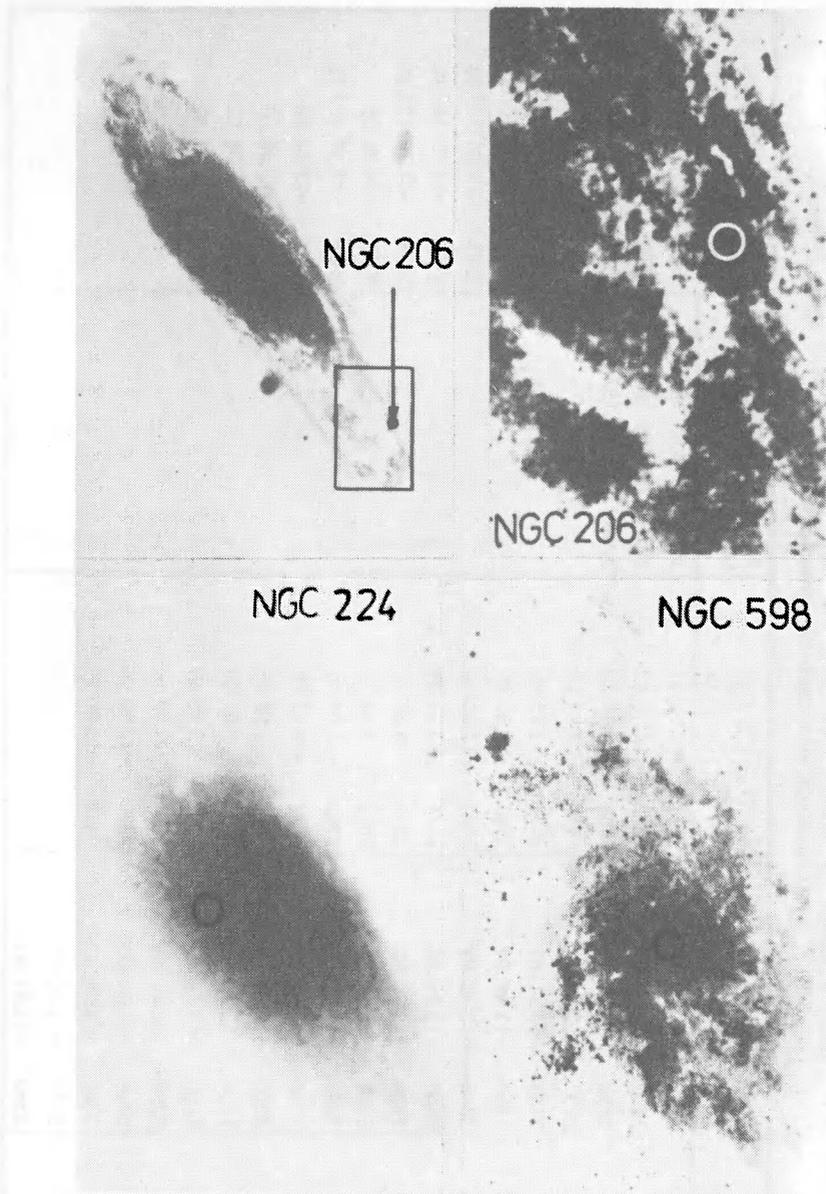


Рис .48.6. Фотографии наблюдаемых звездных систем. Размеры диафрагмы изображены в виде колец и соответствуют данным столбца «диафрагма» табл. 10: *O*—офсетная, *Ф*—фоновая

Логарифмы спектральной плотности потоков излучения в единицах  $\text{эрг}/(\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{Å})$ , полученные при сканировании спектров и узкополосной многоцветной фотометрии

Длина волны	Галактика NGC 224 17.12.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 224 17.12.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 598 2.09.85 Ф	Длина волны	Галактика NGC 1023 29.08.83 О	Длина волны	Галактика NGC 1023 18.09.84 Ф
2489	-13.29.10/.12	2600	-13.52.21	1722	-12.74.03	2861	-14.94.20/.25	1551	-13.78.47/.50
2796	-13.75.05	2640	-13.37.07	1872	-12.80.02	2986	-14.89.20/.25	1628	-13.94.40/.50
3094	-13.21.03	2680	-13.44.08	1904	-12.89.02	3360	-14.49.10/.12	1829	-14.12.30/.40
3392	-12.91.02	2720	-13.50.07	1970	-12.89.02			1908	-14.28.25/.30
3400	-12.92.02	2760	-13.51.09	2032	-12.93.02			2088	-14.34.20/.25
3440	-12.89.02	2800	-13.69.09	2301	-13.03.02			2220	-14.27.20/.25
		2840	-13.45.09	2411	-13.02.01			2333	-14.96.30/.40
		2880	-13.32.05	2456	-13.04.01			2516	-14.75.14/.20
		2920	-13.22.05	2516	-13.02.01			2519	-14.20.17/.25
		2960	-13.26.04	2613	-13.02.01			2723	-14.00.08
		3000	-13.24.05	2766	-13.04.01			2802	-14.35.10/.13
		3040	-13.21.03	2801	-13.13.01			2985	-13.84.03
		3080	-13.24.04	2866	-13.05.01			3117	-13.63.02
		3120	-13.12.03	2928	-13.01.01			3230	-13.53.02
		3160	-13.13.03	3198	-13.00.01			3414	-13.37.02
		3200	-13.10.03	3308	-12.99.01				
		3240	-13.01.02	3350	-12.99.01				
		3280	-12.96.03	3410	-13.01.01				
		3320	-12.90.02						
		3360	-12.97.03						

Длина волны	Галактика NGC 206 18.12.84 Ф	Длина волны	Квазар 0219+428 28.08.83 O	Длина волны	Галактика MRK 573 10.01.84 Ф	Длина волны	Галактика NGC 1569 25.02.87 Ф	Длина волны	Галактика NGC 2415 2.04.85 Ф
1598	-12.91.10/.15	2796	-15.19.60/.99	1941	-14.41.30/.80	2645	-13.84.11	1547	-13.55.25/.50
1909	-13.54.08/.12	3152	-15.00.30/.50	2006	-14.61.30/.80	2807	-13.91.07	1592	-13.58.25/.35
1949	-13.57.08/.12	3396	-14.62.20/.30	2238	-14.65.30/.80	2986	-13.80.05	1914	-13.47.09/.15
2167	-13.75.07	3516	-14.86.30/.50	2498	-14.55.17/.30	3182	-13.76.04	1953	-13.41.10
2428	-13.61.02			2600	-14.91.30/.50	3318	-13.75.04	2300	-13.47.06
2486	-13.62.12/.15			2835	-14.27.10			2408	-13.60.03
2804	-13.77.03			2902	-14.25.07			2452	-13.53.03
2844	-13.69.02			3134	-14.13.03			2533	-13.55.03
3065	-13.66.02			3390	-13.85.02			2809	-13.50.05
3322	-13.60.02							2849	-13.56.03
								3197	-13.45.02
								3304	-13.48.02
								3347	-13.46.02
								3427	-13.50.02

Длина волны	Галактика NGC 2841 13.10.84 Ф	Длина волны	Галактика NGC 3377 09.11.83 O	Длина волны	Галактика NGC 3414 23.06.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 3448 3.10.83 O	Длина волны	Галактика NGC 3593 22.06.83 Ф
1603	-13.34.18/.30	2767	-14.49.15/.16	1910	-14.85.60/.99	2697	-15.25.40/.99	1860	-14.18.34/.99
1788	-13.54.14/.18	2828	-14.63.18/.24	2195	-14.80.40/.99	2733	-14.87.35/.99	1910	-13.82.16/.20
1914	-13.61.12/.15	2928	-14.60.16/.21	2496	-15.65.80/.99	3031	-14.57.13/.20	2099	-14.30.24/.80
1970	-13.92.15/.18	3039	-14.38.10	2591	-14.80.43/.60	3194	-14.54.12/.17	2502	-14.19.10/.13

Длина волны	Галактика NGC 2841 13.10.84 Ф	Длина волны	Галактика NGC 3377 09.11.83 О	Длина волны	Галактика NGC 3414 23.06.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 3448 3.10.83 О	Длина волны	Галактика NGC 3593 22.06.83 Ф
2140	-14.01.10/.12	3290	-14.21.10	2804	-15.45.60/.99	3396	-14.74.20/.26	2754	-14.13.09/.12
2304	-14.40.30/.50	3474	-14.22.12	3092	-14.15.06			2805	-14.23.09/.12
2410	-13.94.08		Галактика NGC 2841 13.10.84 Ф	3391	-14.04.05			2996	-13.96.04
2490	-13.95.25/.30							3396	-13.69.02
2681	-13.85.05	3037	-13.60.02						
2809	-14.00.04	3201	-13.45.02						
2865	-13.72.03	3306	-13.27.02						

Длина волны	Галактика NGC 3593 24.04.84 Ф	Длина волны	Галактика NGC 3664 03.06.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4251 30.05.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4251 31.05.83 Ф	Длина волны	Галактика MRK 205 29.02.84 Ф
1756	-14.67.84/.99	1697	-13.44.20/.25	1697	-13.59.45/.90	1698	-13.48.17/.30	1652	-13.39.17/.30
1921	-14.38.40/.99	1828	-13.56.10	1825	-14.14.30/.45	1852	-13.88.21/.39	1789	-14.50.30/.99
2056	-14.37.30/.99	1900	-13.62.12/.15	1899	-13.97.21/.30	2131	-14.24.21/.39	1903	-13.68.14/.20
2205	-14.06.12/.18	2251	-13.82.04	2249	-14.30.14/.20	2150	-14.52.34/.99	2306	-14.12.12/.15
2402	-14.20.11/.15	2496	-13.76.03	2501	-14.38.12/.18	2470	-14.50.17/.25	2452	-14.03.10
2544	-14.28.26/.78	2588	-13.93.04	2584	-14.26.18/.30	2588	-14.59.30/.99	2542	-14.16.09/.12
2648	-14.16.10/.15	2721	-13.93.03	2718	-14.00.07	2746	-14.30.11/.15	2681	-14.09.10
2816	-14.05.06	2794	-13.95.03	2794	-14.01.07	3028	-13.92.04	2798	-14.07.07
2953	-13.90.03	3148	-13.89.02	3146	-13.61.03	3048	-13.95.04	3203	-14.08.06
3102	-13.88.03	3391	-13.90.02	3396	-13.46.02	3365	-13.62.02	3348	-14.04.06
3298	-13.72.02							3438	-13.90.06

Длина волны	Галактика NGC 4486 25.05.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4486 26.05.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4486 27.05.83 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4486 30.05.86 Ф	Длина волны	Галактика NGC 4486 3.06.86 Ф
1697	-14.25.44/.99	1700	-13.70.20	1710	-13.71.25	2600	-13.78.19	2560	-13.81.24
1829	-14.06.19/.35	1830	-13.72.15	1870	-13.92.15	2640	-13.61.12/.13	2600	-13.72.12
1907	-13.91.12/.16	1910	-13.67.15	2260	-14.09.15	2680	-13.63.01	2640	-13.62.10
2252	-13.93.06	2500	-13.86.06	2500	-14.13.10	2720	-13.60.08	2680	-13.73.14
2500	-14.01.06	2590	-13.88.06	2600	-14.03.10	2760	-13.68.08	2720	-13.67.09
2587	-13.85.04	2720	-13.85.05	2765	-13.90.06	2800	-13.78.06	2760	-13.74.08
2721	-13.80.03	2750	-13.82.10	3150	-13.56.04	2840	-13.68.07/.33	2800	-13.77.11
2801	-13.87.03	2800	-13.97.05	3400	-13.44.04	2880	-13.67.01	2840	-13.75.08
3149	-13.52.01	3150	-13.53.04			2920	-13.49.01	2880	-13.66.05
3395	-13.40.01	3400	-13.41.03			2960	-13.52.02	2920	-13.54.03
Длина волны	Галактика NGC 4486 JET 07.07.83 O	Длина волны	Галактика NGC 4608 8.06.83 Ф	Длина волны:	Галактика NGC 4689 23.05.83 Ф			3000	-13.45.02
2681	-14.80.30/.99	1697	-14.08.40/.52	1697	-14.07.47/.99	3120	-13.33.03	3080	-13.43.04
2771	-15.00.32/.99	1829	-14.12.32/.40	1828	-14.34.47/.99	3160	-13.31.01	3120	-13.38.04
2861	-14.63.15/.23	1906	-14.12.24/.32	1907	-13.88.17/.31	3200	-13.32.08	3160	-13.34.03
2987	-14.53.12/.18	2261	-14.88.38/.12	2252	-14.08.12/.17	3240	-13.29.11	3200	-13.30.03
3105	-14.43.09/.12	2499	-14.60.20/.25	2500	-13.96.08	3280	-13.21.07/.14	3240	-13.30.03
		2589	-14.40.24/.30	2587	-13.91.11	3320	-13.21.15	3280	-13.24.03
		2722	-14.30.12/.14	2721	-13.89.08	3360	-13.15.06/.13	3320	-13.20.03
		2801	-14.34.12/.14	2801	-13.93.05	3400	-13.18.10	3360	-13.22.02
		3158	-13.94.04	3149	-13.83.02	3440	-13.04.06/.29	3400	-13.21.03
		3394	-13.78.02	3395	-13.77.02			3440	-13.22.02

Дли- на волны	Галактика NGC 5194 1.08.84 Ф	Дли- на волны	Галактика NGC 5195 18.07.84 Ф	Дли- на волны	Галактика NGC 5236-НП 8.06.84 Ф	Дли- на волны	Галактика NGC 5236 14.07.83 Ф	Дли- на волны	Галактика MRK 800 27.06.83 Ф	Дли- на волны	Шаровые ск. NGC 6397 4.10.86 Ф
1570	-12.95.12/.18	1570	-13.29.18/.30	1729	-13.14.08/.15	1790	-13.72.30	1719	-14.30.30/.99	1547	-13.02.11/.15
1653	-13.02.08/.12	1653	-13.87.30/.40	1846	-13.27.08	1879	-13.73.30	1808	-14.50.30/.99	1578	-12.61.05
1770	-13.12.10	1769	-13.77.20/.25	1922	-13.30.07	1969	-13.92.30	1907	-13.96.20/.40	1749	-12.95.05
1919	-13.17.05	2086	-14.00.14/.20	2327	-13.36.03	2092	-13.98.30	2022	-14.11.20/.40	2047	-13.16.04
2088	-13.16.03	2258	-14.11.11/.15	2395	-13.43.03	2209	-14.10.30	2139	-14.65.40/.99	2192	-13.20.02
2260	-13.17.03	2389	-14.19.10	2451	-13.37.02	2327	-14.00.30	2266	-14.38.20/.40	2435	-13.40.40/.60
2384	-13.22.02	2512	-14.23.10	2620	-13.30.02	2464	-14.22.30	2386	-14.37.16/.27	2464	-13.00.10
2456	-13.03.08/.15	2661	-14.13.10	2739	-13.34.02	2681	-14.16.30	2610	-14.43.22/.41	2640	-12.94.04
2507	-13.11.01	2983	-13.83.08	2817	-13.42.02	2772	-14.00.22	2700	-14.26.11/.12	2944	-12.84.01
2542	-13.09.02	3155	-13.66.03	3224	-13.32.01	2863	-14.05.20	2802	-14.29.10/.12	3089	-12.77.01
2662	-13.05.01	3285	-13.56.03	3291	-13.32.01	2988	-13.82.15	2919	-14.37.10/.12	Длина волны	Шаровые скоп. NGC 7078 26.11.86 Ф
2813	-13.17.01	3407	-13.54.02	3346	-13.33.01	3106	-13.80.11	3037	-14.25.08	Длина волны	
2985	-13.05.01					3224	-13.74.10	3164	-14.13.05	1482	-12.19.04
3157	-13.02.01					3361	-13.59.05	3282	-13.91.03	1594	-12.51.04
3280	-12.97.01									1743	-12.55.04
3401	-12.96.01									1895	-12.44.02
										2191	-12.64.01
										2354	-12.61.01
										2482	-12.49.03
										2635	-12.41.01
										2789	-12.49.01
										3089	-12.30.01
										3250	-12.23.01

Примечания. Спектральное разрешение при наблюдениях в фоновой (Ф) и офсетной (О) диафрагмах составляет около 31 Å. Для определения потока в эмиссионной линии приводимые в таблице спектральные плотности потоков следует уменьшить на плотности потоков прилежащего континуума и полученные разности умножить на 28 Å.

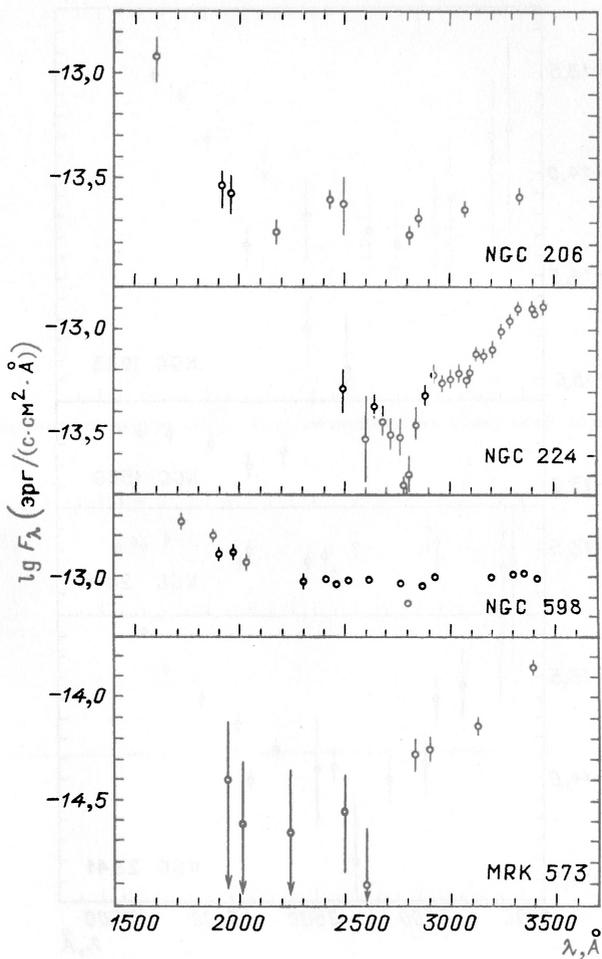


Рис. 49.1. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

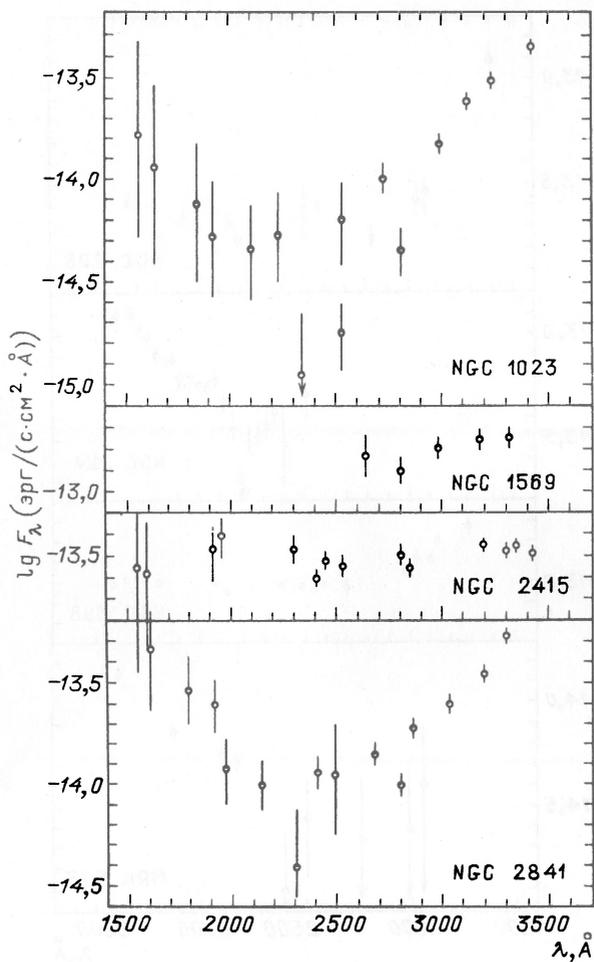


Рис. 49.2. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

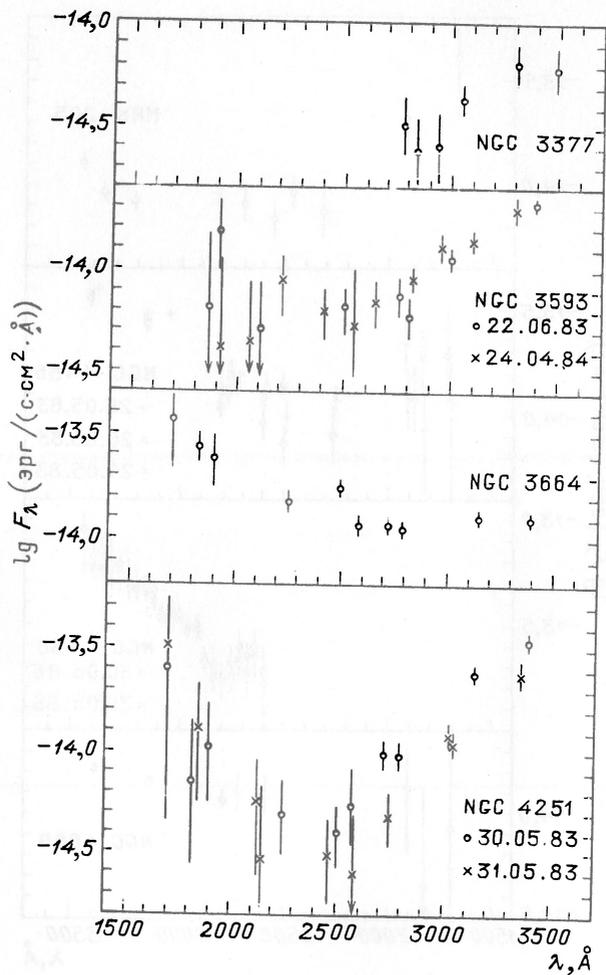


Рис. 49.3. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

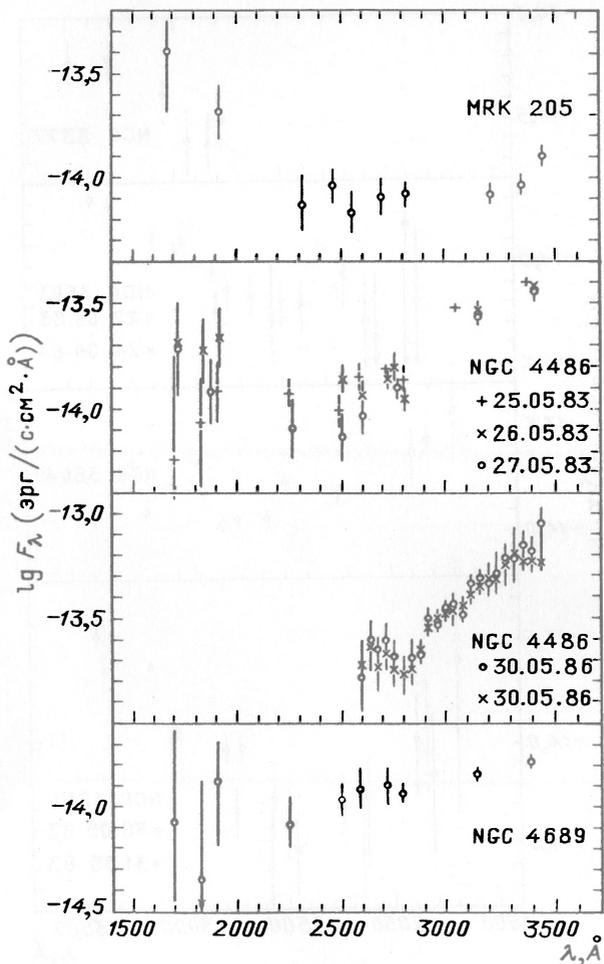


Рис. 49.4. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

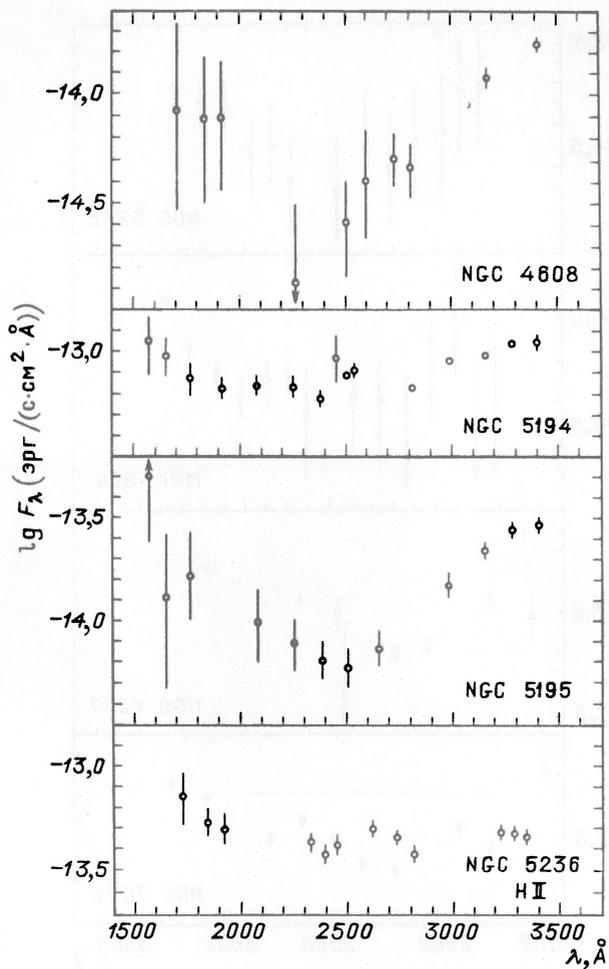


Рис. 49.5. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

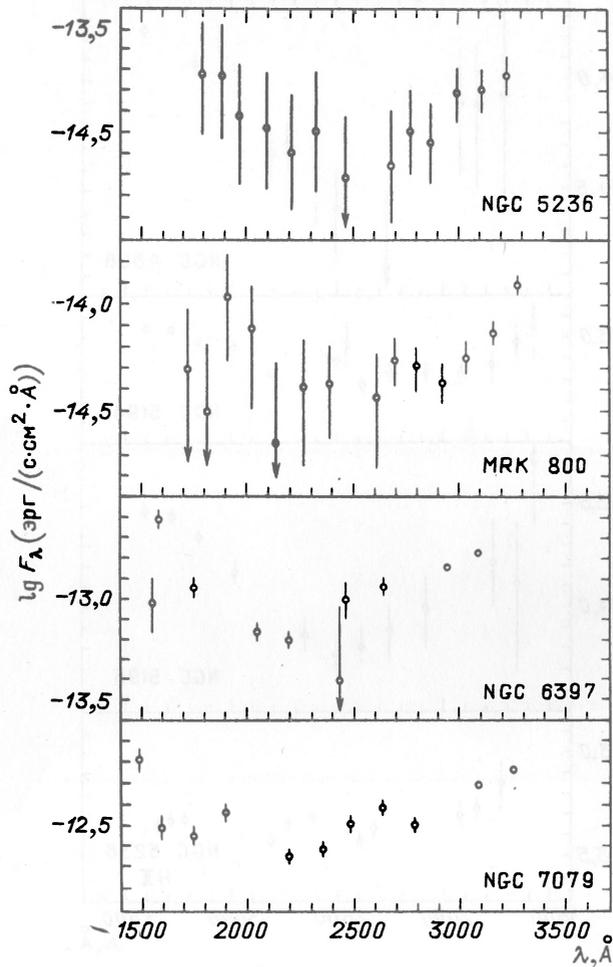


Рис. 49.6. Абсолютные значения потоков излучения галактик в полосах шириной  $28 \text{ \AA}$  и в интервале длин волн  $1600\text{--}3500 \text{ \AA}$ . Длина вертикальных линий соответствует  $2\sigma$

Затем с учетом величин этой засветки и темнового тока определялся нуль-пункт. Для вычисления полезного сигнала значение нуль-пункта интерполировалось на момент наблюдений в каждом спектральном участке.

Учет рассеянного света и калибровка измерений в абсолютных единицах проводились по описанным выше алгоритмам, использовались калибровочные кривые, представленные на рис. 21. Вклад зодиакального света учитывался согласно [42, 43].

Достигнутая точность измерений ограничивается ошибками определения уровня нуль-пункта и измеряемого сигнала.

Вклад возможных ошибок в оценке рассеянного света в спектрометре и зодиакального света оказался невелик.

Полученные результаты представлены в табл. 11 и на сопутствующих графиках на рис. 49. Как и при наблюдениях слабых звезд, в некоторых случаях вероятные ошибки разных знаков величин  $\lg F_\lambda$  не совпадают по абсолютному значению.

2.6.2. Абсорбционные и эмиссионные детали в ультрафиолетовых спектрах галактик. Как уже упоминалось, измерения потоков излучения от звездных систем проводились на АС «Астрон» в широких полосах в области от  $\lambda$  1600 до  $\lambda$  3400 Å. Положение каретки было известно с точностью до 0,45 Å, и когда в 1-м канале УФС регистрировалось излучение около  $\lambda$  2800 Å, то во 2-м канале — около  $\lambda$  1900 Å. Для галактик, где  $Z = 0$ , первая длина волны совпадает с положением линии ионизованного магния и близка к резонансной линии нейтрального магния, вторая весьма близка к эмиссионной линии CIII ] 1909 Å. Абсорбция  $\lambda$  2800 Å четко наблюдается в спектрах почти всех галактик, тогда как эмиссия CIII ] 1909 Å регистрируется неуверенно. Кроме этих двух деталей в ультрафиолетовых спектрах некоторых галактик видна сильная полоса поглощения  $\lambda$  2300 Å. Для примера на рис. 50 показан ультрафиолетовый спектр галактики NGC 2841, на котором все три детали отмечены стрелками. Интенсивность каждой детали можно характеризовать индексом, представляющим собой разность логарифмов спектральной плотности излучения в центре рассматриваемой детали и в прилежащем континууме.

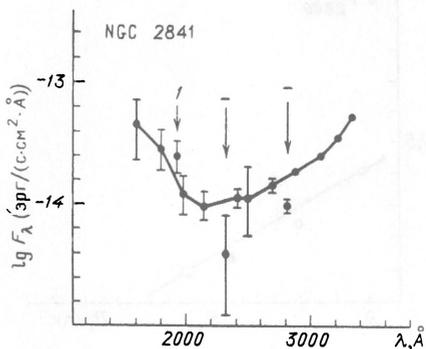


Рис. 50. Ультрафиолетовый спектр NGC 2841, стрелками отмечены абсорбционные полосы  $\lambda$  2800 Å,  $\lambda$  2300 Å и эмиссия CIII ] 1909 Å

Полоса поглощения  $\lambda 2800 \text{ \AA}$  наблюдается в спектрах отдельных звезд спектральных классов от В до М. При сравнительно низком спектральном разрешении наших наблюдений эта полоса образуется в результате переналожения сильных абсорбционных линий нейтрального ( $\lambda 2852 \text{ \AA}$ ) и ионизованного ( $\lambda 2796\text{--}2803 \text{ \AA}$ ) магния, возникающих в атмосферах звезд и в межзвездной среде. Интенсивность поло-

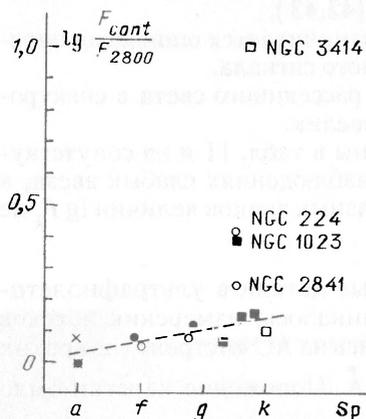


Рис. 51. Зависимость интенсивности полосы  $\lambda 2800 \text{ \AA}$  от спектрального типа галактики. Здесь и далее морфологические типы галактик обозначены разными значками: Е—черные квадраты, Sa—светлые квадраты, Sb—светлые кружки, Sc—черные кружки, Iгг—крестики

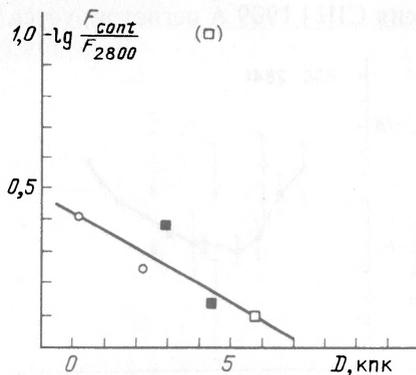


Рис. 52. Зависимость интенсивности полосы поглощения  $\lambda 2800 \text{ \AA}$  от линейного размера центральной области галактики. Обозначения как на рис. 51

сы  $\lambda 2800 \text{ \AA}$  коррелирует со спектральным типом галактики, по крайней мере галактик ранних и средних спектральных типов (см. рис. 51). Эта корреляция отражает зависимость интенсивности резонансного дублета ионизованного магния от спектрального класса звезды: чем позднее спектральный класс звезды, тем больше эквивалентная ширина линий Mg II. Из 17 рассмотренных нами галактик NGC 224, NGC 1023 и NGC 3414 имеют аномально высокую интенсивность поло-

сы  $\lambda 2800 \text{ \AA}$ : в их спектрах эта полоса в несколько раз интенсивней, чем в других галактиках того же спектрального типа. Все эти галактики имеют поздний спектральный класс К [44]. Возможно, эта аномалия связана с повышенным содержанием металлов. Как показали Ковли и др. [45], интенсивность линии  $\lambda 5150 \text{ \AA}$  Mg II в видимой области спектра коррелирует с содержанием железа и монотонно растет с ростом абсолютной величины галактики.

Для галактик спектрального типа К заподозрена обратная зависимость интенсивности полосы  $\lambda 2800 \text{ \AA}$  от линейного размера центральной области галактики, к которой относится полученный спектр (см. рис. 52). Такую зависимость можно объяснить ростом металличности звезд либо смещением их среднего спектра

ко все более поздним классам по мере приближения к центру галактики.

Полоса поглощения  $\lambda 2300 \text{ \AA}$  включает область максимума межзвездного поглощения около  $\lambda 2175 \text{ \AA}$ , но нет уверенности, что она обусловлена именно этим поглощением. На рис. 53 сопоставлены спектры трех галактик NGC 2841, NGC 1023 и NGC 4608 со спектрами звезды  $\alpha \text{ Car F0 Ib-II}$  [46] нормального химсостава [47] и диффузной туманности NGC 6618 (Омега) [48]. Для звезды  $\alpha \text{ Car}$  межзвездное поглощение предельно мало, а для туманности NGC 6618 оно очень велико. В спектре этой звезды, полученном с разрешением около  $100 \text{ \AA}$ , видны обе обсуждаемые абсорбционные полосы, но полоса  $\lambda 2300 \text{ \AA}$  отождествлена как бленда линий железа [46].

Поскольку в спектре звезды  $\alpha \text{ Car}$  и в спектрах галактик положение этой полосы совпадает, то мы считаем, что и природа их одинакова. Это подтверждает и рис. 53, который показывает, что в спектре диффузной туманности полоса межзвездного поглощения немного шире полосы в спектрах галактик.

Таким образом, абсорбционная полоса  $\lambda 2300 \text{ \AA}$  в спектрах галактик не связана с межзвездным поглощением и обусловлена, по видимому, многочисленными линиями поглощения ионов железа, никеля и других элементов в интервале длин волн от  $2388$  до  $2413 \text{ \AA}$  [46,50]. В спектре галактики M 33 эта полоса была отождествлена с линией  $\lambda 2390 \text{ \AA Fe II}$  [50].

Эмиссионная линия  $\text{CIII ] } 1909 \text{ \AA}$  возбуждается электронным ударом и светится в межзвездной среде, в ядрах галактик, в диффузных и планетарных туманностях, в оболочках звезд типа Т Тельца. Ионы CIII могут существовать лишь при наличии квантов с энергией более  $24,4 \text{ эВ}$ . Наибольшая вероятность излучения линии CIII ] имеет место у галактик поздних морфологических типов Sc и Irr, в которых много межзвездного газа и горячих звезд. Мы рассмотрели спектры всех галактик, наблюдавшихся на «Астроне» в условиях, когда середина выходной щели УФС соответствовала длине волны, отличной от  $\lambda 1909 \text{ \AA}$  (с учетом поправки за красное смещение галактики) не более

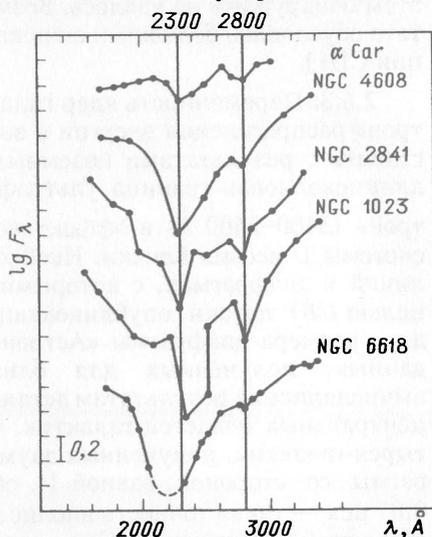


Рис. 53. Сопоставление ультрафиолетовых спектров галактик NGC 2841, NGC 1023 и NGC 4608 со спектрами  $\alpha \text{ Car}$  и диффузной туманности NGC 6618

чем на  $10 \text{ \AA}$ . Для этих галактик был вычислен индекс, характеризующий яркость галактики на длине волны этой линии по отношению к яркости в соседнем континууме, и такой индекс был сопоставлен с различными характеристиками галактик, но никакой корреляции при этом обнаружить не удалось. Возможно, этот отрицательный результат обусловлен большими ошибками определения интенсивности линии  $\text{C III } \lambda$ .

2.6.3. Переменность ядер галактик. Полученные на станции «Астрон» распределения энергии и значения потоков имело смысл сопоставить с результатами наземных фотоэлектрических наблюдений: длинноволновая граница ультрафиолетовых спектров станции «Астрон» ( $3400\text{--}3500 \text{ \AA}$ ) и эффективная длина волны фотометрической системы  $U$  весьма близки. Необходимо только аккуратный учет различий в диафрагмах, с которыми проводились наблюдения. С этой целью  $UBV$  потоки, опубликованные в литературе, пересчитывались для размера диафрагмы «Астроны» либо с помощью интерполяции данных, полученных для близких по величине диафрагм, либо вычислялись по результатам детальной фотометрии соответствующих центральных областей галактик. Сравнение таких величин для четырех галактик, полученных двумя способами для квадратной диафрагмы со стороной, равной  $1'$ , обнаружило расхождения не более  $0,07 \text{ dex}$  — такая точность вполне достаточна для последующих сопоставлений с данными УФС.

На рис. 54 и 55 представлено общее распределение энергии в спектрах 18 галактик в диапазоне от  $1700$  до  $5500 \text{ \AA}$ ; точками в кружках нанесены потоки для эффективных длин волн системы  $UBV$  —  $3600$ ,  $4430$  и  $5550 \text{ \AA}$ , звездочками — для эффективных длин волн системы Тиффта —  $3750$ ,  $4835$  и  $5945 \text{ \AA}$ , остальные данные — результаты ультрафиолетовых наблюдений на «Астроне».

На рис. 54 представлены спектры галактик, которые показали удовлетворительную стыковку ультрафиолетового и видимого участков в области  $\lambda 3500 \text{ \AA}$ . Пять верхних галактик имеют ранний морфологический тип  $E\text{--}Sa$ , для них характерен глубокий провал в области  $2500 \text{ \AA}$  и последующий резкий подъем в коротковолновую область спектра. Следующие пять галактик относятся к спиральным системам, в их спектрах депрессия в области  $\lambda 2500 \text{ \AA}$  менее выражена. В последнюю группу объектов вошли спиральная галактика позднего типа и две иррегулярные галактики, для них характерен плоский спектр — признак наличия в системе звезд ранних спектральных классов. Удовлетворительная стыковка ультрафиолетового и видимого участков спектра у всех этих галактик свидетельствует не только о примерном равенстве потоков в области  $3400\text{--}3600 \text{ \AA}$ , но и об одинаковом ходе распределения энергии в этих участках спектра. Рассогласование ультрафиолетовых и оптических участков спектра на рис. 54 не превышает  $0,1 \text{ dex}$ , и эта величина соответствует точности наших

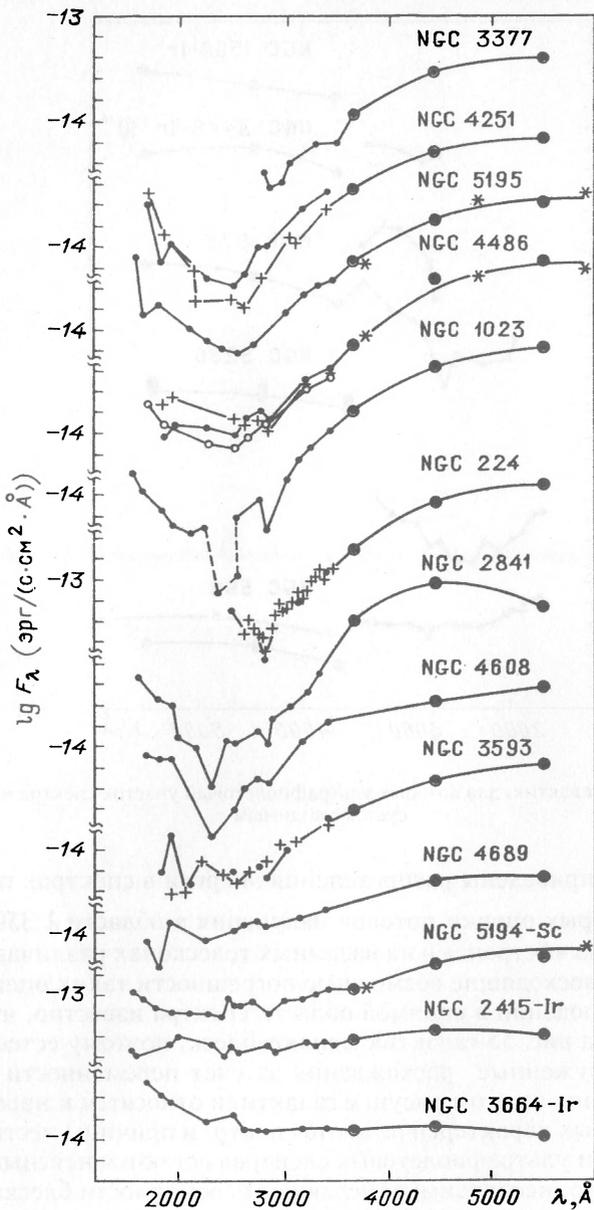


Рис. 54. Спектры галактик, в которых имеется удовлетворительная стыковка ультрафиолетового и видимого участков

измерений ультрафиолетовых потоков, определяемой по нескольким сеансам измерений одних и тех же галактик.

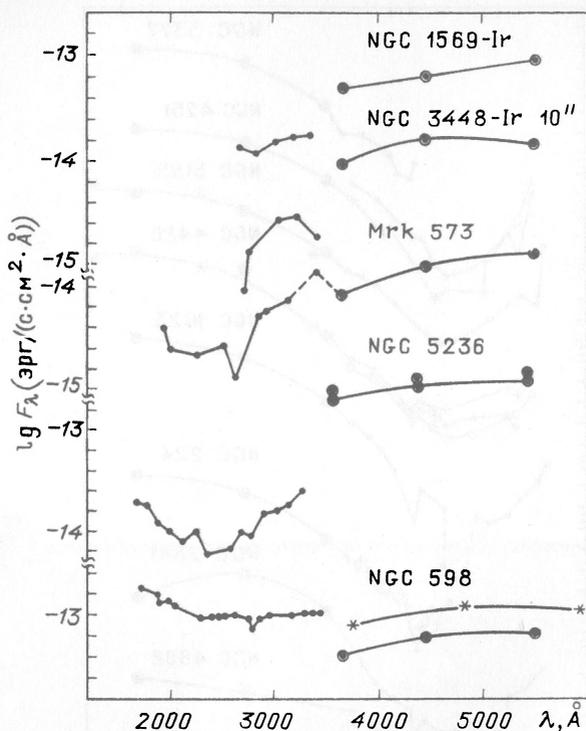


Рис. 55. Спектры галактик, для которых ультрафиолетовый участок спектра не согласуется с видимым

На рис. 55 приведены распределения энергии в спектрах пяти галактик, у которых оценки потоков излучения в области  $\lambda$  3500 Å по наблюдениям на «Астроне» и на наземных телескопах различаются на величины, превосходящие возможные погрешности таких оценок. Из наземных наблюдений в видимой области спектра известно, что ядра трех нижних на рис. 55 галактик меняют блеск, поэтому естественно отнести обнаруженные расхождения за счет переменности блеска ядер. Две верхние на этом рисунке галактики относятся к иррегулярным, для которых характерен плоский спектр, и причины нестыковки их оптических и ультрафиолетовых спектров остаются неясными.

Как известно, необходимым условием переменности блеска центральной части галактики является наличие в ней компактного звездобразного ядра. У всех трех нижних на рис. 55 галактик это условие выполняется: галактика Mrk 573 является сейфертовской типа II, а в близких спиральных системах NGC 5236 и NGC 598 четко различаются звездобразные ядра. Рассмотрим подробнее данные об этих системах, полученные на «Астроне» и в ходе наземных наблюдений.

*Mrk 573.* Представленное на рис. 55 распределение энергии в ультрафиолетовой области спектра получено на «Астроне» 10.01.84, дан-

ные, использованные для оптического диапазона длин волн, получены 25.09.81 [51]. Рассогласование потоков в области  $\lambda$  3500 Å на 0,3 dex не может быть обусловлено ошибками измерений, но и нельзя его объяснить вкладом эмиссионных линий в широкополосные оптические измерения. Последнее утверждение основано на оценке возможного влияния самой сильной в этой области эмиссионной линии [NeIII]  $\lambda$  3344 Å на широкополосные измерения: ни эта линия, ни тем более другие, более слабые эмиссии такого эффекта дать не могут.

Переменность ядра Mrk 573 была обнаружена С.И.Неизвестным [51], который длительное время наблюдал эту галактику в системе *UBV* с диафрагмами диаметром от 5 до 138". На рис. 56 представлены все выполненные на Земле наблюдения в полосе *U* и пересчитанные в

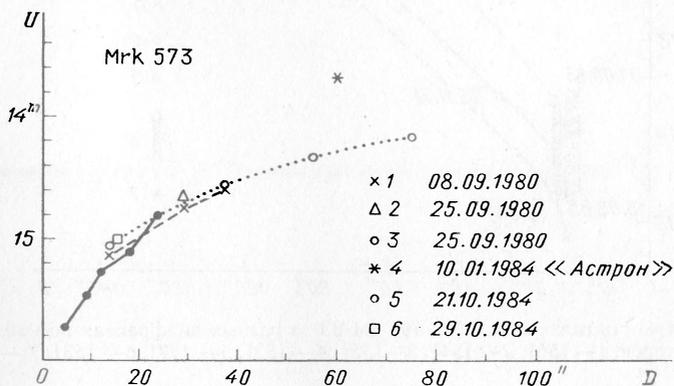


Рис. 56. Яркость галактики Mrk 573 в разных диафрагмах по данным С.И. Неизвестного [51] и наблюдениям на «Астроне»

звездные величины данные «Астрона». Наблюдения Mrk 573, произведенные 25.09.81 и 21.10.84, позволяют предполагать, что блеск ядра в эти даты был одинаков; тогда можно заключить, что в диафрагме размером 60" за девять месяцев яркость изменилась на 0,6<sup>m</sup>. Для Сейфертовской галактики типа II такое изменение вполне возможно: согласно [51] за девять дней в диафрагме 15" яркость галактики Mrk 573 в полосе *U* изменилась на 0,2<sup>m</sup>.

NGC 598 (M 33). Ультрафиолетовый спектр ядра этой галактики вместе с результатами наземной *UBV*-фотометрии представлен на рис. 55. Наблюдения на «Астроне» 02.09.85 показывают в области  $\lambda$  3400 Å самую высокую яркость, когда-либо наблюдавшуюся в областях 3600 и 3750 Å. Если наблюдения в полосе *U*, выполненные 23.11.71, проэкстраполировать на размер диафрагмы «Астрона» (см. рис. 56), то окажется, что в момент наблюдений на «Астроне» эта галактика была ярче примерно на 1<sup>m</sup> по сравнению с наблюдениями 1971 г.

На рис. 57 нанесены значения блеска М 33 в полосе  $U$ , полученные разными наблюдателями [52–55], а также в узких полосах 3750 Å [53], 3300 Å [57] и в  $\lambda$  3400 Å по наблюдениям на «Астроне». Из рисунка следует, что максимальная амплитуда изменения блеска в

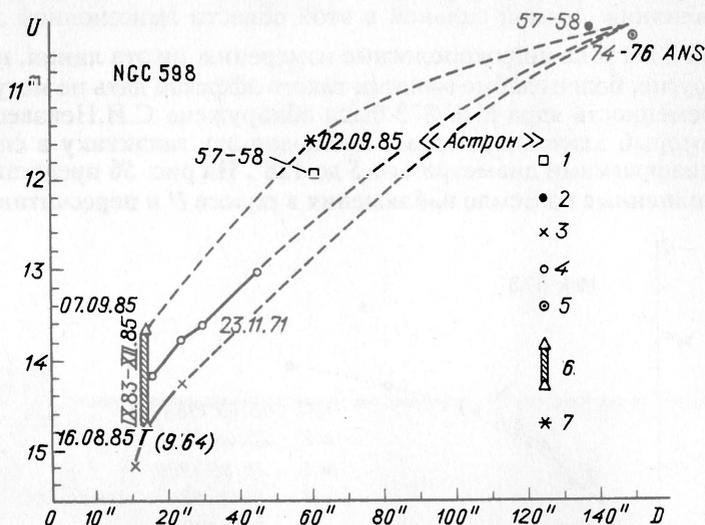


Рис. 57. Яркость галактики NGC 598 (M 33) в разных диафрагмах по наблюдениям разных авторов: 1 — [56], 2 — [54], 3 — [55], 4 — [52], 5 — [57], 6 — [53], 7 — «Астрон»

диафрагме 15" в 1983–1985 гг. составила 1<sup>m</sup> в полосе  $U$ . Согласно [53], блеск ядра с 1964 г. по 1985 г. постепенно возрос на 0,5<sup>m</sup>; вместе с тем наблюдались кратковременные ослабления блеска с последующим усилением его на 1<sup>m</sup>. Высокую яркость ядра NGC 598 в диафрагме размером 60" в шестидесятые годы наблюдал Тиффт [56]; в такой же диафрагме, но в более коротковолновой области «Астрон» зарегистрировал еще большую яркость, а спустя пять суток повышенную яркость в полосе  $U$  в диафрагме 17" зарегистрировали Лютый и Шаров [53].

Можно надеяться, что дальнейшее исследование переменного ядра в очень близкой к нам нормальной галактике М 33 сыграет важную роль в разгадке природы активности ядер.

NGC 5236 (M 83). Как видно на рис.55, поток излучения от этой галактики, зарегистрированный на «Астроне» в области  $\lambda$  3400 Å, оказался намного слабее потока, зарегистрированного ранее в полосе  $U$ : расхождение достигает здесь 0,8 dex. С учетом величины Бальмеровского скачка, измеренного при наблюдениях с диафрагмой 7" [60], в момент наблюдений на «Астроне» ядро было ослаблено примерно на 0,5 dex.

Переменность ядра галактики М 83 была обнаружена при наблюдениях с диафрагмой 17" в течение трех месяцев [61]: в апреле 1985 г. яркость ядра в полосе  $U$  возросла по сравнению с мартовским уровнем примерно на  $1^m$  и оставалась на таком высоком уровне до мая. На рис. 58 представлены результаты многочисленных наземных наблюдений М 83 в полосе  $U$  [57–59, 61–63] и на «Астроне». Из этого рисунка, в частности, следует, что основная доля ультрафиолетового излучения галактики приходится на ее ядро: при протяженности системы около  $150''$  50 % ее излучения исходит из области размером  $20''$ . Как известно, при наблюдении этой галактики в области  $\lambda$  1540 Å [64] было установлено, что 16 % потока излучения дает область размером  $10''$ . Высокая концентрация ультрафиолетового излучения к центру галактики является уверенным признаком активности ядра.

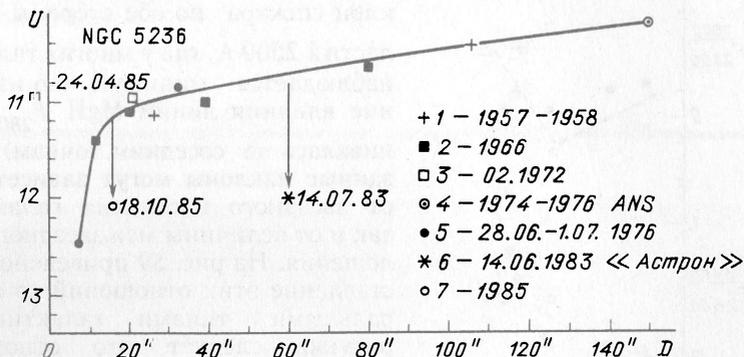


Рис. 58. Яркость галактики NGC 5236 (М 83) в разных диафрагмах по наблюдениям разных авторов: 1— [58], 2— [59], 3— [23], 4— [57], 5— [62], 6— «Астрон», 7— [61]

Как следует из рис. 55 и 58, в момент наблюдений М 83 на «Астроне» ядро этой галактики находилось в глубоком минимуме. В этот момент в ультрафиолетовом спектре наблюдался «провал» в области  $\lambda$  2500 Å, который характерен для звездного населения сферической подсистемы. Такая составляющая всегда присутствует в центре галактики, а в момент наблюдения на «Астроне» излучение звездной составляющей оказалось намного интенсивнее излучения сильно ослабленного переменного ядра. Но в переменности ядра М 83 остается много неясного. Так, в ходе наблюдений [61], когда была отмечена переменность этой системы в диафрагме 17", не были обнаружены изменения блеска в диафрагме 34". Означает ли это, что блеск ядра меняется в течение ночи? Напомним, что при наблюдениях NGC 598 [53] характерное время переменности действительно составляло одни сутки. Но главная загадка переменности ядра М 83 состоит в том, что здесь вместо вспышек наблюдаются сравнительно кратковременные ослабления блеска, которые были зарегистрированы уже дважды — на «Астроне» и авторами работы [61].

2.6.4. Двухцветная диаграмма галактик. Метод двухцветных диаграмм — традиционный способ астрофизического анализа излучения космических объектов, который заключается в сопоставлении отношений интенсивности излучения в трех-четыре участках спектра исследуемого объекта и тех или иных «стандартных» объектов: нормальных звезд известных спектральных классов, абсолютно черного тела, синхронного излучения и т.д. В применении к галактикам анализ двухцветных диаграмм является одним из основных методов исследования звездного населения этих систем и их эволюционных особенностей.

Для анализа ультрафиолетовых спектров галактик, полученных на «Астроне», мы выбрали два отношения спектральных плотностей потоков:  $F_{1800}/F_{2200}$  и  $F_{3400}/F_{2800}$ .

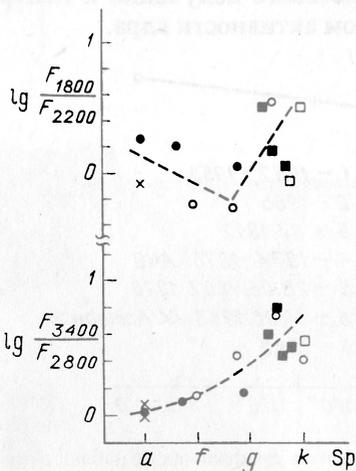


Рис. 59. Сопоставление ультрафиолетовых цветов галактик с их спектральным классом. Обозначения морфологических типов галактик как на рис. 51

Эти отношения характеризуют наклон спектра по обе стороны от области  $\lambda 2500 \text{ \AA}$ , где у многих галактик наблюдается минимум (во избежание влияния линий  $\text{MgII } F_{2800}$  оценивалась по соседним точкам). Указанные наклоны могут зависеть как от звездного населения галактики, так и от величины межзвездного поглощения. На рис. 59 приведено сопоставление этих отношений со спектральными типами галактик. Из рисунка следует, что отношение  $F_{3400}/F_{2800}$  однозначно определяется спектральным типом галактики: оно максимально для типов k-g (морфологический тип E-Sa) и близко к нулю (что соответствует плоскому спектру) для галактик спектральных классов a-f (морфологический тип Sb, Sc, Jrr). В галактиках типа E-

Sa преобладают холодные поздние звезды или объекты сферической подсистемы, тогда как вторая группа галактик отличается большим содержанием ранних звезд. То обстоятельство, что плоский спектр наблюдается у галактик морфологических типов Sb, Sc и Jrr, в которых больше поглощающей материи, означает, что наклон спектра в области  $3400\text{--}2800 \text{ \AA}$  определяется исключительно звездным составом и не связан с межзвездным поглощением. Подъем спектра в интервале от  $2500$  до  $1800 \text{ \AA}$  наблюдается у галактик всех спектральных типов, однако максимальная крутизна этого подъема обнаруживается у галактик морфологических типов E—Sa, поздних спектральных классов g—k, в которых меньше межзвездной материи. Таким образом, глубина депрессии в ультрафиолетовых спектрах галактик в области  $2300\text{--}2500 \text{ \AA}$  не связана с межзвездным погло-

щением, а отражает истинное распределение энергии в спектрах звездных систем.

Рассмотрим теперь двухцветную диаграмму, построенную на отношениях  $F_{1800}/F_{2500}$  и  $F_{3400}/F_{2500}$ . Согласно известной зависимости межзвездного поглощения от длины волны [65] величины, входящие в первое отношение, примерно одинаково ослабляются поглощением. Поэтому первое отношение слабо зависит от величины межзвездного поглощения. Зависимость второго отношения от величины межзвездного поглощения может быть значительнее. Чтобы проверить это утверждение, по данным наблюдений на «Астроне» мы построили такие двухцветные диаграммы для звезд разных спектральных классов и газовых туманностей (см. рис. 60). Как и следовало ожидать, линии нарастающего межзвездного поглощения направлены вправо и вниз.

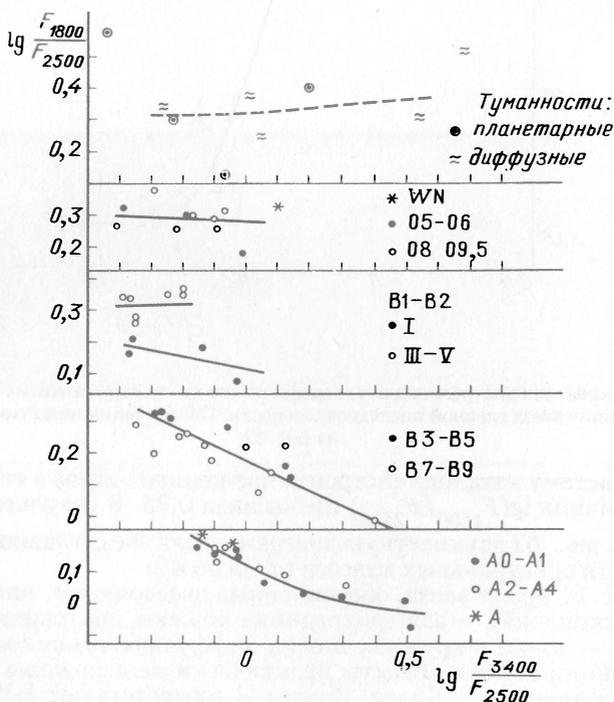


Рис. 60. Двухцветная диаграмма газовых туманностей и звезд спектральных классов O5 — O6, B1 — B2, B3 — B5, A0 — A1

На рис. 61 представлена двухцветная диаграмма для галактик и свободных от межзвездного поглощения одиночных звезд разных спектральных классов. Данные по звездам ранних спектральных классов взяты в основном из наблюдений на «Астроне», для более поздних звезд они получены по наблюдениям на IUE. Рис. 62 показывает, что результаты измерений звезд на этих двух космических аппаратах неплохо согласуются между собой, и редукция «цветов» катало-

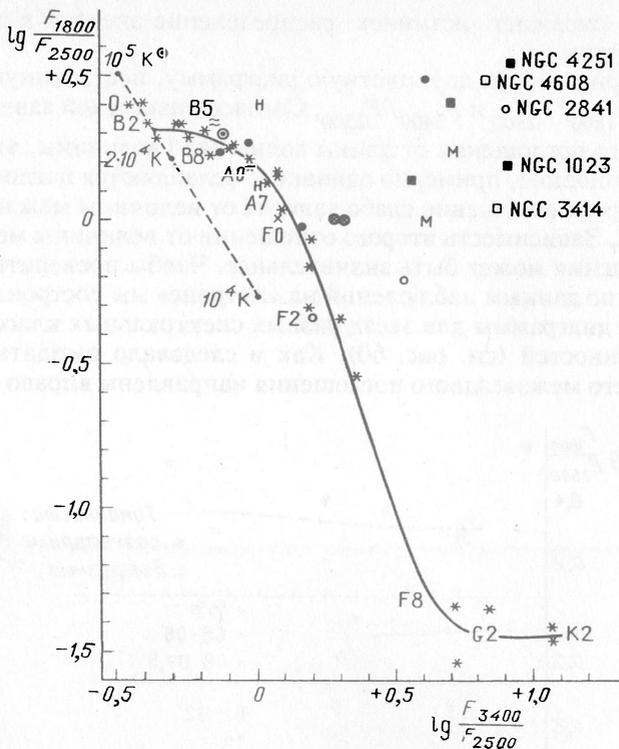


Рис. 61. Двухцветная диаграмма для ультрафиолетового спектра галактик и одиночных непокрашенных звезд главной последовательности. Обозначения галактик те же, что и на рис. 51

га IUE в систему каталога «Астропа» проводилась лишь в тех случаях, когда величина  $\lg(F_{1800}/F_{2500})$  превышала 0,25. В результате мы получили на рис. 62 двухцветную диаграмму для звезд главной последовательности спектральных классов от O9 до K2.

На рис. 61 кроме звезд, обозначенных звездочками, нанесены два шаровых скопления — заштрихованные кружки, две планетарные туманности — точки в кружках и одна диффузная туманность — волнистые линии; все эти объекты практически не искажены межзвездным поглощением. Далее, буквы Н соответствуют III-областям вместе с погруженными в них ОВ-ассоциациями, буквы М — двум галактикам Маркаряна, штриховая линия обозначает локализацию излучения абсолютно черного тела с температурой в диапазоне от  $10^4$  до  $10^5$  К.

На построенной двухцветной диаграмме галактики разделились на две группы, причем разделение произошло по морфологическим типам: в левую группу попали галактики поздних морфологических типов Sc и Jг и одна типа Sb, в правую группу — эллиптические системы и по одной галактике типов Sa, Sb и Sc. Объекты левой группы практически совпадают с той частью двухцветной диаграммы, которая образуется звездами главной последовательности, и самые «голу-

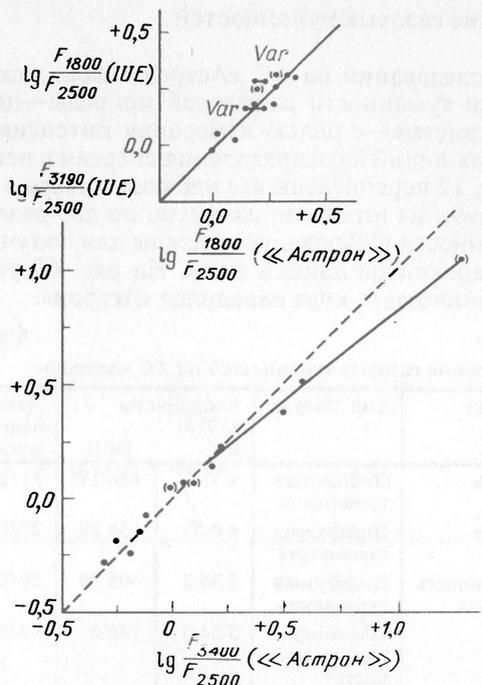


Рис. 62. Сопоставление ультрафиолетовых цветов звезд, полученных по наблюдениям на «Астроне» и на спутнике IUE

бые» галактики имеют ультрафиолетовые показатели цвета, соответствующие звездам В8. Следовательно, звездный состав этих систем типичный для групп молодых звезд с нормальной функцией светимости, где наряду со звездами О и ранними В присутствуют и более поздние звезды спектральных классов А и F.

Между левой и правой группами на двухцветной диаграмме существует заметный пробел. Едва ли объекты правой группы имеют тот же звездный состав, что и объекты левой группы: если бы в правую часть диаграммы объекты попадали за счет межзвездного поглощения, то не существовало бы четкого разрыва между двумя группами. К тому же в правую группу входят E—Sa-галактики, в которых межзвездной пыли мало. Поскольку эти объекты в области длин волн короче 2500 Å более «голубые», чем объекты левой группы, и это обстоятельство нельзя объяснить широкой полосой межзвездного поглощения, остается принять, что ультрафиолетовые показатели цвета звездных систем в правой группе в основном обусловлены более горячими звездами, чем OB-звезды главной последовательности. Такими объектами могут быть только ядра планетарных туманностей, которые принадлежат сферической и промежуточной подсистемам и существование которых в системах правой группы представляется вполне естественным.

Более подробно результаты исследования галактик на АС «Астрон» опубликованы в [66–69].

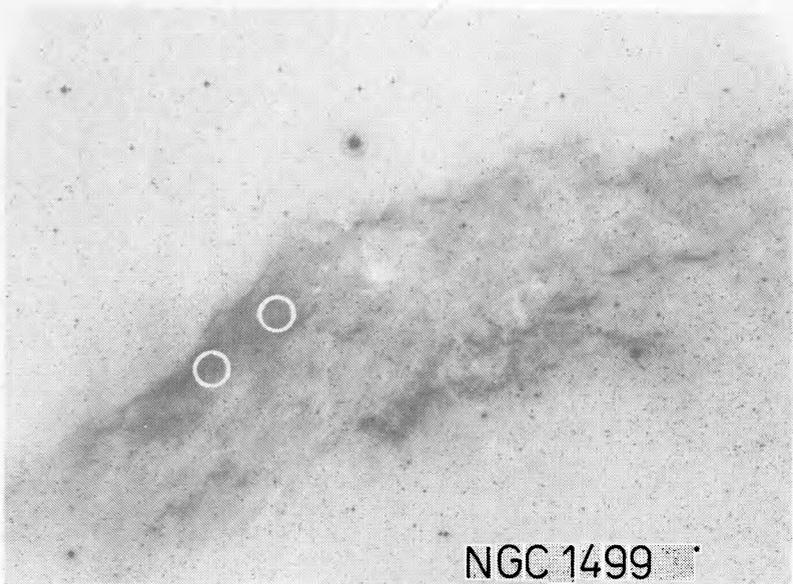
## 2.7. Исследование газовых туманностей

В программу исследований на АС «Астрон» были включены галактические газовые туманности различной природы—диффузные, планетарные, волокнистые—с целью измерения интенсивностей отдельных эмиссионных линий и распределения энергии в непрерывном спектре [70]. В табл. 12 перечислены все наблюдавшиеся в 16 сеансах 12 туманностей, в двух из них было измерено по две различные области, еще две туманности наблюдались дважды для получения более плотных рядов измерений по длинам волн. На рис. 63 указаны все области газовых туманностей, куда наводился «Астрон».

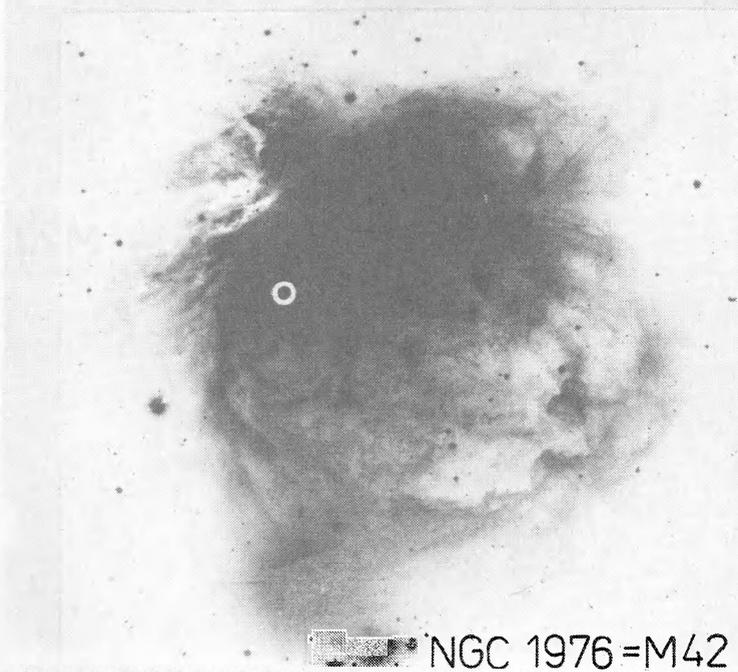
Т а б л и ц а 12

Наблюдения газовых туманностей на АС «Астрон»

NGC, IC, Мессье	Объект	Тип объекта	Координаты (1975)		Дата на- блю- дения	Диа- фраг- ма
			RA	DEC		
NGC 1499	Волна	Диффузная туманность	4 <sup>h</sup> 0.8 <sup>m</sup>	+36°17'	31/01/84	Ф
NGC 1499	Волна	Диффузная туманность	4 0.5	+36 29	21/09/84	Ф
NGC 1976=M42	Туманность Ориона	Диффузная туманность	5 34.3	-05 29	29/01/86	Ф
IC 2149		Планетарная туманность	5 54.5	+46 6	12/04/84	Ф
NGC 2392		Планетарная туманность	7 27.7	+20 57	23/05/84	Ф
NGC 6514=M20	Трифиды	Диффузная туманность	18 0.8	-23 3	8/08/84	Ф
NGC 6514=M20	Трифиды	Диффузная туманность	18 1.0	-22 52	9/08/84	Ф
NGC 6523=M8	Лагуна	Диффузная туманность	18 2.1	-24 23	21/10/86	Ф
NGC 6523=M8	Лагуна	Диффузная туманность	18 2.1	-24 23	27/08/85	Ф
IC 4699		Планетарная туманность	18 16.7	-46 0	10/10/84	Ф
NGC 6618=M17	Омега	Диффузная туманность	18 19.4	-16 11	3/09/85	Ф
NGC 6618=M17	Омега	Диффузная туманность	18 19.4	-16 11	17/10/86	Ф
NGC 6853=M27	Гантель	Планетарная туманность	19 58.5	+22 39	4/09/85	Ф
NGC 6879		Планетарная туманность	20 9.3	+16 50	20/03/84	Ф
NGC 6990	Петля в Лебедь	Остаток сверхновой	20 56.0	+31 26	10/12/83	Ф
NGC 7000	Северная Америка	Диффузная туманность	20 58.2	+44 7	22/06/84	Ф



NGC 1499



NGC 1976 = M42

Рис. 63.1. Фотографии газовых туманностей. Размеры и положения колец соответствуют размерам и положениям диафрагм при наблюдениях

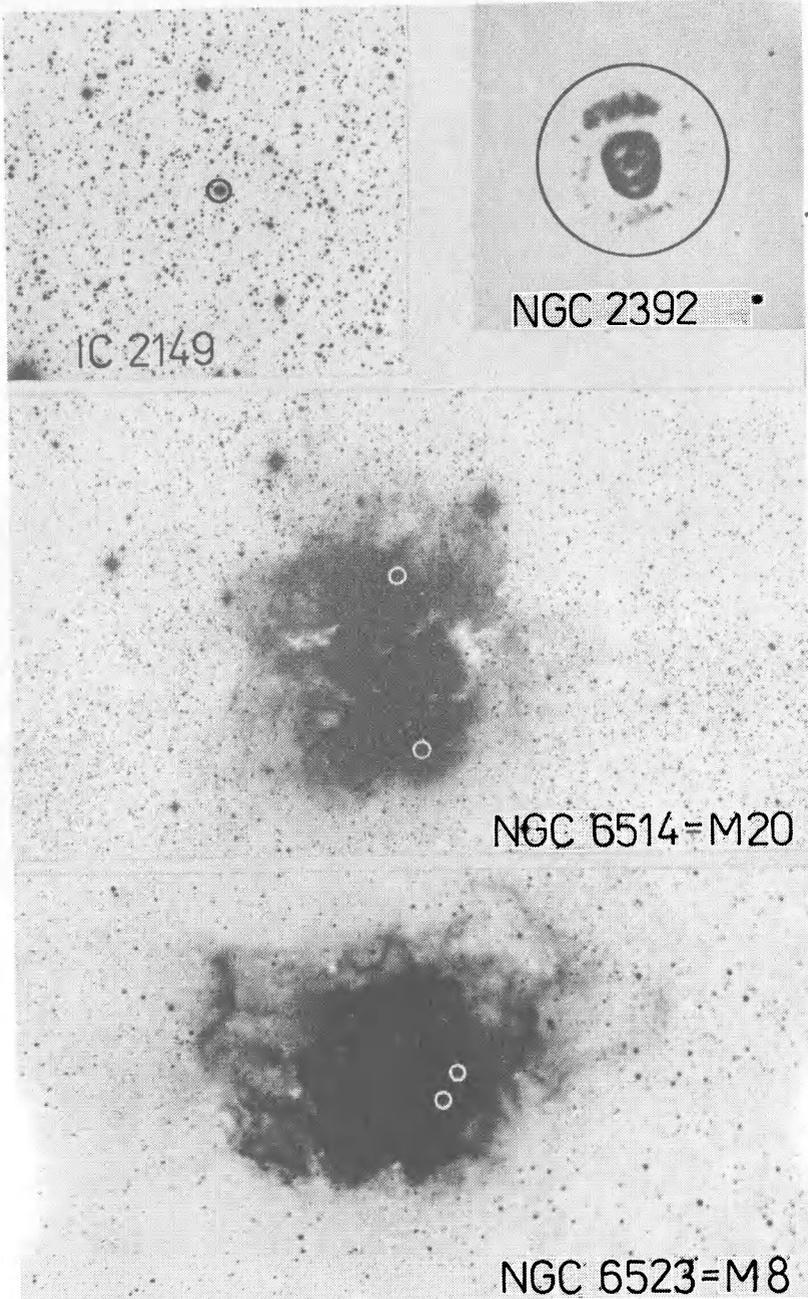
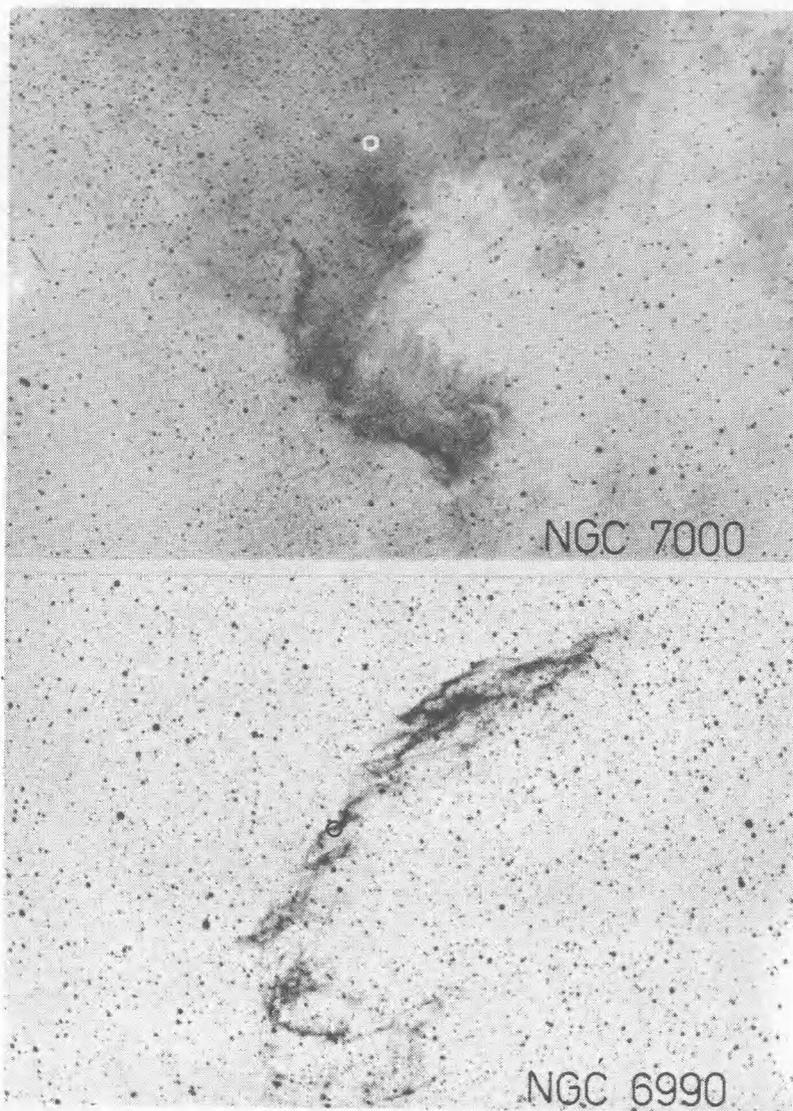


Рис. 63.2. Фотографии газовых туманностей. Размеры и положения колец соответствуют размерам и положениям диафрагм при наблюдениях



**Рис. 63.3. Фотографии газовых туманностей. Размеры и положение колец соответствуют размерам и положениям диафрагм при наблюдениях**

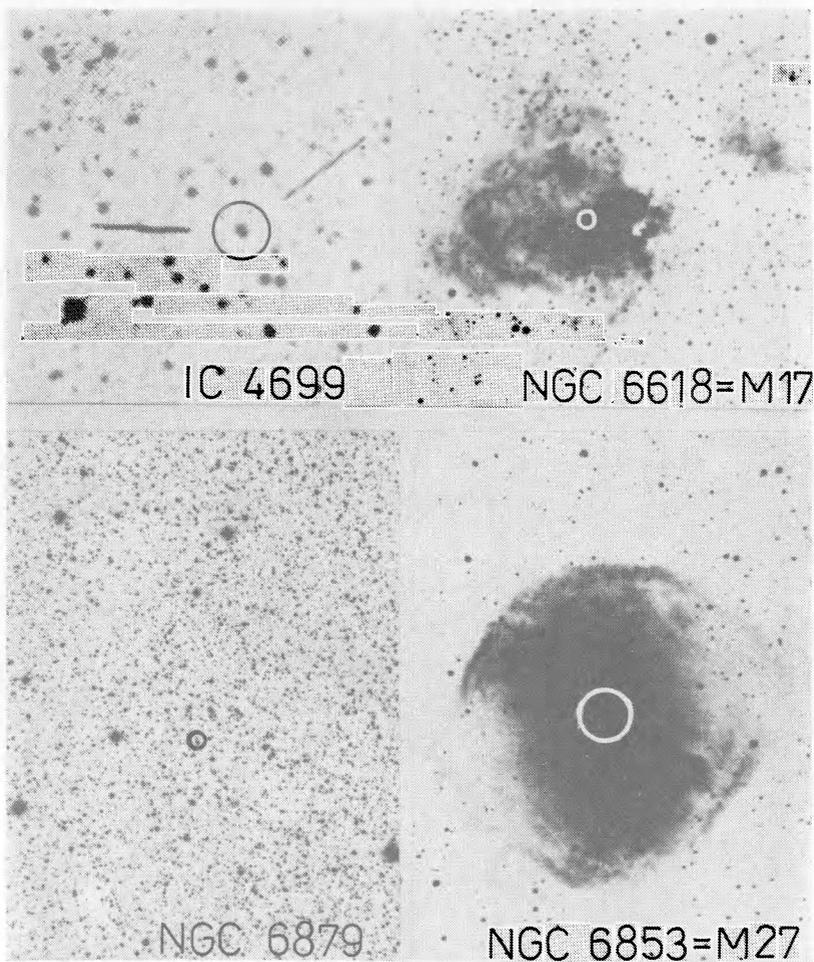


Рис. 63.4. Фотографии газовых туманностей. Размеры и положение колец соответствуют размерам и положениям диафрагм при наблюдениях

Все наблюдения газовых туманностей проводились через фоновую диафрагму, которая вырезала на небе  $0,96\sigma'$ , и с широкой выходной щелью спектрометра. Измерения проводились в режиме многоцветной фотометрии, т.е. в нескольких фиксированных положениях каретки сканера; время накопления одного измерения составляло 14,66 с, экспозиции при разных положениях каретки выбирались от 5 до 30 минут.

Методика обработки телеметрических данных, полученных при наблюдениях газовых туманностей, была та же, что и при обработке наблюдений звездных систем. Абсолютная калибровка измерений проводилась по калибровочным кривым, представленным на рис. 21. Достигнутая точность измерений ограничивается ошибками определения уровня темновых токов и измеряемого сигнала.

В табл. 13 и на графиках рис. 64 приведены результаты наблюдений газовых туманностей. Для получения потока в эмиссионной линии приведенную в табл. 13 спектральную плотность следует уменьшить на спектральную плотность соответствующего континуума и полученную разность умножить на  $28 \text{ \AA}$ .

Измеренные потоки обусловлены в основном непрерывным излучением газовых туманностей. Из большого числа эмиссионных линий, расположенных в рассматриваемом диапазоне длин волн, лишь самые яркие —  $\lambda 1909 \text{ CIII}$ ,  $\lambda 2800 \text{ MgII}$ ,  $\lambda 3204 \text{ HeII}$ ,  $\lambda 2422$  и  $\lambda 2441 [\text{NeIV}]$ ,  $\lambda 3133 \text{ OIII}$  — в некоторых туманностях вносят заметный вклад в полученные потоки. Наибольшее число эмиссионных линий в ходе наших широкополосных измерений зарегистрировано в спектре планетарной туманности NGC 6853 [70].

Как известно, непрерывное излучение этих туманностей в ультрафиолетовой области спектра обусловлено в основном свободно-связанными переходами (Бальмеровский континуум) и двухквантовыми переходами  $2p-1s$  в атоме водорода. В рассматриваемом диапазоне длин волн эти два механизма должны давать спектральную плотность потока, монотонно растущую в сторону коротких длин волн. Но такое распределение наблюдается лишь в спектрах ярких туманностей NGC 1976 и NGC 2392.

Основным фактором, определяющим отклонения наблюдаемого распределения энергии в ультрафиолетовых спектрах газовых туманностей от предвычисленного теоретически, является межзвездное поглощение. Помимо общего ослабления излучения, имеющего плавную зависимость от длины волны и приводящего к изменению спектрофотометрического градиента, межзвездное поглощение приводит к появлению глубокой депрессии вблизи  $\lambda 2200 \text{ \AA}$ . Эта депрессия хорошо видна на спектрах туманностей NGC 6618 (Омега) и NGC 6523 (Лагуна), в которых поглощающей материи особенно много. Очень глубокий провал на  $\lambda 2200 \text{ \AA}$  виден в спектре отражательной части туманности NGC 6514 (Трифиды), которая практически не содержит ионизованного водорода и в видимой области спектра светится отраженным светом близких ярких звезд. Во всех этих случаях крутой подъем спектра в области длин волн короче  $2200 \text{ \AA}$  связан с величиной

Логарифмы спектральной плотности потоков излучения в единицах эрг/(с·см<sup>2</sup>·Å), полученные при узкополосной многоцветной фотометрии

Длина волны	Диффузная тум. NGC 1976 29.01.86 Ф	Длина волны	Планетарная тум. IC 2149 12.04.84 Ф	Длина волны	Планетарная тум NGC 2392 23.05.84 Ф	Длина волны	Диффузная тум. NGC 6523 21.10.86 Ф	Длина волны	Диффузная тум. NGC 6523 27.08.85 Ф
1839	-11.53.01	1646	-11.73.01	1563	-11.00.02	1548	-11.84.01	1722	-11.40.01
1864	-11.56.01	1875	-11.89.01	1610	-11.10.02	1656	-11.92.01	1868	-11.53.01
1910	-11.61.01	1911	-11.85.01	1649	-10.94.02	1851	-12.02.01	1913	-11.59.01
2071	-11.70.01	2310	-12.27.01	1694	-11.17.02	2159	-12.47.01	1966	-11.71.01
2151	-11.73.01	2410	-12.21.01	1734	-11.19.02	2433	-12.23.07	2032	-11.88.01
2234	-11.78.01	2454	-12.19.01	1841	-11.25.02	2475	-12.26.01	2302	-12.03.01
2450	-11.81.01	2534	-12.16.01	1912	-11.12.02	2546	-12.25.01	2414	-11.93.01
2486	-11.83.01	2769	-12.20.01	2019	-11.38.02	2745	-12.24.01	2444	-11.89.01
2534	-11.82.01	2806	-12.22.01	2188	-11.48.02	3056	-12.20.01	2512	-11.86.01
2732	-11.91.01	3206	-12.28.01	2236	-11.51.02	2613	-11.80.01	2613	-11.80.01
2758	-11.91.01	3304	-12.28.01	2304	-11.53.02	2763	-11.80.01	2763	-11.80.01
2805	-11.93.01	3348	-12.30.01	2377	-11.57.02	2808	-11.84.01	2808	-11.84.01
2968	-11.96.01			2451	-11.57.02	2860	-11.82.01	2860	-11.82.01
3049	-11.96.01			2497	-11.59.02	2930	-11.81.01	2930	-11.81.01
3131	-11.96.01			2625	-11.62.02	3199	-11.78.01	3199	-11.78.01
3346	-11.96.01			2806	-11.70.02	3310	-11.78.01	3310	-11.78.01
3381	-11.98.01			2916	-11.74.02	3340	-11.77.01	3340	-11.77.01
3428	-11.98.01			3085	-11.78.02	3406	-11.78.01	3406	-11.78.01
				3133	-11.73.02				
				3201	-11.74.02				
				3273	-11.85.02				
				3346	-11.84.02				

Длина волны	Диффузная тум. NGC 1499 31.01.84 Ф	Длина волны	Диффузная тум. NGC 1499 21.09.84 Ф	Длина волны	Диффузная тум. NGC 6514 8.08.84 Ф	Длина волны	Диффузная тум. NGC 6514 9.08.84 Ф	Длина волны	Планетарная тум. IC 4899 10.10.84 Ф
1767	-13.80.25/.60	1550	-13.41.26/.85	1547	-12.12.02	1547	-13.16.50/.60	1969	-13.78.12/.18
1832	-13.88.23/.47	1624	-13.71.34/.99	1724	-12.46.02	1745	-13.27.14/.25	2270	-14.12.14/.22
2230	-14.30.19/.34	1905	-13.76.14/.20	1902	-12.50.02	1906	-13.45.08/.15	2303	-13.98.10/.13
2384	-14.08.10/.11	1984	-13.82.05/.13	2137	-12.83.02	2141	-14.02.14/.25	2786	-14.07.08
2659	-13.87.06	2512	-13.86.18/.30	2433	-12.80.16/.30	2331	-13.88.10	2865	-13.87.04
2725	-13.80.04	2800	-14.03.07/.13	2615	-12.70.02	2455	-13.65.03	3167	-13.30.01
3127	-13.70.02	2880	-14.08.07	2798	-12.68.02	2626	-13.64.04	3201	-13.19.01
3280	-13.67.02			3034	-12.62.02	2801	-13.65.02		
						3038	-13.35.02		
						3370	-12.10.01		
						3350	-13.00.02		

Длина волны	Диффузная туманность NGC 6618 3.09.85 Ф	Длина волны	Диффузная туманность NGC 6618 17.10.86 Ф	Длина волны	Планетарная туманность NGC 6853 4.09.85 Ф	Длина волны	Планетарная туманность NGC 6879 20.03.84 Ф	Длина волны	Волокнистая туманность NGC 6990 10.12.83 Ф	Длина волны	Диффузная туманность NGC 7000 22.06.84 Ф
1722	-12.99.07	1611	-13.01.10	1723	-12.72.03	1650	-13.50.22/.48	1546	-12.86.11/.13	1819	-14.10.34/.99
1871	-13.10.05	1677	-12.88.04	1871	-12.78.03	1842	-13.49.10/.13	1635	-13.31.16/.27	1865	-13.55.11/.14
1913	-13.16.05	1793	-13.17.07	1904	-11.75.01	1909	-13.42.08	1769	-13.31.10/.11	1913	-13.97.20/.10
1965	-13.32.05	1902	-13.18.04	1965	-12.79.02	1949	-13.94.18/.30	1906	-12.74.01	2329	-13.93.10
2031	-13.63.09	1969	-13.48.08	2031	-12.83.02	2182	-14.21.18/.30	2266	-13.80.08	2393	-13.94.08
2300	-13.75.07	2105	-13.61.05	2302	-12.83.01	2388	-13.85.06	2523	-13.68.10/.15	2452	-13.93.07

Длина волны	Диффузная туманность NGC 6618	Длина волны	Диффузная туманность NGC 6618	Длина волны	Планетарная туманность NGC 6853	Длина волны	Планетарная туманность NGC 6853	Длина волны	Планетарная туманность NGC 6879	Длина волны	Волокнистая туманность NGC 6990	Длина волны	Диффузная туманность NGC 7000
2410	3.09.85 Ф	2211	17.10.86 Ф	2411	4.09.85 Ф	2448	4.09.85 Ф	2448	20.03.84 Ф	2661	10.12.83 Ф	2712	22.06.84 Ф
	-13.54.03		-13.98.10		-12.83.01		-12.83.01		-13.86.06		-13.56.03		-13.94.06
2439	-13.42.02	2413	-13.47.02	2443	-12.72.01	2539	-12.72.01	2539	-14.01.17/.24	2801	-13.35.01	2759	-13.93.06
	-13.36.02	2567	-13.31.03	2511	-12.88.01	2736	-12.88.01	2736	-13.71.03	3163	-13.63.02	2808	-13.98.06
2613	-13.18.02	2685	-13.18.02	2613	-12.97.01	2804	-12.97.01	2804	-13.72.02			3224	-13.73.02
2765	-13.11.02	2796	-13.15.02	2765	-12.99.01	2844	-12.99.01	2844	-13.65.02			3290	-13.75.02
2805	-13.15.02	2865	-13.08.02	2798	-12.75.01	3080	-12.75.01	3080	-13.62.02			3347	-13.75.02
2861	-13.08.01	3003	-13.01.02	2861	-12.97.01	3284	-12.97.01	3284	-13.57.02				
2928	-13.03.01	3108	-12.89.02	2927	-12.98.01	3344	-12.98.01	3344	-13.60.02				
3196	-12.83.01	3309	-12.70.01	3199	-12.57.01								
3304	-12.79.01			3307	-12.86.01								
3306	-12.82.01			3339	-12.83.01								
3335	-12.81.01			3406	-12.86.01								

Примечание. Спектральное разрешение при наблюдениях в фоновой (Ф) диафрагме составляет около 31 Å для определения потока в эмиссионной линии приводимые в таблице спектральные плотности потоков следует уменьшить на плотности потоков прилежащего континуума и полученные разности умножить на 28 Å.

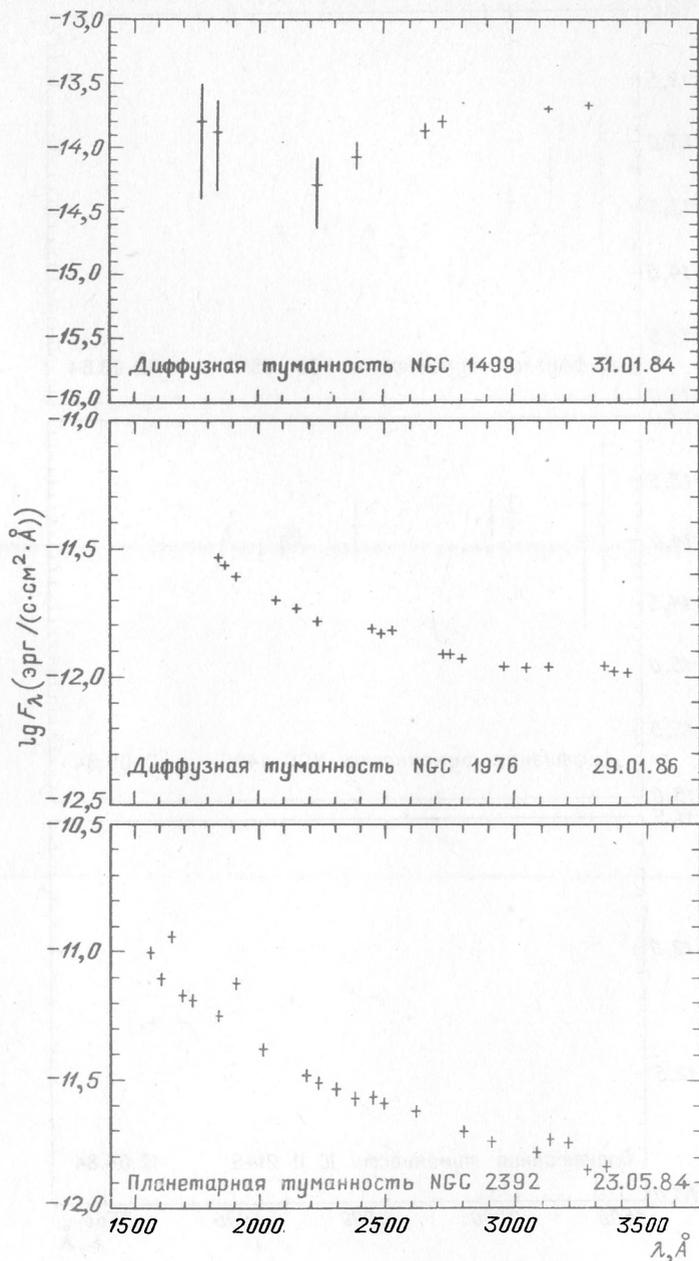


Рис. 64.1. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

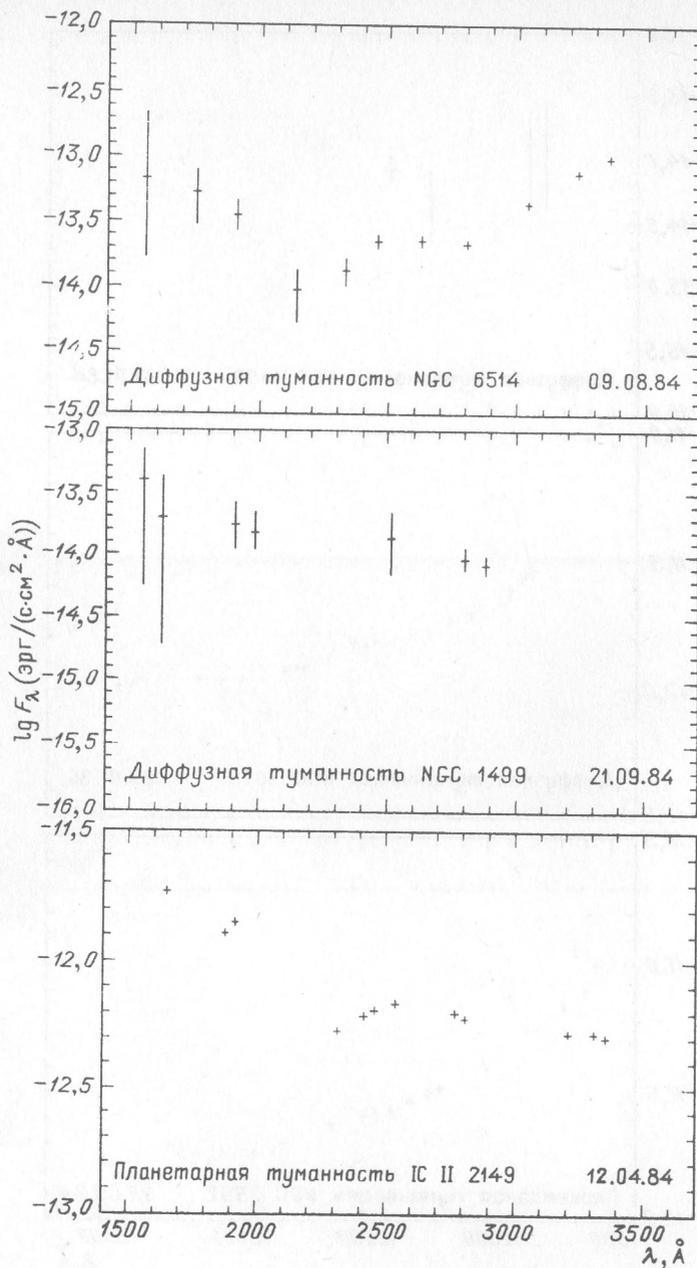


Рис. 64.2. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

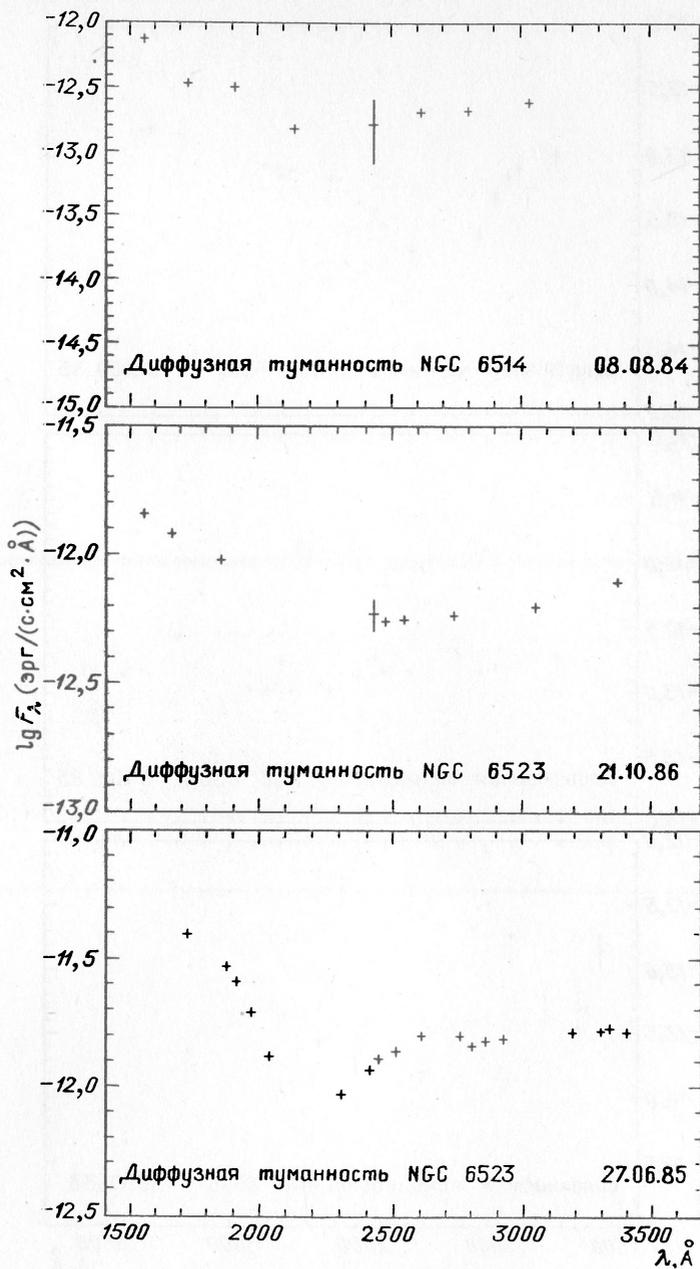


Рис. 64.3. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å



Рис. 64.4. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

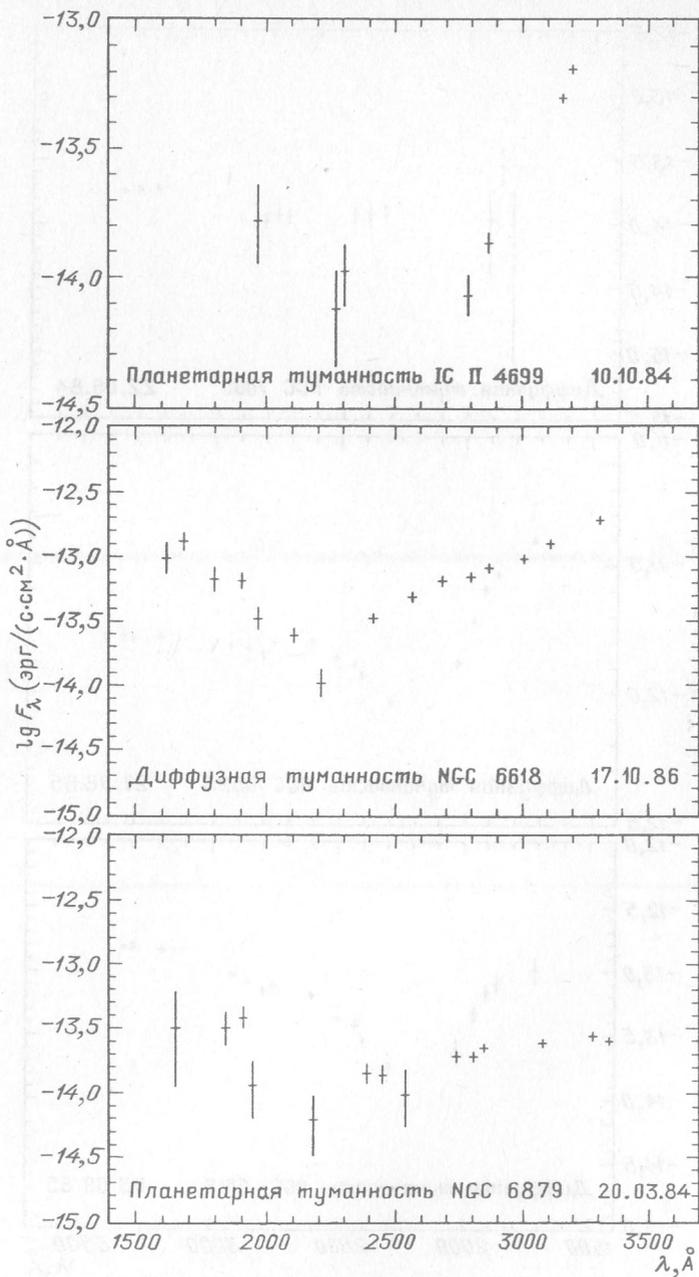


Рис. 64.5. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

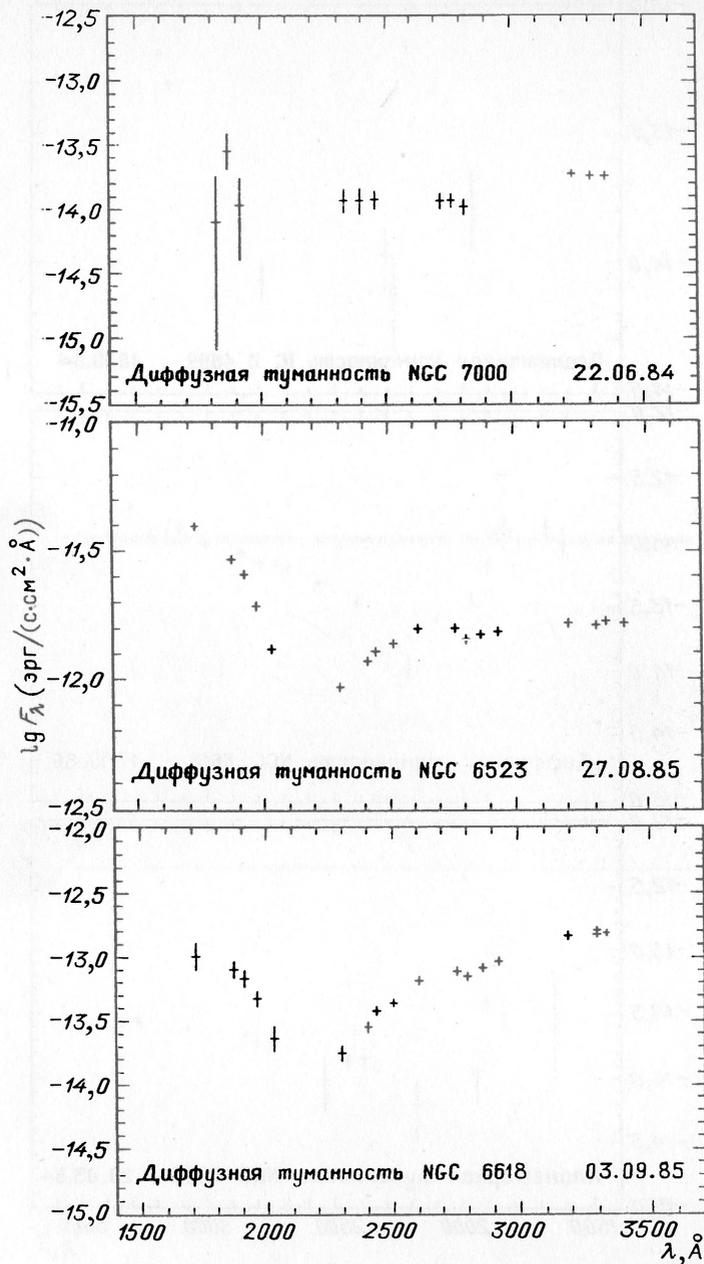


Рис. 64.6. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

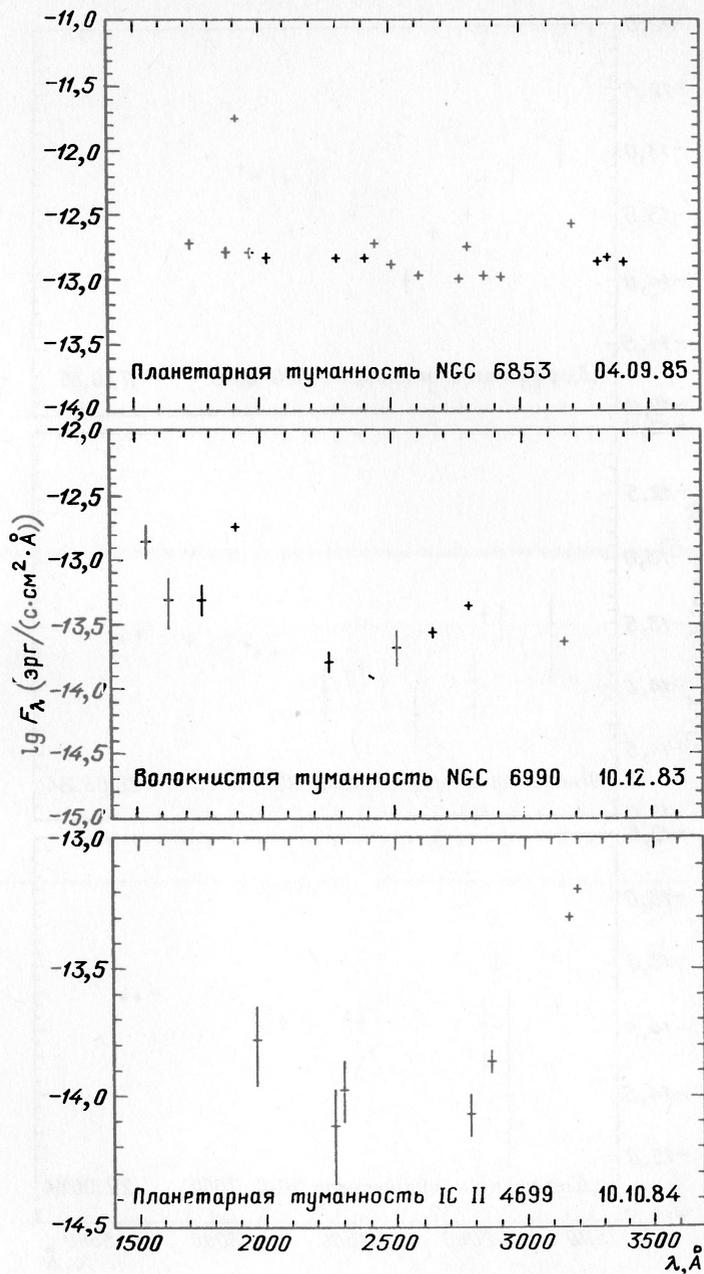


Рис. 64.7. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

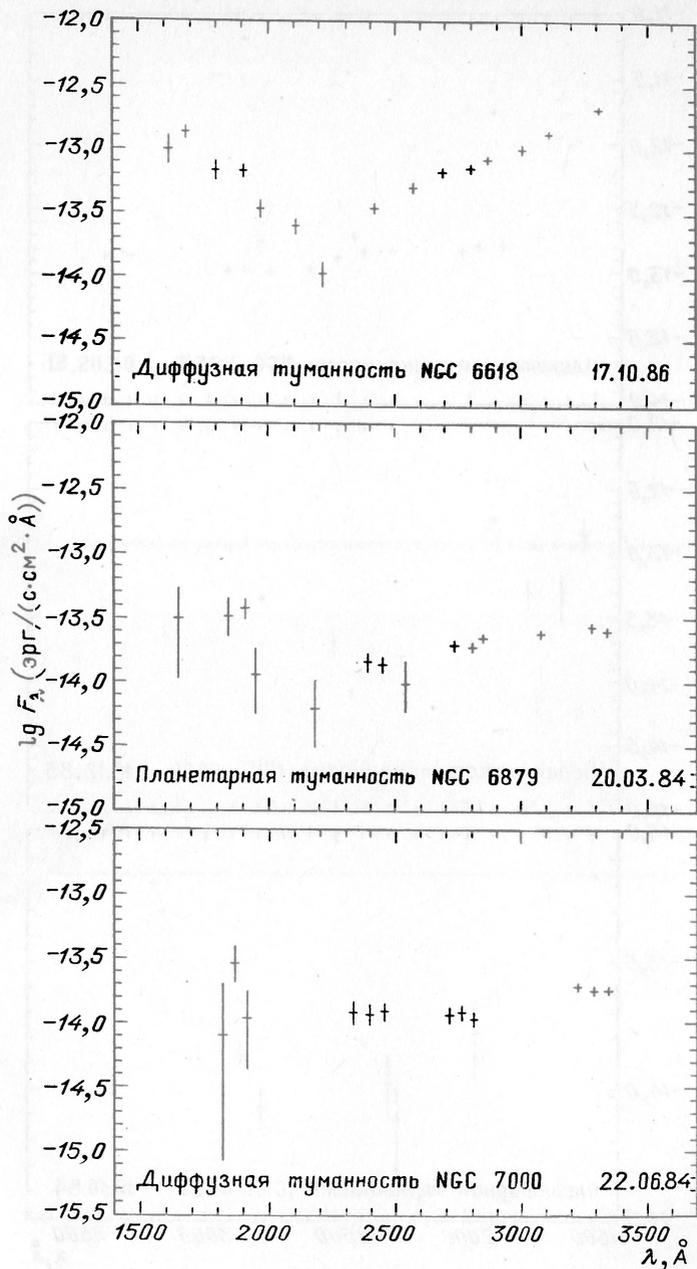


Рис. 64.8. Абсолютные значения потоков излучения газовых туманностей в полосах шириной 28 Å в интервале длин волн 1600–3500 Å

межзвездного поглощения и может служить индикатором такого поглощения.

Судя по величине депрессии  $\lambda$  2200 Å имеется значительное межзвездное поглощение до планетарной туманности NGC 6879. В спектре туманности NGC 4699 также имеется заметная депрессия, но, по-видимому, она не связана с межзвездным поглощением: во-первых, наибольшая глубина депрессии наблюдается в области  $\lambda$  2500–2600 Å, а не 2200 Å; во-вторых, крутое падение излучения в интервале длин волн от 3400 Å до 2600 Å соответствует звезде позднего спектрального класса; по-видимому, существенный вклад в эти измерения внес звездный фон, который в области NGC 4699 очень яркий. Второй случай, когда наблюдаемый спектр обусловлен, по-видимому, не туманностью, а звездным фоном, — это наблюдение NGC 7000 (Северная Америка), здесь вклад излучения густого звездного фона превышает вклад слабого поля ионизованного водорода.

Возможно, слабое межзвездное поглощение имеется и в спектре планетарной туманности IC II 2149: здесь виден небольшой завал вблизи  $\lambda$  2200 Å, но интенсивность излучения растет в сторону коротких длин волн практически на всем протяжении наблюдаемого спектра.

## 2.8. Исследование фонового излучения

Наблюдения ультрафиолетового фона неба позволяют регистрировать непосредственно излучение космической пыли и газа, исследовать физические характеристики и пространственное распределение этих компонентов межпланетной и межзвездной среды. На АС «Астрон» такие наблюдения проводились через фоновую диафрагму с полем зрения 0,96α'; ранее со столь высоким пространственным разрешением подобные наблюдения не проводились.

Измерения фонового излучения велись в двух режимах работы АС «Астрон»: с использованием гидрирующей системы УФТ, когда вблизи выбранной площадки для фоновых измерений удавалось найти подходящую гидрированную звезду, и в пассивном режиме, когда использовалась только система стабилизации всего спутника, при этом неопределенность наведения УФТ составляла  $\pm 5'$ , а точность стабилизации оптической оси телескопа была не лучше 2,5'. Число специализированных сеансов для фоновых измерений сравнительно невелико, для таких наблюдений по Паломарским картам были выбраны площадки, свободные от звезд до 15<sup>m</sup>. В пассивном режиме проведено около 90 сеансов фоновых измерений: приоритетными в них были наблюдения с рентгеновскими спектрометрами, а ультрафиолетовые данные получались при этом как побочные результаты. Во время совместных сеансов наблюдений в рентгене и ультрафиолете опрос датчиков проводился каждые 4,88 с, во время специализированных ультрафиолетовых сеансов — каждые 14,66 с.

Все фоновые измерения на АС «Астрон» выполнялись в режиме многоцветной фотометрии, при этом каретка сканера выставлялась на заданную длину волны с точностью до  $\pm 10 \text{ \AA}$ , спектральное разрешение при наблюдениях через фоновую диафрагму, как уже упоминалось, составляло  $31 \text{ \AA}$ , длительность экспозиций достигала 10–20 мин. Из-за низкой яркости фонового излучения особое внимание в этих наблюдениях было уделено тщательному измерению темновых токов (или нуль-пункта): такие измерения проводились не менее трех раз за сеанс с экспозициями около 10 минут. Контроль «загрязнения» поля зрения звездами в результате дрейфа оптической оси УФТ в сеансах, которые проводились без гидировки системой телескопа, осуществлялся по уровню телеметрического сигнала: при прохождении звезды в поле зрения фоновой диафрагмы регистрируемый сигнал обнаруживал характерный широкий всплеск, что позволило эти интервалы времени исключать из рассмотрения. Эта часть обработки телеметрии и определение временного хода темнового тока (или нуль-пункта) в течение сеанса выполнялись вручную, остальные процедуры — определение среднего уровня сигнала, отбраковка выбросов, учет рассеянного света, абсолютная калибровка — проводились по схеме, описанной в разд.2.6.

В табл. 14 перечислены все сеансы, в которых зарегистрировано фоновое излучение, превышающее средний уровень темнового тока (или нуль-пункт) на три соответствующие стандартные отклонения. В таблице указаны даты и средние моменты (UT) измерений, экваториальные и галактические координаты исследованных областей. В табл. 15 приведены результаты обработки этих наблюдений—логарифмы интенсивности фонового излучения в абсолютных единицах. Из-за близости измеряемых сигналов к уровню шумов абсолютные значения положительных и отрицательных вероятных погрешностей найденных величин, как правило, различны, и для значений, превышающих 0,1, в табл. 15 через косую черту даны абсолютные значения обеих вероятных погрешностей.

Таблица 14

Наблюдения фонового излучения на АС «Астрон»

Дата сеанса	UT	Координаты (1975)			
		Экваториальные		Галактические	
		RA	DEC	$l$	$b$
08.09.87	7.0	$3^{\text{h}}53^{\text{m}}$	+31° 05'	162°54'	-17°10'
04.04.85	16.0	4 53	+15 04	185 1	-17 31**
05.04.85	15.5	4 53	+15 06	184 59	-17 30**
04.01.85	6.0	5 26	-65 59	275 59	-33 16
18.05.88	9.0	5 30	-68 34	278 58	-32 32
19.04.85	0.0	5 37	+26 18	181 26	- 2 42
17.03.86	17.0	5 37	+26 18	181 26	- 2 42
28.10.86	9.5	5 37	+26 18	181 26	- 2 42
20.02.87	14.0	5 37	+26 18	181 26	- 2 42

Дата сеанса	UT	Координаты (1975)			
		Экваториальные		Галактические	
		RA	DEC	<i>l</i>	<i>b</i>
18.05.88	10.5	5 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	-70°53'	281°26'	-30°24'
22.05.87	12.5	7 10	+22 29	194 46	+14 15*
23.05.87	17.0	9 1	-40 27	263 4	+ 3 54
16.07.87	9.0	10 42	+07 51	239 36	+53 59*
24.05.86	14.0	11 3	+38 17	180 1	+65 3
09.01.85	7.5	11 20	-60 29	292 7	+ 0 20
30.01.87	15.0	11 20	-60 29	292 7	+ 0 20
11.06.83	6.0	12 23	-08 17	291 33	+53 50
29.08.87	11.0	12 25	-62 25	300 5	+ 0 10
10.06.86	12.5	12 25	-62 35	300 6	+ 0 0
21.08.87	9.0	13 0	-61 28	304 10	+ 1 14
13.08.85	14.5	13 0	-61 28	304 10	+ 1 14
31.08.87	7.0	13 24	-08 24	317 7	+53 24*
05.07.83	16.5	13 28	-31 17	312 24	+30 45
02.10.85	10.5	15 19	-57 05	322 11	+ 0 0
03.09.87	8.0	15 41	-52 18	327 31	+ 2 7
17.07.85	15.0	15 41	-52 18	327 31	+ 2 7
01.10.87	9.0	15 46	-62 30	321 49	- 6 22
15.03.85	17.0	15 55	-37 44	338 41	+11 54
23.07.84	15.0	15 55	-37 44	338 41	+11 54
03.10.85	8.5	16 30	-67 25	321 50	-13 7
24.04.87	16.0	16 30	-67 25	321 50	-13 7
01.11.86	10.0	16 39	-53 42	332 58	- 4 50
13.03.85	17.5	16 39	-53 42	332 58	- 4 50
07.07.87	8.5	16 57	+35 23	58 11	+37 30
18.03.87	17.0	16 57	+35 23	58 11	+37 30
07.04.88	15.0	16 57	+35 23	58 11	+37 30
30.08.88	8.0	16 57	+35 23	58 11	+37 30
11.10.85	8.5	17 1	-48 46	338 58	- 4 21
20.09.85	10.5	17 4	-36 23	349 8	+ 2 45
05.09.85	7.5	17 30	-16 57	8 30	+ 9 5
04.09.87	8.0	17 30	-24 44	1 54	+ 4 53
20.10.86	8.5	17 32	-33 27	354 50	- 0 15*
16.02.85	20.0	17 32	-33 27	354 50	- 0 15
06.10.83	11.0	17 37	-44 26	346 5	- 6 59
06.09.84	4.5	17 45	-29 08	359 58	- 0 18
02.11.86	8.0	17 46	-26 33	2 17	+ 0 52
08.08.83	15.5	17 47	-26 31	2 26	+ 0 41*
21.04.86	13.0	17 57	-33 49	357 14	- 4 53

Дата сеанса	UT	Координаты (1975)			
		Экваториальные		Галактические	
		RA	DEC	<i>l</i>	<i>b</i>
10.08.85	13.5	18 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	-20°33'	9°5'	+1 9*
07.09.85	7.5	18 0	-25 05	5 9	-1 6
29.08.84	14.0	18 0	-25 05	5 9	-1 6
23.09.87	7.5	18 14	-14 07	16 20	+1 22
22.09.83	9.5	18 22	-30 22	2 49	-7 54
22.08.85	13.0	18 39	+05 01	36 11	+4 47
22.11.83	15.0	18 39	+05 01	36 11	+4 47
26.11.83	15.0	19 11	+04 52	39 43	-2 22
28.06.84	18.5	19 55	+32 01	68 27	+1 52
20.09.89	7.5	20 2	+25 01	63 18	-3 7
18.06.86	10.5	20 31	+40 52	79 49	+0 47
20.07.87	13.5	20 31	+40 52	79 49	+0 47
18.12.86	1.0	21 42	+43 28	90 38	-7 9
08.12.84	18.5	21 44	+38 12	87 25	-11 22
22.07.87	14.0	22 0	+50 00	97 10	-4 1
06.01.87	1.0	22 8	-11 42	47 10	-48 58' **

Примечание. \* — специальные сеансы наблюдения зодиакального света;  
\*\* — гидирование системой УФТ

Как видно из табл. 15, фоновое излучение в диапазоне спектра  $\lambda$  2600–3500 зарегистрировано для всех наблюдаемых областей неба и только для четырех областей неба в направлении темной туманности Угольный мешок — в диапазоне спектра  $\lambda$  1800–2600 Å.

Специальные наблюдения зодиакального света в четырех сеансах (отмечены звездочкой в табл. 14) показали, что измеренное в этих сеансах фоновое излучение полностью обусловлено зодиакальным светом. Сравнение наших измерений и выполненных ранее наблюдений зодиакального света [42,43] обнаруживает хорошее согласие.

Анализ данных табл. 15 выявил кроме указанных четырех специальных областей еще 15 областей неба (даты наблюдений и координаты областей приведены в табл. 16), для которых наблюдаемое фоновое излучение можно полностью отнести за счет зодиакального света.

Фоновое излучение, измеренное в остальных сеансах, представляет сумму двух компонент: зодиакальный свет и межзвездный галактический свет. Причем вторая компонента, по-видимому, включает не только диффузный галактический свет, но и суммарный свет слабых звезд поля.

Предварительное сравнение наших измерений и выполненных ранее наблюдений зодиакального света [42,43] обнаруживает неплохое согласие этих независимых данных.

Логарифмы ингенсивности излучения фона в единицах эрг/(с·см<sup>2</sup>·Å·ср),  
полученные при узкополосной многоцветной фотометрии

Длина волны	RA0353 DEC+3105 08.09.87 Ф	RA0453 DEC+1504 04.04.85 Ф	RA0453 DEC+1506 05.04.85 Ф	RA0526 DEC-6559 04.01.85 Ф	RA0530 DEC-6834 18.05.88 Ф	RA0537 DEC+2618 19.04.85 Ф	RA0537 DEC+2618 17.03.86 Ф
2690				-6.75.14/.20		-6.95.08/.10	
2810						-7.21.09/.10	-7.36.11/.16
2895			-7.11.10/.14	-6.97.10/.12		-6.81.04	-7.03.08
3000			-7.14.08/.10				
3095			-6.96.09/.10	-7.01.11/.14	-6.72.07	-6.81.04	-7.08.06
3295				-6.87.09	-6.57.04	-6.57.02	-6.86.04
3445					-6.68.06		
Длина волны	RA0537 DEC+2618 28.10.86 Ф	RA0552 DEC-7053 18.05.88 Ф	RA0710 DEC+2229 22.05.87 Ф	RA0901 DEC-4027 23.05.87 Ф	RA1042 DEC+0751 16.07.87 Ф	RA1103 DEC+3817 24.05.86 Ф	
2690							
2810				-6.92.07/.10			
2895				-7.05.09/.11		-6.77.07	
3095				-6.90.07	-7.30.14/.21	-6.80.06	
3295				-6.65.04	-7.08.09/.13	-6.51.03	-7.18.09/.10
3445				-6.48.02	-7.31.13/.19	-6.54.04	
				-6.45.03	-7.35.12/.18		
Длина волны	RA1120 DEC-6029 09.01.87 Ф	RA1223 DEC-0817 11.06.83 Ф	RA1225 DEC-6225 29.08.87 Ф	RA1225 DEC-6235 10.06.86 Ф	RA1300 DEC-6128 21.08.87 Ф	RA1300 DEC-6128 13.08.85 Ф	
1800							
1910				-6.39.12/.16		-6.46.13/.20	
2000				-6.47.09/.12	-6.16.07	-6.66.13/20	-6.69.11/.16
					-6.43.09		-6.87.13/18

Длина волны	RA1120 DEC-6029 09.01.87 Ф	RA1120 DEC-6029 30.01.87 Ф	RA1223 DEC-0817 11.06.83 Ф	RA1225 DEC-6225 29.08.87 Ф	RA1225 DEC-6235 10.06.86 Ф	RA1300 DEC-6128 21.08.87 Ф	RA1300 DEC-6128 13.08.85 Ф
2200				-6.58 .08	-6.50 .06	-6.79 .09/.11	-6.96 .09/.13
2400				-6.69 .07	-6.70 .07	-6.98 .09/.11	-7.23 .11/.16
2550				-6.82 .08		-7.09 .10/.12	
2690	-6.65 .06	-6.99 .12/.16		-6.78 .07			-7.25 .14/.23
2810	-6.92 .08	-7.19 .13/.17		-6.81 .06			-7.22 .09/.10
2895	-6.68 .04	-7.16 .13/.17		-6.81 .07			-7.24 .10/.14
2920			-7.34 .12/.18				
3095	-5.72 .04	-7.12 .09/.11		-6.79 .05			-7.12 .09
3295	-5.71 .04	-6.81 .05		-6.69 .04			-6.73 .02
3385							
3445				-6.75 .05		-7.05 .09/.10	
Длина волны	RA1324 DEC-0824 31.08.87 Ф	RA1328 DEC-3117 05.07.83 Ф	RA1519 DEC-5705 02.10.85 Ф	RA1541 DEC-5218 03.09.87 Ф	RA1541 DEC-5218 17.07.85 Ф	RA1546 DEC-6230 01.10.87 Ф	RA1555 DEC-3744 15.03.85 Ф
2690	-7.14 .13/.19					-7.11 .11/.14	
2810	-7.05 .09/.11		-7.16 .12/.16			-7.02 .09	-7.46 .14/.20
2860							
2895	-6.88 .06	-7.24 .10/.13	-6.95 .08	-7.18 .11/.14		-7.14 .09/.10	
2920							
3095	-6.71 .05	-7.19 .09/.10	-6.83 .05	-6.89 .07	-7.19 .09/.12	-6.90 .06	-7.16 .08/.10
3295	-6.52 .03	-7.04 .07	-6.68 .03	-6.92 .06	-7.15 .08/.10	-6.80 .06	-7.02 .05
3445	-6.59 .04			-6.85 .05	-6.92 .06	-6.70 .06	

Длина волнь:	RA1555 DEC-3744 23.07.84 Ф	RA1630 DEC-6725 03.10.85 Ф	RA1630 DEC-6725 24.04.87 Ф	RA1639 DEC-5342 01.11.86 Ф	RA1639 DEC-5342 13.03.85 Ф	RA1657 DEC+3523 07.07.87 Ф	RA1657 DEC+3523 18.03.87 Ф
2690	-7.25.14/.23	-7.27.12/.18		-6.98.09/.10	-7.17.09/.13		
2810	-7.23.13/.17	-7.03.08		-7.13.10/.12	-7.22.09/.10		-7.03.09/.13
2895	-7.05.09/.11	-7.28.10/.13	-7.26.12/.16	-7.18.11/.15	-6.90.05		-6.82.08
3295	-6.77.05	-6.81.05	-7.01.06	-6.97.06	-6.76.04		-6.94.07/.10
3445			-6.93.09		-6.49.02	-7.26.13/.17	
Длина волнь:	RA1657 DEC+3523 07.04.88 Ф	RA1657 DEC+3523 30.08.88 Ф	RA1701 DEC- 4846 11.10.85 Ф	RA1704 DEC-3623 20.09.85 Ф	RA1730 DEC-1657 05.09.85 Ф	RA1730 DEC-2444 04.09.87 Ф	RA1732 DEC-3327 20.10.86 Ф
2690				-7.11.11/.14			
2810			-7.19.09	-7.12.11/.15	-7.24.12/.16		-7.13.09/.12
2895			-7.02.07	-7.14.09/.10	-7.24.10/.13	-7.37.13/.20	
2920:							
3095	-7.24.10/.12	-7.31.11/.14	-6.90.05	-6.96.06	-6.98.08	-7.20.09/.11	-6.92.06
3295	-7.28.11/.13	-7.16.09/.10	-6.60.04	-6.52.03	-6.63.03	-6.83.07	-6.58.02
3445	-7.44.14/.22	-7.35.12/.18				-6.93.07	-5.87.01
Длина волнь:	RA1732 DEC-3327 16.02.85 Ф	RA1737 DEC-4426 06.10.83 Ф	RA1745 DEC-2508 06.09.84 Ф	RA1746 DEC-2633 02.11.86 Ф	RA1747 DEC-2631 08.08.83 Ф	RA1757 DEC-3349 21.04.86 Ф	RA1800 DEC-2033 10.08.85 Ф
2690	-6.94.07	-7.18.11/.13		-6.83.07	-7.05.10/.12	-7.21.10/.14	
2810	-7.09.09/.10		-7.19.09	-7.05.08/.10		-7.35.14/.23	
2895	-7.08.09	-6.91.05	-7.09.09	-6.62.04	-6.97.07	-7.07.09	-7.11.11/.16

Длина волны	RA1732 DEC-3327 16.02.85 Ф	RA1737 DEC-4426 06.10.83 Ф	RA1745 DEC-2908 06.09.84 Ф	RA1746 DEC-2633 02.11.86 Ф	RA1747 DEC-2631 08.08.83 Ф	RA1757 DEC-3349 21.04.86 Ф	RA1800 DEC-2033 10.08.85 Ф
3095	-6.81.05	-6.76.03		-6.56.03	-6.76.04	-6.96.06	-6.62.04
3295	-6.69.04	-6.57.03		-6.24.02	-6.40.02	-6.61.02	-5.84.01
Длина волны	RA1800 DEC-2505 07.09.85 Ф	RA1800 DEC-2505 29.08.84 Ф	RA1814 DEC-1407 23.09.87 Ф	RA1822 DEC-3022 22.09.83 Ф	RA1839 DEC+0501 22.08.85 Ф	RA1839 DEC+0501 22.11.83 Ф	RA1911 DEC+0452 26.11.83 Ф
2690	-7.05.10/.12				-7.22.12/.16	-7.21.13/.20	
2810	-7.05.09/.13	-7.06.08/.10		-6.92.06		-7.19.09/.12	-7.33.12/.18
2895	-7.02.09		-7.32.12/.18		-7.42.10/.14		
3095	-6.75.04	-6.76.04	-6.81.05	-6.93.06	-7.03.07	-6.92.06	-6.98.07
3295	-6.51.02	-6.24.02	-6.02.01	-6.55.02			
3445			-6.04.01				
Длина волны	RA1955 DEC+3201 28.06.84 Ф	RA2002 DEC+2501 20.09.89 Ф	RA2031 DEC-4052 18.06.86 Ф	RA2031 DEC+4052 20.07.87 Ф	RA2142 DEC+4328 18.12.86 Ф	RA2144 DEC+3812 08.12.84 Ф	RA2208 DEC-5000 22.07.87 Ф
2690					-7.11.13/.19		RA2208 DEC- 1142 06.01.87 Ф
2810	-7.06.09				-7.28.12/.18		-7.20.11/.15
2895			-7.07.09/.11		-7.24.10/.13		-7.23.13/.18
3095	-7.00.07	-7.20.09/.11	-7.06.08	-6.47.02	-7.10.07/.10		-7.29.14/.19
3295	-6.87.05	-6.72.04	-7.04.09	-5.69.01	-7.03.10/.13	-7.07.09/.13	-6.73.05
3445		-6.65.03		-5.71.01		-6.97.08	-6.47.03
						-7.13.09/.12	

Примечание. Спектральное разрешение при наблюдениях в фоновой диаграмме 31 Å

## Наблюдения фонового излучения, отнесенные на счет зодиакального света

№	Дата наблюдений	Координаты экваториальные	
		$\alpha$ 1975	$\delta$ 1975
1	08.09.87	3 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	+31°05'
2	04.04.85	4 53	+15 04
3	05.04.85	4 53	+15 06
4	28.10.86	5 37	+26 18
5	24.05.86	11 03	+38 17
6	11.06.83	12 23	-08 17
7	05.07.83	13 28	-31 17
8	15.03.85	15 55	-37 44
9	01.11.86	16 39	-53 42
10	07.04.88	16 57	+35 23
11	30.08.88	16 57	+35 23
12	22.08.85	18 39	+05 01
13	22.11.83	18 39	+05 01
14	26.11.83	19 11	+04 52
15	08.12.84	21 44	+38 12

## 2.9. Исследование комет

С декабря 1985 г. представилась уникальная возможность провести ультрафиолетовые наблюдения с борта АС «Астрон» кометы Галлея. Первоначально такие наблюдения не планировались, поскольку появление этой кометы ожидалось через 2,5 года после вывода «Астрона» на орбиту, а продолжительность работы АС предполагалась лишь около года. Но благодаря тому, что реальная «живучесть» аппарата существенно превзошла ожидаемую, мы смогли включиться в широкую международную кооперацию по изучению кометы Галлея.

Существенное отличие кометных наблюдений от наблюдений звезд и звездных систем связано с видимым движением комет; так, скорость перемещения кометы Галлея относительно звезд достигла 11' в час. Это обстоятельство потребовало некоторого изменения подготовки сеансов наблюдений: на карте звездного неба наносилась видимая траектория движения кометы и вблизи этой траектории для каждого наведения подбирались гидировочная звезда. Все наблюдения комет проводились с использованием гидирующей системы УФТ, и выбор гидировочных звезд проводился с учетом ограничений этой системы, описанных в п.2.5.6. Оптическая ось телескопа во время проведения одной серии измерений сохраняла свое положение с точностью до 1" при поле зрения 0,96□' для фоновой диафрагмы УФС и 96□" — для офсетной диафрагмы. За счет собственного движения комета

«подставляла» в поле зрения различные участки в разные моменты времени.

Программа наблюдений комет на АС «Астрон» включала две задачи: получение ультрафиолетовых спектров комет и фотометрические измерения в полосе гидроксила  $\lambda$  3090 Å. Наиболее полно нами исследовалась комета Галлея, в дальнейшем были проведены наблюдения еще трех комет: Вилсона 1986L, Сорреллса 1986N и Брэдфилда 1987S.

**2.9.1. Ультрафиолетовые спектры комет.** Спектральные наблюдения комет проводились в режиме сканирования с широкой выходной щелью через фоновую диафрагму спектрометра. При этом считывание данных производилось каждые 0,61 с и за 2,5 мин регистрировался весь спектр с шагом около 5 Å и разрешением около 31 Å. Для повышения точности измерений слабых сигналов определения темнового тока (или нуля-пункта) проводились не менее трех раз в течение сеанса.

В табл. 17 приведен список сеансов, в которых производились спектральные наблюдения, всего зарегистрировано около 200 кометных спектров. В таблице указаны даты, моменты начала и конца наблюдений и экваториальные координаты выбранных площадок на небе.

Т а б л и ц а 17

Спектральные наблюдения комет на АС «Астрон»

Объект	Дата	Диафрагма	Координаты (1975)		Время (UT)	
			RA	DEC	Начало	Конец
Комета Галлея	03.12.85	Ф	004422	+115447	041713	042926
Комета Галлея	12.12.85	Ф	232820	+045321	225858	250252
Комета Галлея	23.12.85	Ф	223956	-000407	163528	182009
Комета Галлея	02.04.86	Ф	175852	-411653	192228	203230
Комета Галлея	09.04.86	Ф	153331	-473427	143013	154428
Комета Галлея	26.04.86	Ф	111402	-225936	145121	170953
Комета Галлея	27.06.86	Ф	103249	-050849	122511	125154
Комета Вилсона 1986 L	08.12.86	Ф	195231	-085322	184028	200553
Комета Сорреллса 1986 N	27.01.87	Ф	235115	+113644	193858	195153
Комета Брэдфилда 1987 S	30.12.87	Ф	231942	+260331	193414	194852

На рис. 65 и 66 в качестве иллюстрации показаны две серии спектров кометы Галлея, полученные до и после перигелия; на рисунках каждый последующий спектр смещен относительно предыдущего на 10 единиц абсолютного потока. Диапазон длин волн короче 2000 Å не приводился, поскольку в этой области не зарегистрированы сигналы, достоверно превышающие шумы нуль-пунктов. Данные телеметрии обработаны по программе «Спектр» (см. п. 2.4.3). Из-за постоянного дрейфа кометы в поле зрения УФТ полученные в различные моменты

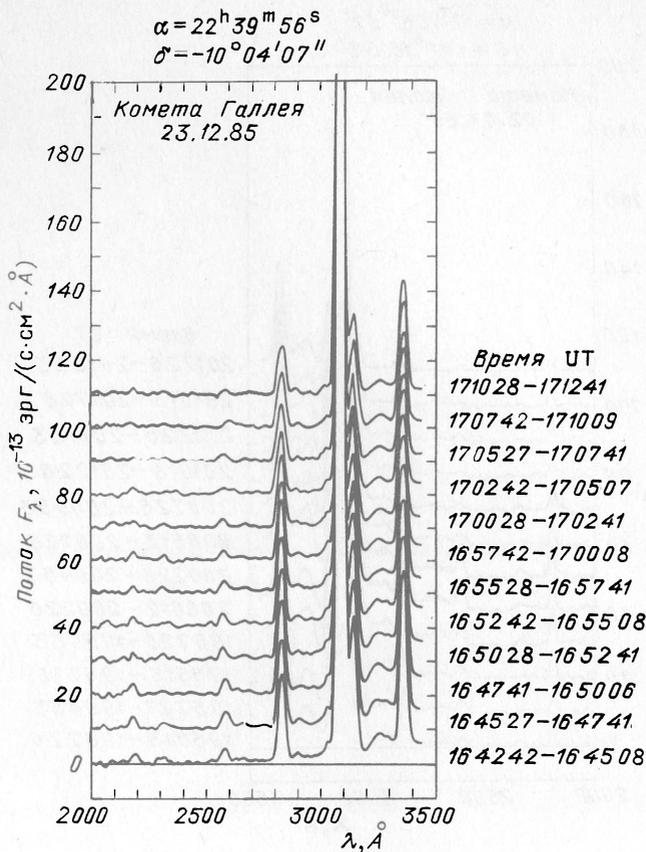


Рис. 65. Серия спектров кометы Галлея, полученных 23.12.85

времени спектры, строго говоря, относятся к разным участкам кометы; поэтому здесь нельзя проводить обычное для неподвижных объектов усреднение нескольких сканов, каждый из них следует рассматривать отдельно, и для улучшения статистики в этой программе используется усреднение данных по спектру скользящим средним с полосой  $20 \text{ \AA}$ . После этой процедуры проводился учет темнового тока (или нуля-пункта) и рассеянного света в спектрометре, затем по калибровочным кривым, представленным на рис. 21, полученные отсчеты переводились в абсолютные единицы потока. Спектральное разрешение обработанных таким образом регистрограмм составляет около  $35 \text{ \AA}$ . Отметим, что при наблюдениях кометы через фоновую диафрагму на основной спектр всегда накладывается более слабый спектр излучения, проходящего в 36 раз меньшую офсетную диафрагму, и этот дополнительный спектр смещен относительно основного на  $70 \text{ \AA}$  в

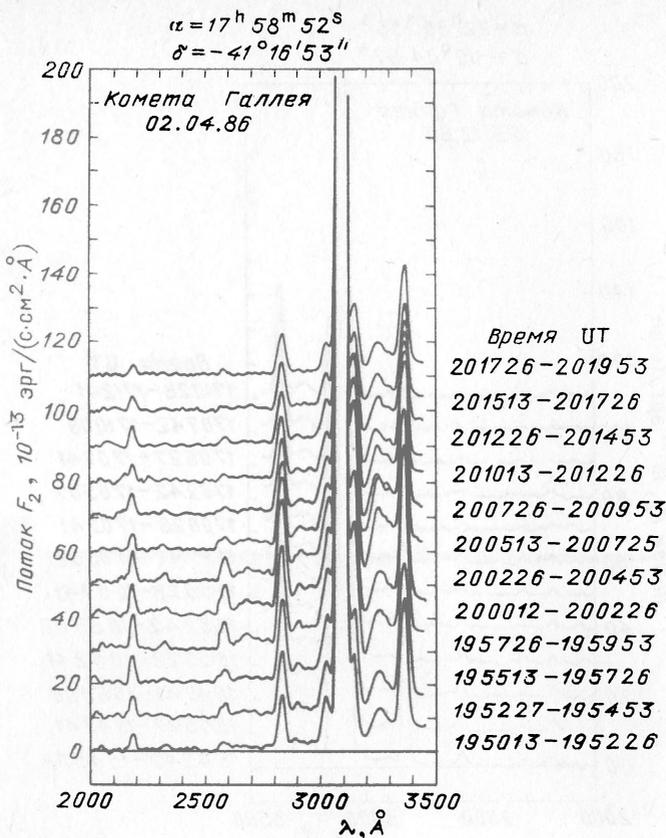


Рис. 66. Серия спектров кометы Галлея, полученных 02.04.86

область более коротких длин волн. В частности, видимая на рисунках эмиссионная деталь  $\lambda 3020 \text{ \AA}$  является деталью офсетного спектра, обусловленной эмиссией гидроксила  $\lambda 3090 \text{ \AA}$ .

В табл. 18 (с. 325-343) приведены потоки излучения в центре девяти отождествленных эмиссионных линий и полос —  $\text{CO}^+ \lambda 2180$ ,  $\text{C}_2 \lambda 2320$ ,  $\text{CS} \lambda 2580$ ,  $\text{CS} \lambda 2670$ ,  $\text{OH} \lambda 2830$ ,  $\text{CO}_2^+ \lambda 2900$ ,  $\text{OH} \lambda 3090$ ,  $\text{OH} \lambda 3145$  и  $\text{NH} \lambda 3360$ , одной неотожествленной эмиссионной детали  $\lambda 3245 \text{ \AA}$  и в четырех участках континуума; для непрерывного спектра определялись средние значения потоков в полосе шириной  $10 \text{ \AA}$ . Рядом с измеренными потоками в таблице даны вероятные ошибки, вычисленные по статистике квантов. Как показал анализ специальных наблюдений, отклонения данных от нормального распределения при низком уровне сигнала и возможные погрешности оценки темнового тока (или нуля-пункта) могут увеличить погрешность

Абсолютные распределения энергии в спектрах комет. Потоки излучения в центре эмиссионных линий и в непрерывном спектре  
в единицах  $10E-13$  эрг/( $\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{Å}$ ), полученные при сканировании спектров

Комета Галлея

Длина волны	RA004422 DEC+115447 03.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	6.1 0.3	04 18 10	6.9 0.3	04 20 43	8.0 0.3	04 23 10	7.8 0.3	04 25 43
3090	75.2 0.8	04 18 42	83.3 0.9	04 20 12	97.0 0.9	04 23 42	98.2 0.9	04 25 12
3145	9.2 0.3	04 18 49	10.4 0.3	04 20 04	13.5 0.4	04 23 48	12.8 0.4	04 25 04
3245			2.1 0.2	04 19 53	2.8 0.2	04 24 01	3.1 0.2	04 24 53
3360	11.2 0.3	04 19 15	11.6 0.3	04 19 38	14.9 0.4	04 24 15	13.5 0.4	04 24 38
2970K			1.0 0.1	04 20 26	1.0 0.1	04 23 28		
3190K			1.4 0.1	04 19 59	1.9 0.2	04 23 53	2.0 0.2	04 24 58
3430K	1.4 0.1	04 19 22	1.5 0.2	04 19 30	2.3 0.2	04 24 22	2.7 0.2	04 24 31

Длина волны	RA232820 DEC+045321 12.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	5.1 0.3	23 00 13	5.6 0.3	23 03 10	6.3 0.3	23 05 43	6.5 0.3	23 08 10
3090	68.4 0.8	22 59 42	76.4 0.8	23 03 42	81.7 0.9	23 05 11	87.8 0.9	23 08 41
3145	7.8 0.3	22 59 35	8.1 0.3	23 03 48	9.0 0.3	23 05 04	9.2 0.3	23 08 48
3360	9.2 0.3	22 59 09	11.9 0.3	23 04 15	11.2 0.3	23 04 38	12.7 0.4	23 09 14

Длина волны	RA232820 DEC+045321 12.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2180	2.1 0.4	23 18 55						

Длина волны	RA232820 DEC+0:5321 12.12.85 Ф		RA232820 DEC+045321 12.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s								
2580	8.7 0.3	23 18 25	9.9 0.3	23 20 57	9.6 0.3	23 23 24	11.2 0.4	23 25 58	2.4 0.3	00 00 55
2830	11.9 3.1 0	23 18 56	125.5 1.1	23 20 26	146.7 1.2	23 23 56	154.9 1.2	23 25 26	7.8 0.3	00 01 24
3090	13.7 0.4	23 19 03	14.5 0.4	23 20 19	17.2 0.4	23 24 03	18.0 0.4	23 25 19	91.6 0.9	00 01 56
3145	2.0 0.2	23 19 15	2.4 0.2	23 20 07	3.1 0.2	23 24 16	3.0 0.2	23 25 06	11.3 0.3	00 02 03
3245	16.5 0.4	23 19 29	17.7 0.4	23 19 53		23 24 29	21.5 0.5	23 24 53	15.3 0.4	00 02 29
3360						23 24 08	1.4 0.1	23 25 14		
3190K						23 24 38	1.5 0.1	23 24 45		
3430K	1.1 0.1	23 19 37								

Длина волны	RA232820 DEC+045321 13.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2830	6.8 0.3	00 03 57	5.8 0.3	00 06 25	5.4 0.3	00 08 58	4.3 0.2	00 11 24	5.6 0.3	00 13 58
3090	86.7 0.9	00 03 26	81.1 0.9	00 06 56	73.0 0.8	00 08 26	63.5 0.8	00 11 56	63.7 0.8	00 13 26
3145	10.8 0.3	00 03 19	9.4 0.3	00 07 03	8.9 0.3	00 08 19	7.4 0.3	00 12 03	7.7 0.3	00 13 19
3245	2.0 0.2	00 03 06	2.1 0.2	00 07 16						
3360	15.8 0.4	00 02 53	14.4 0.4	00 07 29	13.3 0.4	00 07 53	11.9 0.3	00 12 29	11.3 0.3	00 12 53

Длина волны	RA232820 DEC+045321 13.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180									2.5 0.4	16 36 55
2580									3.6 0.4	16 35 54
2830									22.3 0.5	16 36 25

Длина волны	RA232820 DEC+045321 13.12.85 Ф		RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s								
2900										
3090	17.1 0.4	00 54 41	16.9 0.4	00 56 12	16.0 0.4	00 59 41	15.9 0.4	01 01 12	2.2 0.2	16 36 33
3145	2.3 0.2	00 54 49	2.3 0.2	00 56 05	2.3 0.2	00 59 49			295.6 1.6	16 36 57
3245									34.2 0.6	16 37 03
3360	4.4 0.2	00 55 15	4.1 0.2	00 55 38	4.1 0.2	01 00 14	3.9 0.2	01 00 38	7.4 0.3	16 37 16
2970K									48.5 0.7	16 37 30
3190K									1.8 0.2	16 36 41
3430K									3.7 0.2	16 37 08
									5.0 0.2	16 37 37

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	2.7 0.4	16 38 28	3.1 0.4	16 41 55	3.3 0.4	16 43 28	4.3 0.4	16 46 55	3.8 0.4	16 48 28
2320										
2580	4.4 0.4	16 39 28	5.0 0.5	16 40 54	5.0 0.5	16 44 29	2.0 0.3	16 47 11	5.5 0.5	16 49 28
2830	24.0 0.5	16 38 58	25.1 0.5	16 41 25	27.0 0.6	16 43 58	26.4 0.5	16 46 25	28.0 0.6	16 48 58
2900	2.5 0.2	16 38 48	2.6 0.2	16 41 34	3.2 0.2	16 43 50	3.2 0.2	16 46 34	3.1 0.2	16 48 49
3090	307.2 1.7	16 38 26	332.5 1.7	16 41 57	352.0 1.8	16 43 26	361.2 1.8	16 46 57	366.3 1.8	16 48 26
3145	36.1 0.6	16 38 19	40.6 0.6	16 42 04	43.4 0.6	16 43 20	44.4 0.6	16 47 04	46.3 0.7	16 48 19
3245	8.1 0.3	16 38 06	8.3 0.3	16 42 16	9.0 0.3	16 43 07	8.8 0.3	16 47 16	9.5 0.3	16 48 07
3360	49.4 0.7	16 37 53	55.8 0.7	16 42 30	57.4 0.7	16 42 53	57.5 0.7	16 47 30	58.8 0.7	16 47 53
2785K	1.2 0.2	16 39 04			1.1 0.2	16 44 03				
2970K	2.4 0.2	16 38 40	2.3 0.2	16 41 41	2.2 0.2	16 43 40	2.1 0.2	16 46 43	2.5 0.2	16 48 40
3190K	3.6 0.2	16 38 14	4.8 0.2	16 42 08	4.7 0.2	16 43 15	6.0 0.2	16 47 08	4.4 0.2	16 48 13
3430K	5.4 0.2	16 37 45	5.8* 0.3	16 42 39	6.1 0.3	16 42 45	6.6 0.3	16 47 38	6.4 0.3	16 47 44

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	3.1 0.4	16 51 55	3.8 0.4	16 53 28	2.8 0.4	16 56 55	2.9 0.4	16 58 29	2.6 0.4	17 01 55
2320	2.3 0.3	16 52 11	4.8 0.5	16 54 29	2.0 0.3	16 57 11	3.5 0.5	16 59 30	3.4*0.5	17 00 53
2580	4.9 0.5	16 50 54	2.2 0.3	16 54 19	4.6 0.5	16 55 54				
2670										
2830	27.7 0.6	16 51 25	27.3 0.6	16 53 58	28.9 0.6	16 56 25	24.1 0.5	16 58 58	22.6 0.5	17 01 25
2900	3.1 0.2	16 51 34	3.3 0.2	16 53 50	2.6 0.2	16 56 34	2.2 0.2	16 58 50		
3090	3.6 3 1.8	16 51 57	35.4 1.8	16 53 26	34.3 7 1.8	16 56 57	32.1 4 1.7	16 58 26	29.1 6 1.6	17 01 56
3145	44.2 0.6	16 52 03	44.4 0.6	16 53 20	42.0 0.6	16 57 03	38.8 0.6	16 58 20	35.1*0.7	17 02 03
3245	8.5 0.3	16 52 17	8.3 0.3	16 53 07	6.6 0.3	16 57 17	6.8 0.3	16 58 07	5.7 0.2	17 02 16
3360	59.1 0.7	16 52 30	58.3 0.7	16 52 54	54.2 0.7	16 57 30	51.6 0.7	16 57 53	46.4 0.7	17 02 29
2785K	1.1 0.2	16 51 19	1.4 0.2	16 54 03						
2970K	2.3*0.2	16 51 42	2.3 0.2	16 53 41	1.9 0.2	16 56 42	1.7 0.2	16 58 41	1.1 0.1	17 01 42
3190K	4.6 0.2	16 52 08	4.3 0.2	16 53 15	4.6 0.2	16 57 08	3.4 0.2	16 58 15	2.8 0.2	17 02 08
3430K	5.9 0.3	16 52 38	5.5*0.3	16 52 44	4.8 0.2	16 57 37	4.8*0.3	16 57 45	3.3 0.2	17 02 37

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	2.3 0.4	17 03 28	2.6 0.4	17 05 53	2.2 0.4	17 11 55	2.2 0.4	17 11 55	2.2 0.4	17 14 30
2580	2.1 0.4	17 04 30	17.5 0.5	17 06 25	16.9 0.4	17 08 58	14.4 0.4	17 11 25	13.5 0.4	17 13 58
2830	19.6 0.5	17 03 58	230.6 1.4	17 06 57	238.1*1.9	17 08 27	196.3 1.3	17 11 57	184.5 1.3	17 13 26
3090	27.6 1 1.6	17 03 26	26.8*0.6	17 07 04	26.5 0.5	17 08 20	23.7 0.5	17 12 03	21.3 0.4	17 13 20
3145	34.1 0.6	17 03 19	4.4*0.2	17 07 17	4.2 0.2	17 08 06	3.9 0.2	17 12 16	3.4 0.2	17 13 06
3245	5.4 0.2	17 03 06								

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
3360	45.7 0.7	17 02 53	38.8 0.6	17 07 30	37.7* 0.7	17 07 52	33.4 0.6	17 12 30
2970K	1.0 0.1	17 03 40			1.4* 0.2	17 08 13	1.2* 0.2	17 12 09
3190K	2.1 0.2	17 03 15	1.6 0.1	17 07 08	2.3 0.2	17 07 46	1.9 0.2	17 12 38
3430K	3.2 0.2	17 02 44	2.3 0.2	17 07 37				

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2180	12.9 0.4	17 16 25	2.7* 0.6	17 18 28	11.6* 0.4	17 21 25	10.0 0.4	17 23 58
2830	175.2* 1.4	17 16 56	11.9 0.4	17 18 59	105.2* 1.3	17 21 56	147.7* 1.5	17 23 26
3090	20.1 0.4	17 17 04	163.8* 1.4	17 18 26	17.6* 0.6	17 22 04	16.3 0.4	17 23 19
3145	3.0* 0.2	17 17 17	18.8 0.4	17 18 19	2.4* 0.2	17 22 16	2.8 0.2	17 23 06
3245	28.9 0.5	17 17 30	3.1 0.2	17 18 07	25.5 0.5	17 22 30	24.8 0.5	17 22 53
3360	1.4* 0.1	17 17 39	28.6* 0.6	17 17 53	1.5 0.2	17 22 38	1.2 0.1	17 22 46
3430K			1.4 0.1	17 17 44				

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2180	2.1 0.4	17 28 29	8.3 0.3	17 31 25	5.8 0.3	17 43 58	5.0 0.3	17 46 25
2830	8.8 0.3	17 28 58	107.8 1.0	17 31 57	75.9 0.8	17 43 27	70.1 0.8	17 46 57
3090	115.6 1.0	17 28 26	12.3 0.4	17 32 04	9.4 0.3	17 43 19	8.2 0.3	17 47 03
3145	13.8 0.4	17 28 20						

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
3245	2.4*0.2	17 28 06	2.5 0.2	17 32 17	15.4 0.4	17 42 54	13.8 0.4	17 47 30	14.1 0.4	17 47 53
3360	22.9 0.5	17 27 53	18.8*0.6	17 32 30						
3190K			1.1*0.1	17 32 08						
3430K	1.5 0.2	17 27 46							1.8 0.2	17 47 45

Длина волны	RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф		RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф		RA223956 DEC-000407 23.12.85 Ф		RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф	
	F (10E-13)	UT h m s								
2180										
2830	4.8 0.3	17 51 25	4.0 0.2	17 58 58	3.7 0.2	18 01 25	6.3 0.3	19 23 44	2.9 0.4	19 31 40
2900									7.7 0.3	19 31 10
3090	64.2*0.9	17 51 56	51.5 0.7	17 58 26	48.9 0.7	18 01 57	238.9 1.5	19 23 12	2.2 0.2	19 31 18
3145	7.8*0.3	17 52 04	6.6 0.3	17 58 19	6.1 0.3	18 02 03	10.1 0.3	19 23 05	303.7 1.7	19 31 41
3245							5.2 0.2	19 22 53	13.6 0.4	19 31 48
3360	13.7*0.4	17 52 30	11.3 0.3	17 57 54	10.8 0.3	18 02 30	17.1 0.4	19 22 39	6.6 0.3	19 32 01
2970K									21.4 0.5	19 32 14
3190K									1.5 0.1	19 31 26
3430K									1.8 0.2	19 31 53
									3.3 0.2	19 32 22

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	3.9 0.4	19 33 11	2.9 0.4	19 36 40	2.9 0.4	19 38 12	3.4 0.4	19 41 40	3.1 0.4	19 43 11

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
2580	2.70.4	19 34 13	2.10.4	19 39 15	2.10.4	19 39 15	2.10.4	19 39 15	2.10.4	19 39 15	2.80.4	19 44 13
2830	8.10.3	19 33 42	8.70.3	19 36 10	8.70.3	19 36 10	8.70.3	19 36 10	11.10.4	19 41 09	11.60.4	19 43 43
2900	2.20.2	19 33 35	2.20.2	19 36 17	2.20.2	19 36 17	2.50.2	19 38 35	2.50.2	19 41 19	2.70.2	19 43 35
3090	316.91.7	19 33 11	351.81.8	19 36 42	370.51.8	19 38 11	370.51.8	19 38 11	415.91.9	19 41 41	444.22.0	19 43 11
3145	13.50.4	19 33 05	15.50.4	19 36 49	16.80.4	19 38 04	16.80.4	19 38 04	18.30.4	19 41 48	19.20.4	19 43 04
3245	6.90.3	19 32 51	8.00.3	19 37 01	8.00.3	19 37 51	8.00.3	19 37 51	8.90.3	19 42 01	8.80.3	19 42 51
3360	20.90.4	19 32 38	23.50.5	19 37 15	24.90.5	19 37 38	24.90.5	19 37 38	28.70.5	19 42 14	28.80.5	19 42 38
2785K									1.20.2	19 41 03		
2970K	1.20.1	19 33 26	1.30.1	19 36 27	1.50.1	19 38 26	1.50.1	19 38 26	1.70.2	19 41 27	1.40.1	19 43 26
3190K	2.00.2	19 32 59	2.00.2	19 36 55	2.40.2	19 37 59	2.40.2	19 37 59	2.70.2	19 41 54	3.00.2	19 42 59
3430K	3.30.2	19 32 30	3.30.2	19 37 23	3.90.2	19 37 30	3.90.2	19 37 30	3.90.2	19 42 22	4.40.2	19 42 30

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
2180	4.80.5	19 46 40	5.30.5	19 48 12	5.30.5	19 51 40	5.30.5	19 51 40	7.00.5	19 53 12	9.60.6	19 56 39
2320			2.10.3	19 51 57	2.10.3	19 51 57	2.10.3	19 51 57	4.50.5	19 54 14	2.60.3	19 56 56
2580			2.90.4	19 50 38	2.90.4	19 50 38	2.90.4	19 50 38	4.50.5	19 54 14	5.40.5	19 55 38
2670											2.80.3	19 55 49
2830	12.90.4	19 46 10	14.70.4	19 48 43	17.10.4	19 51 09	17.10.4	19 51 09	20.50.5	19 53 43	26.10.5	19 56 09
2900	3.40.2	19 46 18	3.70.2	19 48 35	3.90.2	19 51 18	3.90.2	19 51 18	4.60.2	19 53 35	6.90.3	19 56 18
3090	515.22.2	19 46 41	546.52.2	19 48 11	677.22.5	19 51 41	677.22.5	19 51 41	751.62.6	19 53 11	1030.23.1	19 56 41
3145	23.10.5	19 46 48	23.60.5	19 48 04	29.70.5	19 51 48	29.70.5	19 51 48	33.10.6	19 53 04	49.40.7	19 56 48
3245	10.10.3	19 47 00	10.70.3	19 47 52	13.30.4	19 52 01	13.30.4	19 52 01	14.50.4	19 52 52	22.40.5	19 57 01

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф			RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
3360	34.1 0.6	19 47 14	34.7*0.6	19 47 38	46.6 0.7	19 52 14	46.8 0.7	19 52 38	71.1 0.8	19 57 14	71.1 0.8	19 57 14
2785K			1.6 0.2	19 48 49	1.6 0.2	19 51 04	1.6 0.2	19 53 48	2.0 0.2	19 56 03	2.0 0.2	19 56 03
2970K	1.9 0.2	19 46 26	2.0 0.2	19 48 25	2.7 0.2	19 51 26	3.4 0.2	19 53 25	4.9 0.2	19 56 27	4.9 0.2	19 56 27
3190K	3.3 0.2	19 46 54	3.3 0.2	19 47 58	4.8 0.2	19 51 53	4.8 0.2	19 52 58	10.0 0.3	19 56 54	10.0 0.3	19 56 54
3430K	5.3 0.2	19 47 22	5.5 0.2	19 47 30	7.6 0.3	19 52 22	7.4 0.3	19 52 30	16.4 0.4	19 57 22	16.4 0.4	19 57 22
2180	11.8 0.6	19 58 12	10.6 0.6	20 01 40	10.5 0.6	20 03 13	10.5 0.6	20 03 13	5.6 0.5	20 06 40	5.6 0.5	20 06 40
2320			3.5 0.3	20 01 57	8.5 0.6	20 04 14	2.1 0.3	20 05 39	5.1 0.5	20 05 56	3.2 0.4	20 09 14
2580	9.4 0.6	19 59 14	10.6 0.6	20 00 39	5.6 0.3	20 04 01	3.7 0.3	20 05 50	26.5 0.5	20 06 10	2.4 0.3	20 09 04
2670	6.1 0.4	19 59 02	5.7 0.3	20 00 50	32.1 0.6	20 03 43	32.1 0.6	20 03 43	7.1 0.3	20 06 19	23.0 0.5	20 08 42
2830	32.5 0.6	19 58 43	35.5 0.6	20 01 09	10.0 0.3	20 03 33	10.0 0.3	20 03 33	94.2 0.2 9	20 06 41	5.0 0.2	20 08 33
2900	9.3 0.3	19 58 34	10.6 0.3	20 01 19	1247.3 3.4	20 01 41	1219.5 3.3	20 03 11	857.1 2.8	20 08 11	857.1 2.8	20 08 11
3090	115:7 3.2	19 58 11	61.8 0.8	20 01 48	58.3 0.7	20 03 04	58.3 0.7	20 03 04	42.6 0.6	20 06 48	38.7 0.6	20 08 04
3145	54.0 0.7	19 58 04	33.1 0.6	20 02 00	32.2 0.5	20 02 52	32.2 0.5	20 02 52	22.2 0.5	20 07 00	20.5 0.4	20 07 52
3245	24.5 0.5	19 57 51	80.0 0.9	20 02 14	79.9 0.9	20 02 38	79.9 0.9	20 02 38	55.9 0.7	20 07 14	54.2 0.7	20 07 38
3360	71.5 0.8	19 57 38	3.8 0.2	20 01 03	3.7 0.2	20 03 49	3.7 0.2	20 03 49	2.2 0.2	20 06 04	1.9 0.2	20 08 48
2785K	3.3 0.2	19 58 49	9.4 0.3	20 01 26	9.4 0.3	20 03 26	9.4 0.3	20 03 26	6.3 0.3	20 06 26	4.8 0.2	20 08 25
2970K	7.5 0.3	19 58 24	17.0 0.4	20 01 53	16.2 0.4	20 02 58	16.2 0.4	20 02 58	10.4 0.3	20 06 54	9.0 0.3	20 07 58
3190K	12.9 0.4	19 57 58	23.2 0.5	20 02 23	24.2 0.5	20 02 30	24.2 0.5	20 02 30	13.4 0.4	20 07 22	13.1 0.4	20 07 30
3430K	16.0 0.4	19 57 30										

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	5.5 0.5	20 11 39	6.1 0.5	20 13 12	5.1 0.5	20 16 40	4.0 0.4	20 18 12	3.3 0.4	20 21 40
2580	2.9 0.4	20 10 38	3.1 0.4	20 14 14			2.4 0.4	20 19 14		
2670	2.3 0.3	20 10 49								
2830	19.2 0.5	20 11 10	16.2 0.4	20 13 43	14.4 0.4	20 16 09	12.8 0.4	20 18 43	11.6 0.4	20 21 09
2900	4.0 0.2	20 11 19	3.1 0.2	20 13 34						
3090	725.2 2.6	20 11 41	659.9 2.5	20 13 11	574.0 2.3	20 16 41	548.6 2.2	20 18 11	472.1 2.1	20 21 41
3145	29.4 0.5	20 11 48	26.9 0.5	20 13 04	23.1 0.5	20 16 48	21.6 0.4	20 18 04	18.0 0.4	20 21 48
3245	15.2 0.4	20 12 00	14.3 0.4	20 12 51	10.6 0.3	20 17 00	10.1 0.3	20 17 53	8.4 0.3	20 22 00
3360	42.2 0.6	20 12 14	39.6 0.6	20 12 38	31.5 0.5	20 17 14	33.1 0.6	20 17 38	39.0 0.6	20 22 15
2785K	1.7 0.2	20 11 05	1.3 0.2	20 13 48						
2970K	3.7 0.2	20 11 26	3.0 0.2	20 13 24	2.0 0.2	20 16 26	1.6 0.2	20 18 24	1.4 0.1	20 21 26
3190K	6.2 0.3	20 11 54	5.2 0.2	20 12 58	3.3 0.2	20 16 53	3.2 0.2	20 17 58	2.7 0.2	20 21 53
3430K	7.6 0.3	20 12 23	7.8 0.3	20 12 30	4.5 0.2	20 17 22	4.0 0.2	20 17 30	3.1 0.2	20 22 22

Длина волны	RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		RA175852 DEC-411653 02.04.86 Ф		RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф		RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф		RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф	
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	4.6 0.5	20 23 13	3.2 0.4	20 31 39						
2830	10.5 0.4	20 23 42	9.0 0.3	20 31 31						
3090	456.4 2.0	20 23 11	359.8 1.8	20 31 40	67.2 0.8	14 31 41	69.1 0.8	14 33 10	78.5 0.8	14 36 41
3145	17.8 0.4	20 23 04	13.5 0.4	20 31 47	3.2 0.2	14 31 47	3.2 0.2	14 33 04	4.1 0.2	14 36 48
3245	8.0 0.3	20 22 52	5.9 0.2	20 31 59	2.8 0.2	14 32 00	2.5 0.2	14 32 50	2.3* 0.2	14 37 00
3360	26.1 0.5	20 22 38	19.2 0.4	20 32 13	6.3 0.3	14 32 13	6.4 0.3	14 32 37	7.2 0.3	14 37 14
2970K	1.4 0.1	20 23 25								



Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
3360	13.00.4	14 52 14	12.80.4	14 52 37	14.20.4	14 57 14	14.70.4	14 57 38	18.00.4	15 02 14	18.00.4	15 02 14
3190К:			1.10.1	14 52 57	1.20.1	14 56 52	1.60.1	14 57 57	1.40.1	15 01 53	1.40.1	15 01 53
3430К	2.00.2	14 52 21	1.80.2	14 52 28	2.60.2	14 57 22	2.20.2	14 57 30	3.00.2	15 02 22	3.00.2	15 02 22

Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
2180			3.00.4	15 11 40	2.80.4	15 13 11	2.70.4	15 16 39	4.00.4	15 18 12	4.00.4	15 18 12
2580			8.10.3	15 11 10	9.00.3	15 13 42	10.10.3	15 16 10	3.10.4	15 19 14	3.10.4	15 19 14
2830	5.80.3	15 03 42	2.50.2	15 11 18	2.80.2	15 13 34	3.70.2	15 16 17	11.70.4	15 18 42	11.70.4	15 18 42
2900	2.50.2	15 03 33	322.51.7	15 11 41	340.31.8	15 13 11	406.51.9	15 16 41	3.70.2	15 18 34	3.70.2	15 18 34
3090	228.01.4	15 03 10	14.60.4	15 11 48	15.20.4	15 13 04	18.30.4	15 16 48	450.42.0	15 18 10	450.42.0	15 18 10
3145	10.20.3	15 03 04	8.40.3	15 12 01	8.00.3	15 12 50	9.90.3	15 17 01	19.30.4	15 18 04	19.30.4	15 18 04
3245	6.00.2	15 02 50	24.60.5	15 12 14	24.40.5	15 12 37	29.80.5	15 17 14	10.30.3	15 17 50	10.30.3	15 17 50
3360	17.70.4	15 02 37	1.30.1	15 11 26	1.30.1	15 13 24	1.50.1	15 16 27	300.0.5	15 17 37	300.0.5	15 17 37
2970К			2.20.2	15 11 52	2.30.2	15 12 58	2.80.2	15 16 54	1.60.2	15 18 25	1.60.2	15 18 25
3190К	1.50.1	15 02 58	3.80.2	15 12 23	3.80.2	15 12 30	5.20.2	15 16 54	2.90.2	15 17 59	2.90.2	15 17 59
3430К	2.40.2	15 02 29							4.50.2	15 17 30	4.50.2	15 17 30

Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф			RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф		
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
2180	5.90.5	15 21 39	5.70.5	15 23 12	7.20.5	15 26 39	9.70.6	15 28 12	10.00.6	15 31 40	10.00.6	15 31 40
2320	2.00.3	15 21 56			2.50.3	15 26 56			3.00.3	15 31 57	3.00.3	15 31 57

Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2580			3.40.4	15 24 13	5.70.5	15 25 39	11.00.6	15 29 13	10.90.6	15 30 39
2670					2.10.3	15 25 48	6.20.4	15 29 01	6.90.4	15 30 49
2830	14.00.4	15 21 09	17.20.4	15 23 42	22.30.5	15 26 09	30.10.6	15 28 42	32.80.6	15 31 10
2900	4.00.2	15 21 17	4.60.2	15 23 34	6.20.3	15 26 18	11.70.4	15 28 33	12.20.4	15 31 18
3090	566.7.2.3	15 21 41	6'2.4.2.4	15 23 10	872.8.2.8	15 26 41	100'1.3.0	15 28 10	1084.6.3.1	15 31 41
3145	26.20.5	15 21 48	27.30.5	15 23 04	42.60.6	15 26 48	51.00.7	15 28 03	56.70.7	15 31 48
3245	12.20.3	15 22 01	12.90.4	15 22 50	21.20.4	15 27 01	26.00.5	15 27 50	32.20.5	15 32 00
3360	38.50.6	15 22 14	40.30.6	15 22 37	60.70.8	15 27 14	62.10.8	15 27 38	71.30.8	15 32 14
2785K	1.10.2	15 21 03	1.20.2	15 23 48	1.80.2	15 26 03	3.90.2	15 28 48	4.40.3	15 31 03
2970K	2.20.2	15 21 26	2.70.2	15 23 26	4.40.2	15 26 26	9.50.3	15 28 25	10.60.3	15 31 26
3190K	4.20.2	15 21 53	4.80.2	15 22 57	9.30.3	15 26 53	13.60.4	15 27 57	17.80.4	15 31 52
3430K	7.10.3	15 22 21	6.70.3	15 22 29	15.40.4	15 27 22	16.50.4	15 27 30	22.20.5	15 32 22

Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2180	7.40.5	15 33 12	6.40.5	15 36 39	5.30.5	15 38 12	2.90.4	15 41 40	3.60.4	15 43 12
2320							2.40.3	15 41 55		
2580	5.20.5	15 34 13	3.10.4	15 35 40			2.00.4	15 40 39		
2670	3.30.3	15 34 01								
2830	25.50.5	15 33 42	20.30.5	15 36 09	16.00.4	15 38 42	13.70.4	15 41 09	11.80.4	15 43 42
2900	7.70.3	15 33 33	4.50.2	15 36 18	3.40.2	15 38 34	2.50.2	15 41 17	2.10.2	15 43 33
3090	927.8.2.9	15 33 10	722.8.2.6	15 36 41	655.8.2.4	15 38 10	521.7.2.2	15 41 41	490.6.2.1	15 43 10

Длина волны	RA153331 DEC-473427 09.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
3145	42.60.6	15 33 03	32.20.5	15 36 48	27.80.5	15 38 04	21.00.4	15 41 48
3245	25.60.5	15 32 51	16.10.4	15 37 00	14.10.4	15 37 52	9.90.3	15 41 59
3360	65.10.8	15 32 38	39.60.6	15 37 14	39.20.6	15 37 37	29.20.5	15 42 14
2785K	2.30.2	15 33 48	1.50.2	15 36 03	1.20.2	15 38 48		
2970K	7.40.3	15 33 25	4.10.2	15 36 27	2.80.2	15 38 24	1.90.2	15 41 26
3190K	12.00.3	15 32 57	6.60.3	15 36 54	5.60.2	15 37 58	3.40.2	15 41 54
3430K	21.80.5	15 32 30	8.30.3	15 37 22	8.30.3	15 37 29	5.00.2	15 42 21

Длина волны	RA11402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
3090	68.70.8	14 51 41	70.30.8	14 53 11	74.70.8	14 56 41	73.90.8	14 58 10
3145	2.60.2	14 51 48	2.50.2	14 53 04	2.90.2	14 56 48	2.60.2	14 58 04
3360	3.40.2	14 52 14	3.40.2	14 52 38	3.60.2	14 57 14	3.80.2	14 57 37

Длина волны	RA11402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	2.30.2	15 03 43	2.20.2	15 06 09	2.20.2	15 08 42	2.00.2	15 11 10
3090	81.40.9	15 03 11	87.00.9	15 06 42	88.60.9	15 08 11	92.40.9	15 11 41
3145	3.40.2	15 03 04	3.00.2	15 06 48	3.70.2	15 08 05	3.80.2	15 11 48
3360	4.40.2	15 02 38	4.10.2	15 07 15	4.30.2	15 07 38	5.00.2	15 12 14

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	2.2.0.2	15 16 09	2.6.0.2	15 18 43	2.7.0.2	15 21 09	2.6.0.2	15 23 42
3090	97.6.0.9	15 16 41	110.7* 1.1	15 18 12	109.2.1.0	15 21 41	107.6.1.0	15 23 11
3145	3.6.0.2	15 16 48	4.0.0.2	15 18 04	4.4.0.2	15 21 48	4.4.0.2	15 23 04
3245							2.4.0.2	15 22 53
3360	5.2.0.2	15 17 14	5.0.0.2	15 17 38	5.6.0.2	15 22 14	5.6.0.2	15 22 38
3190K			1.0.0.1	15 17 58				
3430K			1.0* 0.1	15 22 23				

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	3.1.0.2	15 28 42	2.8.0.2	15 36 09	3.3.0.2	15 38 43	3.6.0.2	15 41 10
3090	112.7.1.0	15 28 11	130.3.1.1	15 36 41	135.2.1.1	15 38 11	146.1.1.2	15 41 42
3145	4.6.0.2	15 28 04	5.5.0.2	15 36 48	5.3.0.2	15 38 04	6.5.0.3	15 41 48
3245	2.3.0.2	15 27 52	2.9.0.2	15 37 01	2.7.0.2	15 37 51	3.7.0.2	15 42 00
3360	5.8.0.2	15 27 38	6.5.0.3	15 37 15	6.4.0.3	15 37 38	8.5.0.3	15 42 15
3190K			1.0.0.1	15 36 53	1.2.0.1	15 37 59	1.3.0.1	15 41 54
3430K	1.4.0.1	15 27 30	1.4* 0.1	15 37 23	1.9.0.2	15 37 29	2.2.0.2	15 42 22

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2180			2.0.0.4	15 48 13	2.4.0.4	15 51 40	2.3.0.4	15 53 12
2580							2.4.0.4	15 54 13

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2830	4.2 0.2	15 46 10	4.6 0.3	15 48 43	5.4 0.3	15 51 09	6.9 0.3	15 53 43
2900							2.7 0.2	15 53 35
3030	172.8 1.3	15 46 41	182.6 1.3	15 48 11	221.1 1.4	15 51 41	233.1 1.5	15 53 11
3145	7.7 0.3	15 46 48	8.2 0.3	15 48 04	10.2 0.3	15 51 48	12.2 0.3	15 53 04
3245	4.5 0.2	15 47 01	4.9 0.2	15 47 51	7.2 0.3	15 52 01	7.1 0.3	15 52 51
3360	8.7 0.3	15 47 15	10.1 0.3	15 47 38	12.8 0.4	15 52 14	13.2 0.4	15 52 38
2785K							1.4 0.2	15 53 49
2970K			1.6 0.2	15 48 25	1.9 0.2	15 51 27	2.5 0.2	15 53 24
3190K	1.8 0.2	15 46 53	2.3 0.2	15 47 58	3.5 0.2	15 51 53	4.1 0.2	15 52 58
3430K	2.9 0.2	15 47 22	3.1 0.2	15 47 30	5.2 0.2	15 52 23	5.3 0.2	15 52 30

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
2180			2.5 0.4	16 01 40	2.5 0.4	16 03 11		
2580	3.0 0.4	15 59 14	2.7 0.4	16 00 39	2.7 0.4	16 04 14	2.3 0.4	16 05 38
2670			2.3 0.2	16 00 50				
2830	8.4 0.3	15 58 43	7.6 0.3	16 01 10	7.0 0.3	16 03 43	6.3 0.3	16 06 10
2900	3.4 0.2	15 58 33	3.3 0.2	16 01 19	3.1 0.2	16 03 33	2.5 0.2	16 06 19
3090	270.7 1.6	15 58 11	266.1 1.6	16 01 41	258.1 1.5	16 03 11	224.9 1.4	16 06 41
3145	13.6 0.4	15 58 04	14.6 0.4	16 01 48	13.5 0.4	16 03 04	11.8 0.3	16 06 48
3245	8.5 0.3	15 57 51	8.6 0.3	16 02 02	8.7 0.3	16 02 50	6.0 0.2	16 07 01
3360	16.2 0.4	15 57 38	16.7 0.4	16 02 14	16.1 0.4	16 02 38	12.4 0.4	16 07 15
2785K	1.0 0.2	15 58 49					2.1 0.4	16 09 14
							5.5 0.3	16 08 43
							2.2 0.2	16 08 32
							205.8 1.4	16 08 11
							10.4 0.3	16 08 04
							5.8 0.2	16 07 51
							12.1 0.3	16 07 37

Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2970K	3.1 0.2	15 58 25	2.8 0.2	16 01 27	2.4 0.2	16 03 26	1.9 0.2	16 06 26	2.0 0.2	16 08 25
3190K	4.7 0.2	15 57 58	5.1 0.2	16 01 54	5.3 0.2	16 02 59	3.3 0.2	16 06 53	3.4 0.2	16 07 59
3430K	6.5 0.3	15 57 30	7.0 0.3	16 02 22	6.6 0.3	16 02 30	4.7 0.2	16 07 22	4.3 0.2	16 07 29
Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2830	4.8 0.3	16 11 10	4.3 0.2	16 13 43	3.6 0.2	16 16 10	3.5 0.2	16 18 43	3.4 0.2	16 21 10
3090	176.0 1.3	16 11 41	167.6 1.2	16 13 11	149.4 1.2	16 16 42	142.3 1.1	16 18 11	130.3 1.1	16 21 41
3145	8.0 0.3	16 11 48	7.6 0.3	16 13 04	6.8 0.3	16 16 48	5.8 0.2	16 18 04	5.4 0.2	16 21 47
3245	4.5 0.2	16 12 01	3.9 0.2	16 12 51	3.5 0.2	16 16 59	3.3 0.2	16 17 51	3.0 0.2	16 22 00
3360	9.5 0.3	16 12 14	8.8 0.3	16 12 38	8.1 0.3	16 17 15	7.8 0.3	16 17 38	7.0 0.3	16 22 14
2970K	1.3 0.1	16 11 26	1.3 0.1	16 13 26						
3190K	2.4 0.2	16 11 53	1.9 0.2	16 12 58	2.1 0.2	16 16 54	1.4 0.1	16 17 58	1.2 0.1	16 21 53
3430K	2.8 0.2	16 12 22	2.8 0.2	16 12 29	2.1* 0.2	16 17 23	2.6 0.2	16 17 29	1.7 0.2	16 22 24
Длина волны	RA111402 DEC-225936 26.04.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2830	3.2 0.2	16 23 43	2.9 0.2	16 26 09	2.8 0.2	16 28 42	2.5 0.2	16 36 10	2.6 0.2	16 38 42
3090	126.8 1.1	16 23 11	115.4 1.0	16 26 41	112.1 1.0	16 28 11	94.0 0.9	16 36 41	93.1 0.9	16 38 11
3145	5.8 0.2	16 23 04	5.1 0.2	16 26 48	4.5 0.2	16 28 04	4.3 0.2	16 36 48	4.5 0.2	16 38 05
3245	2.8 0.2	16 22 52	2.4 0.2	16 27 01	2.5 0.2	16 27 51			2.3* 0.2	16 37 51
3360	6.8 0.3	16 22 38	6.6 0.3	16 27 14	6.4 0.3	16 27 37	5.5 0.2	16 37 14	5.4 0.2	16 37 38



Длина волны	RA11402 DEC-225936 26.04.86 Ф		RA11402 DEC-225936 26.04.86 Ф		RA103249 DEC-050849 27.06.86 Ф		RA103249 DEC-050849 27.06.86 Ф		RA103249 DEC-050849 27.06.86 Ф	
	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s	F (10E-13)	UT h m s
3090	57.7 0.7	17 06 42	55.2 0.7	17 08 11	13.5 0.4	12 26 39	13.5 0.4	12 28 08	14.3 0.4	12 34 54
3145	2.4 0.2	17 06 48	2.5 0.2	17 08 04						
3360	3.1 0.2	17 07 15	3.7 0.2	17 07 38						

Длина волны	RA103249 DEC-050849 27.06.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
3090	13.4 0.4	12 36 24	13.5 0.4	12 39 54	13.6 0.4	12 41 23	13.1 0.4	12 51 10

Комета Вилсона 1986 L

Длина волны	RA195231 DEC-085322 08.12.86 Ф							
	F (10E-13)	UT h m s						
3090	9.7 0.3	18 41 56	9.2 0.3	18 43 26	9.2 0.3	18 48 26	9.7 0.3	18 52 42
3430K					1.0 0.1	18 53 23	1.0 0.1	18 53 23
3090	9.3 0.3	18 57 41	8.9 0.3	18 59 11	9.2 0.3	19 02 41	8.8 0.3	19 04 11
3430K					1.1 0.1	19 03 30	1.1 0.1	19 03 30

Длина волны	RA195231 DEC-085322 08.12.86 Ф		RA195232 DEC-085344 08.12.86 Ф		RA195232 DEC-085344 08.12.86 Ф		RA195232 DEC-085344 08.12.86 Ф	
	F (10E-13)	UT h m s						
3090	8.9 0.3	19 09 11	8.9 0.3	19 32 42	8.6 0.3	19 34 11	9.6 0.3	19 37 41

Длина волны	RA195232 DEC-085344 08.12.86 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
3090	8.8 0.3	19 42 41	9.3 0.3	19 44 11	9.1 0.3	19 47 42	9.1 0.3	19 49 11	8.7 0.3	19 52 42
3090	9.0 0.3	19 54 11	9.0 0.3	19 57 41	9.3 0.3	19 59 11	8.0 0.3	20 02 41	8.9 0.3	20 04 11
3430K					1.0 0.1	19 58 29	1.2 0.1	20 03 23		

Комета Сорреллса 1986 N

Длина волны	RA235115 DEC+113644 27.01.87 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
2830							2.3 0.2	19 48 10		
3090	13.2 0.4	19 39 42	13.0 0.4	19 43 42	13.1 0.4	19 45 11	13.7 0.4	19 48 42	14.0 0.4	19 50 11
3145	3.1 0.2	19 39 35	3.2 0.2	19 43 49	3.0 0.2	19 45 04	3.3 0.2	19 48 48	3.5 0.2	19 50 05

Комета Брэдфилда 1987 S

Длина волны	RA231942 DEC+260331 30.12.87 Ф									
	F (10E-13)	UT h m s								
3090	17.4 0.4	19 35 42	15.0 0.4	19 37 11	18.1 0.4	19 40 41	17.6 0.4	19 42 11	15.6 0.4	19 45 41
3360	2.2 0.2	19 36 15	2.4 0.2	19 36 38	2.1 0.2	19 41 14	2.3 0.2	19 41 37	2.5 0.2	19 46 15

Примечания:

1. Спектральное разрешение — 35 Å.
2. \* отмечены значения пониженной точности — см. текст.
3. Индексом «K» обозначены длины волн непрерывного спектра.

определения потоков до 0,3 используемых в таблице единиц в длинноволновой области спектра и до 1,0 — в коротковолновой области. Поэтому в таблицу не включены величины меньше двух таких единиц для потоков в линиях и одной единицы — для континуума. В некоторых случаях из-за сбоев телеметрии не было полного набора измерений для соответствующего скользящего среднего; такие менее точные значения отмечены в табл. 18 звездочкой. Время, указанное в табл. 18, позволяет точно определить положение кометы относительно поля зрения УФТ в момент измерения потоков.

**2.9.2. Фотометрия комет в полосе гидроксидов  $\lambda$  3090 Å.** Наблюдения комет в полосах гидроксидов представляют существенный интерес для выяснения строения газовых оболочек комет и оценки темпа потери массы, поскольку гидроксид является одним из важных составляющих таких оболочек. В доступном «Астрону» диапазоне длин волн находится одна из сильнейших полос гидроксидов  $\lambda$  3090 Å.

В таблице 19 перечислены все кометные сеансы, в которых были выполнены фотометрические измерения в полосе  $\lambda$  3090 Å, здесь указаны даты, моменты начала и конца наблюдений, использованные диафрагмы и экваториальные координаты, куда был наведен УФТ во время регистрации излучения кометы.

Таблица 19

Фотометрические наблюдения комет в полосе гидроксидов 3090 Å на АС «Астрон»

Объект	Дата	Диафрагма	Координаты (1975)		Время УТ (h,m) — Начало Конец
			RA	DEC	
Комета Галлея	03.12.85	Ф	004403	+115314	04 54 05 28
Комета Галлея	12.12.85	Ф	232855	+045712	22 48 22 58
Комета Галлея	13.12.85	Ф	232855	+045712	01 45 02 04
Комета Галлея /ХВОСТ/	14.12.85	Ф	232808	+045218	05 20 05 45
Комета Галлея	16.12.85	Ф	230836	+025300	21 18 21 51
Комета Галлея	16.12.85	Ф	230908	+025700	22 38 22 55
Комета Галлея	23.12.85	О	223956	-000407	14 47 15 59
Комета Галлея	02.04.86	Ф	175852	-411653	18 51 19 22
Комета Галлея	27.06.86	Ф	103249	-050849	13 15 13 22
Комета Вилсона 1986 L	08.12.86	Ф	195231	-085322	18 26 18 35
Комета Сорреллса 1986 N	27.01.87	Ф	235115	+113644	19 22 19 37

Фотометрические наблюдения комет проводились при фиксированном положении каретки сканера, соответствующем полосе гидроксидов  $\lambda$  3090 Å; опрос проводился, как правило, каждые 14,66 с, и полученные измерения усреднялись на минутных интервалах; исключение составляют наблюдения 14.12.85, когда при измерениях далекого хвоста кометы Галлея, в двух градусах от ее ядра, усреднение выполнялось на пятиминутных интервалах. Вся процедура обработки кометных фотометрических данных соответствовала несколько измененной программе «Кривая блеска».

В табл. 20 приводятся результаты обработки всех фотометрических наблюдений комет — логарифмы измеренных потоков в полосе гидроксидов  $\lambda$  3090 Å и соответствующие вероятные погрешности. На рис. 67 представлены три фотометрических разреза кометы Галлея в

Таблица 20

Логарифмы абсолютных потоков излучения кометы в полосе гидроксила 3090 Å в единицах эрг/(с·см<sup>2</sup>·Å), полученных при фотометрических измерениях

Комета Галлея

RA 00 44 03 DEC+11 53 14 3.12.85 Ф		RA 23 28 20 DEC+04 53 21 12.12.85 Ф		RA 23 28 08 DEC+04 52 18 14.12.85 Ф		RA 23 08 36 DEC+02 53 00 16.12.85 Ф	
UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F
4 54.0	-9.80 0.01	22 48.5	-9.78 0.01	5 22.5	-12.62 0.05	21 18.5	-11.41 0.02
4 55.0	-9.78 0.01	22 50.5	-9.73 0.01	5 27.5	-12.50 0.05	21 19.5	-11.44 0.01
4 56.0	-9.77 0.01	22 54.5	-9.67 0.01	5 32.5	-12.59 0.05	21 20.5	-11.43 0.02
4 57.0	-9.76 0.01	22 55.5	-9.66 0.01	5 37.5	-12.75 0.06	21 21.5	-11.47 0.02
4 58.0	-9.75 0.01	22 56.5	-9.65 0.01	5 42.5	-12.53 0.06	21 22.5	-11.46 0.02
5 1.0	-9.69 0.01	22 57.5	-9.63 0.01			21 23.5	-11.40 0.02
5 2.0	-9.67 0.01	:				21 24.5	-11.45 0.02
5 3.0	-9.65 0.01					21 25.5	-11.46 0.02
5 4.0	-9.63 0.01					21 26.5	-11.44 0.02
5 5.0	-9.61 0.01					21 27.5	-11.46 0.02
5 6.0	-9.59 0.01					21 28.5	-11.50 0.01
5 7.0	-9.56 0.01					21 29.5	-11.48 0.02
5 8.0	-9.54 0.01	RA 23 28 55 DEC+04 57 12 13.12.85 Ф				21 30.5	-11.45 0.02
5 9.0	-9.52 0.01	UT (h,m)	LOG F	RA 23 09 08 DEC+02 57 00 16.12.85 Ф		21 31.5	-11.50 0.02
5 10.0	-9.50 0.01	1 45.0	-11.37 0.01	UT (h,m)	LOG F	21 32.5	-11.45 0.02
5 11.0	-9.49 0.01	1 46.0	-11.38 0.02	22 38.5	-12.23 0.05	21 33.5	-11.44 0.02
5 12.0	-9.48 0.01	1 47.0	-11.39 0.03	22 39.5	-12.19 0.02	21 34.5	-11.50 0.02
5 13.0	-9.49 0.01	1 48.0	-11.40 0.01	22 40.5	-12.23 0.07	21 35.5	-11.48 0.02
5 14.0	-9.50 0.01	1 49.0	-11.40 0.01	22 41.5	-12.26 0.06	21 36.5	-11.49 0.02
5 15.0	-9.52 0.01	1 50.0	-11.39 0.01	22 42.5	-12.25 0.07	21 37.5	-11.49 0.02
5 16.0	-9.54 0.01	1 51.0	-11.38 0.01	22 43.5	-12.01 0.14	21 38.5	-11.49 0.02
5 17.0	-9.56 0.01	1 52.0	-11.43 0.02	22 44.5	-12.22 0.05	21 39.5	-11.45 0.02
		1 53.0	-11.40 0.01	22 47.5	-12.08 0.06		
		1 54.0	-11.42 0.01				

RA 00 44.03 DEC+11 53 14 3.12.85 Ф		RA 23 28 55 DEC+04 57 12 13.12.86 Ф		RA 23 09 08 DEC+02 57 00 16.12.85 Ф		RA 23 08 36 DEC+02 53 00 16.12.85 Ф	
UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F
5 18.0	-9.58 0.01	1 55.0	-11.45 0.01	22 48.5	-12.23 0.05	21 40.5	-11.48 0.01
5 19.0	-9.61 0.01	1 56.0	-11.45 0.01	22 49.5	-12.25 0.09	21 41.5	-11.53 0.01
5 20.0	-9.63 0.01	1 57.0	-11.44 0.01	22 50.5	-12.27 0.11	21 42.5	-11.48 0.02
5 21.0	-9.66 0.01	1 58.0	-11.41 0.01	22 51.5	-12.24 0.05	21 43.5	-11.49 0.02
5 23.0	-9.71 0.01	1 59.0	-11.44 0.01	22 54.5	-12.12 0.12	21 44.5	-11.54 0.02
5 24.0	-9.72 0.01	2 0.0	-11.40 0.04			21 45.5	-11.49 0.01
5 25.0	-9.74 0.01	2 1.0	-11.45 0.01			21 46.5	-11.51 0.02
5 26.0	-9.76 0.01	2 2.0	-11.45 0.01			21 47.5	-11.49 0.02
5 27.0	-9.78 0.01	2 3.0	-11.45 0.02			21 48.5	-11.50 0.02
5 28.0	-9.79 0.01	2 4.0	-11.44 0.01			21 49.5	-11.52 0.02
						21 50.5	-11.48 0.04

RA 22 40 07 DEC-00 03 04 23.12.85 O		RA 17 58 52 DEC-41 16 53 02 04 86 Ф		RA 10 32 49 DEC-05 08 49 27.06.86 Ф	
UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F
14 47.6	-11.03 0.06	15 24.6	-10.53 0.02	13 15.5	-9.44 0.01
14 48.6	-11.09 0.08	15 25.6	-10.48 0.01	13 16.5	-9.43 0.01
14 49.6	-11.00 0.09	15 26.6	-10.43 0.01	13 17.5	-9.42 0.01
14 50.6	-11.04 0.04	15 27.6	-10.37 0.01	13 18.5	-9.41 0.01
14 51.6	-11.08 0.05	15 28.6	-10.33 0.01	13 19.5	-9.40 0.01
14 52.6	-11.10 0.07	15 29.6	-10.29 0.02	13 20.5	-9.39 0.01
14 53.6	-10.96 0.02	15 30.6	-10.19 0.02	13 21.5	-9.37 0.01
14 54.6	-11.01 0.05	15 31.6	-10.19 0.02	13 22.5	-9.36 0.01

RA 22 40 07 DEC-00 03 04 23.12.85 O		RA 17 58 52 DEC-41 16 53 02 04 86 Ф		RA 10 32 49 DEC-05 08 49 27.06.86 Ф	
UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F	UT(h,m)	LOG F
14 55.6	-11.10 0.06	15 32.6	-10.23 0.01	13 23.5	-10.34 0.01
14 56.6	-10.99 0.08	15 33.6	-10.30 0.01	13 24.5	-10.34 0.01
14 59.6	-10.91 0.05	15 34.6	-10.32 0.02	13 25.5	-10.35 0.01
15 0.6	-10.92 0.04	15 35.6	-10.40 0.02	13 26.5	-10.35 0.01
15 1.6	-10.99 0.06	15 36.6	-10.46 0.02	13 28.5	-10.35 0.01
15 2.6	-10.97 0.05	15 37.6	-10.48 0.03	13 29.5	-10.35 0.01
15 3.6	-10.90 0.08	15 38.6	-10.57 0.03	13 30.5	-10.35 0.01
15 4.6	-10.90 0.05	15 39.6	-10.52 0.03	13 31.5	-10.35 0.01
15 5.6	-10.82 0.05	15 40.6	-10.57 0.02		
15 6.6	-10.84 0.03	15 41.6	-10.57 0.02		
15 7.6	-10.98 0.15	15 42.6	-10.64 0.02		
15 8.6	-10.91 0.03	15 43.6	-10.65 0.01		
15 9.6	-10.87 0.03	15 44.6	-10.65 0.01		
15 10.6	-10.85 0.04	15 45.6	-10.69 0.01		
15 11.6	-10.80 0.04	15 46.6	-10.70 0.04		
15 12.6	-10.83 0.04	15 47.6	-10.71 0.05		
15 13.6	-10.74 0.01	15 48.6	-10.66 0.03		
15 14.6	-10.83 0.01	15 49.6	-10.78 0.02		
15 15.6	-10.79 0.02	15 50.6	-10.76 0.03		
15 16.6	-10.72 0.02	15 51.6	-10.75 0.01		
15 17.6	-10.57 0.08	15 52.6	-10.78 0.05		

RA 22.40 07 DEC-00 03 04 23.12.85 O		RA 17.58 52 DEC-41 16.53 02.04.86 Ф		RA 10.32 49 DEC-05 08 49 27.06.86 Ф	
UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F
15 18.6	-10.68 0.04	15 53.6	-10.84 0.03	19 20.0	-9.10 0.01
15 19.6	-10.66 0.03	15 54.6	-10.81 0.03	19 21.0	-9.09 0.01
15 20.6	-10.62 0.01	15 55.6	-10.77 0.05	19 22.0	-9.08 0.01
15 21.6	-10.59 0.04	15 56.6	-10.80 0.07		
15 22.6	-10.57 0.02	15 57.6	-10.93 0.05		
15 23.6	-10.56 0.02	15 58.6	-10.82 0.06		

Комета Вилсона 1986 L

RA 19.52 31 DEC-08 53 22 08.12.86 Ф	
UT (h,m)	LOG F
18 26.5	-10.50 0.01
18 27.5	-10.50 0.01
18 28.5	-10.50 0.01
18 29.5	-10.50 0.01
18 30.5	-10.49 0.01
18 31.5	-10.49 0.01
18 32.5	-10.49 0.01
18 33.5	-10.49 0.01
18 34.5	-10.49 0.01

Комета Сорреллса 1986 N

RA 23.51 15 DEC+11 36 44 27.01.87 Ф		RA 23.51 15 DEC+11 36 44 27.01.87 Ф	
UT (h,m)	LOG F	UT (h,m)	LOG F
19 22.5	-10.39 0.01	19 31.5	-10.35 0.01
19 23.5	-10.38 0.01	19 32.5	-10.34 0.01
19 24.5	-10.37 0.01	19 33.5	-10.35 0.01
19 25.5	-10.37 0.01	19 34.5	-10.35 0.01
19 26.5	-10.36 0.01	19 35.5	-10.34 0.01
19 27.5	-10.36 0.01	19 36.5	-10.34 0.01
19 28.5	-10.36 0.01		
19 29.5	-10.37 0.01		
19 30.5	-10.36 0.01		

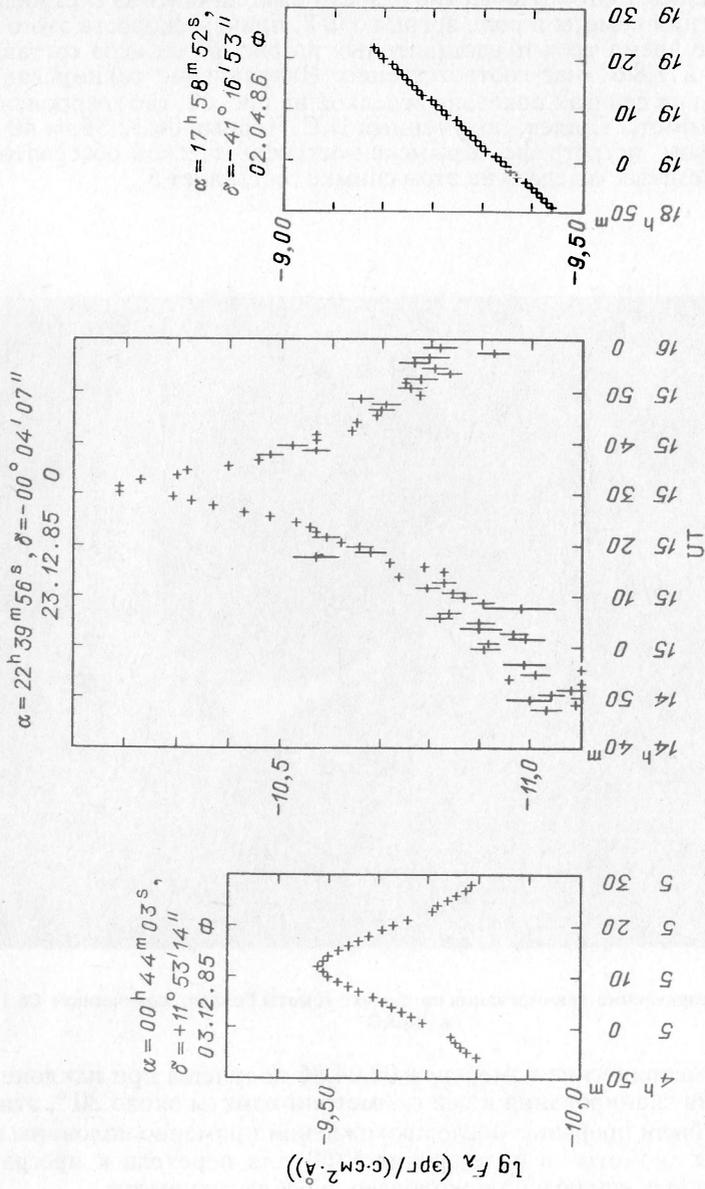


Рис. 67. Фотометрические разрезы кометы Галлея в полосе гидроксила 3090 Å

этой полосе гидроксила до (03. и 23.12.85) и после (02.04.86) перигелия, полученные через фоновую и офсетную диафрагмы. Как уже упоминалось, фотометрические разрезы выполнялись за счет видимого движения кометы в поле зрения УФТ, причем скорость этого движения во время трех представленных на рис. 67 сеансов составляла 6,4, 2,3 и 7,8  $\square'$ /час соответственно. Направление сканирования в декабрьских сеансах показано стрелкой на рис. 68, где воспроизведен снимок кометы Галлея, полученный Н.С. Черных 06.12.85 на 40-сантиметровом астрографе Крымской астрофизической обсерватории; длина звездных «следов» на этом снимке составляет 5'.



Рис. 68. Направление сканирования на снимке кометы Галлея, полученном 06.12.85 в КраО

Фотометрические измерения 02.04.86 получены при наклоне направления сканирования к оси симметрии кометы около  $30^\circ$ , эти измерения были прерваны после прохождения примерно половины изображения кометы в поле зрения УФТ для перехода к программе спектральных наблюдений околоядерной области кометы.

## ГЛАВА 3

### РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АС «АСТРОН»

#### 3.1. Аппаратура

Изучение небесных объектов в рентгеновской области спектра является важным направлением астрофизических исследований в настоящее время. Генерация рентгеновского излучения, как правило, связана с физическими процессами, происходящими вблизи поверхности компактных небесных объектов — белых карликов, нейтронных звезд, черных дыр. В этих областях присутствуют сильные гравитационные и магнитные поля, имеется высокая плотность излучения. Таким образом, исследование некоторых характеристик рентгеновского излучения звезд и ядер галактик позволяет получить сведения о природе явлений и процессов, протекающих в окрестностях этих объектов.

За последние 15 лет подавляющее число научных результатов в области рентгеновской астрономии было получено благодаря использованию искусственных спутников Земли и орбитальных пилотируемых станций. Применялись главным образом счетчиковые телескопы с механическими коллиматорами различной конструкции [71–76, 78]. Эти приборы хотя и сравнительно просты в методическом плане, но позволили сделать важные научные открытия в области рентгеновской астрономии. Предельная чувствительность, достигнутая с помощью такой аппаратуры, составляет  $\sim 10^{-12}$  эрг/см<sup>2</sup> с в области 2–6 кэВ [74]. Качественный скачок в повышении чувствительности ( $\sim 3 \cdot 10^{-14}$  эрг/см<sup>2</sup> · с в области 0,5–2 кэВ) и в разрешающей способности по углу достигнут благодаря использованию зеркального рентгеновского телескопа на орбитальной обсерватории «Эйнштейн» [77].

**3.1.1. Рентгеновский телескоп-спектрометр СКР-02М.** Установленный на борту станции «Астрон» рентгеновский спектрометр СКР-02М включает в себя два идентичных устройства детектирования (рис. 69) и 10 электронных блоков. Устройства детектирования установлены на двух цилиндрических герметичных контейнерах, расположенных с двух сторон трубы УФТ. Внутри одного из гермоконтейнеров находятся электронные блоки СКР-02М, внутри другого — электронные блоки УФТ.

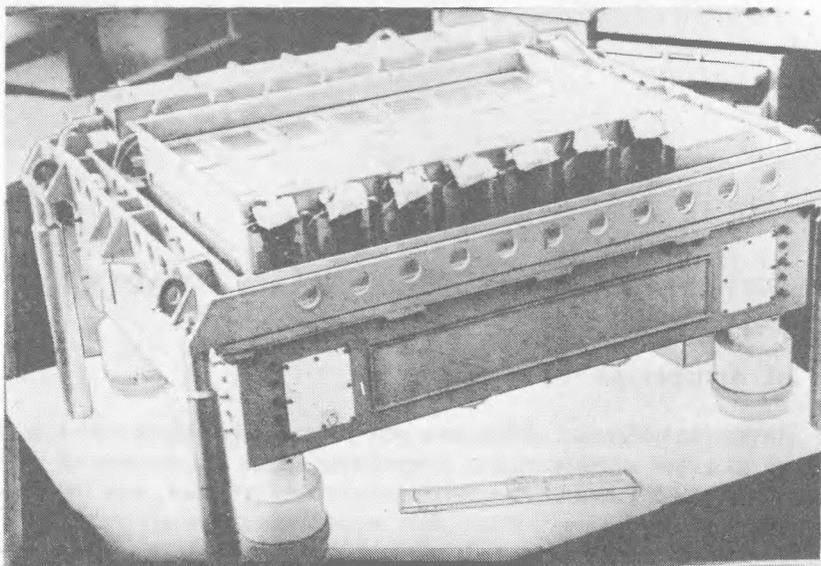


Рис. 69. Устройство детектирования рентгеновского телескопа-спектрометра СКР-02М

*Детектор.* В качестве детекторов рентгеновского излучения в приборе СКР-02М используются отпаянные пропорциональные счетчики СРПО-304. Корпус счетчика, изготовленный из титана, представляет собой прямоугольной формы камеру размером  $318 \times 65 \times 65$  мм<sup>3</sup>. Внутри корпуса счетчика находится алюминиевый вкладыш для устранения влияния на сигнал характеристического излучения титана. Входное окно счетчика выполнено в виде рамки с прямоугольными отверстиями размером  $60 \times 27$  мм<sup>2</sup> и перемычками шириной 2 мм. На рамку сверху эпоксидным клеем приклеивается бериллиевая фольга толщиной 150 мкм, на которую накладывается и укрепляется с помощью винтов вторая рамка аналогичной конструкции. Полезная площадь входного окна счетчика составляет 150 см<sup>2</sup>. В центре счетчика вдоль его длины укрепляется на стеклянных изоляторах анодная вольфрамовая нить диаметром 100 мкм.

Камера счетчика заполняется газовой смесью 92 % ксенона и 8 % метана при давлении 250 мм рт. ст. ( $3 \cdot 10^4$  Па). Внутреннее сечение камеры счетчика представляет собой квадрат со стороной 6 см. Спектральная чувствительность счетчика с учетом пропускания теплового экрана приведена на рис. 70. Диапазон энергий, где чувствительность превышает 11–15 %, находится в пределах от 2 до 25 кэВ.

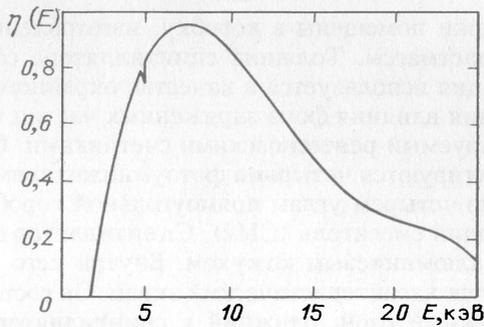


Рис. 70. Спектральная чувствительность спектрометра СКР-02М

**Устройство детектирования.** Благодаря устройству детектирования суммарная эффективная площадь регистрации рентгеновского излучения в диапазоне от 2 до 25 кэВ в спектрометре СКР-02М составляет  $1654 \text{ см}^2$ .

Каждое устройство детектирования УДСР-04-1 и УДСР-04-2 (рис. 71) имеет семь счетчиков (Сч.1,...Сч.7) для детектирования рентгеновского излучения. Сигналы со счетчиков через зарядно-чувствительные усилители (ЗЧУ1...ЗЧУ7) поступают на суммирующий смеситель (СМ1) и далее в блок амплитудной селекции БСА-28А-02. В устройстве детектирования имеется также восьмой счетчик (Сч.-ст), который экранирован от приема космического рентгеновского излучения и используется в системе стабилизации высокого напряжения рентгеновских счетчиков. Сигнал с этого детектора поступает в блок стабилизации БСт-01.

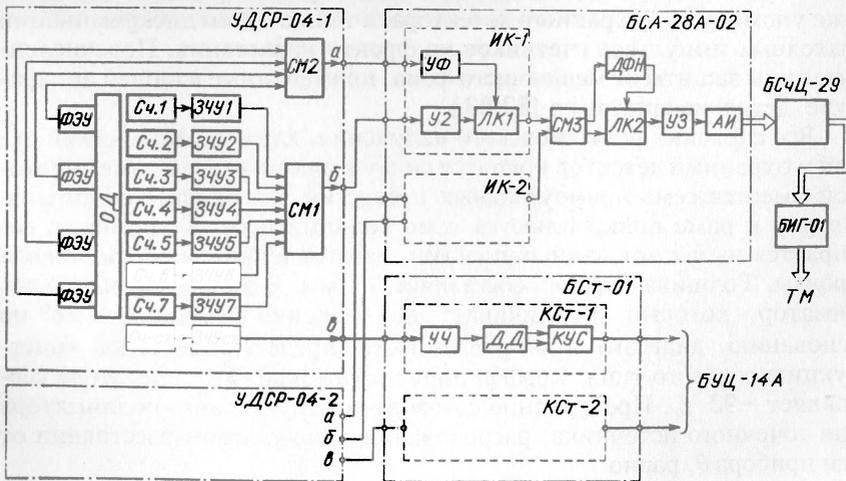


Рис. 71. Функциональная схема спектрометра СКР-02М

Все счетчики помещены в коробку, изготовленную из сцинтилирующей пластмассы. Толщина сцинтиллятора составляет 20 мм. Эта конструкция используется в качестве охранного детектора (ОД) для исключения влияния фона заряженных частиц на полезный сигнал, регистрируемый рентгеновскими счетчиками. Световые вспышки в ОД детектируются четырьмя фотоумножителями (ФЭУ), расположенными по четырем углам прямоугольной коробки, и поступают на суммирующий смеситель (СМ2). Сцинтиллятор закрыт светонепроницаемым алюминиевым кожухом. Внутри него со стороны счетчиков находится характеристический экран. Он состоит из трех слоев фольги. Наружный слой, ближний к сцинтиллятору, — свинцовая фольга толщиной 0,2 мм. Далее расположена оловянная фольга толщиной 0,2 мм, и внутренним слоем, ближайшим к счетчикам, является медная фольга толщиной 0,2 мм. В таком экране оловянная фольга эффективно поглощает характеристическое  $K_{\alpha}$ -излучение свинца, возникающее при взаимодействии жесткого гамма-излучения со свинцом. В свою очередь, возникает характеристическое излучение олова, которое эффективно поглощает медная фольга. Возникшее при этом характеристическое излучение меди поглощается алюминиевыми стенками кожуха и корпусом счетчика, изготовленного из титана. Расчеты показали, что такой экран снижает примерно в пять раз уровень сигнала от фонового электромагнитного излучения в диапазоне энергий от 30 до 400 кэВ. Спектральное распределение фонового излучения обратно пропорционально квадрату энергии и характерно для энергетического распределения космических лучей. Характеристический экран является пассивной системой защиты от мешающего фона.

Активное подавление фона заряженных частиц и тормозного гамма-излучения в спектрометре СКР-02М осуществляется с помощью уже упомянутого охранного детектора, а также путем дискриминации выходных импульсов счетчиков по фронту нарастания. Перечисленные виды защиты от мешающего фона, примененные в нашей аппаратуре, детально описаны в [82,83].

Все счетчики рентгеновского излучения, характеристический экран и охранный детектор крепятся снизу к алюминиевой раме, в которой имеется семь прямоугольных отверстий под окошки счетчиков. Сверху к раме прикрепляются семь коллиматоров. Коллиматор собирается из штампованных пластин, изготовленных из бериллиевой бронзы. Толщина пластин составляет 0,1 мм. В собранном виде коллиматор, который ограничивает поле зрения счетчиков  $6^{\circ} \times 6^{\circ}$  по основанию диаграммы направленности, представляет собой конструкцию сотового типа. Коэффициент пропускания коллиматора составляет  $\sim 93\%$ . Пропускание сотового шестиугольного коллиматора для точечного источника, расположенного на угловом расстоянии от оси прибора  $\theta$ , равно

$$P = (\alpha - \sin\alpha)/\pi, \quad (3.1)$$

где  $\alpha = 2 \arccos(L/2R \operatorname{tg} \theta)$ ,  $L$  — высота коллиматора,  $R$  — радиус трубок коллиматора. Для используемого коллиматора  $L/2R = 17,0$ .

В каждом коллиматоре установлено бленкерное устройство с нуклидом «Железо-55», предназначенное для калибровки счетчиков. На коллиматоры сверху крепится тепловой экран. Экран состоит из двух слоев полиэтиленовой пленки толщиной 5 мкм. Два слоя изолированы друг от друга по теплопередаче, и расстояние между ними составляет 3 мм. Нижняя пленка, которая крепится на верхний край коллиматора, имеет двухстороннюю металлизацию алюминием толщиной 800 мкм. Верхняя пленка металлизирована алюминием той же толщины только со стороны, обращенной к коллиматору. Сторона, обращенная в космическое пространство, не имеет металлического покрытия. К экрану сверху крепится алюминиевая рамка с отверстиями, которая служит для крепления экранно-вакуумной теплоизоляции, закрывающей корпус устройства детектирования и гермоконтейнера.

Вес устройства детектирования составляет 100 кг. Габаритные размеры — 870×460×660 мм.

Блок амплитудной селекции БСА-28А-02 размещается внутри навесного цилиндрического гермоконтейнера. В БСА-28А-02 находятся узлы блокировки сигналов от мешающего фона и амплитудный десятиканальный анализатор импульсов (АИ).

Схема антисовпадения сигналов охранного детектора и сигналов рентгеновских счетчиков выполнена на линейном ключе ЛК1. Импульсные сигналы охранного детектора, поступающие в БСА-28А-02, усиливаются и формируются по амплитуде и длительности усилителем-формирователем (УФ). С выхода этого узла сигналы поступают на управляющий вход узла ЛК1. Сигналы рентгеновских счетчиков через усилитель У2 поступают на измерительный вход узла ЛК1.

При регистрации заряженной частицы на входы ЛК1 импульсные сигналы поступают одновременно, поэтому на выходе ЛК1 сигнал отсутствует. В случае регистрации рентгеновского фона счетчиком и при отсутствии одновременного сигнала с охранного детектора на выходе ЛК1 появляется импульсный сигнал, амплитуда которого пропорциональна энергии зарегистрированного кванта. В рентгеновском спектрометре СКР-02М защита от фона заряженных частиц с помощью охранных детекторов выполнена автономно для каждого устройства детектирования, поэтому в блоке БСА-28А-02 два одинаковых, но независимо работающих измерительных канала (ИК1 и ИК2).

На околоземной орбите значительную долю мешающего фона (до 80 %) составляет тормозное гамма-излучение, возникающее при взаимодействии космических лучей с оболочкой летательного аппарата, с корпусом счетчика и коллиматора. Сцинтилляционный пластмассовый детектор имеет низкую эффективность восприятия этого вторичного фотонного излучения. Поэтому, наряду со схемой антисовпадения, в СКР-02М дополнительно применен метод подавления фона с помощью дискриминации импульсов рентгеновских счетчиков по фронту нарастания (ДФН).

Импульсы выходов измерительных каналов ИК1 и ИК2 суммируются в смесителе СМЗ и поступают на измерительный вход линей-

ного ключа ЛК2 и схему ДНФ, выполненную по принципу «аттенюация—задержка». В случае, если длительность переднего фронта импульсного сигнала на входе ДНФ больше заранее установленного порогового значения, на выходе схемы ДНФ вырабатывается сигнал, блокирующий прохождение импульса через линейный ключ ЛК2. Такая ситуация возникает, когда трековая ионизация образуется в счетчике либо фотоном с энергией более 30–50 кэВ, либо заряженной частицей, не вызвавшей по разным причинам на выходе ОД сигнала, достаточного для блокировки в ЛК1.

С выхода ЛК2 импульсы с амплитудой, пропорциональной энергии зарегистрированных фотонов, дополнительно усиливаются усилителем УЗ и поступают на амплитудный анализатор импульсов. Анализатор АИ имеет десять смежных дифференциальных каналов со следующими энергетическими порогами: 2,0; 3,2; 4,5; 5,94; 7,0; 8,6; 10,6; 13,0; 16,2; 19,7; 24,7 кэВ.

Имеется также одиннадцатый канал (мониторный) с порогами 2 и 25 кэВ.

*Счетный блок БСЧЦ-29.* Сигнал с каждого дифференциального канала выводится на соответствующий девятиразрядный ( $2^9$ ) счетчик импульсов. С мониторингового канала сигнал выводится на самостоятельный десятиразрядный ( $2^{10}$ ) счетчик импульсов. Эти счетчики импульсов размещены в БСЧЦ-29. В этом же блоке размещены логарифмический интенсиметр для измерения средней скорости счета суммарных событий в рентгеновских счетчиках, логарифмический интенсиметр для измерения средней скорости счета событий, зарегистрированных охранными детекторами, и третий интенсиметр для измерения средней скорости счета событий, которые были заблокированы схемой ДФН. С выходов логарифмических интенсиметров на систему телеизмерений (ТМ) поступает постоянное напряжение, изменяющееся от 0 до 6 В в зависимости от скорости счета зарегистрированных событий в диапазоне от 10 до  $10^4$  Гц.

Информация о количестве зарегистрированных импульсов в каждом энергетическом канале поступает на систему ТМ через специальный блок сопряжения БИГ-01.

*Блок стабилизации БСт-01.* Известно, что коэффициент газового усиления (КГУ) пропорциональных счетчиков сильно зависит от напряжения высоковольтного питания. При изменении напряжения на 1 % КГУ изменяется примерно на 25–30 %. Для обеспечения погрешности спектрометрических измерений на уровне 1 % стабильность высоковольтного источника питания (~2 кВ) должна быть не хуже сотых долей процента. Кроме этого, пропорциональные газонаполненные счетчики имеют небольшой температурный дрейф КГУ. Все эти факторы потребовали специальных мер стабилизации параметров амплитудного распределения счетчиков СРПО-304.

В СКР-02М применена стабилизация КГУ по монохроматическому излучению нуклида «Железо-55». Метод заключается в том, что положение пика амплитудного распределения импульсов при воздействии на счетчик монохроматическим рентгеновским излучением с

энергией 5,9 кэВ контролируется двухканальным дифференциальным дискриминатором со смежными каналами. В случае сдвига пика относительно исходного (опорного) положения на выходе разностного измерителя средней частоты импульсов, регистрирующего скорость счета в обоих дифференциальных каналах, вырабатывается сигнал рассогласования. Этот сигнал является управляющим для источника высоковольтного питания счетчиков.

Структурная схема канала стабилизации КГУ рентгеновских счетчиков УДСР-04-1 показана на рис. 71. Импульсы счетчика Сч.-ст., усиленные в ЗЧУ-ст., поступают на вход канала стабилизации КСт-1. После дополнительного усиления усилителем У4 они подаются на вход двухканального дифференциального дискриминатора (ДД). С выхода каждого дифференциального канала импульсы поступают на соответствующие входы каскада управляющего сигнала (КУС). Этот узел включает в себя разностный измеритель частоты следования импульсов и формирователь управляющего сигнала. Управляющий сигнал, который является входным напряжением высоковольтного преобразователя, через блок управления БУЦ-14А поступает в УДСР-04-1, где размещен источник высоковольтного питания счетчиков. Более подробно с работой системы стабилизации можно ознакомиться в [84].

В аппаратуре СКР-02М применен косвенный метод стабилизации, при котором КГУ счетчиков Сч.1...Сч.7 стабилизируется по сигналу от вспомогательного счетчика Сч.-ст. Надо подчеркнуть, что конструкция всех счетчиков одинакова. К ним предъявляются жесткие требования идентичности изменения КГУ от изменения питающего напряжения и температуры.

Таким образом, управление выходным напряжением источника высоковольтного питания происходит по изменению КГУ счетчика Сч.-ст. Коэффициент стабилизации СКР-02М при таком методе составил примерно 20. Для УДСР-04-2 в блоке БСТ-01 имеется другой автономный канал КСт-2.

*Блок управления БУЦ-14А.* Блок БУЦ-14А предназначен для переключения режимов работы спектрометра СКР-02М. В частности, блок управляет переключением по внешней команде аппаратуры из режима «Работа» в режим «Калибровка». Возврат в режим «Работа» происходит автоматически спустя интервал времени, определяемый специальным таймером.

В режиме «Калибровка» происходит одновременная калибровка сначала всех счетчиков УДСР-04-1, а затем счетчиков УДСР-04-2. Время калибровки каждого устройства составляет 30 с. В режиме «Калибровка» с помощью электромагнитных бленкерных устройств, расположенных на коллиматорах, в поле зрения счетчиков вводятся радиоактивные источники «Железо-55». Суммарная скорость счета от излучения источников составляет примерно  $5 \cdot 10^3$  имп/с. В процессе калибровки первого устройства детектирования со второго устройства снимается высоковольтное питание. Далее, спустя 30 с автоматически снимается питание счетчиков УДСР-04-1 и подается высоковольтное питание на счетчики УДСР-04-2.

После проведения калибровки спектрометр переключается в режим «Контроль». В этом режиме контролируется работа счетчиков и бленкерных устройств. В случае электроразряда в каком-либо из счетчиков или если бленкерное устройство не вернулось в исходное состояние, после режима «Контроль» в устройстве детектирования, где проявился такой дефект, будет автоматически отключено высоковольтное питание счетчиков.

Контроль работы устройства основан на сравнении средней суммарной частоты выходных импульсов счетчиков с соответствующим установленным пороговым значением, которое выбирается с учетом скорости счета от бленкерного устройства и наиболее вероятных вариаций фонового излучения. Значение пороговой частоты выбирается больше частоты импульсов, обусловленных максимальным фоновым излучением, но меньше скорости счета от радиоактивного источника, воздействующего на один счетчик рентгеновского излучения. Режим «Контроль», как и режим «Калибровка», организован автономно для каждого устройства. Если скорость счета в этом режиме превышает установленный порог, в специальной схеме памяти БУЦ-14А сохраняется номер данного устройства и при переходе спектрометра в режим «Работа» логический коммутатор не выдает сигнал на подачу высоковольтного питания счетчиков данного устройства детектирования. Время контроля одного устройства составляет 10 с.

В блоке БУЦ-14А вырабатывается также управляющий сигнал на отключение высоковольтного напряжения питания рентгеновских счетчиков при высоком уровне фона заряженных частиц. Для этих целей в БУЦ-14А поступает импульсный сигнал с блока патрульных счетчиков БДПС-05, который размещен вне гермоотсека, рядом с УДСР-04-1. В БДПС-05 находятся гейгеровские счетчики СБТ-10, которые измеряют окружающую аппаратуру фон заряженных частиц. При превышении скорости счета импульсов с БДПС-05 порога, установленного в БУЦ-14А, формируется управляющий сигнал отключения.

*Блоки питания.* В состав спектрометра входят три отдельных блока питания. Блоки питания БНН-255-1 и БНН-255-2 обеспечивают низковольтным питанием электронные узлы и схемы в УДСР-04-1 и УДСР-04-2 соответственно. В частности, через эти блоки стабилизированным напряжением питаются предусилители и усилители рентгеновских счетчиков, усилители ФЭУ, а также высоковольтный преобразователь питания ФЭУ охранного детектора.

Блок питания БНН-252 обеспечивает стабилизированным низковольтным питанием блок БСт-01. В комплект аппаратуры входят также две распределительные коробки, обеспечивающие оптимальную схему кабельных соединений блоков и устройств спектрометра СКР-02М. Суммарный вес аппаратуры составляет 253 кг. Потребление в режиме «Работа» 2,1 А, в режиме «Калибровка» 2,5 А.

**3.1.2. Наземные испытания аппаратуры.** Предполетная подготовка спектрометра СКР-02М предусматривала проведение ряда наземных испытаний. В объем этих испытаний входила настройка детекторов и амплитудного дискриминатора с помощью характеристического

излучения линий цинка, кальция и молибдена, которые возбуждались рентгеновским излучением радиоактивного источника «Олово-119». Использовался также нуклид «Железо-55», излучающий линию  $M\alpha$  с энергией 5,9 кэВ.

На рис. 72 представлена зависимость положений максимумов амплитудного распределения импульсов — номер канала амплитудного анализатора АИ-1024 от энергии линий излучения:  $M\alpha$  — 5,9 кэВ,  $MoK_{\alpha}$  — 17,5 кэВ и  $InK_{\alpha}$  — 24,2 кэВ.

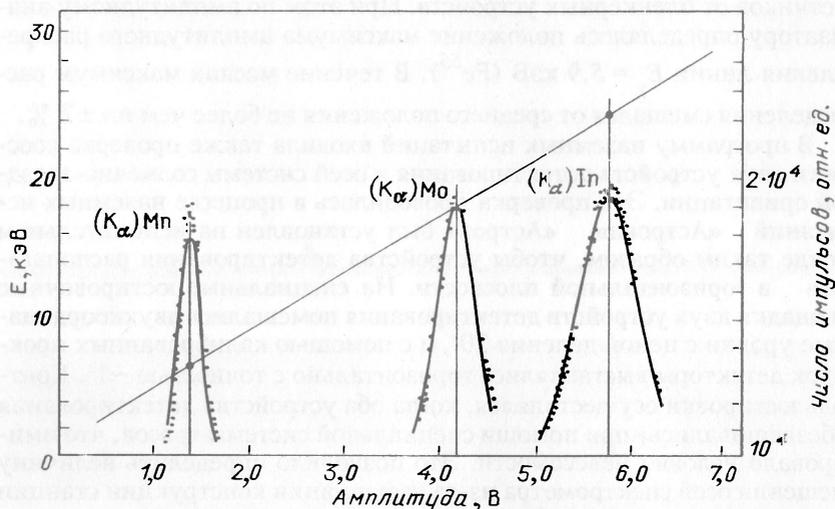


Рис. 72. Зависимость амплитудного распределения импульсов детектора от энергии рентгеновского излучения радиоактивных источников

Видно, что линейная зависимость амплитуд импульсов от энергии квантов выполняется с точностью  $\pm 2\%$ . Для установки устройства детектирования из большой партии отбирались 14 счетчиков так, чтобы они имели небольшой разброс по амплитуде, энергетическому разрешению и длительности фронта нарастания импульса (не более  $\pm 5\%$ ). Суммарное энергетическое разрешение, определяемое шириной пика амплитудного распределения на полувысоте для линии 5,9 кэВ, составило 23%.

Проверка работы охранного детектора и схемы ДНФ проводилась на мезонах космического излучения. Для этого из двух устройств детектирования, расположенных друг над другом на расстоянии 1,5 м, был составлен телескоп, в котором пластиковые сцинтилляторы верхнего и нижнего блоков детектирования включались по схеме совпадений. При такой схеме мезонного телескопа пропорциональные счетчики нижнего блока детектирования находились между пластиковыми сцинтилляторами двух устройств детектирования.

В каждом измерении регистрировалось 6000 событий, прошедших через схему совпадений. При этом эффективность схемы ДНФ со-

ставила 97,65 %, эффективность охранного детектора — 97,8 %, суммарная эффективность была не ниже 99,95 %. Отличающуюся от 100 % эффективность в данном эксперименте можно объяснить случайными событиями и краевыми эффектами.

Для выяснения стабильной работы устройств детектирования в условиях, близких к полетным, были проведены вакуумные испытания. Устройства детектирования помещались в барокамеру и выдерживались там в течение месяца при давлении  $10^{-5}$  Тор. Периодически, в течение всего срока испытаний проводилась калибровка счетчиков от бленкерных устройств. При этом по амплитудному анализатору определялось положение максимума амплитудного распределения линии  $E_{\gamma} = 5,9$  кэВ ( $Fe^{55}$ ). В течение месяца максимум распределения смещался от среднего положения не более чем на  $\pm 2$  %.

В программу наземных испытаний входила также проверка соосности двух устройств детектирования и осей системы солнечно-звездной ориентации. Эта проверка проводилась в процессе наземных испытаний «Астроны». «Астрон» был установлен на испытательном стенде таким образом, чтобы устройства детектирования располагались в горизонтальной плоскости. На специальные юстировочные площадки двух устройств детектирования помещались двухкоординатные уровни с ценой деления  $20''$ , и с помощью калиброванных прокладок детекторы выставлялись горизонтально с точностью  $\sim 1'$ . Контроль юстировки осуществлялся, когда оба устройства детектирования «обезвешивались» при помощи специальной системы тросов, что имитировало условия невесомости. Это позволило определить величину смещения осей спектрометра из-за деформации конструкции станции после ее выведения на орбиту, которая не превосходила  $1'$ .

**3.1.3. Испытания аппаратуры в полете.** В первом же сеансе работы со спутником «Астрон» было произведено наведение спектрометра на хорошо известный яркий и стабильный источник рентгеновского излучения в Крабовидной туманности (Tau X-1). По измерениям потока от этого источника была подтверждена правильность наземной калибровки спектрометра, проверена его юстировка относительно осей «Астроны» и построена реальная диаграмма направленности прибора.

Для построения реальной диаграммы направленности прибора в целом, т.е. определения соосности всех 14 коллиматоров прибора, а также для проверки совпадения осей прибора и спутника был осуществлен режим сканирования рентгеновского источника Tau X-1 по двум взаимно перпендикулярным направлениям с отклонением оптической оси от источника на  $6^{\circ}$ . График интенсивности потока рентгеновского излучения, регистрируемого в суммарном канале (диапазон 2–25 кэВ) амплитудного анализатора прибора, развернутый по времени сканирования, представлен на рис. 73.

Аппаратура была включена в  $18^{h}19^{m}$  UT, когда оптическая ось прибора уже была направлена на источник Tau X-1. Спустя примерно 3 мин была выдана команда на сканирование и началось вращение

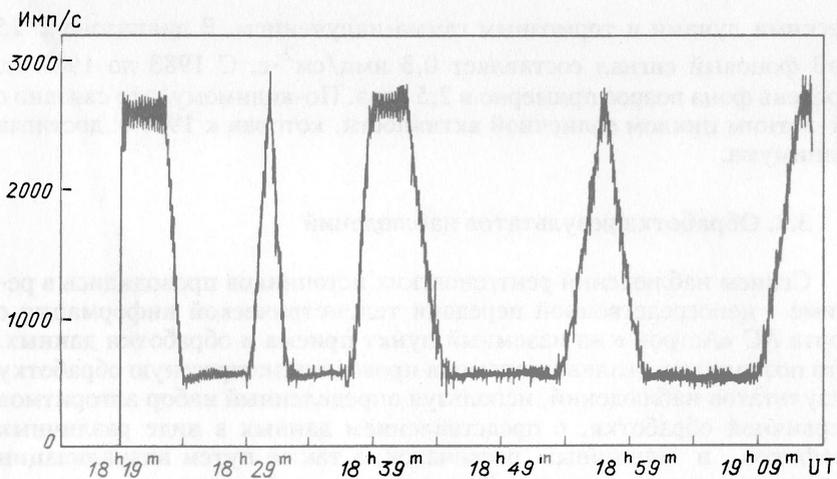


Рис. 73. Изменение сигнала спектрометра СКР-02М во время сеанса юстировки аппаратуры по рентгеновскому излучению от Крабовидной туманности

станции «Астрон» со скоростью  $2' \text{с}^{-1}$  вокруг своей оси, направленной на Солнце. После отведения оси на  $6^\circ$  от источника была дана команда для обратного движения аппарата на угловое расстояние  $12^\circ$ . При прохождении источника через поле зрения прописалась диаграмма коллиматора в одной плоскости (максимум примерно в  $18^{\text{h}}31^{\text{m}}$ ). После этого ось прибора снова была наведена на Тау X-1 и проводилось сканирование в перпендикулярной плоскости со скоростью  $1' \text{с}^{-1}$ . Максимум сигнала при прохождении источника наблюдался примерно в  $18^{\text{h}}56^{\text{m}}$ . По окончании режима сканирования ось прибора вновь была наведена на источник, а затем аппаратура была выключена.

Исследования показали, что размер и форма диаграммы направленности прибора находятся в хорошем согласии с расчетом. Предполагаемая несоосность коллиматоров прибора лежит в пределах десяти угловых минут. Таким образом, было установлено, что диаграмма направленности прибора по двум взаимно перпендикулярным направлениям имеет плоскую вершину размером  $10'$  и ширину на полувысоте  $2^\circ 50' \times 2^\circ 50'$ . Было установлено также, что центр диаграммы направленности прибора отклоняется от расчетной точки наведения спутника, задаваемой системой солнечно-звездной ориентации, не более чем на  $5'$  по каждому из взаимно перпендикулярных направлений сканирования. Это отклонение лежит в пределах плоской вершины диаграммы направленности. По этой причине было принято решение в дальнейшем не вводить поправок на ориентацию оптической оси при наведении на источники рентгеновского излучения.

Первое же включение аппаратуры показало, что прибор регистрирует сравнительно высокий уровень фона, обусловленный косми-

ческими лучами и тормозным гамма-излучением. В диапазоне 2–25 кЭВ фоновый сигнал составляет  $0,3 \text{ имп/см}^2 \cdot \text{с}$ . С 1983 по 1987 гг. уровень фона возрос примерно в 2,5 раза. По-видимому, это связано с 11-летним циклом солнечной активности, которая к 1987 г. достигла минимума.

### 3.2. Обработка результатов наблюдений

Сеансы наблюдений рентгеновских источников проводились в режиме непосредственной передачи телеметрической информации с борта АС «Астрон» на наземный пункт приема и обработки данных. Это позволило в реальном времени проводить экспрессную обработку результатов наблюдений, используя определенный набор алгоритмов первичной обработки, с представлением данных в виде различных графиков и машинных распечаток, а также путем визуализации данных на экране дисплея. Для решения этой задачи применялась специализированная ЭВМ, находящаяся на пункте приема телеметрической информации. Одновременно производилась запись необработанной информации на магнитный носитель.

В момент включения спектрометра контролировалась подача бортовой по каждому из шести фидеров питания, благодаря формированию на экране дисплея обработанных данных по исполнению команд и по некоторым служебным параметрам. В частности, контролировалось наличие высокого напряжения на детекторах. В дальнейшем в сеансе в реальном времени можно было контролировать процесс изменения величины любого параметра или любого сочетания нескольких параметров. Такой анализ позволил оперативно судить о состоянии систем спектрометра и, если требовалось, вмешиваться в ход сеанса.

**3.2.1. Первичная (экспресс-) обработка.** Экспресс-обработка данных прибора СКР-02М на терминальной станции ИКИ РАН (ТС) позволила получить предварительные результаты по оценке работоспособности спектрометра в целом, выбрать наиболее интересные участки информации для первоочередной и более полной обработке. Здесь же формировался полный массив информации для последующей (вторичной) обработки на ЭВМ серии ЕС в ИКИ.

Для приема и экспресс-обработки поступающей информации на ТС использовались два взаимозаменяемых комплекса аппаратуры — ЭВМ М-6000 с набором штатных внешних устройств и некоторых специализированных устройств, в частности, графопостроителей. Сигнал с приемных устройств наземного пункта поступал на входной интерфейс ТС и далее одновременно в оба комплекса. Сопряжение средств приема с ЭВМ М-6000 было выполнено по схеме, описанной в [79]. Обработка проводилась с использованием системы реального времени [80]. Массив данных, сформированный в формате М-6000 и ЕС ЭВМ [81], имел привязку к московскому времени с точностью до одной миллисекунды.

В комплект программ экспресс-обработки вошли следующие программные модули:

- 1) получение массива данных в формате М-6000 на двух магнитных лентах;
- 2) получение массива данных в формате ЕС ЭВМ на двух магнитных лентах;
- 3) обработка, формирование и распечатка аналоговых параметров научной информации прибора СКР-02М;
- 4) обработка, формирование и распечатка информации по 11 цифровым параметрам СКР-02М;
- 5) обработка, формирование и распечатка параметров контроля исполнения команд прибора СКР-02М;
- 6) контроль структуры поступающей информации с регистрацией данных на цифropечати.

Комплекс программ экспресс-обработки, выполненный в виде отдельных модулей, позволял в каждом конкретном сеансе наблюдений использовать необходимый их набор. Включение в работу тех или иных модулей обработки проводилось непосредственно перед сеансом. Во время сеанса по результатам текущей обработки можно было подключать или выключать отдельные модули. Программные модули формирования информации на магнитных лентах (МЛ) в формате М-6000 и ЕС ЭВМ обеспечивали при длительном сеансе регистрацию информации на двух МЛ с автоматическим переходом с одной на другую без потери информации. Массив данных в формате ЕС ЭВМ после проверки мог использоваться в дальнейшей обработке.

Такая обработка, проводившаяся в ИКИ, начиналась с анализа качества полученной информации. На этом этапе выявлялись грубые сбои в работе наземных систем регистрации данных и ввода их в ЭВМ. После оценки качества вся информация проходила этап первичной обработки.

При первичной обработке восстанавливалась структура телеметрической информации с маркировкой сбойных телеметрических кадров. Начало каждого телеметрического кадра привязывалось ко времени регистрации информации на наземном пункте приема с точностью  $\pm 1$  мс.

Выделялись циклы опроса параметров, и из телеметрических данных формировались параметры, относящиеся к научной аппаратуре. В удобном для последующей обработке виде формировались затем выходные форматы на магнитной ленте ЕС ЭВМ.

В частности, осуществлялось формирование нескольких файлов в соответствии с циклограммой сеанса наблюдений, т.е. создавались отдельные файлы (как правило, два файла) с информацией по наблюдению фона и один или два файла с информацией по наблюдению рентгеновского источника.

Важным этапом предварительной обработки являлась также абсолютная временная привязка данных с учетом времени распространения сигнала от АС до наземного приемного пункта. Этой процедурой восстанавливалось время регистрации событий на борту автоматической станции. С этой целью на весь сеанс наблюдения рас-

считывалась дальность от аппарата до пункта приема с шагом 60с. Эти данные записывались на магнитной ленте и использовались для коррекции времени регистрации при каждом цикле опроса научных параметров. Моменты времени определялись путем линейной интерполяции данных по дальности. После предварительной обработки осуществлялся также контроль привязки информации ко времени. Эти сведения выдавались в виде распечатки с указанием мест нарушения монотонности временной последовательности. По желанию можно было также осуществить вывод в жатом виде на график основных научных параметров для оценки качества обработки.

**3.2.2. Вторичная обработка.** Интенсивность излучения в энергетических каналах спектрометра регистрировалась дискретными счетчиками импульсов емкостью 512 импульсов для десяти спектральных энергетических каналов и 1024 импульса для 11-го суммарного канала. Частота опроса ТМ равнялась 0,305 с. Таким образом, для скорости счета, превышающей 512/0,305 имп/с (1024/0,305 имп/с для суммарного канала), счетчики переполнялись.

Для восстановления истинной скорости счета прибавлялась величина  $M \cdot 1024/0,305$ , где множитель  $M$  выбирался таким, чтобы восстановленная скорость счета минимально отличалась от скорости счета, одновременно регистрируемой аналоговым интенсиметром. Для восстановления истинных скоростей счета в отдельных энергетических каналах в случае возможного переполнения, приходилось задаваться предполагаемым спектром излучения, т.е. отношением  $R_i$  скорости счета в  $i$ -м энергетическом канале к суммарной скорости

счета  $\sum_i^{10}$  во всех энергетических каналах. Затем к измеренной скорости счета прибавлялась величина  $M \cdot 512/0,305$  так, чтобы получить минимальное отличие восстановленной скорости счета от величины  $R_i / \sum_{i=1}^{10}$ .

На практике в отдельных энергетических каналах (но не в суммарном) переполнение счетчиков никогда не наблюдалось даже для ярких рентгеновских источников.

Обработка сеансов измерений показала, что на графиках зависимости скорости счета в спектральных каналах от времени наблюдения (т.е. от номера кадра) иногда наблюдались выбросы, похожие на сбойные значения. Для устранения подозрительных точек данные наблюдений фильтровались. Для этого каждое измеренное значение скорости счета сравнивалось со значением, полученным путем экстраполяции на момент изменения зависимости скорости счета от времени для предшествующих точек. Процедура фильтрации сбойных точек могла проводиться только в том случае, если сигнал менялся со временем достаточно плавно. Это условие заведомо не выполнялось в сеансах сканирования неба. Сигнал от попавших в поле зрения прибо-

ра источников в таких сеансах резко менялся от опроса к опросу. В этом случае был важен выбор критерия для отбора сигнала источников от статистических флуктуаций фона неба.

Определение энергетических спектров наблюдаемых источников проводилось путем сравнения наблюдений с модельными спектрами, искаженными функцией отклика прибора. Для этого строилась математическая модель прибора.

Ввиду конечного энергетического разрешения прибора и флюоресценции основного газа-наполнителя (ксенон) прибор не может быть приемлемо описан кривой спектральной чувствительности  $\eta(E)$ , зависящей только от энергии падающего кванта, но должен быть представлен матрицей  $M(i, E)$  переходов квантов энергии  $E$  в импульсы, соответствующие энергетическому каналу  $i$ .

Согласно [118], разрешение пропорционального счетчика можно описать матрицей

$$R(E', E) = \exp\left\{-\frac{(E - E')^2}{\xi E}\right\} / \sqrt{\pi \xi} E, \quad (3.2)$$

где  $E$  — энергия падающего кванта,  $E'$  — регистрируемая энергия; параметр  $\xi$ , характеризующий величину спектрального разрешения счетчика, определялся из сравнения данных наземных калибровочных измерений линии  $MnK_{\alpha} E = 5,9$  кэВ с расчетными данными.

Спектральная чувствительность детектора определяется формулой

$$\eta(E) = \exp(-\tau_w(E)) (1 - \exp(-\tau_g(E))) S(E), \quad (3.3)$$

где  $\tau_w, \tau_g$  — оптические толщи окошка счетчика и газа соответственно,  $S(E)$  — эффективная площадь детектора в  $см^2$ . Матрица, описывающая эффективность прибора, определяется выражением

$$M(i, E) = \int_{EB(i)}^{EB(i+1)} \eta(E) \left[ \left( 1 - \sum_L \rho_L(E) \right) R(E', E) + \sum_L \rho_L(E) R(E', E - E_L) \right] dE, \quad (3.4)$$

где  $E$  — энергия падающего кванта,  $i$  — номер энергетического канала прибора,  $EB(i), EB(i+1)$  — границы  $i$ -го энергетического канала,  $\rho_L(E)$  — вероятность флюоресценции кванта с энергией  $E$  в линии  $L$  с энергией  $E_L$ . Формула для расчета  $\rho_L(E)$  приводится в [178].

Суммирование в формуле (4) ведется по всем линиям флюоресценции. В математической модели прибора учитывались только линии, образованные переходами с  $L$  и  $K$  оболочек, а линии  $L_{\gamma}, L_{\delta}$  не различались.

С помощью матрицы прибора можно было по известному спектру источника  $F(E)$  (фотон/ $\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$ ) определить скорости счета в энергетических каналах:

$$N(i) = \int_0^{\infty} F(E) M(i, E) dE \text{ ипм/с.} \quad (3,5)$$

Математическая модель прибора соответствовала данным наземных калибровок при варьировании параметра разрешения  $\xi$  в (3.2), газового давления ксенона  $P$  в счетчике (от него зависит  $\tau_g$ ) и границ энергетических каналов  $EB(i)$ .

Спектры рентгеновских источников  $F(E)$  задавались, как правило, в следующей форме (фотон/ $\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ}$ ):

$$\begin{aligned} & AE^2 / (\exp(E/E_0) - 1), \\ & A \exp(-E/E_0) / E \sqrt{E_0}, \\ & AE^{-\alpha}. \end{aligned}$$

Первый закон описывает излучение абсолютно черного тела, второй — излучение оптически тонкой горячей плазмы, третий — синхротронное излучение релятивистских электронов в магнитном поле. Величина  $E_0 = kT$  соответствует температуре, параметр  $A$  определялся из условия нормировки полного потока излучения в диапазоне чувствительности спектрометра (примерно от 2 до 25 кэВ). Использовались и комбинированные спектры, описываемые суммой двух формул с соответствующим весом. Помимо непрерывного спектра, приведенного выше, разработанная программа вычислений позволяла добавлять излучение в спектральной линии  $F(E) = B \times \exp(-(E - E_0)/\Delta E)^2$ , что требовало определения дополнительного числа параметров  $n \leq 3(B, E_0 \text{ и } \Delta E)$ . Часть из них, например  $E_0$  или  $\Delta E$ , могли считаться априорно известными. В этом случае можно было определить эквивалентную ширину линии, равную  $\sqrt{\pi} B \Delta E / I_0$ , где  $I_0$  — интенсивность в континууме.

Спектр рентгеновского источника  $F(E)$  искажается поглощением в самом источнике или на пути в межзвездной среде между источником и наблюдателем. Это поглощение описывается выражением  $\exp(-\sigma(E)N_{\text{H}})$ , где  $\sigma(E)$  — сечение поглощения среды в пересчете на один атом межзвездного водорода при нормальном химсоставе межзвездной среды, а  $N_{\text{H}}$  — число атомов водорода на луче зрения ( $\text{см}^{-2}$ ).

Для  $\sigma(E)$  принималось выражение  $2,5 \cdot 10^{-22} E^{-8/3}$ , достаточно хорошо описывающее сечение в диапазоне энергий 2–30 кэВ. Конечно, при этом не учитывались скачки поглощений C, O, N и других обильных элементов межзвездной среды. Учет поглощения добавлял к определяемым величинам  $A$  и  $kT$  или  $A$  и  $\alpha$  еще один параметр —  $N_{\text{H}}$ .

В принципе, при известных десяти значениях скорости счета можно было определить до девяти параметров спектра. Однако на практике это число не превышало трех-четырех. Программа позволяла сопоставлять после подбора спектра теоретические и экспериментальные значения величин (имп/с) в каждом канале, а также допустимые погрешности величин  $A$ ,  $kT$ ,  $\alpha$ ,  $N_H$  и т.д.

Во время полета для контроля стабильности границ каналов  $EB(i)$  во времени использовался как эталонный источник Тау X-1 (Крабовидная туманность).

Для того, чтобы решить обратную задачу, т.е. по измеренным скоростям счета в каналах  $N(i)$  найти энергетический спектр, необходимо выбрать сначала вид спектра (т.е. закон  $F(E, \vec{P})$ ), зависящий от нескольких свободных параметров  $P(1), P(2), \dots$ , а затем определить эти параметры. Параметры варьировались так, чтобы добиться минимального значения выражения

$$\chi^2(P) = \sum_i \frac{(N_0(i) - N_T(i, \vec{P}))^2}{(\Delta N(i))^2}, \quad (3.6)$$

где  $N_0(i)$  — измеренные скорости счета в каждом энергетическом канале,

$$N_T(i, \vec{P}) = \int_0^{\infty} F(E, \vec{P}) M(i, E) dE. \quad (3.7)$$

Значения параметров  $\vec{P}$ , отвечающие минимизации выражения (3.6), определялись в два этапа. На первом — вся область возможных значений параметров  $P$  перекрывалась равномерной сеткой и по формулам (3.6) и (3.7) в узлах сетки рассчитывались величины  $N_T(i, \vec{P})$  и  $\chi^2(\vec{P})$ .

Значения  $\vec{P}$ , соответствующие минимальной величине  $\chi^2(\vec{P})$  для всех рассчитанных узлов, принимались за начальное значение  $P_0$  для следующего этапа.

Далее минимум выражения (3.6) находился методом градиентного спуска. Для этого определялось направление наискорейшего уменьшения величины  $\chi^2(\vec{P}_0)$ . Пусть это направление в пространстве параметров  $P$  задается вектором  $\vec{B}$ . Далее находился минимум для функции  $G(\lambda) = \chi^2(\vec{P}_0 + \vec{B}\lambda)$ , зависящий не от параметров  $P(1), P(2), \dots$ , а от скаляра  $\lambda$ . Если минимум достигался при  $\lambda = \lambda_0$ , то новое значение вектора параметров принималось равным  $\vec{P}_1 = \vec{P}_0 + \vec{B}_0 \lambda_0$  и повторялся предыдущий шаг  $\vec{P}_{k+1} = \vec{P}_k + \vec{B}_k \lambda_k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). Процесс прекращался, когда для всех компонент  $J$  имело место

$$|P_{k+1}(J) - P_k(J)| < \vec{D}_p(J),$$

где  $\vec{D}_p$  — задаваемый перед расчетом вектор точности определения  $\vec{P}$ . Минимум функции  $G(\lambda)$  находился методом золотого сечения, что оказалось надежнее, чем разложение  $G(\lambda)$  в ряд Тейлора и приравнивание к нулю  $G'(\lambda)$ .

Для временного анализа и поисков переменности рентгеновских источников типа пульсаров с точным и почти точным периодом полученная информация подвергалась быстрому Фурье-преобразованию.

При этом использовалась программа предварительного вычисления фона с учетом имеющегося медленного тренда или без него (две модификации). Определение и последующее устранение тренда производилось путем аппроксимации усредненной информации (с частотой опроса 0,305 с) по  $n$  точкам ( $n = 2, 4, 8, \dots$ ) полиномом степени 2, 3, 4, 5, а также сплайном.

После устранения тренда выводился спектр мощности — результат быстрого Фурье-преобразования, по которому определялся период, равный  $P = n \cdot 0,305$  с ( $n = 1, 2, 4, \dots$ ), вплоть до периода, близкого к полному времени наблюдений источника, т.е. 1–3 часа, что соответствует  $n = 2^{13}$ .

Для построения кривых блеска пульсаров использовались два метода: метод максимума энтропии и метод наложения эпох. В последнем случае можно было использовать быстрые каналы опроса с периодом 2,27 мс, несмотря на то, что из полного цикла опроса 305 мс информация отсутствовала 235 мс. Метод наложения эпох дает отличные результаты даже при большом фоне с трендом. Искомый пе-

риод находился путем построения зависимости  $\chi^2 = \sum_i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{x_i}$ , где  $i$  — число разбиений периода пульсара. Использовались значения  $i = 32, 64$  и  $128$ .

Однако в операции свертки данных с периодом пульсара помимо исправления времени за запаздывание между ИСЗ и Землей учитывалась переменность периода из-за трех доплеровских поправок, вызванных

- орбитальным движением нейтронной звезды (рентгеновского источника) в двойной звездной системе относительно барицентра этой системы;

- орбитальным движением Земли относительно барицентра Солнечной системы;

- орбитальным движением станции «Астрон» относительно центра Земли.

В случае одиночной нейтронной звезды (например, Тау X-1) первая поправка отсутствует. Наличие эксцентриситета орбиты нейтронной звезды еще более осложняет эту задачу. Поправки за движение Земли и спутника вычислялись согласно имеющимся программам, после чего суммировались по компонентам, и каждая компонента аппроксимировалась полиномом второй степени  $\vec{v}_k = At^2 + Bt + C$ , где  $t$  — время, измеряемое в секундах относительно первой точки изме-

рений. После введения поправок за прецессию и aberrацию света вычислялась радиальная компонента скорости спутника и совершался переход от бортового времени к времени, отнесенному к барицентру двойной рентгеновской системы:

$$t' = t \int_0^t (1 - V_r/c) dt = t \left[ 1 - \left( \frac{At^3}{3} + \frac{Bt^2}{2} + Ct \right) \right]. \quad (3.8)$$

С этим временем производились операция свертки и поиск оптимального периода вращения нейтронной звезды. Таким образом были обработаны все сеансы наблюдений источников Сеп X-3, Нег X-1, A0535+26, Vel X-1 с периодами от 1,24 с до 272 с.

Использование быстрого (2,27 мс) канала не позволяло строить кривые блеска пульсаров с периодом меньше 1 с в различных энергетических диапазонах, а лишь в интервале 2–25 кэВ. Однако по каждому из десяти спектральных каналов, которые опрашивались с частотой 0,305 с, можно было построить кривые блеска пульсаров с периодами более 1 с.

Для источника Тау X-1 была достигнута точность в определении периода  $10^{-9} - 3 \cdot 10^{-10}$  с, что позволяет определить первую производную с точностью  $3 \cdot 10^{-17}$  с/с и даже вторую производную, правда с плохой точностью порядка  $1 \cdot 10^{-24}$  с<sup>-1</sup>. Для источника Нег X-1 (с периодом ~1,24 с) погрешность в периоде не превышает  $10^{-6}$  с при наблюдениях в одном сеансе длительностью 2–3 часа.

Наконец, для обработки данных пульсаров была подготовлена программа перехода от времени регистрации событий на спутнике к времени, отнесенному к барицентру Солнечной системы, что позволяет сравнивать между собой данные разных авторов, полученные в разное время.

### 3.3. Программа наблюдений

Научная программа рентгеновского эксперимента на станции «Астрон» предусматривала исследования временных и спектральных характеристик источников рентгеновского излучения в рамках возможностей станции, ограниченных по продолжительности времени наблюдений. В число объектов, которые предполагалось наблюдать, включались галактические и внегалактические источники (компактные объекты, остатки сверхновых звезд, шаровые скопления, галактики различных типов и их ядра, квазары и т.д.).

Программой исследования временных характеристик предусматривалось: определение периодов рентгеновских пульсаров в диапазоне  $3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^3$  с; регистрация всплесков рентгеновского излучения от барстеров. Для каждого из наблюдаемых источников необходимо было определять интегральный поток излучения в исследуемом диапазоне энергий для сравнительного сопоставления с результатами измерений в различное время другими группами экс-

периментаторов. Спектральные исследования предполагалось осуществлять для источников, поток от которых надежно фиксировался не менее чем в пяти каналах десятиканального амплитудного анализатора прибора.

В процессе практического осуществления программы исследований возникли новые аспекты, благодаря которым в программу были внесены некоторые дополнения. Так, например, для отдельных источников были предприняты попытки их точной локализации на небе при затмении этих источников Луной. Проводились исследования источников, не включенных ранее в программу, но предложенных для наблюдений различными группами советских и зарубежных астрономов, работающих в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах. Для осуществления всей указанной программы был составлен каталог, включающий в себя около 1000 источников. Этот список пополнялся по мере поступления новых заявок на наблюдения источников, ранее не включенных в программу, например SN 1987a. Всего за время наблюдений исследовалось 69 рентгеновских источников, причем некоторые наблюдались многократно. Так, например, источник Tau X-1 наблюдался 6 раз, A0535+26 — 8 раз, барстер МХВ1730-335 — 9 раз, Her X-1 — 10 раз и т.д. В таблице 21 приведен список исследованных источников с указанием даты и времени наблюдений.

Всего за время работы спутника было проведено ~600 сеансов, из которых в 155 сеансах проводились рентгеновские исследования.

В пяти сеансах, приблизительно раз в год, проводились тестовые сеансы для проверки стабильности чувствительности спектрометра, постоянства порогов спектральных каналов, а также соосности осей системы ориентации и стабилизации КА с оптической осью спектрометра. В этих сеансах наблюдался источник в Крабовидной туманности (Tau X-1), а также проводился контроль систем снижения фона: схемы ДНФ и схемы антисовпадений.

Т а б л и ц а 21

Рентгеновские источники, наблюдавшиеся с АС «Астрон»

Источник	Дата	Время начала наблюдений (UT)	Примечание
1. Пульсары			
Tau X-1	01.04.1983	14 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	$P = 0,033$ с.
	16.03.1984	14 20 00	Юстировка и калибровка аппаратуры.
	13.02.1985	13 29 30	
	17.03.1986	18 31 00	
	20.02.1987	15 23 00	
	26.02.1988	14 19 00	
A0535+26	07.04.1983	12 38 30	
	25.10.1983	19 52 00	Координированные и синхронные наблюдения по международной программе в ультрафиолетовой, оптической и инфракрасной областях спектра.
	16.10.1984	13 58 30	
	19.04.1985	20 47 41	
	17.03.1986	15 36 00	
	28.10.1986	08 03 00	
	01.11.1986	08 00 00	
	20.02.1987	12 53 00	

Источник	Дата	Время начала наблюдений (UT)	Примечание
Her X-1	30.06.1983	18 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	$P = 1,24$ с
	01.03.1983	14 48 30	Затменная двойная система. 30.06.1983 г. — источник в «выключенном» состоянии. 1.03.1983 г. — обнаружено «включение».
	07.04.1983	14 31 00	
	25.08.1984	11 54 00	
	08.04.1985	13 30 00	
	18.03.1987	15 45 00	
	06.07.1987	13 41 00	
	07.07.1987	07 28 00	
	07.04.1988	13 30 30	
31.08.1988	07 05 00		
4U1728-24 (GX1+4)	09.08.1983	11 41 00	$P=2(4?)$ мин.
	04.09.1987	06 27 00	
	16.09.1988	06 31 00	
Vel X-1	06.01.1984	12 44 00	$P=283$ с. Затменная двойная система
	23.05.1987	15 25 00	
	01.06.1987	11 20 00	
Cen X-3	18.01.1984	11 07 30	$P=4,8$ с. Затменная двойная система
	09.01.1985	01 55 00	
	21.05.1985	22 04 00	
	30.01.1987	13 53 00	
	12.01.1988	23 04 30	
x Per	22.01.1984	12 46 00	$P=835$ с.
	08.09.1987	05 38 00	
4U0115+63	23.06.1984	17 31 30	$P=3,6$ с.
4U1538-52	17.07.1985	13 17 00	$P=520$ с.. Затменная двойная система
	03.09.1987	05 56 00	
4U1258-61 (GX304-1)	13.08.1985	11 56 30	$P=272$ с.
	21.08.1987	07 28 00	
2A1627-673 (4U1626-67)	03.10.1985	07 00 00	$P=7,7$ с.
	23.04.1987	14 22 20	
2S1223-624	10.06.1986	11 03 00	$P=699$ с.
	29.08.1987	09 30 00	
MX1553-54	18.09.1987	07 29 00	$P=9,3$ с.

Источник	Дата	Время начала наблюдений (UT)	Примечание
4U1145-61	22.05.1985	19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	P~292 с
SS Cyg	17.12.1986	23 44 00	P~9 с
<b>2. Барстеры</b>			
MXB1730-335 (Rapid burster) R.B.	13.04.1983	11 25 00	—затмение Луной R.B. — затмение Луной S.B.
	28.04.1983	08 22 30	
	05.08.1983	04 26 00	
MXB1728-34 (Slow burster) S.B.	16.08.1983	16 00 00	
	13.09.1983	12 32 00	
	02.09.1984	06 31 00	
	16.02.1985	17 48 30	
	17.09.1986	06 27 00	
20.10.1986	07 14 00		
4U1744-26	08.08.1983	13 47 00	
4U1820-30 (Sgr X-4)	22.09.1983	08 28 00	
MXB1735-44	06.10.1983	09 19 30	
4U1636-53 (NOR X-1)	13.03.1985	15 10 30	
SER XR-1	22.08.1985	11 06 00	
4U1813-14	23.09.1987	06 08 00	
<b>3. Яркие переменные источники</b>			
4U1822-37 (Sco XR-6)	06.05.1983	18 56 30	
4U2129+47	16.07.1983	08 08 00	
Cyg X-3	18.07.1983	13 53 00	
	18.06.1986	08 58 00	
	02.11.1986	05 40 00	
	18.07.1987	14 20 00	
	20.07.1987	11 56 00	
Cyg X-1	24.07.1983	11 33 30	
4U1700-37	03.08.1983	11 31 00	

Источник	Дата	Время начала наблюдений (UT)	Примечание
4U1705-44	07.10.83 15.04.1986	11 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 14 08 30	
4U1811-17 (Sgr XR-2)	17.10.1983	19 52 00	
4U2142+38 (Cyg X-2)	08.12.1983 08.12.1984	12 34 00 17 13 00	
4U1758-25	29.08.1984 07.09.1985	12 56 00 08 52 00	
4U1642-45 (Ara X-1)	20.07.1985	15 16 00	
4U1758-20 (Sgr X-3)	10.08.1985	11 35 00	
4U1702-36 (Sco X-2)	20.09.1985	08 46 00	
4U1516-56 (Cir X-1)	02.10.1985	09 02 00	
4U1658-48	11.10.1985	07 08 00	
4U1755-33	21.04.1986	11 47 00	
4U1543-62	01.10.1987	06 21 30	
4U1956+11	13.12.1983	22 27 00	
4U1743-29 GCX	06.09.1984	02 04 00	
4U2129+12	06.12.1984	08 30 00	
4U1228+12	27.05.1983 30.05.1986	14 20 00 12 46 00	
4U1954+31	28.06.1984	17 32 00	
4U1728-16	05.09.1985		
<b>4. Слабые источники</b>			
4U1849-31	05.05.1983	14 40 00	
2A2315-428	10.05.1983	15 13 00	
2A1219+305	11.05.1983	13 47 00	
4U1221-08	11.06.1983	04 46 30	
4U1232+07	14.06.1983	16 49 30	

Источник	Дата	Время начала наблюдений (UT)	Примечание
4U1226+02	16.06.1983	09 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	Квazar 3C 273
4U1325-31	11.07.1983	15 10 30	
4U1345-32	13.07.1983	14 31 00	
KU Lup	19.07.1983	11 15 04	
	23.07.1984		
	15.03.1985		
2A1938-105	29.07.1983	12 47 00	
SN в M83	07.08.1983	14 09 00	
Быстрый радиопульсар (1,5 мс)	12.12.1983	13 38 30	P=1,5 мс
MKn 573	10.01.1984	12 24 00	
X0323+22	11.01.1984	16 03 30	Вспыхивающий пульсар открыт спутником «TENMA» 25.11.83 г. P=2 с?
EX Hyd	15.07.1984	16 43 00	
NGC 4151	22.07.1984	16 06 00	
EV Lac	06.02.1985	16 06 30	
	08.02.1985	15 26 30	
BD371146	13.04.1985	12 45 00	
СПЗ 2636	09.12.1985	16 18 00	
SS 433 (4U1908+05)	26.11.1983	13 59 00	
Сер X-4	15.07.1983	11 37 00	
2A1102+384	24.05.1986	12 30 00	
Новая в Vul SN 1987a	20.09.1988	09 17 00	
	04.03.1987	17 09 30	
	06.03.1987	18 46 30	
	09.03.1987	15 01 00	
	12.03.1987	14 36 00	
	17.03.1987	15 57 00	
	23.06.1987	16 41 00	
	24.06.1987	13 11 30	
	03.07.1987	12 35 00	
	04.07.1987	13 25 00	
	23.07.1987	13 53 00	
	28.09.1987	10 13 30	
	05.10.1987	09 31 30	
	02.11.1987	15 34 00	
	22.12.1987	00 47 00	
	15.01.1988	15 34 00	
	23.03.1988	17 59 00	
18.05.1988	08 35 00		

### 3.4. Научные результаты рентгеновских наблюдений

**3.4.1. Источник Тау X-1 (Крабовидная туманность).** Со времени открытия в 1963 г. рентгеновского излучения Крабовидной туманности [85] этот источник (Тау X-1) часто наблюдался различными группами исследователей. Благодаря большому потоку излучения и стабильности его временных характеристик в масштабе от одной секунды до десятков лет источник Тау X-1 очень удобен для калибровки научной аппаратуры: проверки энергетических порогов амплитудного анализатора рентгеновского телескопа, его эффективной площади и общей чувствительности прибора. Наличие в Крабовидной туманности пульсара NP 0532, импульсное рентгеновское излучение которого с периодом  $\sim 33$  мс [86] было открыто вслед за радио- и оптическим излучением, позволяет также проводить проверку имеющихся программ временной обработки данных наблюдений. В настоящее время одно из наиболее детальных исследований временных характеристик рентгеновского излучения пульсара NP 0532, да и самой туманности, выполнено рентгеновской обсерваторией «Einstein» [87].

Наблюдения Крабовидной туманности проводились главным образом с целью калибровки и юстировки рентгеновского телескопа-спектрометра. После запуска АС «Астрон» 23.03.1983 г. первое включение телескопа было приурочено к наблюдению этого источника 01.04.1983 г. Повторные наблюдения Тау X-1 проводились ежегодно.

Для построения энергетического спектра излучения источника Тау X-1 использовались данные скорости счета во всех десяти энергетических каналах. Для построения кривой блеска пульсара NP 0532 использовались данные скорости счета в канале быстрого опроса. Быстрый опрос выполнялся для интегрального диапазона 2–25 кэВ в течение примерно 70 мс через каждые 234 мс, когда регистрировалось число импульсов, накопленных за время 2,27 мс. Был использован метод свертки этих данных с периодом пульсара. Поскольку интервал наблюдения был коротким (не более 2 ч), собственным изменением периода пульсара за это время можно было пренебречь. В найденный период вносились поправки за движение спутника и Земли относительно направления на Крабовидную туманность. Окончательным результатом обработки данных является барицентрический период пульсара NP 0532 на момент начала наблюдения, а также кривая блеска пульсара или его периодограмма.

При исследовании рентгеновского потока от Крабовидной туманности, а также при измерении фона на короткое время отключалось устройство дискриминации фронта нарастания (ДФН). Цель проверки — оценить эффективность устройства подавления фона заряженных частиц и коэффициента пропускания этой схемой полезного сигнала от рентгеновских фотонов. В среднем во всем энергетическом диапазоне устройство ДФН пропускает не менее 90 % полезного сигнала и примерно в пять раз снижает уровень фона от заряженных частиц. Средняя скорость счета в диапазоне энергий 2–25 кэВ от источника Тау X-1 составила 3200 имп/с.

**Спектральные данные.** Спектр источника Тау X-1 достаточно известен. В рентгеновском диапазоне 2–10 кэВ он хорошо аппроксимируется степенным законом  $F(E) = AE^{-\alpha}$  (фотон/ (см<sup>2</sup>·с·кэВ)). В работе [88] собраны многочисленные экспериментальные результаты по исследованию спектрального распределения рентгеновского излучения Крабовидной туманности. Согласно выводам работы [88] среднее значение показателя степени  $\alpha = +2,10 \pm 0,03$ , а нормировочного множителя  $A = 9,7 \pm 1,0$ .

Спектральные данные наших измерений излучения от источника Тау X-1 мы аппроксимировали распределением вида

$$F(E) = A \exp[-\sigma(E)N_H] E^{-\alpha} \text{ (фотон/ (см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ))}, \quad (3.9)$$

где  $d(E)$  — сечение поглощения рентгеновского излучения межзвездным газом,  $N_H$  — число атомов водорода на луче зрения между наблюдателем и источником Тау X-1. Сечение поглощения межзвездным газом было взято из работы [89]. Путем минимизации квадратов отклонений теоретических скоростей счета в каждом спектральном канале от экспериментальных данных определялись значения трех параметров, входящих в формулу (3.9). Они оказались таковы:

$$A = 9,4 \pm 0,2;$$

$$\alpha = 2,13 \pm 0,02;$$

$$N_H = (3,05 \pm 0,5) \cdot 10^{21} \text{ ат./см}^2.$$

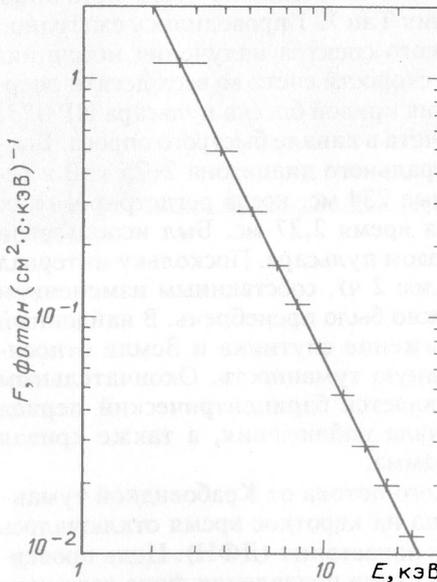


Рис. 74. Спектр рентгеновского излучения Крабовидной туманности, зарегистрированный на АС «Астрон». Сплошная линия — теоретический спектр вида  $F = AE^{-\alpha} e^{-\sigma(E)N_H}$  (фотон/ (см<sup>2</sup>·с·кэВ)), где  $\alpha = 2,13$ ;  $A = 9,4$  и  $N_H = 3 \cdot 10^{21}$  атом/см<sup>2</sup>.

На рис. 74 представлен спектр Крабовидной туманности по нашим данным. Горизонтальными отрезками обозначены ширины энергетических каналов рентгеновского спектрометра. Сплошная линия соответствует теоретическому спектральному распределению, оптимально отвечающему экспериментальным данным. Спектр в пределах ошибок соответствует данным других экспериментальных групп [88], [90]. Спектральные измерения показали, что в полете границы энергетических каналов в пределах 3–5 % совпали с их значениями по данным пред-

полетных калибровочных измерений вназемных условиях, а за последние шесть лет изменились на 20 %.

*Временной анализ.* На рис. 75 представлена кривая блеска пульсара NP 0532 по данным измерений 16.03.1984 г. Период пульсара был разбит на 128 фазовых интервалов. Среднее значение сигнала от самой туманности вычтено из результирующей кривой блеска. Оно определялось по минимальному сигналу в фазовых интервалах. Однако небольшой сигнал от Крабовидной туманности все же присутствует в кривой блеска на рис. 75. Для лучшей наглядности графика было решено не выбирать уровень сигнала туманности среднестатистическим. Это привело бы к появлению на рисунке некоторого числа нулевых и даже отрицательных значений. Кривые блеска для остальных сеансов имеют примерно такой же вид.

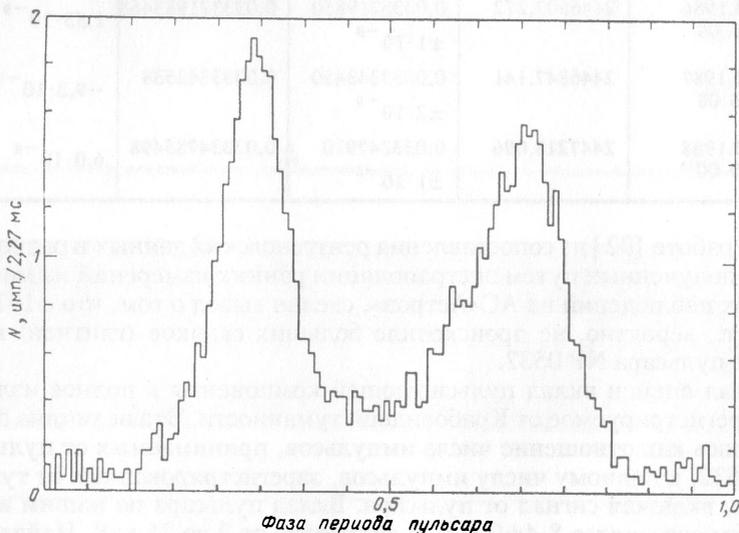


Рис. 75. Кривая блеска пульсара NP 0532 по данным АС «Астрон», полученным 16.03.84

Следует заметить, что полученная нами кривая блеска пульсара NP 0532 лучше соответствует кривой, полученной по измерению в более жестком рентгеновском диапазоне [91], чем по данным обсерватории «Einstein» [87], относящимся к диапазону 0,1–4,5 кэВ.

В табл. 22 приведены значения периода пульсара по рентгеновским измерениям на АС «Астрон» —  $P_x$  и по радиоданным  $P_R$  [180]. Периоды приведены на барицентр Солнечной системы. Значение первой производной, по нашим данным, равно  $P = 4,214386 \cdot 10^{-13} \text{ с} \cdot \text{с}^{-1}$ . Оно с учетом второй производной соответствует производной ( $4,217680 \cdot 10^{-13} \text{ с} \cdot \text{с}^{-1}$ ), определенной в работе [87] по данным обсерватории «Einstein» на сентябрь 1979 г.

Значения периода пульсара по рентгеновским измерениям на АС «Астрон» ( $P_x$ ) и по данным работы [180] ( $P_R$ )

Дата Время (UT)	JD начала на- блюдений	$P_x, c$	$P_R, c$ [110]	$P_x - P_R$
01.04.1983 18 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup>	2445426,258	0,0332826090 $\pm 3 \cdot 10^{-9}$	0,0332826205	$-1,1 \cdot 10^{-8}$
16.03.1984 14 20 07	2445776,097	0,0332953560 $\pm 2 \cdot 10^{-9}$	0,0332953633	$-7,3 \cdot 10^{-9}$
13.02.1985 16 29 38	2446110,062	0,0333075270 $\pm 2 \cdot 10^{-9}$	0,0333075238	$3,14 \cdot 10^{-9}$
17.03.1986 18 31 08	2446507,272	0,0333219850 $\pm 1 \cdot 10^{-9}$	0,033321983468	$1,53 \cdot 10^{-9}$
20.02.1987 15 23 08	2446847,141	0,0333343450 $\pm 2 \cdot 10^{-9}$	0,0333343538	$-9,3 \cdot 10^{-9}$
26.02.1988 14 19 00	2447218,096	0,033347910 $\pm 1 \cdot 10^{-8}$	0,03334785498	$6,0 \cdot 10^{-8}$

В работе [92] из сопоставления рентгеновских данных и радиоданных, полученных путем экстраполяции ранних измерений на момент наших наблюдений на АС «Астрон», сделан вывод о том, что с 1976 по 1984 г., вероятно, не происходило больших скачков (глитчей) в периоде пульсара NP 0532.

Был оценен вклад пульсирующей компоненты в полное излучение, регистрируемое от Крабовидной туманности. Эта величина определялась как отношение числа импульсов, принимаемых от пульсара NP 0532, к полному числу импульсов, зарегистрированных от туманности, включая сигнал от пульсара. Вклад пульсара по нашим измерениям составляет  $8,4 \pm 0,8$  % в диапазоне от 2 до 25 кэВ. Найденное значение вклада пульсирующей компоненты вполне согласуется с более ранними наблюдениями [93]. Погрешность оценки вклада пульсирующей компоненты зависит в основном от того, какую долю периода занимает собственное излучение пульсара. В данном случае мы определили, что излучение пульсара занимает от 80 до 90 фазовых интервалов. В остальных интервалах из 128 (вблизи начала фазы и в конце на рис. 75) излучение пульсара отсутствует. Заметим, что по данным обсерватории «Einstein» пульсирующая компонента в более мягкой области спектра (0,1–4,5 кэВ) составляет  $3,9 \pm 0,2$  полного излучения туманности.

Вид кривой блеска пульсара NP 0532, представленный на рис.75, соответствует кривой блеска, построенной согласно данным более ранних исследований пульсара в диапазоне от 2 до 25 кэВ. В этой рентгеновской области спектра амплитуда интеримпульса сравнима с амплитудой главного импульса. Имеется также заметное излуче-

ние между импульсами, уровень которого не остается постоянным. Увеличение мощности этих компонент излучения пульсара при переходе от оптического диапазона к рентгеновскому хорошо известно [87,91,94]. Наши данные также подтверждают этот факт. Ширина главного импульса на рис. 75 равна примерно 3,9 мс. По-видимому, такое уширение импульса связано со сравнительно большой величиной времени накопления сигнала в данном эксперименте (2,27 мс), а не с реальной величиной ширины импульса.

**3.4.2. Транзиентный источник A0535+26.** Источник A0535+26 впервые был обнаружен спутником «Ariel-5» во время грандиозной вспышки в апреле 1975 г. [25]. Тогда же были обнаружены пульсации рентгеновского излучения с периодом  $\sim 104$  с. Спутник SAS-3 уточнил координаты источника [96], и в квадрате погрешностей была обнаружена звезда 9-й звездной величины HDE 245770 раннего спектрального класса [97]. Продолжительное исследование показало, что A0535+26 ведет себя как повторный транзиентный источник [98]. Было высказано предположение, что характерный период вспышек рентгеновского излучения обусловлен орбитальным движением нейтронной звезды вокруг оптической звезды HDE 245770 — сверхгиганта класса O9,7 IIIe [99], расстояние до которой примерно  $1,8 \pm 0,6$  кпк [99].

Неоднократно предпринимались попытки по рентгеновским измерениям найти орбитальный период системы. По анализу времени прихода импульсов с периодом 104 с авторы работы [100] установили, что наиболее вероятные значения периода составляют 39 и 77 суток. По данным спутника «Nakuchō» [101] был найден период, равный 110 суткам. По данным прибора SSI на спутнике «Ariel-5» период составляет 111,5 суток [98].

Рентгеновский пульсар A0535+26 многократно исследовался на АС «Астрон» в рамках координированной международной программы [102]. Сводные данные рентгеновских наблюдений представлены в табл. 23. Наблюдения проводились главным образом в режиме трехосной ориентации оси прибора на источник. Иногда наблюдения были попутными при выполнении других наблюдательных программ. В частности, 01.02.1984 г. и 04.02.1984 г. источник наблюдался во время сканирования небесной сферы.

Т а б л и ц а 23

Сводные данные рентгеновских наблюдений транзитного пульсара A0535+26

Дата	JD 2440000	Спутник	$\frac{I_{A0535}}{I_{\text{Габ}}}$	Область энергий, кэВ	Спектральные данные	Ссылка на лит. источник
23– 29.04. 1975	2526–32	«Ariel-5»		26–73	Эксп. спектр: $kT = 3 \pm 0,5$ кэВ на низких энергиях, $kT = 8 \pm 1$ кэВ на высоких энергиях	[192]
28.04. 1975	2531	«Ariel-5»	2	3–7		[95]

Дата	JD 2440000	Спутник	$\frac{I_{A0535}}{I_{Crab}}$	Область энергий, кэВ	Спектральные данные	Ссылка на лит. источник
02.05. 1975	2535	«Ariel-5»	3 <sup>а)</sup>	2-18		[193]
19.05. 1975	2552	«Ariel-5»		2-18	Степенной спектр: $L=0,8$	[193]
01.06. 1975	2565	«Ariel-5»		2-18	Степенной спектр: $L=1,1$	[193]
01.06. 1975	2565	SAS-3	0,5	1,3-5		[100]
20.07. 1975	2614	«Ariel-5»	0,3	2-18		[98]
26.07. 1975	2620	SAS-3	0,2	1,3-5		[100]
10.11. 1975	2727	«Ariel-5»	0,3 <sup>а)</sup>	2-18		[98]
11.11., 1975	2728	SAS-3	0,2-0,1	1,3-5		[100]
24.05. 1977	3288	SAS-3	0,5	1,5-11	1,5	[194]
27.12. 1977	3505	SAS-3	0,5	1,5-11		[194]
08- 19.12. 1977	3486-97	«Прогноз-6»	0,05	27-132		[195]
20.12. 1977	3498	«Прогноз-6»	0,05	28-146	Степенной спектр: $L=3,24$ (21.5-22.5 Дек.) $L=3,0$ (22.5-24.5 Дек.)	[196]
25.12. 1977	3503	«Прогноз-6»	1	28-146	$L=3,04$ (25.5- 26.5 Дек.)	[196]
28.12. 1977	3506	«Прогноз-6»	1,5	28-146	$L=2,68$ (30.2 Дек.-1,4 Янв.)	[196]
12.04. 1978	3611	SAS-3	0,5	1,5-11		[194]
21.04. 1978	3620	SAS-3	0,4-0,2	1,5-11		[194]
06.08. 1978	3727	«Ariel-5»	0,4	2-18		[197]
18.03. 1979	3951	«Ariel-5»	0,25	2-18		[198]
25.09. 1980	4508			24-140	Степенной спектр: $L=3,42$ или эксп. спектр: $kT=17,7 \pm 0,9$ кэВ	[199]
05.10. 1980	4518			30-190	Вин. спектр: $kT=9 \pm 0,1$ кэВ	[200]
10.10. 1980	4523	«Hakucho»	1,5 <sup>а)</sup>	1-22		[201]

Дата	JD 2440000	Спутник	$\frac{I_{A0535}}{I_{Crab}}$	Область энергий, кэВ	Спектральные данные	Ссылка на лит. источник
21.07. 1981	4807	«Накучо»	0,02	30–100	Степенный спектр: $L=1,2$	[202]
13.12. 1981	4952	«Накучо»	0,2	1–22		[201]
08.11. 1982	5282	«Накучо»	0,15	3–6		[103]
01.04. 1983	5426,3	«Астрон»	$2,4 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
08.04. 1983	5432	«Астрон»	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
11.10. 1983	5619	«Накучо»	0,8 <sup>a)</sup>	3–6		[103]
25.10. 1983	6533,33	«Астрон»	0,03	2–25		[203]
01.02. 1984	5732,15	«Астрон»	0,8	2–25		[204]
04.02. 1984	5735,1	«Астрон»	0,55	2–25		[204]
16.03. 1984	5776,15	«Астрон»	$5 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
16.10. 1984	5990,08	«Астрон»	$1,6 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
19.04. 1985	6175,35	«Астрон»	$6 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
17.03. 1986	6507,15	«Астрон»	$<1,5 \cdot 10^{-3}$	2–25		[143]
28.10. 1986	6731,84	«Астрон»	0,1	2–25		[143]
01.11. 1986	6735,83	«Астрон»	0,78	2–25		[143]
20.02. 1987	6847,08	«Астрон»	0,025	2–25		[143]

Активные и неактивные периоды этого источника очень четко определяются по уровню рентгеновского потока. В неактивном состоянии поток рентгеновского излучения составляет несколько  $mCrab$ . В эти моменты не удастся выделить пульсирующую компоненту излучения. В активном состоянии поток от источника превышает уровень 0,1  $Crab$ . Данные, полученные 25.10.1983 г., относятся к периоду падения рентгеновского потока, максимум которого наблюдался спутником «Накучо» 11.10.1983 г. [103]. Наблюдение 20.02.1987 г., по видимому, совпало с подъемом общего потока рентгеновского излучения от A0535+26. В течение двухчасового сеанса наблюдался рост сигнала от источника с 9  $mCrab$  до 25  $mCrab$ . Таким образом, «Астрон» наблюдал источник в двух его состояниях.

В активном состоянии хорошо выделяется пульсирующая компонента излучения. Но при низком уровне потока от источника кривая

блеска пульсара имеет некоторые отличия от кривой при высоком уровне потока. При высоком уровне потока «абсорбционные» детали на кривой блеска значительно шире и глубже, чем при низком уровне (рис. 76).

На рис. 77 представлена история изменения периода пульсара А0535+26 со дня его обнаружения до настоящего времени. Последнее значение, относящееся к 1983 г., и два значения периода в 1986 г. определены по данным АС «Астрон». Значения периода равны  $P=103,35\pm 0,08$  с для 28.10.1986 г. и  $P=103,32\pm 0,0$  с для 01.11.1986 г. Бросается в глаза, что с 1983 г. период практически не уменьшился, а, наоборот, даже слегка возрос. Такое поведение пульсара можно

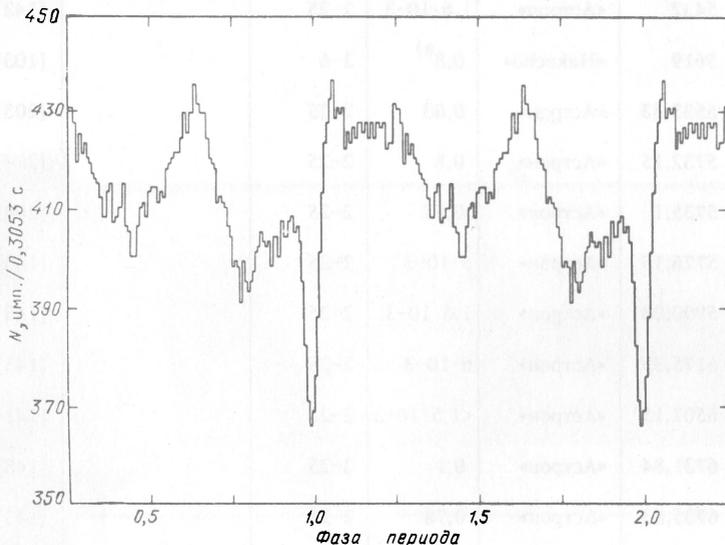


Рис. 76. Кривая блеска 104-секундного пульсара А0535+26

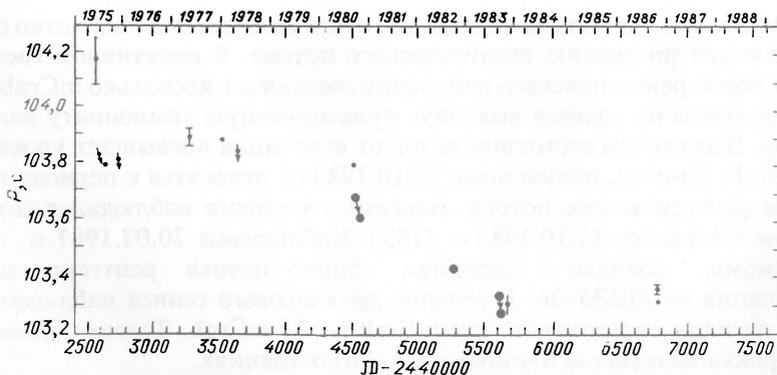


Рис. 77. Изменение периода пульсара А0535+26 со временем (в юлианских днях)

объяснить, если предположить, что значительное ускорение пульсара происходит лишь в моменты ярких вспышек источника, когда поток достигает или превышает уровень в 1 Crab. В промежуточные периоды, когда яркость источника во время вспышек не превосходит 0,5 Crab, ускорение пульсара не происходит или оно не значительное. В интервале между 1984 и 1986 годами «Астрон» дважды в предсказываемые периоды вспышек (19.04.1985 г. и 17.03.1986 г.) не обнаруживал увеличения рентгеновского потока от A0535+26. Вероятно в эти годы источник находился в «выключенном» состоянии. Это могло быть вызвано тем, что резко упал темп аккреции вещества на нейтронную звезду в момент прохождения ею периастра звездной системы. Эффекты торможения, по-видимому, преобладали над ускоряющими эффектами. Поэтому период пульсара практически не уменьшился. Такая же картина наблюдалась в 1977 г. (рис. 77). Надо особо подчеркнуть, что, вероятно, существует период между мощными вспышками источника A0535+26, который составляет примерно 1000–1100 дней.

3.4.3. Наблюдения пульсара Сеп X-3 (Центавр X-3). Рентгеновский пульсар Сеп X-3 открыт спутником «Uhu» [104]. Первые данные позволили обнаружить изменение со временем периода пульсара [105]. Последующие наблюдения на спутниках «Ariel-5» [106], COS-B [107], SAS-3 [108] и «Накушо» [109] подтвердили уменьшение периода вращения нейтронной звезды в источнике Сеп X-3. Эти результаты были объяснены в модели, где момент количества движения аккрецирующего вещества передается нейтронной звезде [110–112].

«Астрон» наблюдал источник Сеп X-3 четыре раза. Сведения о сеансах наблюдений приведены в табл. 24. Длительность типичного сеанса составляла 2–3 часа. При наблюдении 18.01.1984 г. мы не видели импульсов от источника. Вероятно, он находился в «низком» состоянии, которое довольно часто наблюдается у этого источника [113]. В остальных сеансах импульсный сигнал от источника был виден хорошо.

Таблица 24

Сведения о сеансах наблюдений Сеп X-3

Дата наблюдения	Время наблюдения, УТ		JD начала наблюдений 2440000	Фаза $\varphi_{2,07}^d$
	Начало	Окончание		
18.01.1984	11 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	13 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	5717,96	0,223
09.01.1985	01 55 00	04 56 30	6074,58	0,088
22.05.1985	22 04 00	22 44 00	6208,42	0,214
30.01.1987	13 53 00	19 06 30	6826,08	0,152

На рис. 78 представлены данные различных групп, относящиеся к измеренному периоду пульсара Сеп X-3. Последние значения, обозначенные темными треугольниками, получены по данным «Астрона».

На графике указаны значения величины  $\dot{P}/P$  в единицах год<sup>-1</sup>, полученные для интервалов между измерениями.

Ситуация с изменением периода в 1983–1985 гг. оказалась необычной для этого пульсара. В предыдущие годы происходило лишь ускорение периода пульсара, правда, с разной производной. Данные же «Астрона» говорят о том, что в 1984 г. ускорение вращения нейтронной звезды сменилось замедлением. Этот процесс происходил по крайней мере до середины 1985 г.

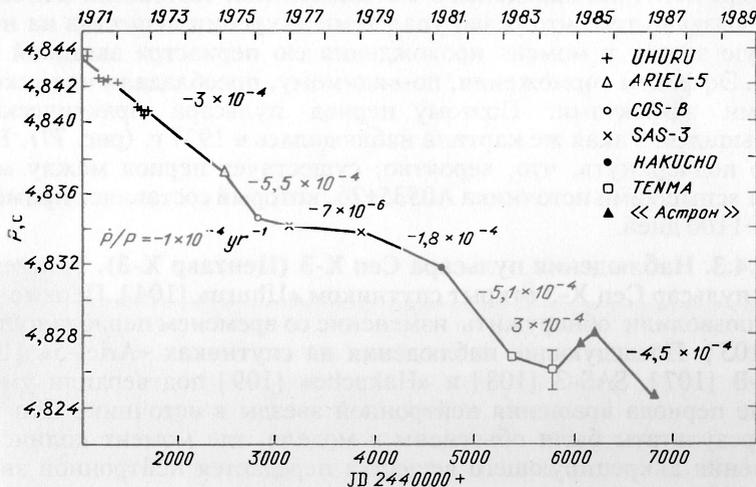


Рис. 78. Изменение периода пульсара Сеп X-3 со временем. Последние три значения получены по данным АС «Астрон»

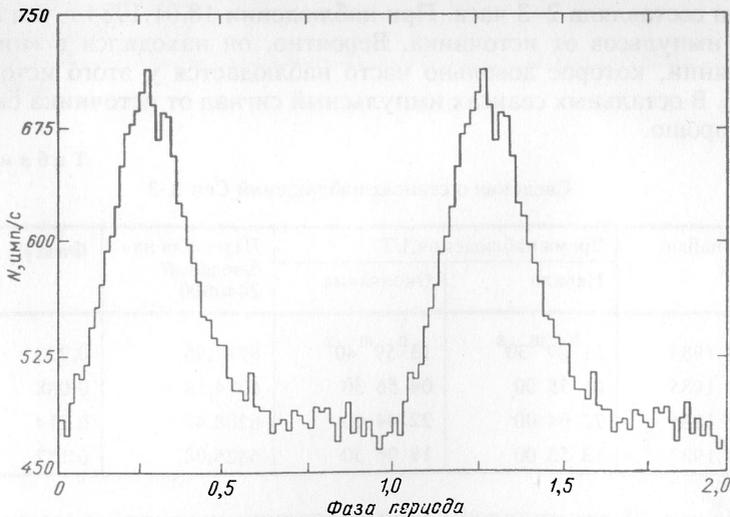


Рис. 79. Кривая блеска пульсара Сеп X-3, полученная 09.01.85

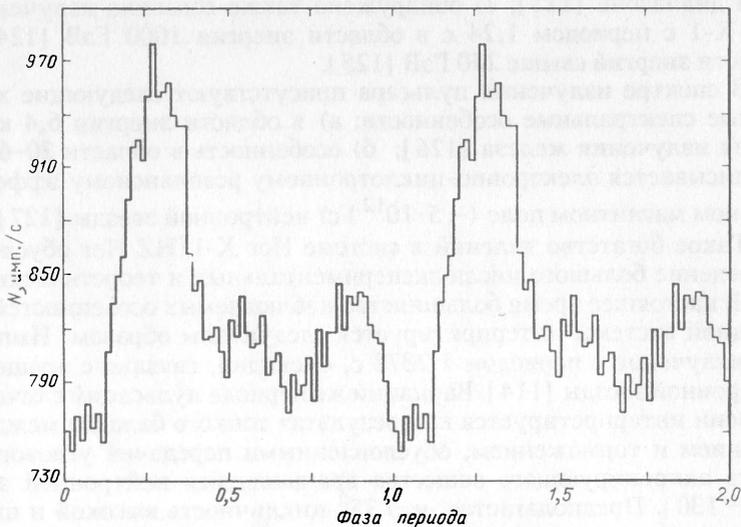


Рис. 80. Кривая блеска пульсара Сеп X-3, полученная 23.05.85

На рис. 79 и 80 представлены кривые блеска пульсара Сеп X-3, полученные по данным наблюдений 09.01.1985 г. и 23.05.1985 г. Заметно определенное различие кривых. По данным наблюдения 23.05.1985 г. главный пик более узкий, но появляется излучение в интеримпульсной области. Подобный вид кривой блеска Сеп X-3 ранее не наблюдался. Типичная же кривая блеска имеет вид, который представлен на рис. 79.

**3.4.4. Рентгеновские наблюдения пульсара Нег X-1 (Геркулес X-1).** Открытый в 1971 г. на спутнике «Ухули» [114] рентгеновский пульсар Нег X-1 в последующие годы был предметом пристального изучения в различных диапазонах длин волн. В тесной двойной звездной системе Нег X-1/HZ Нег обнаружено большое разнообразие периодических явлений. Среди них 1) импульсное излучение с периодом  $P = 1,2378$  с [115–118]; 2) рентгеновские затмения с периодом  $1,7^d$  [114] и заметные вариации оптического излучения от HZ Нег [119,120], связанные с орбитальным движением в этой двойной системе; 3)  $35^d$  периодичность высокого «high on» и низкого «off» состояния рентгеновского потока от Нег X-1 [44], а также оптические изменения с этим периодом [120]. Примерно в фазе  $0,5$   $35^d$ -периода появляется излучение с потоком около 0,3 от максимального (состояние «low on») [121,122]; 4) с периодом  $1,65^d$  на кривой рентгеновской светимости возникает заметное уменьшение потока — так называемые «дипы» («dips») [115,117,122]; 5) наблюдаемое резкое включение рентгеновского потока в высоком состоянии, которое происходит главным образом вблизи орбитальных фаз  $0,2$ – $0,3$  или  $0,7$  [114,115,122]; 6) пульсирующее излучение с периодом  $1,24$  с наблюдается в оптиче-

ском диапазоне [123]; 7) обнаружена также вспышка излучения от Her X-1 с периодом 1,24 с в области энергии 1000 ГэВ [124] и в области энергий свыше 250 ГэВ [125].

В спектре излучения пульсара присутствуют следующие характерные спектральные особенности: а) в области энергии 6,4 кэВ — линия излучения железа [126]; б) особенность в области 30–60 кэВ приписывается электронно-циклотронному резонансному эффекту в сильном магнитном поле ( $\sim 5 \cdot 10^{12}$  Гс) нейтронной звезды [127].

Такое богатство явлений в системе Her X-1/HZ Her обусловило проведение большого числа экспериментальных и теоретических работ. В настоящее время большинство наблюдаемых особенностей этой звездной системы интерпретируется следующим образом. Импульсное излучение с периодом 1,2378 с, очевидно, связано с вращением нейтронной звезды [114]. Вариации же периода пульсаций с течением времени интерпретируется как результат тонкого баланса между ускорением и торможением, обусловленными передачей углового момента аккрецирующего вещества вращающейся нейтронной звезде [128–130]. Предполагается, что 35<sup>d</sup>-цикличность высокой и низкой светимости в рентгеновском диапазоне появляется из-за периодического затмения области генерации излучения прецессирующим наклонным аккреционным диском [120, 131–133]. Возникновение периодических «дипов», временной дрейф фазы их появления на кривой блеска орбитального периода и включение рентгеновского потока на строго определенных фазах орбитального периода объясняется [134] периодом вращения оптической звезды  $P_{\text{dip}} = P_{\text{opt}}$  и поглощением рентгеновского излучения в струе вытекающего из нее вещества (при этом 35<sup>d</sup>-цикл интерпретируется как период биений  $1/P_{35} = 1/P_{\text{opt}} - 1/P_{\text{orb}}$ ) либо периодическим перетеканием вещества с HZ Her на нейтронную звезду и конечным временем циркуляции вещества на внешнем краю диска для модели наклонного прецессирующего аккреционного диска [135]. Однако нет удовлетворительного объяснения происхождению наклона этого диска и периодического перетекания вещества. Практически отсутствует также теория, объясняющая вариации формы главного импульса с 35<sup>d</sup>-периодом [146].

Здесь мы приводим результаты исследования пульсара Her X-1 в 1983–1987 гг. в шести сеансах наблюдений — спектральные исследования в диапазоне 2–25 кэВ, а также временные характеристики в разных фазах 35<sup>d</sup>-цикла. Данные наших и других наблюдений используются для обсуждения модели источника — вращающейся намагниченной нейтронной звезды с аккреционным диском вокруг нее. Предполагается, что характерная форма главного импульса с двумя пиками и ее вариации с 35<sup>d</sup>-периодом обусловлены затенением диска области генерации рентгеновского излучения. Для объяснения явлений, связанных с изменением формы импульса, прецессия диска должна происходить в направлении орбитального движения.

Результаты наблюдений Her X-1. В таблице 25 представлены сведения о шести сеансах наблюдения Her X-1, а также о фазах  $35^d$  цикла и орбитального периода.

Т а б л и ц а 25

Сведения о сеансах наблюдений Her X-1 на АС «Астрон»

Дата	Время наблюдения, УТ		JD начала наблюдений	Поток, $2-25 \frac{\text{кэВ} \cdot \text{имп}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$	Фаза $\psi_{35}^d$	Фаза $\varphi_{1,7}^d$
	Начало	Окончание				
30.06.1983	18.45.00	20.02.00	2445516.281	$8,8 \cdot 10^{-3}$	0,053	0,525
01.03.1984	14.48.30	26.41.00	2445761.117	0,165	0,074	0,532
07.04.1984	14.31.00	17.34.00	2445798.105	0,159	0,134	0,287
25.08.1984	11.55.00	13.54.00	2445937.997	0,152	0,146	0,568
8.04.1985	13.30.00	15.59.30	2446164.063	0,050	0,628	0,535
06.07.1987	13.41.00	15.51.00	2446983.070	0,100	0,112	0,260

Примечание: За нулевую фазу  $35^d$ -цикла принят момент максимального рентгеновского излучения. Согласно работе [190] наилучшее значение периода  $P_{35} = 34,875^d \pm 0,030^d$ , а  $JD_0 = 2443735,792$  [191].

За нулевую фазу  $1,7^d$  орбитального периода принят момент центра рентгеновского затмения. Согласно работе [129]  $P_0 = 1,700167788^d$  (приведен на барицентр),  $JD_0 = 2442859,726688$ ,  $P/P < 2 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ .

Наблюдения 30.06.1983 г. Наблюдения были запланированы в ожидаемом максимуме рентгеновского потока. Однако зарегистрированный поток в диапазоне 2–25 кэВ составил лишь  $8,8 \cdot 10^{-3}$  имп/(см<sup>2</sup>·с) ( $\sim 5$  mCrab), что почти в 20 раз ниже его типичного максимального значения. Такой уровень потока характерен для «низкого» состояния («off»)  $35^d$ -цикла активности. Измеренный поток в диапазоне 2–10 кэВ составил  $(7 \pm 1) \cdot 10^{-11}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с).

Спутник «Exosat» также обнаружил отсутствие обычного для «высокого» состояния («high on») потока рентгеновского излучения [137]. Источник находился в таком продолжительном низком состоянии до 01.03.1984 г., когда он снова стал наблюдаться в состоянии «high on» [138, 139].

Была сделана попытка выделить пульсирующую компоненту излучения, однако удалось получить лишь верхний предел этой компоненты, которая не превышала 0,7 %. На рис. 81 представлена усредненная за 76,3 с скорость счета в интегральном канале спектрометра. До наведения оси спектрометра на источник производилось измерение фона при отклонении оптической оси на угол около 5°. Второе измерение фона производилось после окончания наблюдения источ-

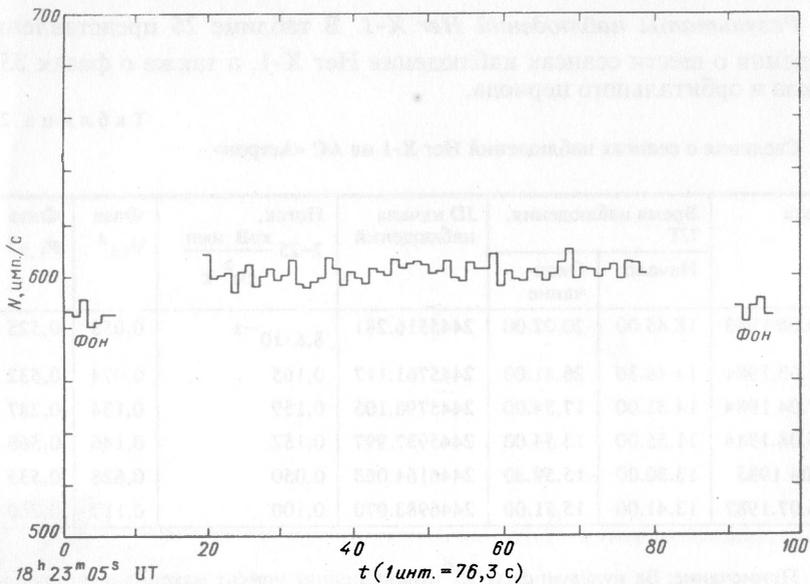


Рис. 81. Скорость счета в диапазоне 2–25 кэВ при наблюдении пульсара Her X-1 30.06.83

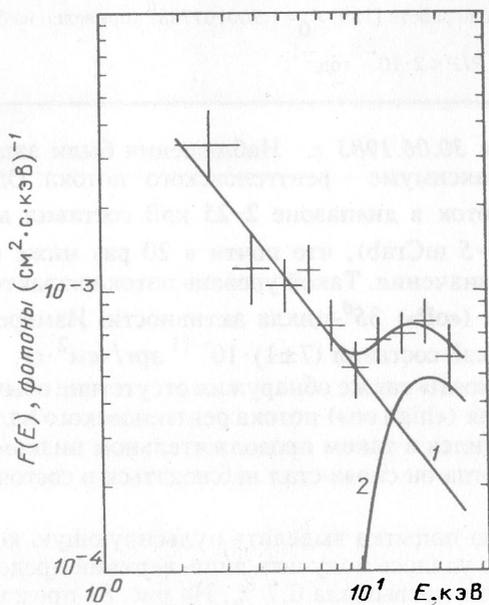


Рис. 82. Спектр Her X-1 в продолжительном «выключенном» («off») состоянии в сеансе 30.06.83

ника. На рис. 82 представлен спектр рентгеновского излучения, необычный для этого источника. Видно присутствие двух компонент излучения, а также дополнительной компоненты около линий железа (6,4 кэВ). Эквивалентная ширина возможной линии на уровне  $2\sigma$  составляет  $W_{\text{Fe}} = (0,526^{+0,78}_{-0,26})$  кэВ. Поток в линии равен  $(3,4 \pm 1,6) \cdot 10^{-4}$  фотон/(см<sup>2</sup>·с). Сложный спектр без линии излучения железа хорошо аппроксимируется формулой

$$F(E) = A_1 E^{-\alpha_1} + A_2 E^{-\alpha_2} \exp(-\sigma(E)N_H) \text{ (фотон/(см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ))}. \quad (3.10)$$

На рис. 82 первому слагаемому соответствует кривая 1, второму — кривая 2, а суммарная кривая — спектру вида (3.10). Результаты аппроксимации сложного спектра без линии излучения железа следующие:

$$A_1 = (8,07 \pm_{-0,45}^{+0,46}) \cdot 10^{-1} \text{ (фотон/(см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ))}; \alpha_1 = 1,20^{+0,16}_{-0,15};$$

$$A_2 = (1,89^{+0,61}_{-0,42}) \cdot 10^{-1} \text{ (фотон/(см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кэВ))}; \alpha_2 = 1,81 \pm 0,08;$$

$$N_H = (6,37^{+1,56}_{-1,25}) \cdot 10^{24} \text{ (атом/см}^2 \text{)}.$$

Для четырех степеней свободы минимум  $\chi^2$  составил 3,7. Пределы изменения значений величин соответствуют достоверности на уровне  $1\sigma (\chi^2_{\text{max}} = 4,9$  для четырех степеней свободы).

Спектр в диапазоне 1–10 кэВ по данным спутника «Exosat» [140] в продолжительном низком состоянии соответствует степенному закону с довольно сильной компонентой излучения, принадлежащей линии железа, и, в общем, первой компоненте спектра, полученного на «Астроне». Похожий на наш двухкомпонентный спектр в «off» состоянии был зарегистрирован обсерваторией «Einstein» в 1980 г. [141].

По нашему мнению спектр, полученный на АС «Астрон» в период продолжительного низкого состояния Her X-1, состоит из излучения, отраженного от поверхности звезды NZ Her (вторая компонента), и излучение пульсара, рассеянного на горячей плазме, вероятно, на короне диска и нормальной звезды (первая компонента). Иными словами, в этом состоянии, а также в состоянии «off», возникающем у Her X-1 дважды за период 35<sup>d</sup>, наблюдается не прямое излучение от нейтронной звезды, как это имеет место в состоянии «high on», а отраженное и рассеянное излучение.

*Наблюдения 01.03.1984 г.* Как уже отмечалось, при наведении АС «Астрон» на источник Her X-1 01.03.1984 г. было зарегистрировано его «включение» [138, 139] после девятимесячного «молчания». В этом сеансе наблюдения проводились с одним из двух устройств детектирования. Поток от источника в диапазоне 2–25 кэВ составил  $3,1 \cdot 10^{-9}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с) (~93 mCrab). На рис. 83 приведена усредненная за 76,3 с скорость счета в интегральном канале. В начале наблюдалось длительностью около 10 мин заметное возрастание среднего потока,

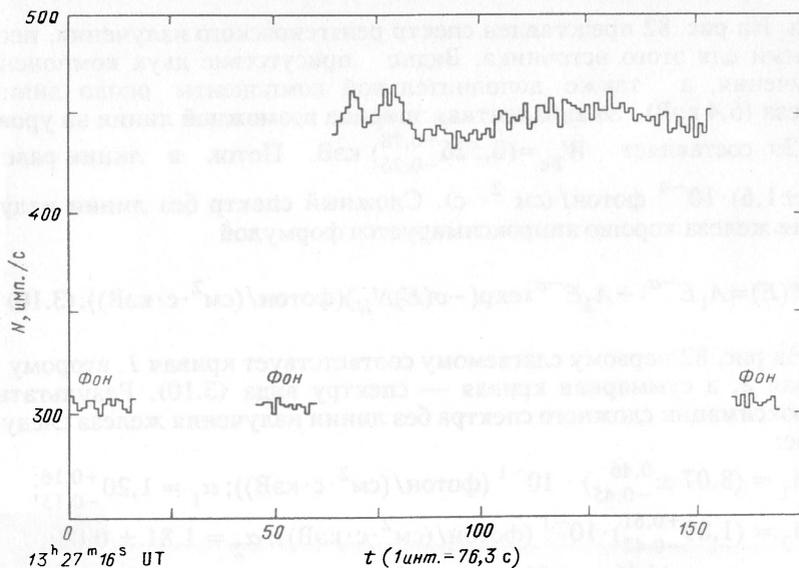


Рис. 83. Скорость счета в диапазоне 2–25 кэВ от пульсара Her X-1 01.03.84

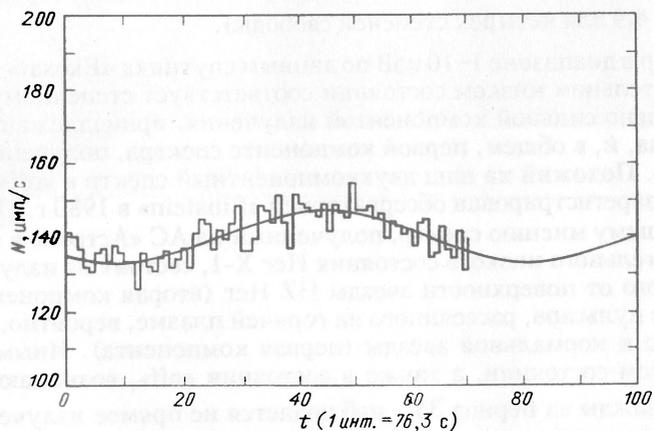


Рис. 84. Вариация среднего потока излучения от источника Her X-1 в сеансе 01.03.84. Синусоидальная кривая проведена методом наименьших квадратов

превышающее десять стандартных отклонений. По окончании этих колебаний средний поток не оставался постоянным, а испытывал небольшие вариации примерно синусоидальной формы. На рис. 84 представлена эта часть сигнала. Кривая, наилучшим способом

аппроксимирующая вариации скорости счета, имеет вид  $N = A_0 + A_1 \sin(360t/P + \varphi)$ . Период  $P$  колебаний среднего потока составляет 92,51 мин, а амплитуда  $A_1$  не превышает 5 % от среднего значения  $A_0 = 140$  имп./с.

Трудно объяснить такие вариации аппаратурными эффектами. Характерные периоды и амплитуда колебаний потока из-за работы системы ориентации и стабилизации спутника значительно меньше. Периоды обычно находятся в интервале 300–500 с. Мы предполагаем, что эти вариации среднего потока рентгеновского излучения связаны с природой самого источника Her X-1.

На рис. 85 представлена кривая блеска, полученная путем свертки данных с периодом пульсара. Фон, который был вычтен из сигнала, составлял 0,7 имп. за 2,27 мс. Наблюдается типичная структура глав-

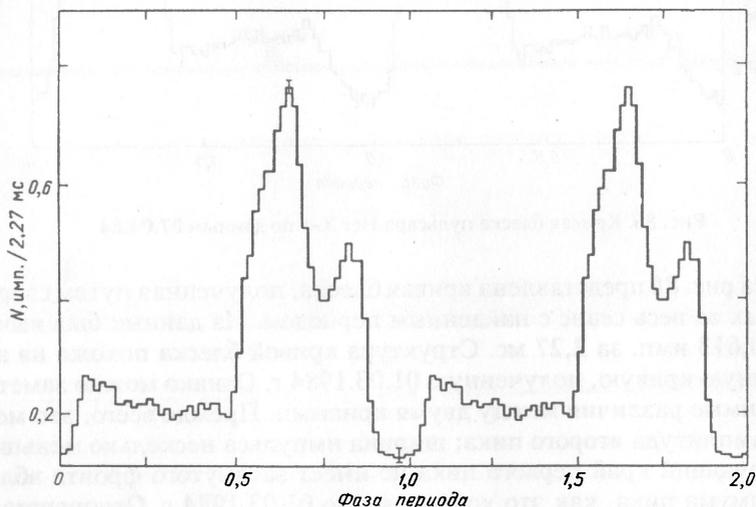


Рис. 85. Кривая блеска пульсара Her X-1 по данным 01.03.84

ного импульса, состоящая из двух пиков. Амплитуда первого пика выше амплитуды второго. Отношение амплитуд второго и первого пиков составляет  $\sim 0,24$ . Относительная амплитуда определяется как разность между интенсивностью в локальном минимуме главного импульса. Полная ширина главного импульса по фазе периода составляет  $\sim 142^\circ$ . На такую огромную ширину импульса обратили внимание уже давно, вскоре после открытия источника [142].

*Наблюдения 07.04.1984 г.* Источник наблюдался в ожидаемом максимуме потока  $35^d$ -цикла. Поток в диапазоне 2–25 кэВ составил

$2,8 \cdot 10^{-9}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с) (~86 mCrab). Средний уровень потока был стабильным, хотя в самом начале наблюдений были заметны небольшие вариации потока с периодом, примерно вдвое меньшим, чем наблюдавшиеся 01.03.1984 г.

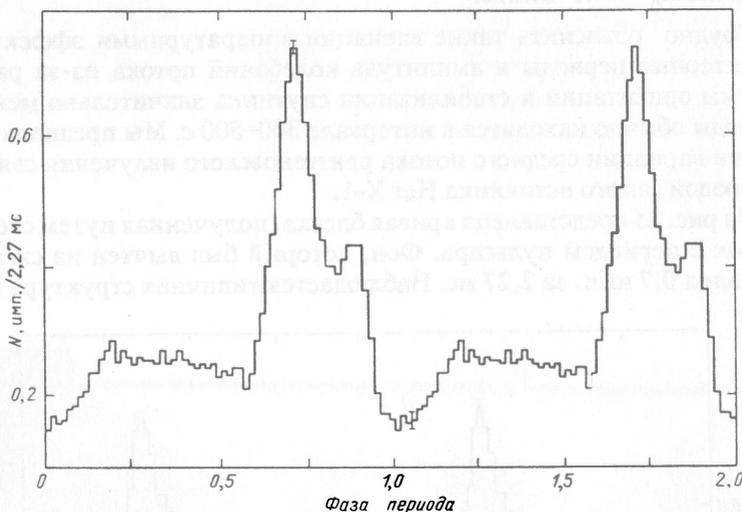


Рис. 86. Кривая блеска пульсара Her X-1 по данным 07.04.84

На рис. 86 представлена кривая блеска, полученная путем свертки данных за весь сеанс с найденным периодом. Из данных был вычтен фон 0,613 имп. за 2,27 мс. Структура кривой блеска похожа на аналогичную кривую, полученную 01.03.1984 г. Однако можно заметить и видимые различия между двумя кривыми. Прежде всего, это меньшая амплитуда второго пика; ширина импульса несколько меньше, а лидирующий край первого пика не имеет затянутого фронта вблизи максимума пика, как это хорошо видно 01.03.1984 г. Отношение относительных амплитуд второго и первого пиков равно 0,14. Полная ширина главного импульса составляет ~135°.

*Наблюдения 25.08.1984 г.* Источник находился почти в максимуме интенсивности 35<sup>d</sup>-цикла (см. табл. 25). Поток в области 2–25 кэВ составил  $2,8 \cdot 10^{-9}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с) (~85 mCrab). Усредненный за 76,3 с сигнал от источника в течение всего сеанса был стабильным.

На рис. 87 представлена кривая блеска, полученная путем свертки данных с найденным в этом сеансе периодом. Из данных был вычтен фон 0,76 имп. за 2,27 мс. Наблюдалась типичная кривая с главным импульсом из двух пиков. Отношение относительных амплитуд второго и первого пиков равно 0,32, полная ширина главного импульса составляет 146°.

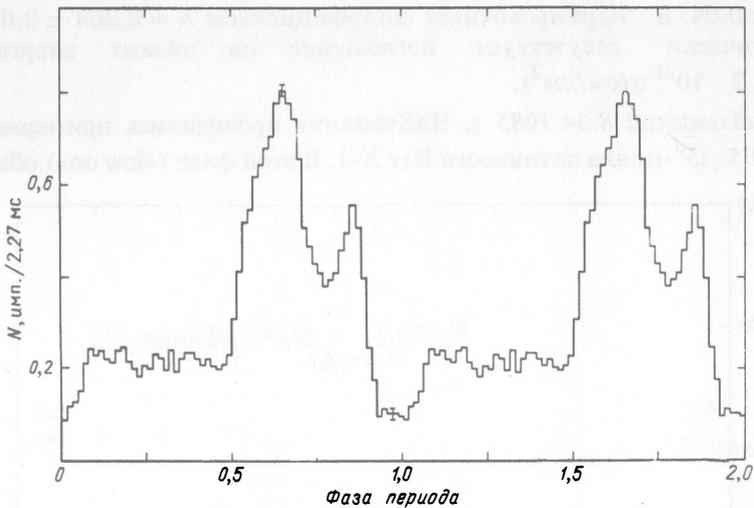


Рис. 87. Кривая блеска пульсара Her X-1 по данным 25.08.84

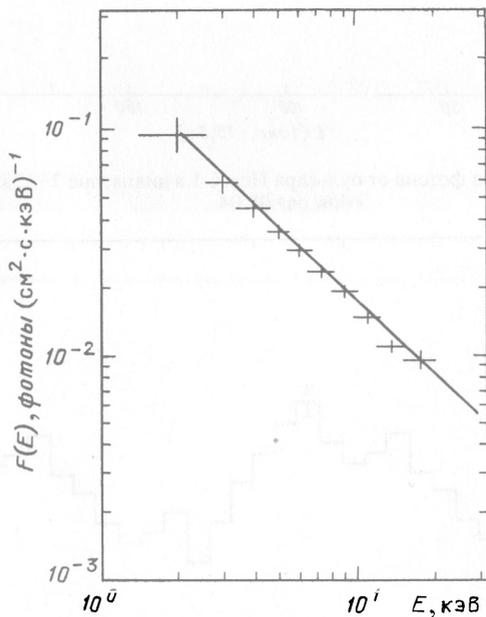


Рис. 88. Спектр Her X-1 в состоянии «high on» в сеансе 25.08. 84

На рис. 88 представлен спектр, усредненный за период пульсара, который хорошо аппроксимируется формулой  $F = AE^{-\alpha} \times \exp(-\sigma(E)N_H)$  с показателем  $\alpha$  фотонного спектра, равным

$1,07 \pm 0,04$ , и нормировочным коэффициентом  $A = 0,204 \pm 0,022$ . Практически отсутствует поглощение на низких энергиях ( $N_H < 2 \cdot 10^{21}$  атом/см<sup>2</sup>).

Наблюдения 8.04.1985 г. Наблюдения проводились примерно в фазе 0,5 35<sup>d</sup>-цикла активности Нег X-1. В этой фазе («low on») обыч-

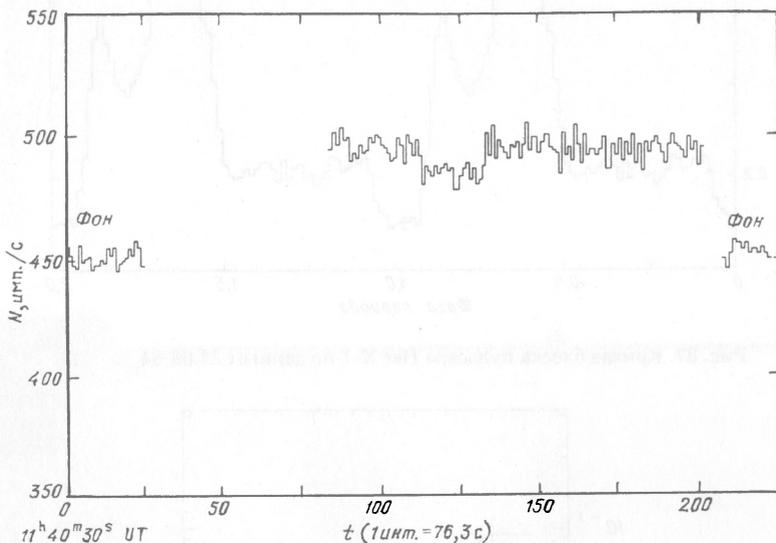


Рис. 89. Скорость счета фотона от пульсара Нег X-1 в диапазоне 2–25 кэВ в состоянии «low on» 08.04

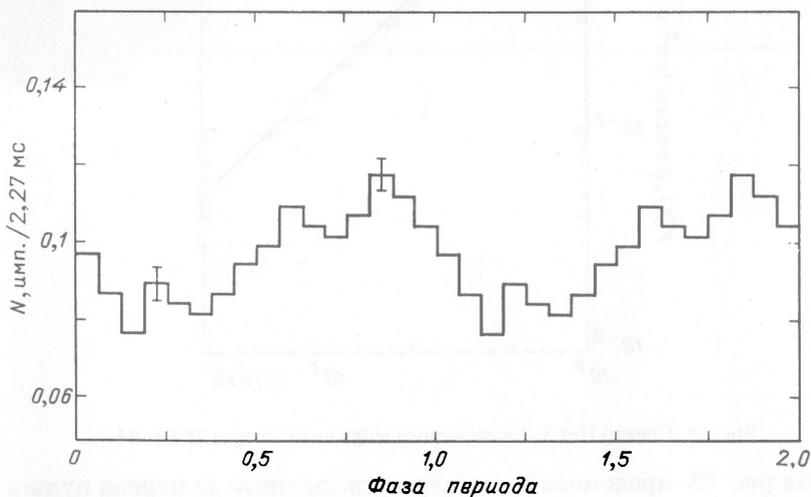


Рис. 90. Кривая блеска пульсара Нег X-1 по данным 08.04.85

но поток от источника в три-четыре раза ниже максимального значения в состоянии «high on» [121,122].

На рис. 89 представлен усредненный сигнал в интегральном канале. Средний поток составил  $9,2 \cdot 10^{-11}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с) (~28 mCrab). В конце первой половины интервала наблюдался «дип» продолжительностью около 30 мин, когда поток уменьшился на 20 %.

На рис. 90 приведена кривая блеска в состоянии «low on». Из сигнала был вычтен фон 1,03 имп. за 2,27 мс. Кривая построена с несколько большим усреднением по фазе периода. Это сделано с целью сгладить статистические флуктуации, так как уровень потока в состоянии «low on» ниже, чем в состоянии «high on». Главный импульс широкий, примерно 270° по фазе периода. Заметна двойная структура импульса, однако первый пик по амплитуде меньше второго. Кривая блеска в этом состоянии имеет почти синусоидальную форму, в отличие от кривой в состоянии «high on».

*Наблюдения 6.07.1987 г.* Источник наблюдался чуть больше двух часов в состоянии «high on» (см. табл. 22). Поток излучения в области 2–25 кэВ составил примерно  $1,9 \cdot 10^{-9}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с) (~57mCrab). Усредненный за 76,3 с сигнал от источника в течение всего сеанса был практически постоянным.

На рис. 91 представлена кривая блеска. Из данных был вычтен фон, который возрос до 2 имп. за 2,27 мс. Вид кривой несколько отличается от наблюдавшейся, например, 25.08.1984 г. Второй пик главного импульса имеет меньшую амплитуду. Отношение амплитуд второго и первого пиков составляет 0,19. Полная ширина главного импульса по фазе периода составляет ~144°.

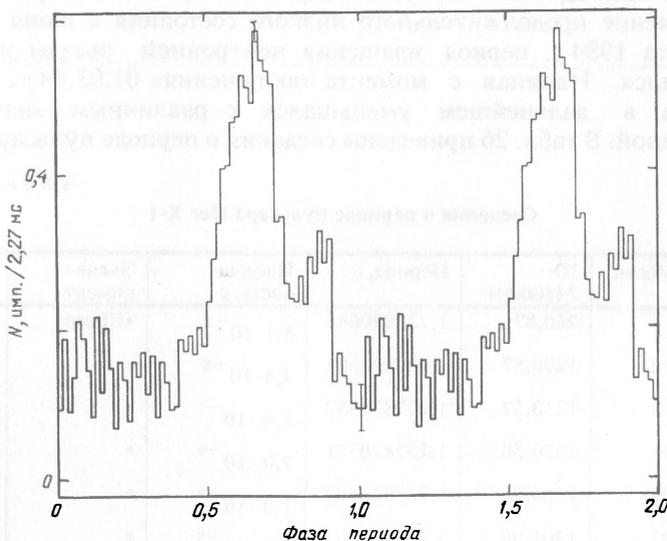


Рис. 91. Кривая блеска пульсара Her X-1 по данным 06.07.87

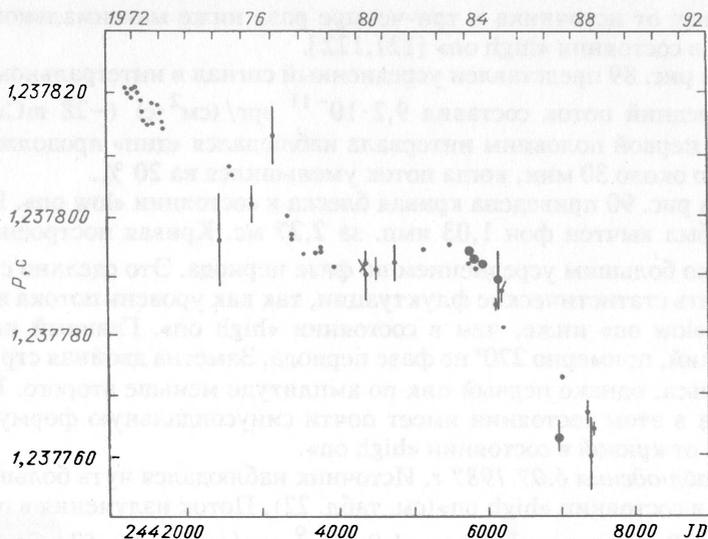


Рис. 92. Изменение периода пульсара Her X-1 за время 1972–1989

На рис. 92 показаны результаты измерений периода пульсара Her X-1 с 1972 по 1988гг. согласно данным [143]. Результаты АС «Астрон» нанесены светлыми кружками. В пределах погрешностей периоды пульсара, найденные по нашим данным, совпадают с периодами, определенными по измерениям со спутника «Exosat» [144] в близкую к нашим наблюдениям эпоху. Совокупность данных говорит о том, что в течение продолжительного низкого состояния с июня 1983 г. по 1 марта 1984 г. период вращения нейтронной звезды немного уменьшился. Начиная с момента «включения» 01.03.84 г. период пульсара в дальнейшем уменьшался с различным значением производной. В табл. 26 приведены сведения о периоде пульсара.

Т а б л и ц а 26

Сведения о периоде пульсара Her X-1

Год	Месяц	JD 2440000+	Период, с	Погреш- ность, с	Экспе- римент	Лите- ратура
1971	11	260,87	1,237820644	$5,1 \cdot 10^{-8}$	«Uhuru»	[129]
1971	12	1296,57	1,237820104	$4,4 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1971	12	1313,57	1,237871952	$3,4 \cdot 10^{-7}$	»	[129]
1972	01	1330,58	1,237820577	$7,0 \cdot 10^{-9}$	»	[129]
1972	02	1366,28	1,237820592	$1,0 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1972	03	1401,98	1,237820005	$8,0 \cdot 10^{-9}$	»	[129]
1972	04	1435,99	1,237818866	$3,0 \cdot 10^{-8}$	»	[129]

Год	Месяц	JD 2440000+	Период, с	Погреш- ность, с	Экспе- римент	Лите- ратура
1972	06	1471,69	1,237817019	$2,1 \cdot 10^{-8}$	«Uhuru»	[129]
1972	07	1505,69	1,237815472	$1,1 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1972	08	1541,40	1,237815046	$9,0 \cdot 10^{-9}$	»	[129]
1972	09	1575,40	1,237815121	$1,3 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1972	10	1609,40	1,237818111	$1,7 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1972	11	1645,11	1,237817817	$4,5 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1972	12	1677,41	1,23786601	$2,4 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1973	01	1713,11	1,237815339	$1,8 \cdot 10^{-8}$	»	[129]
1973	03	1745,0	1,23781420	$2,0 \cdot 10^{-7}$	«Uhuru»	[164]
1975	03	2482,5	1,23779600	$8,0 \cdot 10^{-9}$	«Ariel-5»	[181]
1975	07	2623,15	1,23780825	$8,0 \cdot 10^{-8}$	«SAS-3»	[116]
1975	08	2655,01	1,237806541	$6,0 \cdot 10^{-9}$	«OSO-8»	[129]
1976	05	2901,83	1,23780300	$3,0 \cdot 10^{-6}$	«MPI-AIT»	[182]
1977	02	3176,7	1,23781300	$5,0 \cdot 10^{-6}$	«Ariel-5»	[169]
1977	07	3356,93	1,23779910	$4,0 \cdot 10^{-7}$	«SAS-3»	[183]
1977	09	3390,46	1,23779630	$7,0 \cdot 10^{-7}$	«MPI-AIT»	[184]
1977	09	3391,18	1,237796600	$4,0 \cdot 10^{-9}$	«OSO-8»	[129]
1978	02	3566,22	1,237793725	$1,0 \cdot 10^{-9}$	«HEAO-1» (A2)	[129]
1978	08	3737,0	1,23779380	$4,0 \cdot 10^{-7}$	«HEA»-1» (A4)	[185]
1978	08	3739,71	1,237794019	$7,0 \cdot 10^{-9}$	«HEAO-1» (A2)	[129]
1978	09	3773,96	1,2377938	$1,0 \cdot 10^{-7}$	«HEAO-1» (A4)	[185]
1979	03	3950,53	1,237791325	$6,0 \cdot 10^{-9}$	«Einstein»	[129]
1980	05	4368,45	1,23779000	$4,0 \cdot 10^{-6}$	«Leiden-mit»	[164]
1980	05	4370,45	1,23779200	$1,0 \cdot 10^{-6}$	«MPI-AIT»	[164]
1980	09	4507,44	1,23779100	$2,0 \cdot 10^{-6}$	«NASA- SACLAY»	[186]
1981	06	4767,05	1,23779200	$3,0 \cdot 10^{-6}$	«Ariel-6»	[168]
1982	06	5135,5	1,237794220	$4,0 \cdot 10^{-8}$	«Hakucho»	[187]
1983	05	5478,0	1,237794780	$1,0 \cdot 10^{-8}$	«Тенма»	[187]
1984	03	5761,12	1,23779425	$3,0 \cdot 10^{-7}$	«Астрон»	[143]

Год	Месяц	JD 2440000+	Период, с	Погреш- ность, с	Экспе- римент	Лите- ратура
1984	03	5778,56	1,23779200	$5,0 \cdot 10^{-8}$	«EXOSAT»	[144]
1984	04	5798,11	1,23779226	$2,0 \cdot 10^{-7}$	«Астрон»	[143]
1984	08	5938,0	1,23779145	$1,7 \cdot 10^{-7}$	«Астрон»	[143]
1985	01	5864,0	1,2377911	$3,0 \cdot 10^{-7}$	«EXOSAT»	[188]
1985	03	6145,0	1,2377850	$1,0 \cdot 10^{-6}$	«EXOSAT»	[188]
1985	04	6164,06	1,2377890	$5,0 \cdot 10^{-6}$	«Астрон»	[143]
1985	04	6180	1,237787	$2,0 \cdot 10^{-6}$	«EXOSAT»	[188]
1985	05	6218	1,2377811	$2,0 \cdot 10^{-7}$	«EXOSAT»	[188]
1987	07	6983,07	1,2377630	$2,0 \cdot 10^{-8}$	«Астрон»	[143]
1987	08	7021	1,2377728	$2,5 \cdot 10^{-7}$	«Квант»	[188]
1988	07	7368	1,2377670	$1,8 \cdot 10^{-6}$	«Квант»	[188]
1988	08	7402,2	1,23776	$6,0 \cdot 10^{-6}$	«Ginga»	[189]
1988	10	7441	1,2377643	$6,0 \cdot 10^{-7}$	«Квант»	[188]

*Обсуждение.* А. Формирование спектра рентгеновского излучения в продолжительном низком состоянии. Спектр рентгеновского излучения в продолжительном низком состоянии, зарегистрированный АС «Астрон», как уже отмечалось, имеет двухкомпонентную структуру (рис. 82). Он в общих чертах похож на спектр в состоянии «off», полученный обсерваторией «Einstein» [141]. Мы полагаем, что полученный спектр обусловлен излучением, отраженным от фотосферы нормальной звезды, и излучением, возникающим при рассеянии рентгеновского потока на горячих электронах. Аналогичный спектр был получен на спутнике OSO-8 (см. рис. 1d в работе [117]). Авторами этой работы отмечалось также отсутствие пульсирующей компоненты. Было высказано предположение, что поток формируется рентгеновскими фотонами, рассеянными в направлении наблюдателя веществом, находящимся далеко от аккреционного диска. Ранее в работе [121] предполагалось, что немодулированная компонента излучения в состоянии «off» возникает из-за рассеяния рентгеновского излучения от центрального источника на короне аккреционного диска. В работе [118] зарегистрированный спектр излучения в этом состоянии похож на спектр в высоком состоянии.

Таким образом, можно сделать определенный вывод, что спектр в низком состоянии переменен. В нем появляется и исчезает локальный максимум вблизи 15 кэВ. Однако на низких энергиях от 1 до 10 кэВ спектр всегда степенной, хотя показатель степени может изменяться в довольно широких пределах.

Задача переработки и отражения излучения рентгеновского источника нормальной звездой рассматривались в ряде работ [145–148]. Было показано [148], что в тесной звездной системе с рентгеновским источником поверхность оптической компоненты отражает до 30 % падающего рентгеновского излучения в диапазоне от 2 до 30 кэВ. Там же численно был исследован процесс переноса рентгеновского излучения в плоской полубесконечной атмосфере, облучаемой снаружи потоком жестких рентгеновских квантов. Были найдены значения альбедо, спектральные и другие особенности отраженного излучения. В частности, подчеркивалось, что от системы Hег X-1/HZ Hег должно наблюдаться отраженное атмосферой нормальной звезды рентгеновское излучение на уровне 5–10 % от прямого потока.

Когда прямой поток рентгеновского излучения пульсара по каким-либо причинам не попадает на Землю, регистрируется лишь отраженное излучение. Мы предполагаем, что в продолжительном низком состоянии Hег X-1 прямой поток не регистрировался земным наблюдателем, а излучение, зарегистрированное на спутнике «Echo-sat» [140] и в эксперименте на АС «Астрон» (рис. 80), вероятно, связано с излучением пульсара, отраженным от HZ Hег.

В [148] представлено аналитическое решение задачи отражения рентгеновского излучения от атмосферы оптической звезды и показано, что с помощью такого решения можно интерпретировать наблюдаемый спектр.

Спектры отраженного рентгеновского излучения от атмосферы оптической звезды и ее короны, рассчитанные в работах [148–150], имеют сложную форму. На рис. 93 представлены спектры для различных углов падения первичного излучения на поверхность оптической звезды [150].

Подобные спектры могут возникать при прохождении первичных рентгеновских фотонов через холодное вещество на внешнем крае диска или через магнитосферу нейтронной звезды [151]. Однако имеется отличие спектров пропущенного и отраженного излучения.

При сравнительно небольшой оптической толщине слоя ( $\tau_0 \sim 1$ ) мягкая часть спектра для  $h\nu \sim 10$  кэВ возникает при рассеянии в короне диска и нормальной звезды. Высокоэнергетическая же часть полно-

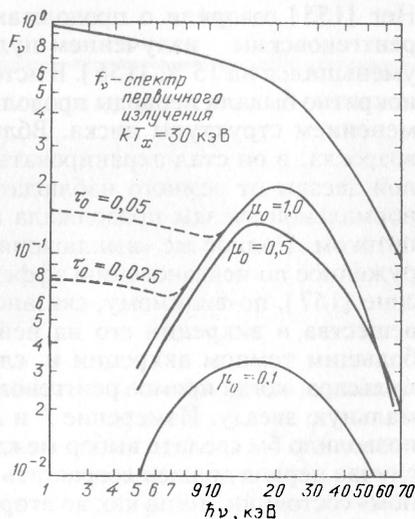


Рис. 93. Спектр рентгеновского излучения, отраженного от атмосферы нормальной звезды (сплошные линии), для различных углов падения  $\theta_0 = \arccos \mu_0$ . Штриховые линии — спектр с учетом излучения, отраженного от внешнего высокотемпературного рассеивающего слоя (короны) с различной оптической толщиной по томсоновскому рассеянию

стью повторяет первичный спектр источника. Для большой толщины ( $\tau_0 \geq 10$ ) спектр пропущенного излучения имеет более крутое падение, чем спектр отраженного излучения [149].

*Б. Измерение периода пульсара Her X-1 и продолжительное низкое состояние рентгеновского потока.* Данные АС «Астрон» показывают, что период пульсара Her X-1 слегка уменьшился с мая 1983 г. по 1 марта 1984 г. (рис. 92). В [152] приведены сведения, которые говорят, что задолго до «выключения» источника в июне 1983 г., примерно с 1979 г. началось уменьшение производной периода вращения нейтронной звезды, а также изменение в  $35^d$ -периоде. В мае 1983 г., за месяц до «выключения», Her X-1 наблюдался с японского спутника «TENMA» [153,154]. Исследователи отметили изменения кривой блеска пульсара. Наконец, в июне 1983 г. Her X-1, с точки зрения земного наблюдателя, перешел в качественно новое состояние, определяемое продолжительным (в течение 9 месяцев) низким уровнем рентгеновского потока. Однако оптические наблюдения переменной звезды HZ Her [155] говорили о продолжающемся нагреве оптической звезды рентгеновским излучением пульсара, хотя поток этого излучения уменьшился на 15 % [156]. В истории системы Her X-1/HZ Her неоднократно бывали периоды продолжительного низкого состояния, с изменением структуры диска. Вблизи внутреннего края толщина его возросла, и он стал экранировать рентгеновское излучение нейтронной звезды от земного наблюдателя. Однако при этом поверхность нормальной звезды продолжала нагреваться прямым рентгеновским потоком. Полное же «выключение» рентгеновского источника, обнаруженное по исчезновению эффекта отражения в оптическом диапазоне [157], по-видимому, связано либо с прекращением перетекания вещества и аккреции его на нейтронную звезду, либо, наоборот, с большим темпом аккреции и, следовательно, с полным затенением пульсара, когда прямое рентгеновское излучение не попадало на нормальную звезду. Измерение  $P$  и  $\dot{P}$  до и после полного «выключения» позволило бы сделать выбор между этими двумя моделями. В первом случае период должен возрастать за время нахождения в «выключенном» состоянии, тогда как во втором случае уменьшаться.

*В. Вариации структуры кривой блеска пульсара Her X-1.* Наши результаты говорят о том, что, несмотря на достаточно стабильную структуру главного импульса, наблюдались заметные изменения его формы. Большинство сеансов наблюдений на АС «Астрон» были выбраны в близких фазах  $35^d$ -цикла активности пульсара. Данные показывают, что относительная амплитуда второго пика коррелирует с шириной импульса. При меньшей ширине импульса относительная амплитуда второго пика меньше. Кроме того, изменяется также и форма первого пика. Он становится уже, а его профиль более симметричным.

Ранее в [116,158] было обращено внимание на то, что флуктуации кривой блеска часто превышают (почти в два раза) статистические флуктуации, т.е. профиль импульса, полученный при свертке данных в масштабе нескольких минут, содержит нестатистические флукту-

ации. Впрочем, в [159] этот факт оспаривается. Было также установлено, что профиль импульса не изменяется с фазой орбитального движения в двойной звездной системе [159]. В работе [160] впервые обсуждалась зависимость формы главного импульса в состоянии «high on» от фазы  $35^d$ -цикла. Автор работы [136] по совокупности экспериментальных данных пришел к выводу, что в течение периода падения интенсивности с фазой  $35^d$ -цикла, поток в первом пике ослабляется больше, чем во втором. Интеримпульс же в этот период ослабляется меньше, чем пики. Доля пульсирующего потока в диапазоне 2–10 кэВ систематически варьирует с  $35^d$ -циклом, почти повторяя изменение интенсивности в главном импульсе. Вклад ее в максимум потока достигает 60 % [142] и практически исчезает после 5–6 орбитальных периодов [159]. Аналогичным образом ведет себя импульсная составляющая в более жесткой области спектра 16–30 кэВ, хотя исчезает она раньше — после четырех орбитальных периодов [161].

Хорошо известна зависимость от энергии вида кривой блеска пульсара. В [162] впервые было отмечено, что на более высоких энергиях ( $E > 12$  кэВ) ширина первого пика меньше и он слегка сдвинут по фазе от соответствующего на более низких энергиях. На спутнике «OSO-8» [163] было обнаружено, что в области  $E > 7$  кэВ спектр импульса становится более жестким в пределах малой области ( $\sim 0,016$  фазы периода пульсара), которая совпадает с задним фронтом первого пика. Это говорит о более узком импульсе на высоких энергиях, первый пик которого сдвинут относительно пика на низких энергиях. На том же спутнике было показано, что импульс в диапазоне 16–33 кэВ имеет одиночный пик, ширина импульса меньше, чем на низких энергиях, и убывает с увеличением энергии фотонов [161]. В работе [164] (см. рис. 38) представлены кривые блеска Her X-1 в разных энергетических диапазонах. Из рисунка видно, что профиль главного импульса на более высоких энергиях (18–72 кэВ) имеет простую форму с одним пиком. Максимум сдвинут относительно первого пика на низких энергиях и совпадает с его задним фронтом.

В мягком рентгеновском диапазоне (0,1–1 кэВ) кривая блеска пульсара сильно отличается от кривой в жесткой области [165]. Наблюдается широкий импульс. Его максимум сдвинут на  $180^\circ$  от максимума импульса на больших энергиях. Подробные данные относительно кривых блеска приведены в работах [166,167].

Полученная на АС «Астрон» в диапазоне 2–25 кэВ кривая блеска Her X-1 в состоянии «low on» (см. рис. 90) похожа на аналогичную кривую, представленную в работе [141] по данным обсерватории «EINSTEIN». Похожие кривые блеска с одним широким импульсом, имеющим вид ассиметричной синусоиды, получены и другими авторами [121,168]. По данным [167,169] кривая блеска состоит из двух сравнительно узких импульсов примерно одинаковой амплитуды. В [152] сообщается, что импульс в состоянии «low on» смещен по фазе на  $180^\circ$  относительно главного импульса в состоянии «high on». Авторы этой работы предполагают, что это, по-видимому, связано с изменением вклада излучения от магнитных полюсов прецессирующей нейтронной звезды.

Таким образом, мы видим, что кривая блеска в состоянии «low on» в разных экспериментах имеет различную форму, что заметно отличается от картины в состоянии «high on». В этом состоянии структура главного импульса, состоящего из двух пиков разной амплитуды, имеет устойчивую повторяемость во всех экспериментах и в различные эпохи наблюдений [159,166,167]. Наблюдательный факт различия кривых блеска в разных состояниях активности важен для построения адекватной модели механизма  $35^d$ -цикла активности пульсара.

*Г.  $35^d$ -цикл активности пульсара Her X-1 и возможная модель этого источника.* До сих пор наиболее загадочным явлением в природе пульсара Her X-1 считается его  $35^d$ -цикл активности. Наиболее широко обсуждается механизм периодического затмения области генерации излучения, расположенной на поверхности звезды, процессирующим наклонным диском [120,131,132,135]. Предлагается также в качестве возможного механизма  $35^d$ -периодичности свободная прецессия нейтронной звезды [167,170,171]. Авторы работы [134] связывали  $35^d$ -цикл с изменениями ширины диаграммы, вызванными несинхронностью орбитального и собственного вращения нормальной звезды. В работе [172] был предложен механизм самовозбуждения нелинейных колебаний в аккреционном диске, вызванных потоком вещества с HZ Her, как возможная причина  $35^d$ -переменности.

По данным спутника «EXOSAT» [167] обнаруженный сдвиг по фазе на  $180^\circ$  импульса в состоянии «low on» относительно импульса в состоянии «high on» интерпретируется в рамках модели свободной прецессии нейтронной звезды. Однако, как было показано в [173], такая прецессия нейтронной звезды с периодом  $35^d$ , по-видимому, невозможна.

В дальнейшем мы рассмотрим модель процессирующего наклонного аккреционного диска, отдавая себе отчет в том, что физические причины наклона и прецессии диска до сих пор не получили убедительного объяснения. Более подробно остановимся на структуре главного импульса Her X-1 и вариации его формы с фазой  $35^d$ -активности [136].

Будем полагать, что на поверхности нейтронной звезды имеются горячие пятна — области генерации направленного рентгеновского излучения. Такими областями являются, очевидно, зоны вблизи магнитных полюсов звезды. Предположим, что ось дипольного магнитного поля звезды наклонена к оси вращения под углом  $50-60^\circ$ . Ось вращения, в свою очередь, ориентирована под большим углом к орбитальной плоскости и имеет небольшой угол наклона в картинной плоскости вправо относительно меридиана земного наблюдателя. Значения этих углов были получены путем моделирования в работе [174] и составляют  $35$  и  $7^\circ$  соответственно. Мы предполагаем, что структура главного импульса обусловлена частичным затенением области генерации внутренним краем аккреционного диска. Для этого необходимо, чтобы край диска располагался от поверхности нейтронной звезды на расстоянии порядка десяти ее радиусов. Толщина внутреннего края

диска, который является затеняющей областью, должна быть порядка нескольких радиусов нейтронной звезды. Затмевающее вещество должно располагаться на части альфеновской поверхности, примыкающей к внутреннему краю аккреционного диска. Мы полагаем, что изменения профиля импульса с фазой  $35^d$ -цикла связаны с постепенным закрытием области генерации излучения внутренним краем диска из-за его прецессии. Однако, как будет видно из дальнейшего, необходимо, чтобы в такой геометрической модели диск прецессировал в ту же сторону, в которую вращается нейтронная звезда и происходит орбитальное движение.

Предполагается, что локальный минимум (область между двумя пиками) образуется в результате наибольшей степени затенения области генерации рентгеновского излучения внутренним краем аккреционного диска, который наклонен к плоскости орбиты под углом  $\sim 10^\circ$  [174]. В этот момент, вероятно, затеняется до 50–60 % геометрической площади этой области. В состоянии «high on» плоскость аккреционного диска составляет с лучом зрения угол  $\sim 10^\circ$  [174]. Внешний край диска, обращенный в сторону наблюдателя, опущен ниже орбитальной плоскости. Внутренний же край диска частично затеняет от наблюдателя верхнее полушарие звезды (рис. 94). При вращении нейтронной звезды вокруг своей оси, из-за левого ее лимба вначале появляется область генерации рентгеновского излучения. В это время для земного наблюдателя на кривой блеска начинает формироваться передний фронт главного импульса. При приближении этой области к меридиану земного наблюдателя возрастает ее видимая геометрическая площадь и наблюдаемый на Земле поток рентгеновского излу-

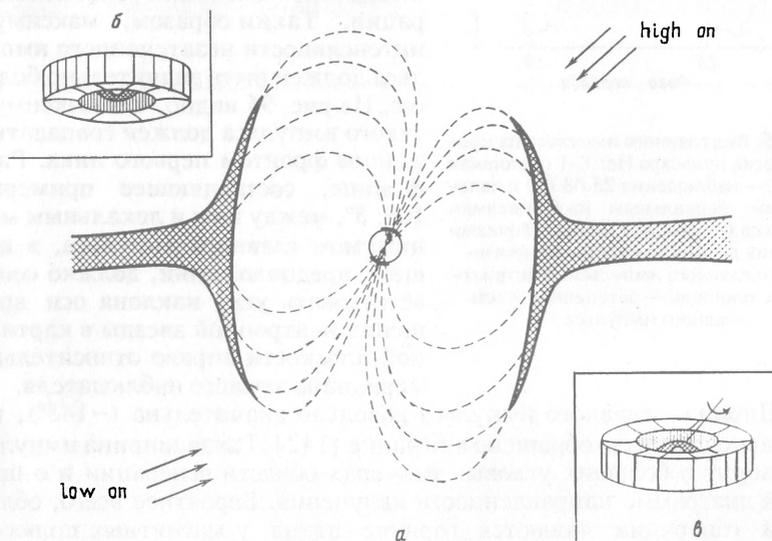


Рис. 94. Возможная конфигурация внутреннего края диска и нейтронной звезды (а), нейтронная звезда и диск в состоянии «low on» (б), в состоянии «high on» (в)

чения. В свою очередь, внутренний край диска начинает частично затенять область генерации. Наступает такой момент, когда в результате затенения видимая геометрическая площадь области генерации начинает уменьшаться. В этот момент формируется первый пик главного импульса. По мере дальнейшего вращения нейтронной звезды затенение области генерации достигает максимальной величины, и тогда в структуре главного импульса наблюдается локальный минимум. Затем область генерации начинает выходить из частичного затенения, возрастает ее видимая площадь, формируя второй пик, но его интенсивность не достигает того же значения, так как из-за асимметрии наклона в картинной плоскости уменьшается видимая площадь области генерации. Вскоре область генерации исчезает за противоположным лимбом нейтронной звезды. Это обстоятельство и является причиной формирования второго пика главного импульса.

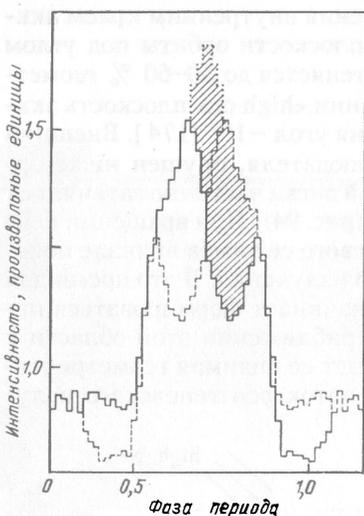


Рис. 95. Вид главного импульса на кривой блеска пульсара Her X-1 (сплошная линия — наблюдения 25.08.84) с наложенным зеркальным изображением импульса (штриховая линия). Точками показана возможная вершина незатененного главного импульса. Заштрихованная площадь — затененная часть главного импульса

Для иллюстрации того, как выглядел бы главный импульс пульсара без предполагаемого затенения диском области генерации, мы наложили на профиль главного импульса его зеркальное изображение (рис. 95). На рис. 95 пунктиром построена возможная вершина главного импульса. Заштрихованная площадь — та часть импульса, интенсивность которого уменьшается, вследствие затенения области генерации. Таким образом, максимум интенсивности незатененного импульса должен быть значительно больше. Из рис. 95 видно, что максимум такого импульса должен совпадать с задним фронтом первого пика. Расстояние, составляющее примерно  $10 \pm 5^\circ$ , между ним и локальным минимумом главного импульса, в нашем предположении, должно соответствовать углу наклона оси вращения нейтронной звезды в картинной плоскости вправо относительно меридиана земного наблюдателя.

Ширина главного импульса довольно значительна ( $\sim 145^\circ$ ), на что давно уже было обращено внимание [142]. Такая ширина импульса говорит о больших угловых размерах области генерации и о широкой диаграмме направленности излучения. Вероятнее всего, областями генерации являются горячие пятна у магнитных полюсов нейтронной звезды. Согласно [174] размер излучающегося конуса не превышает  $30^\circ$ . Таки е параметры областей генерации излучения

пульсара возможны лишь при условии, что магнитное поле на поверхности нейтронной звезды не превышает  $10^{11}$  Гс [175]. Только при таком низком значении поля кеплеровский аккреционный диск [128] способен довольно близко подходить к поверхности нейтронной звезды. Внутренний край аккреционного диска при этом может располагаться сравнительно близко от поверхности нейтронной звезды, а слой вещества, текущего по альфеновской поверхности, может вызвать частичное затенение области генерации от земного наблюдателя в состоянии «high on» 35<sup>d</sup>-цикла. Незначительные изменения размера затеняющего слоя могут вызывать вариации среднего потока, которые наблюдались на АС«Астрон» (см.рис.83 и 84). В состоянии «low on» плоскость аккреционного диска располагается под углом  $\sim 6^\circ$  к лучу зрения [174], причем внешний край диска, обращенный к земному наблюдателю, поднимается выше орбитальной плоскости. При таком геометрическом расположении внутренний край полностью блокирует излучение от области, которая видна в состоянии «high on», а наблюдается противоположный магнитный полюс, как это изображено на рис. 94. Эта область может быть затенена частично или почти полностью. В этом случае на кривой блеска либо наблюдается главный импульс, как это видели со спутника EXOSAT [167], либо, как на рисунке 95 или в работе [168], — синусоидальная кривая, которая возникает при отражении рентгеновского излучения от внутреннего края диска [176]. Согласно нашим представлениям, в состоянии «low on» должен наблюдаться другой магнитный полюс по сравнению с состоянием «high on». Этим объясняется фазовый сдвиг на  $180^\circ$  момента появления главного импульса на кривой блеска, что и наблюдали авторы работы [167]. При почти полном затенении области излучения наблюдатель не видит истинной области генерации, а может принимать лишь излучение, отраженное от внутреннего края диска, обращенного к Земле. Кривая блеска имеет вид синусоиды, причем интенсивность в максимуме может также варьироваться. Фазовый сдвиг максимума синусоиды на кривой блеска должен отличаться на  $180^\circ$  ввиду сложной картины отражения и рассеяния квантов на внутреннем крае аккреционного диска [176].

Давно обсуждается тот факт, что в рентгеновских пульсарах угловой размер области генерации может быть различен на разных энергиях. В [177] рассматривается модель с распределенными по высоте слоевыми источниками в аккреционной воронке, интегральное излучение которых дает наблюдаемый континуум. Более глубокие слои в источнике ответственны за эмиссию на более высоких энергиях, и поэтому профиль импульса на этих энергиях должен быть более узким. Возможно, именно это имеет место для пульсара Her X-1. Почти плоский энергетический спектр пульсара, вероятно, говорит о том, что размер области генерации пропорционально уменьшается с ростом энергии и уменьшается ширина диаграммы направленности. Это предположение имеет как теоретическое [176], так и экспериментальное подтверждение [161-163] и соответствует выдвиг-

нутым нами представлениям о первоначальной форме главного импульса.

Автор [136] привел свидетельства тому, что в течение фазы падения интенсивности в состоянии «high on»  $35^d$ -цикла первый пик главного импульса ослабляется больше, чем второй. Интеримпульс ослабляется меньше, чем пики. В нашей модели такое изменение можно объяснить тем, что область генерации постоянно частично затеняется внутренним краем диска, который в нашей модели должен прецессировать в направлении вращения нейтронной звезды и орбитального движения. Очевидно, что область генерации, имеющая меньший угловой размер, закрывается диском раньше. Видимо, поэтому продолжительность наблюдения рентгеновского потока различна в разных энергетических диапазонах [159, 161]. В работе [166] предполагается, что интеримпульс фомируется при отражении прямого рентгеновского потока пульсара с интегральным альбедо 0,3 [148] от внутреннего края диска, обращенного к наблюдателю. Согласно нашим предположениям внутренний край диска близок к поверхности нейтронной звезды. Он может перехватывать до 70–80 % первичного потока, рассеивать и поглощать его [176]. Поглощенная часть потока перерабатывается и сдвинута по фазе от главного импульса в жестком рентгеновском диапазоне [165, 166]. По-видимому, вблизи этого края диска образуется также и мощный поток флюоресцентного излучения в  $K_{\alpha}$ -линии железа [154, 166]. Так как обращенный к наблюдателю внутренний край диска в картинной плоскости расположен несколько выше верхнего лимба нейтронной звезды в состоянии «high on», то излучение от него (интеримпульс) может приниматься дольше по времени при почти полном затенении области генерации [176], расположенной на поверхности нейтронной звезды.

В заключение хотелось бы отметить, что в эксперименте СКР-О2М принимали участие: С.И. Бабиченко, М.С. Бургин, С.М. Войнаков, Е.Д. Гернет, Д.А. Гоганов, Л.С. Гурин, И.М. Голынская, А.В. Дьячков, В.М. Зенченко, И.М. Карпинский, И.Ф. Копаева, Б.С. Лозинский, Т.А. Мизякина, Е.Н. Миронова, В.И. Прохоренко, В.И. Рубановская, А.С. Смирнов, В.А. Склянкин, С.И. Терехов, Н.Г. Хавенсон, В.М. Шамолин, Е.Ю. Шафер, А.И. Шейхет, А.В. Шифрин, А.А. Шмелькин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковтуненко В.М.* Космическая обсерватория «Астрон»: Научное сообщение// Вестн. АН СССР.—1984.—№8.
2. *Боячук А.А., Гернет Е.Д., Гершберг Р.Е., Петров П.П., Зверева А.М., Ковтуненко В.М., Кремнев Р.С., Кулешова Н.Г., Курт В.Г., Проник В.И., Северный А.Б., Суханов К.Г., Шафер Е.Ю., Шейхет А.И., Шеффер Е.К.* Орбитальная астрофизическая обсерватория «Астрон»: Итоги 5 лет работы// Косм.иссл.—1988.—Т.ХХУІ, вып.6.
3. *Попов Г.М.* Асферические поверхности в астрономической оптике.—М.: Наука, 1980.
4. *Попов Г.М.* Современная астрономическая оптика.—М.: Наука, 1988.
5. *Гершберг Р.Е., Проник В.И.* // Изв. КрАО.—1981.—Т.63.—С.171.
6. *Гершберг Р.Е., Лиморенко К.Я., Проник В.И.*// Изв. КрАО.—1983.—Т.67.—С.132.
7. *Ильин И.В.*// Изв. КрАО.—1985.—Т.73.—С.176.
8. *Прокофьев В.К.*// Изв. КрАО.—1977.—Т.56.—С.105.
9. *Bohlin R.C., Holm A.V., Savage B.D., Chidlers M.A.J. and Sparks W.M.*// Astron. Astrophys.—1980.—V.85.—P.1.
10. *Severny A.B., Lyubimkov L.S.*// Upper Main Sequence Stars with Anomalous Abundances / Eds. Cowley C.R.—Dordrecht: Reidel, 1986.—p.327.
11. *Kunisz M.D., Migdalek J.*// Acta Phys. Polonica.—1974.—A 45.—P.715.
12. *Kurucz R.L., Peytremann E.*// Smith. Astrophys. Obs. Spec. Rep.—1975.—No.362.—P.1.
13. *Corliss C.H.*// J.Res. Nat. Bur. Stand., sec. A.—1976.—V.80.—P.429.
14. *Hauge O., Ehgvoid O.*// Inst. Theor. Astrophys. (Blindern—Oslo) Report.—1977.—No.49.—P.1.
15. *Stepien K., Muthsam H.*// Astron. Astrophys.—1981.—V.100.—P.159.
16. *Любимков Л.С.*// Изв. КрАО.—1986.—Т.75.—С.155.
17. *Kurucz R.L.*// Astrophys. J. Suppl.—1979.—V.40.—P.1.
18. *Zöchling J., Muthsam H.*// Astron. Astrophys.—1987.—V.176.—P.75.
19. *Илиев И.Х., Любимков Л.С., Саванов И.С.*// Астрофизика.—1986.—Т.25.—С.237.
20. *Боячук А.А., Гершберг Р.Е., Зверева А.М., Петров П.П., Северный А.Б., Терещихин А.В., Хуа Ч.Т., Шейхет А.И.*// Письма в Астрон. ж.—1987.—Т.13.—С.739.

21. Имшенник В.С., Надежин Д.К. // УФН.—1988.—Т.156.—С.561.
22. Arnett W.D., Bahcall J.N., Kirshner R.P., Woosley S.E.// Ann. Rev. Astron. Astrophys.—1989.—V.27.—P.629.
23. Любимков Л.С.// Астрон. ж.—1990.—Т.67.—С.480.
24. Phillips M.M., Heathcote S.R., Hamuy M., Navarrete M.// Astron. J.—1988.—V.95.—P.1087.
25. Catchpole R.M. et. al.// Mon. Not. Roy. Astron. Soc.—1987.—V.299.—P.15; 1988.—V.231.—P.75.
26. Ebisuzaki T., Shigeyama T., Nomoto K.// Astrophys. J. Lett.—1989.—V.344.—L.65.
27. Mikari T., Heck A.// Publ. of the Astr. Soc. Japan.—1982.—V.32.—P.529.
28. Straizys V.// Multidor Stellar photometry.—Vilnius: Mokslas Publ., 1977.—P.143.
29. Butler C.J., Byrne P.B., Andrews A.D., Doyle J.G.// Mont. Not. Roy. Astron. Soc.—1981.—V.197.—P.815.
30. Haisch B.M., Linsky J.L., Bornmann P.L. et al.// Astrophys. J.—1981.—V.267.—P.280.
31. Bromage G.E., Patchett B.E., Phillips K.J.H. et al.// Activity in red dwarf stars / Eds Byrne P.B., Rodono M.—Dordrecht: Reidel D., 1983.—P.245.
32. Butler C.J., Andrews A.D., Doyle J.G. et al.// Ibid.—P.249.
33. Baliunas S.L., Raymond J.C.// Astrophys. J.—1984.—V.282.—P.728.
34. Butler C.J., Doyle J.G., Andrews A.D. et al.// Astron. and Astrophys.—1987.—V.174.—P.139.
35. Rodono M., Cutispoto G., Catalano S. et al.// Proc. of the 4th European IUE Conf. ESA SP-218.—1984.—P.247.
36. Pettersen B.R., Hawley S.L., Andersen B.N.// New Insight in Astrophysics. ESA SP-263.—1986.—P.157.
37. Гершберг П.Е., Петров П.П.// Вспыхивающие звезды и родственные объекты / Под ред. Л.В. Мирзояна,—Ереван: Изд-во АН Арм ССР, 1986.—С.37.
38. Бескин Г.М., Гершберг П.Е., Неизвестный С.И. и др.// Изв. КрАО.—1988.—Т.79.—С.71.
39. Piirola V.// Observatory and Astrophys. Lab. Univ. Helsinki Report.—1984.—No.6.—P.151.
40. Кацова М.М., Косовичев А.Г., Лившиц М.А.// Астрофизика.—1981.—Т.17.—С.285.
41. Бурнашова Б.А., Гершберг П.Е., Зверева А.М. и др.// Астрон. ж.—1989.—Т.66.—С.328.
42. Leinert C.// Space Sci. Rev.—1975.—V.18, No. 3.—P.281.
43. Maucherat-Joubert M., Cruvellier P. and Deharveng J.M. // Astron. Astrophys.—1979.—V.74.—P.218.
44. Berg S. van den // Publ. David Dunlap Obs.—V.11.—No.6.
45. Cowley A.P., Crampton D., McClure R.D. // Astrophys. J.—1982.—V.263.—P.1.
46. Stecher Th.P.// Astron. J.—1969.—V.74.—P.98.

47. Любимков Л.С., Боярчук А.А. // *Астрофизика*.—1982.—Т.18. —С.598.
48. Проник В.И., Петров П.П. // *Астрон. ж.*—1986.—Т.63.—С.1016.
49. Jamar C., Macan D.// *Astron. Astrophys.*—1974.—V.33.—P.87.
50. Ciani A., D'Odorico S., Benvenuti P. // *Astron. Astrophys.*—1984.—V.137.—P.223.
51. Неизвестный С.И.// *Сообщение САО*.—1986.—Т.51.—С.5.
52. Penston M.// *Mont. Not. Roy. Astron. Soc.*—1973.—V.162.—P.359.
53. Лютый В.М., Шаров А.С.// *Письма в Астрон ж.*—1986.—Т.12.—С.187.
54. de Vaucouleurs G. // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1961.—V.5, No.48.—P.233.
55. Walker M.// *Astron. J.*—1964.—V.69.—P.744.
56. Tift W.G.// *Astron. J.*—1961.—V.66.—P.390.
57. Wesselius P.R., Van Duinen R.J., de Jonge A.R.W., Aalders J.W.G., Luinge W., Wildeman K.J.// *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*—1982.—V.49.—P.427.
58. de Vaucouleurs G.// *Bull. Low. Obs.*—1959.—V.4.—No 98.
59. Westerlund B.E., Wall J.// *Astron. J.*—1969.—V.76.—P.335.
60. Pastoriza M.G.// *Astrophys. Space Sci.*—1975.—V.33.—P.173.
61. Наму М., Маза Ж.// *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*—1987.—V.68.—P.383.
62. Talbot R.J., Jensen E.B., Dufour R.J.// *Astrophys. J.*—1979.—V.229.—P.91.
63. Alcaino G. // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*—1974.—V.13.—P.305.
64. Bohlin R.C., Cornett R.H., Hill J.K., Smith A.M., Stecher T.P.// *Astrophys. J.*—1983.—V.274.—P. L 53.
65. Aiello S., Barsella B., Chlewicki G., Greenberg J.M., Patriaschi P., Perinotto M.// *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*—1988.—V.73.—P.195.
66. Меркулова Н.И., Метик Л.П., Проник В.И., Проник И.И.// *Астрон. ж.*—1990.—Т.67.—С.449.
67. Боярчук А.А., Гершберг Р.Е., Зверева А.М., Куртес Ж., Меркулова Н.И., Метик Л.П., Проник В.И., Проник И.И., Петров П.П., Теребиж А.В., Товмасын Г.М., Хуа К.Т.// *Изв. КрАО АН СССР*.—1991.—Т.83.
68. Меркулова Н.И., Метик Л.П., Проник В.И., Проник И.И.// *Изв. КрАО АН СССР*.—1992.—Т.84.
69. Меркулова Н.И., Метик Л.П., Проник В.И., Проник И.И.// *Изв. КрАО АН СССР*.—1992.—Т.84.
70. Проник В.И., Петров П.П. // *Астрон. ж.*—1986.—Т.63.—С.1016.
71. Jagoda N., Fustin G., Mickiewich S., Goddard R.// *IEEE Trans. of nucl.Sci.*—1972.—NS-196, N1.—P.579.
72. Buff J., Jernigan G., Laufer B., Bradt H., Clark G.W., Lewin W.H., Matilsky T., Mayer W., Primini F.// *Astrophys. J. (Lettrs)*.—1977.—V.212.—P.768.
73. Babichenko S.I., Goganov D.A., Dereguosov E.V., Komyak N.I., Kurt V.G., Losinsky B.S., Sklyankin V.A., Nikolaev A.G., Shifrin A.V., Moskalenko E.I., Sheffer E.K. // *Space Sci. INSTR.*—1977.—V.3.—P.311.
74. Rotshild R., Boldt E., Holt S., Serlinitos P.// *Space Sci. Instr.*—1979.—V.4, N.4.

75. *Sanford P.W.* // Proc. of colloquim held in Fraskatti.—1972.—P.25.
76. *Tanaka Ya., Fujii M., Inoue H., Kawai N., Koyama K., Makino F., Makishima K., Matzuoka M.* // Publ. Astron. Soc. of Japan.—1984.—V.36.—P.641.
77. *Giacconi R., Branduardi G., Briel V., Epstein A., Fabricant D., Feigelson E., Forman W., Gorenstein P., Grindley J., Gursky H., Harnden F.R., Henry J., Jones C., Kellogg E., Schreier E., Seward F.* // Astrophys. J.—1979.—V.230.—P.540.
78. *Беляев М.Ю., Ефимов Н.И., Курт В.Г., Москаленко Е.И., Шеффер Е.К.* // Космич. исслед.—1983.—Т.21, N 6.—С.912.
79. *Гернет Е.Д., Ильин Л.К.* // Обработка информации, получаемой по программе «Интеркосмос».—М.: Наука, 1982.
80. *Гернет Е.Д.* Операционная система реального времени ПОНИ на базе ЭВМ М-6000.—1983.—Пр.-759, ИКИ АН СССР.
81. *Гернет Е.Д.* Обеспечение совместимости магнитных лент ЭВМ М-6000 и ЭВМ серии ЕС.—1984.—Пр.-843, ИКИ АН СССР.
82. *Бабиченко С.И., Склянкин В.А., Шеффер Е.К., Шифрин А.В.* // Вопросы атомной науки и техники. Сер. ядерное приборостроение. — М.:Атомиздат, 1975.—Вып.14.—С.8.
83. *Бабиченко С.И., Гоганов Д.А., Ильин В.А., Лозинский Б.С., Склянкин В.А.* // Вопросы атомной науки и техники. Сер. ядерное приборостроение.—М.:Атомиздат, 1975.—Вып.28.—С.21.
84. *Бабаев А.П., Бабиченко С.И., Райков В.С., Склянкин В.А.* // Вопросы атомной науки и техники. Сер. ядерное приборостроение.—М.:Атомиздат, 1976.—Вып.30-31.—С.51.
85. *Bowyer S., Byram E.T., Chubb T.A., Friedman H.* // Science.—1964.—V.146.—P.912.
86. *Fritz G., Henry R.C., Meerins J.F., Chubb T.A., Friedman H.* // Science.—1969.—V.64.—P.709.
87. *Harden F.R., Seward F.D.* // Astrophys. J.—1984.—V.283.—P.279.
88. *Toor A., Seward F.D.* // Astron. J.—1974.—V.79.—P.995.
89. *Brown R., Gould R.* // Phys.Rev.D.—1970.—V.1.—P.2252.
90. *Charles P.A., Korn S.M., Bowyer S.* // Astrophys. J.(Letters).—1979.—V.230.—P.L83.
91. *Knight F.K.* // Astrophys. J.—1982.—V.260.—P.583.
92. *Курт В.Г., Бургин М.С., Голынская И.М., Гурин Л.С., Дьячков А.В., Зенченко В.М., Конаева И.Ф., Мизякина Т.А., Рубановская В.И., Савельева Н.А., Склянкин В.А., Смирнов А.С., Шамолин В.М., Шафер Е.Ю., Шеффер Е.К.* // Астрон. ж.—1986.—Т.63.—С.946.
93. *Toor A., Seward F.D.* // Astrophys. J.—1977.—V.216.—P.560.
94. *Warner B., Nather R.E., Mc Farlane M.* // Nature.—1969.—V.222.—P.233.
95. *Rosenberg F.D., Eyles C.J., Skinner G.K., Willmore A.P.* // Nature.—1975.—V.256.—P.628.

96. *Bradt H., Mayer W., Buff J., Clark G.W., Doxsey R., Hearn D., Jernigan G., Joss P.C., Loufer B., Lewin W., Li F., Matilsky T., Mc Clintok J., Primini F., Rappaport S., Schnopper H.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1976.—V.204.—P.L67.
97. *Liller W.* // *IAU Circular*.—1975.—No.2780.
98. *Pounds K.A.* // *Comm. on astrophys.*—1976.—V.6.—P.145.
99. *Giangrand A., Giovannelli F., Bartolini C., Guarnieri A., Piccioni A.* // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*—1980.—V.40.—P.289.
100. *Rappaport S., Joss P.C., Bradt H., Clerk G.W., Jernigan J.C.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1976.—V.208.—P.L119.
101. *Hayakawa S.* // *Space Sci. Rev.*—1981.—V.29.—P.221.
102. *Giovannelli F., Ferraru-Toniolo M., Persi P.* // *Multifrequency behaviour of Galactic accreting sources/ Ed. by F. Giovaneli.*—1985.—P.284.
103. *Hayakawa S., Matsumoto T., Nagase F.* Private communication.—1984.
104. *Giacconi R., Gursky H., Kellogg E., Tananbaum H.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1971.—V.167.—P.L67.
105. *Schreier E., Fabbiano G.* // *X-ray binaries.*—1976. (NASA SP-389).—P.197.
106. *Tuony I.R., Cruise A.M.* // *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*—1975.—V.171.—P.33P.
107. *Van der Klis M., Bonnet-Bidaud J.M., Robba N.R.* // *Astron. Astrophys.*—1980.—V.88.—P.8.
108. *Kellogg R.L., Rappaport S., Clark G.W., Petro L.D.* // *Astrophys. J.*—1983.—V.268.—P.790.
109. *Murakami T., Irone H., Kawai N., Koyama K., Makishima K., Matsuoka M., Oda M., Ogawara Y., Ohashi T., Shibarak N., Tanaka Y., Hayakawa S., Kunieda H., Makino F., Masai K., Nagase F., Tawara Y., Miyamoto S., Tsunemi H., Yamashita K., Kondo I.* // *Astrophys. J.*—1983.—V.264.—P.563.
110. *Pringie J.E., Rees M.J.* // *Astron. Astrophys.*—1972.—V.21.—P.1.
111. *Lamb F.K., Pethick C.J., Pines P.* // *Astrophys. J.*—1973.—V.184.—P.271.
112. *Rappaport S., Joss P.C.* // *Nature.*—1977.—V.266.—P.683.
113. *Хрузина Т.С., Черепашук А.М.* // *Астрон. ж.*—1983.—Т.60, №.1.—С.57-71.
114. *Tananbaum H., Grusky H., Kellogg E.M., Levinson R., Schreier E., Giacconi R.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1972.—V.174.—P.L143.
115. *Giacconi R., Gursky H., Kellogg E.M., Levinson R., Schreier E., Tananbaum H.* // *Astrophys. J.*—1973.—V.184.—P.227.
116. *Joss P.C., Li F.K., Wang Y.-M., Hearn D.R.* // *Astrophys. J.*—1977.—V.214.—P.874.
117. *Becker R.H., Boldt E.A., Holt S.S., Pravdo S.H., Rothschild R.E., Serlemitsos P.J., Smith B.W., Swank J.H.* // *Astrophys. J.* 1977.—V.214.—P.879.
118. *Gruber D.F., Matteson J.L., Nolan P.L., Knight F.K., Baily W.A., Rothschild R.E., Peterson L.E., Hoffman J.A., Scheepmaker A., Wheaton W.A., Primini F.A., Levine A.M., Lewin W.H.G.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1980.—V.240.—P.L127.
119. *Cherepashchuk A.M., Efremov Yu.N., Kurochkin N.E., Shakura N.I.* // *Inform. Bull. of Var. Stars.*—1972.—No.720.
120. *Gerend D., Boynton P.E.* // *Astrophys. J.*—1976.—V.209.—P.562.

121. Jones C., Forman W. // *Astrophys. J. (Letters)*.—1976.—V.209.—P.L131.
122. Gorecki A., Levine A., Bautz M., Lang F., Primini F.A., Lewin W.H.G., Baity W.A., Gruber D.E., Rothschild R.E. // *Astrophys. J.*—1982.—V.256.—P.234.
123. Middleditch J., Nelson J. // *Astrophys. J.*—1976.—V.208.—P.567.
124. Dowthwaite J.C., Harrison A.B., Kirkman I.W., Macrae H.J., Orford K.J., Turver K.E., Walmsley M. // *Nature*.—1984.—V.309.—P.691.
125. Gorham P.W., Cowley M.F., Fegan D.J., Gibbs K.G., Kenny S., Lamb R.C., Liebing D.F., Porter N.A., Stenger V.J., Weekes T.C. // *Astrophys. J.*—1986.—V.309.—P.144.
126. Pravdo S., Becker R.H., Boldt E.A., Holt S.S., Serlemitsos P.J., Swank J.H. // *Astrophys. J. (Letters)*.—1977.—V.215.—P.L61.
127. Trümper J., Pietsch W., Reppin C., Voges W., Staubert R., Kendziorra E. // *Astrophys. J. (Letters)*.—1978.—V.219.—P.L105.
128. Pringle J.E., Rees M.J. // *Astron. Astrophys.*—1972.—V.21.—P.1.
129. Deeter J.E., Boynton P.E., Pravdo S.H. // *Astrophys. J.*—1981.—V.247.—P.1003.
130. Lipunov V.M. // *Sov. Astron.*—1982.—V.26(5)—P.537.
131. Katz J.I. // *Nature Phys. Sci.*—1973.—V.246.—P.87.
132. Roberts W.J. // *Astrophys. J.*—1974.—V.187.—P.575.
133. Boynton P.E., Crosa L.M., Deeter J.E. // *Astrophys. J.*—1980.—V.237.—P.169.
134. Бисноватый-Коган Г.С., Комберг Б.В. // *Астрон. ж.*—1975.—Т.52.—С.457.
135. Crosa L.M., Boynton P.E. // *Astrophys. J.*—1980.—V.235.—P.999.
136. Bai T. // *Astrophys. J.*—1981.—V.243.—P.244.
137. IAU Circular.—1983.—No.3841.
138. Trümper J., Kahabka P., Ugelman H., Pietsch W., Voges W., Gottwald M., Parmar A.N. // *IAU Circular*.—1984.—No.3923.
139. Giovannelli F., Kurt V., Sheffer E., Bisnovatyi-Kogan G. // *IAU Circ.*—1984.—No.3924.
140. Parmar A., Pietsch W., Mc Kechnie S., White N., Trümper J., Voges W., Barr P. // *Nature*.—1985.—V.313.—P.119.
141. Vrtilik S.D., Halpern J.P. // *Astrophys. J.*—1985.—V.296.—P.606.
142. Doxsey R., Bradt H.V., Levine A., Murthy G.T., Rappaport S., Spada G. // *Astrophys. J. (Letters)*.—1973.—V.182.—P.L25.
143. Бабиченко С.И., Бургин М.С., Войнаков С.М., Гернет Е.Д., Гоганов Д.А., Гурин Л.С., Голынская И.М., Дьячков А.В., Зенченко В.М., Курт В.Г., Копаева И.Ф., Лозинский Б.С., Мизякина Т.А., Миронова Е.Н., Прохоренко В.И., Рубановская В.И., Рутковский А.И., Смирнов А.С., Склянкин В.А., Терехов С.И., Хавенсон Н.Г., Шамолин В.М., Шафер Е.Ю., Шейхет А.И., Шеффер Е.К., Шифрин А.В. // *Космич. иссл.*—1990.—Т.28, №.4.—С.587.
144. Ögelman H., Kahabka P., Pietsch W., Trümper J., Voges W. // *Space Sci. Rev.*—1985.—V.40.—P.347.
145. Shakura N.I., Sunyaev R.A. // *Astron. Astrophys.*—1973.—V.24.—P.337.
146. Bahcall J.N., Bahcall N.A. // *Astrophys. J. (Letters)*.—1972.—V.178.—P.L1.

147. *Basko M.M., Sunyaev R.A.* // *Astrophys. Space Sci.*—1973.—V.23.—P.71.
148. *Basko M.M., Sunyaev R.A., Titarchuk L.G.* // *Astron. and Astrophys.*—1974.—V.31.—P.249.
149. *Титарчук Л.Г.* // *Астрофизика.*—1987.—Т.26.—С.98.
150. *Шеффер Е.К., Копаева И.Ф., Аверинцев М.Б., Бисноватый-Коган Г.С., Гольнская И.М., Гурин Л.С., Дьячков А.В., Зенченко В.М., Курт В.Г., Мизякина Т.А., Склянкин В.А., Смирнов А.С., Титарчук Л.Г., Шамолин В.М., Шафер Е.Ю., Джованнелли Ф.* // Преп. ИКИ, 1987б.—Пр.-1252.
151. *Ross R.R.* // *Astrophys. J.*—1979.—V.233.—P.334.
152. *Voges W., Kahabka P., Ögelman H., Pietsch W., Trümper J.* // *Space. Sci. Rev.*—1985.—V.40.—P.339.
153. *Ohashi T., Inoue H., Kawai N., Koyama K., Matsuoka M., Mitani K., Tanaka Y., Nagase F., Nakagawa M., Kondo Yoji* // *Publ. Astron. Soc. Japan.*—1984.—V.36.—P.719.
154. *Nagase F.* // *Adv. Space Res.*—1985.—V.5.—P.95.
155. *Delgado A.J., Schmidt H.U., Thomas H.-C.* // *Astron. and Astrophys.*—1983.—V.127.—P.L15.
156. *Thomas H.-C., Africano J., Delgado A.J., Schmidt H.U.* // *Astron. and Astrophys.*—1983.—V.126.—P.45.
157. *Jones C.A., Forman W., Liller W.* // *Astrophys. J.(Letters).*—1973.—V.182.—P.L109.
158. *Joss P.C., Fechner W.B.* // *Ann. N.Y. Acad. Sci.*—1975.—V.262.—P.385.
159. *Joss P.C., Fechner W.B., Forman W., Jones C.* // *Astrophys. J.*—1978.—V.225.—P.994.
160. *Giacconi R.* // *Ann. N.Y. Acad. Sci.*—1975.—V.262.—P.312.
161. *Maurer G.S., Dennis B.R., Coe M.J., Crannell C.J., Cutler E.P., Dolan J.F., Frost K.J., Orwig L.E.* // *Astrophys. J.*—1979.—V.231.—P.906.
162. *Holt S.S., Boldt E.A., Rotschild R.E., Saba J.L.R., Serlemitsos P.J.* // *Astrophys. J.(Letters).*—1974.—V.190.—P.L109.
163. *Pravdo S.H., Boldt E.A., Holt S.S., Serlemitsos P.J.* // *Astrophys. J.(Letters).*—1977.—V.216.—P.L23.
164. *Voges W.* // *MPE Report.*—1985.—V.191.—P.71.
165. *Shulman S., Friedman H., Fritz G., Henry R.C., Yentis D.J.* // *Astrophys. J.(Letters).*—1975.—V.199.—P.L101.
166. *McCray R.A., Shull J.M., Boynton P.E., Deeter J.E., Holt S.S., White N.E.* // *Astrophys. J.*—1982.—V.262.—P.301.
167. *Trümper J., Kahabka P., Ögelman H., Pietsch W., Voges W.* // *Astrophys. J.(Letters).*—1986.—V.300.—P.L63.
168. *Ricketts M.J., Stanger V., Page C.G.* // *Accreting neutrino stars/ Ed. by W. Brinkman and J. Trümper.*—1982.—MPE Report.—V.177.—P.100.
169. *Parmar A.N., Sanford P.W., Fabian A.C.* // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*—1980.—V.192.—P.311.
170. *Brecher K.* // *Nature.*—1972.—V.239.—P.325.

171. *Lamb D.Q., Lamb F.K., Pines D., Shaham J.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1975.—V.198.—P.L21.
172. *Meyer F., Meyer-Hofmeister E.* // *Astron. and Astrophys.*—1984.—V.140.—P.L35.
173. *Бисноватый-Коган Г.С., Мерсов Г.А., Шеффер Е.К.* // *Астрон. ж.*—1990.—Т.67.—С.85.
174. *Аверинцев М.Б., Титарчук Л.Г., Шеффер Е.К.* // *Преп. ГАИШ №15*.—1990.
175. *Бисноватый-Коган Г.С.* // *Астрон. журн.*—1974.—Т.51.—С.43.
176. *Титарчук Л.Г., Шеффер Е.К.* // *Письма в Астрон. ж.*—1988.—Т.14.—С.503.
177. *Davidson K.* // *Nature Phys. Sci.*—1973.—V.246.—P.1.
178. *Gorenstein P., Gursky H.* // *Astrophys. J.*—1968.—V.153.—P.885.
179. *Бисноватый-Коглан Г.С.* // *Бюллетень № 58 Абастуманской астрофизической обсерватории*.—1985.—С.175.
180. *Lyne A.G., Pritchard R.S., Smith F.G.* // *Mont. Not. Roy. Astron. Soc.*—1988.—V.233.—P.667.
181. *Davison P.J.N., Fabian A.C.* // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*—1977.—V.178.—P.1P.
182. *Kendziorra E., Staubert R., Pietsch W., Reppin C., Sacco B., Trümper J.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1977.—V.217.—P.L93.
183. *Joss P.C., Li F., Nelson J., Middleditch J.* // *Astrophys. J.*—1980.—V.235.—P.592.
184. *Voges W., Pietsch W., Reppin C., Trümper J., Kendziorra E., Staubert R.* // *Astrophys. J.*—1982.—V.263.—P.803.
185. *Soong Y., Gruber D.E., Rothschild R.E.* // *Astrophys. J. (Letters)*.—1987.—V.319.—P.L77.
186. *Tueller J., Cline T., Teegarden B., Pasieras W., Boclet B., Durouchoux Ph., Hameury J.M., Prantzos N., Haymes R.* // *Astrophys. J.*—1984.—V.279.—P.177.
187. *Nagase F., Hayakawa S., Kii T., Sato N., Ikegami K., Kawai N., Makishima K., Matsuoka M., Mitani K., Murakami T., Oda M., Ohashi T., Tanaka Y., Kitamoto S.* // *Publ. Astron. Soc. of Japan*.—1984.—V.36.—P.667.
188. *Сюняев Р., Гильфанов М., Чуразов Е., Лозников В., Ефремов В., Каниковский А., Кузнецов А., Мелиоранский А., Voges В., Питч В., Деберайнер С., Энгельхаузер Я., Реппин К., Трюмпер И., Огельман Х., Кендзиорра Е., Мони Б., Майзак М., Штауберт Р., Смит А., Пармар А.* // *Письма в Астрон. журн.*—1988.—Т.14.—С.979.
189. *Nagase F.* // *Publ. Astron. Soc. of Japan*.—1989.—V.41.—P.1.
190. *Holt S.S., Kaluzienski L.J., Boldt E.A., Serlemitsos P.J.* // *Astrophys. J.*—1979.—V.227.—P.563.
191. *Pravdo S.N., Bussard R.W., White N.E.* // *Mont. Not. Roy. Astr. Soc.*—1979.—V.188.—P.5P.
192. *Coe M.J., Carpenter G.F., Engel A.R., Quenby J.J.* // *Nature*.—1975.—V.256.—P.630.
193. *Ricketts M.J., Turner M.J.L., Page C.G., Pounds K.A.* // *Nature*.—1975.—V.256.—P.631.

194. *Li F., Rappaport S., Clark G.W., Jernigan J.G.* // *Astrophys. J.*—1979.—V.228—P.893.

195. *Rakhamimov Ch. Yu., Estulin I.V., Vedrenne G., Niel M.* // *Soviet Astron. Letters.*—1980.—V.6.—P.10.

196. *Violes F., Niel M., Bui-Vang A., Vedrenne G., Chambon G., Estulin I.V., Rakhamimov Ch. Yu.* // *Astrophys. J.*—1982.—V.263.—P.320.

197. *Kaluzienski L.J., Holt S.S.* // *IAU Circ.*—1978.—No.3259.

198. *Sims M.R., Fraser G.W.* // *IAU Circ.*—1979.—No.3339.

199. *Hameury J.M., Boclet D., Durouchoux Ph., Cline T.L., Paciasas W.S., Teegarden B.J., Tueller J., Haymes R.C.* // *Astrophys. J.*—1983.—V.270.—P.144.

200. *Frontera F., Dal Fiume D., Dusi W., Morelli E., Spada G., Ventura G.* // *Physica Scripta.*—1984.—V.7.—P.111.

201. *Nagase F., Hayakawa S., Kunieda H., Makino F., Masai K., Tawara Y., Inoul H., Kawai N., Koyama K., Makishima K., Matsuoka M., Murakami T., Oda M., Ogawara Y., Ohashi T., Shibasaki N., Tanaka Y., Miyamoto S., Tsunemi H., Yamashita K., Kondo I.* // *Astrophys. J.*—1982.—V.263.—P.814.

202. *Polcaro V.F., Bazzano A., La Padula C., Ubertini P., Manchanda R.K.* // *Astrophys. J.*—1983.—V.127.—P.333.

203. *Giovannelli F., Ferrari Toniolo M., Persi P., Golinskaya I.M., Kurt B.G., Mizyakina T.A., Shafer E.Yu., Shamolin V.M., Smirnov S.A., Sheffer E.K., Zaytzeva G.V., Van Dessel E.L., Van Diest H., Hensberge H., Burger M., de Loore C., Bartolini C., Guarnieri A., Lolli M., Piccioni A., Gnedin Yu.N., Khozov G.V., Larionov V.M., Shakovskaya N.I.* // *X-ray Astronomy'84/ Eds.M. Ocla. R.Giacconi.*—1984.—P.205.

204. *Giovannelli F., Ferrari Toniolo M., Persi P., Bartolini C., Guarnieri A., Piccioni A., Van Dessel E.L., Burger M., de Loore C., Bisnovatyi-Kogan G.S., Golinskaya I.M., Kyrt V.G., Mizyakina T.A., Shafer E.Yu., Shamolin V.M., Sheffer E.K., Smirnov A.S.* // *ESA SP-218.*—1984.—P.439.

Научное издание

**Астрофизические исследования на космической станции «Астрон»**  
Под редакцией А.А.Боярчука

Заведующий редакцией *Н.А.Носова*  
Редактор *О.В.Салецкая*  
Художественный редактор *Г.М.Коровина*  
Технический редактор *С.С.Куликов*  
Корректор *О.Ф.Алексеева*

ИБ № 41178

ЛР № 020297 от 27.11.91.

Подписано к печати 08.04.94. Формат 60×90/16. Бумага типографская №2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 26. Усл. кр.-отт. 26. Уч.-изд. л. 33,47. Тираж 1000 экз. Заказ тип. № 1277 . С-048.

Издательская фирма «Физико-математическая литература» ВО «Наука»  
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Отпечатано в Московской типографии № 2 ВО «Наука»  
121099 Москва Г-99, Шубинский пер., 6.