

# КОСМОНАВТИКА. АСТРОНОМИЯ

ПОДБОРКА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СЕРИИ



1989/5

Г. М. Товмасын

## УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ НА ОРБИТЕ



**ЗНАНИЕ**

НОВЫЕ И ВАЖНЫЕ НАУКИ, ТЕХНИКА

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

# **КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ**

**5/1989**

Издается ежемесячно с 1971 г.

**Г. М. Товмасын**

## **УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ НА ОРБИТЕ**

**В приложении этого номера:  
ФИНИШ КОСМИЧЕСКОГО МАРАФОНА**



Издательство «Знание» Москва 1989

ББК 22.6  
\_\_\_\_\_Т50

Редактор *И. Г. ВИРКО*

**Товмасын Г. М.**

Т50

Ультрафиолетовые телескопы на орбите, – М.: Знание, 1989. – 64 с., ил. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 5).

ISBN 5-07-000278-3

15 к.

Выход в космос дал астрономам возможность расширить «окно», через которое они изучали Вселенную. В самостоятельные области исследований выделились радиоастрономия, инфракрасная, рентгеновская, гамма-астрономия. В их ряду важное место занимает астрономия ультрафиолетового диапазона.

О приборах, с помощью которых проводились и проводятся внеатмосферные ультрафиолетовые наблюдения, рассказывается в этой брошюре, рассчитанной на широкий круг читателей.

**3206040000**

**ББК 22.6**

**ISBN 5-07-000278-3**

© Издательство «Знание» 1989 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Специфика внеатмосферных наблюдений	7
Орбитальные телескопы для исследования ультрафиолетового излучения звезд и галактик	16
Орбитальные телескопы для выполнения УФ-обзоров неба	18
Орбитальные телескопы для фотометрирования излучения звезд в ультрафиолете	31
Орбитальные телескопы для исследования ультрафиолетовых спектров звезд и галактик	34
Будущие проекты	46
Заключение	55
Финиш космического марафона	56

# ВВЕДЕНИЕ

Астрономия, как известно, наука наблюдательная. Все наши знания о космических объектах до самого последнего времени были получены путем изучения света – либо непосредственно излучаемого космическими телами, либо отраженного ими.

Сегодня нам уже, многое известно как о природе населяющих Вселенную объектов, так и о строении самой Вселенной. Мы знаем, что планеты Солнечной системы, как и наша Земля, являются холодными телами и что они обращаются вокруг Солнца. Нам известно, что подавляющая часть вещества Вселенной заключена в громадных газовых шарах-звездах. Температуры их поверхностей составляют от двух-трех тысяч до нескольких десятков тысяч градусов. Звезды распределены во Вселенной неравномерно. Они входят в состав галактик – огромных систем, содержащих от нескольких миллионов до нескольких сотен миллиардов звезд каждая. Пространство между звездами заполнено очень разреженным газом и пылью, которые местами концентрируются в отдельные туманности с несколько большей плотностью.

Размеры галактик огромны. Даже в весьма скромной галактике свету, чтобы пересечь ее из конца в конец, требуется несколько тысяч лет. А для так называемых сверхгигантских галактик эта цифра достигает нескольких сотен тысяч лет. Галактики большей частью не одиночны во Вселенной, Они обычно входят в состав скоплений, размеры которых составляют уже десятки миллионов световых лет. Расстояния между скоплениями галактик насчитывают несколько миллионов световых лет.

До начала космических полетов все наши сведения о небесных телах получались, как уже говорилось, путем изучения испускаемого или отражаемого ими света, т. е. практически весьма небольшой части спектра электромагнитного излучения. Длины волн видимого диапазона заключены в пределах от примерно 0,39 до 0,76 мкм. Это именно та часть электромагнитного излучения, которая достаточно хорошо проходит через атмосферу нашей Земли и к которой чувствителен человеческий глаз. Видимое излучение в указанном диапазоне рассеивается в атмосфере и достигает поверхности Земли на уровне моря ослабленным на 20 – 30%.

С длинноволновой стороны к участку видимых длин волн спектра электромагнитного излучения примыкают инфракрасное (ИК) излучение, длина волн которого простирается до приблизительно 0,5 мм. Большая часть инфракрасного излучения, начиная примерно с длины волны 1 мкм, поглощается в земной атмосфере. В этом деле «повинны» главным образом молекулы водяных паров и углекислого газа. Поглощение происходит также в озоне и окиси азота. В результате до земного наблюдателя ИК-излучение (весьма ослабленное) доходит только в нескольких узких полосах возле длин волн 0,9; 1,25; 1,6; 2,2; 3,6; 5 и в более широкой полосе от 8 до 14 мкм.

В общем, из-за особенностей земной атмосферы и строения человеческого глаза до недавнего времени мы могли видеть и регистрировать только очень небольшую часть электромагнитного спектра излучения небесных объектов – область видимых лучей. Благодаря применению особых фотографических пластинок и электронных светоприемников стало возможным наблюдение ближних ультрафиолетовой и инфракрасной областей спектра. А то, что небесные тела могли излучать и в областях длин волн вне области видимых лучей, было очевидно. Ведь уже исследование звезд показало, что те из них, температура поверхности которых около 2000 – 3000°, излучают в основном в длинноволновой (красной) области спектра, а звезды с температурой поверхности в несколько десятков тысяч градусов – на коротких длинах волн, в области ультрафиолетовых лучей. Очевидно, что основная часть излучения небесных тел с температурой поверхности вне указанных пределов должна

происходить вне диапазона видимых лучей. И поскольку излучение – единственный источник информации о небесных телах, то, изучая лишь видимый диапазон, мы не можем ничего сказать о некоторых свойствах небесных объектов, да и мы вообще можем не знать о существовании некоторых объектов.

Потом выяснилось, что земная атмосфера становится прозрачной в области радиоволн, начиная; от примерно 1 см до 10 – 20 м. Более длинноволновое излучение отражается ионосферой. Нечеткие границы этого очень широкого окна, занимающего интервал в более чем 10 октав, обусловлены состоянием земной атмосферы. При благоприятных условиях (например, при очень сухой погоде) возможны наблюдения вплоть до 1 мм у нижней границы «радиоокна». А при меньшей электронной плотности ионосферы удастся регистрировать радиоизлучение небесных объектов на длинах волн почти до 1 км.

Это обстоятельство открыло новые возможности для астрономов. Несмотря на то что наблюдения через «радиоокно» проводятся только за последние сорок лет, благодаря этим наблюдениям были открыты объекты и явления совершенно нового типа. Оказалось, что во Вселенной, кроме теплового излучения от звезд и межзвездной газопылевой материи, имеется также излучение нетепловой природы, так называемое синхротронное. Его излучают электроны, движущиеся в магнитных полях с релятивистскими, т. е. сравнимыми со скоростью света, скоростями. Были открыты радиогалактики и квазары, мощность нетеплового излучения которых в сотни и тысячи раз превосходит мощность теплового излучения в видимых лучах. Обнаружение явления активности ядер галактик (В. А. Амбарцумян) дало новые возможности для понимания процессов звездообразования, природы и эволюции галактик. Были открыты интереснейшие объекты Вселенной – пульсары. Очень важные данные об отдельных газовых туманностях в нашей Галактике, о спиральной ее структуре, о других галактиках были получены по наблюдениям монохроматического излучения нейтрального водорода на длине волны 21 см. На страницах этой брошюры мы не можем даже перечислить все те интересные, совершенно новые сведения о небесных объектах, которые были получены на основе наблюдения их излучения, попадающего к нам через «радиоокно» в нашей атмосфере.

На примере радиоастрономии отчетливо видно, насколько обогатились наши знания о небесных объектах и явлениях, когда мы смогли изучать эти объекты и явления не только через крайне узенькое «видимое» окно, но и через весьма широкое «радиоокно». Можно представить, как возрастут наши возможности, если мы сможем наблюдать и изучать излучение небесных объектов в других областях электромагнитного спектра – в далеком ультрафиолете, далекой инфракрасной области, в рентгеновских и гамма-лучах. Ведь для этих длин волн земная атмосфера полностью непрозрачна. Значит, надо выйти за ее пределы.

Еще лет 30 с небольшим тому назад такая возможность казалась фантастической. И когда в 1957 г. на орбиту вокруг Земли был выведен рукотворный спутник, мечта вывести телескоп за атмосферу стала реальной. И астрономы, конечно, не преминули воспользоваться этой возможностью.

Надо сказать, что внеатмосферная астрономия, кроме исключительной возможности исследования недостижимых с поверхности Земли участков электромагнитного спектра небесных объектов, имеет и другие преимущества.

Определенные ограничения на наземные наблюдения налагает существующий фон ночного неба. Величина этого фона при наиболее благоприятных условиях наблюдений ограничивает наблюдение звезд слабее 23-й звездной величины даже с помощью наиболее крупного наземного телескопа – 6-метрового телескопа Специальной астрофизической обсерватории Академии наук СССР на Северном Кавказе.

Кроме того, турбуленция в земной атмосфере размазывает точечные изображения звезд до размеров (в лучшем случае) в 1–2 угловые секунды. В обсерваториях с хорошим астроклиматом в редкие ночи размеры изображений звезд достигают 0,5 угловой секунды. Дифракционные же размеры изображений звезд в телескопах могут быть порядка 0,01 угловой секунды. Чем меньше размеры изображений звезд при внеатмосферных наблюдениях, тем больше энергии наблюдаемых звезд приходится на единицу площади детектора. А это означает увеличение контраста с фоном и, следовательно, увеличение проникающей силы телескопа. Увеличивается – и весьма заметно – угловая разрешающая сила наблюдений.

Итак, вывод телескопов за земную орбиту хотя бы теоретически позволяет реализовать рекордную проникающую силу телескопа и недостижимое при наблюдениях с поверхности Земли угловое разрешение, особенно при наблюдении предельно слабых объектов.

Эпоха космических полетов позволила также буквально «пощупать» некоторые из тел Солнечной системы и исследовать их с применением физических и химических методов.

В данной брошюре мы из различных разделов внеатмосферной астрономии познакомимся с достижениями ультрафиолетовой астрономии, цель которой – исследование ультрафиолетового излучения звезд и галактик.

# СПЕЦИФИКА ВНЕАТМОСФЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Условия внеатмосферных наблюдений, выполняемых на космических аппаратах, накладывают определенные требования на изготовление самих телескопов, процедуру наблюдений и регистрацию получаемых данных.

Начать хотя бы с надежности работы телескопа. Известно, что современный телескоп – это достаточно сложный оптико-механический прибор, насыщенный управляющей электроникой. Каждая деталь или узел этого прибора имеют определенный ресурс работы. Кроме того, не исключены случаи непредвиденной поломки или отказов в работе. В таких случаях вызывается соответствующий специалист, который находит и устраняет причину в отказе работы телескопа – либо заменяется изношенная или сломанная механическая деталь или электромотор, либо что-то из электроники, например транзистор, резистор или конденсатор, а иногда просто зачищается какой-то контакт в электрической схеме телескопа или его управления. Очевидно, что всего этого не сделаешь на автоматической космической станции. Некоторые очень ограниченные ремонтные работы возможны на пилотируемых космических кораблях.

Так что при проектировании и изготовлении космического телескопа приходится обращать внимание на надежность работы его отдельных узлов и деталей, на надежность его работы в целом.

Скажем, если вдруг откажет механизм открывания и закрывания крышки телескопа (что-то заклинит или сгорит электродвигатель), то весь телескоп, а вместе с ним и вся космическая станция, если она служила только для вывода на орбиту и функционирования этого телескопа, станут дорогим оптико-механическим ломом, несущимся в просторах Вселенной.

При создании телескопа приходится учитывать еще несколько специфических обстоятельств. При выводе на орбиту телескоп вместе со всей станцией испытывает большие вибрации и огромные перегрузки. В отдельные моменты (при расстыковке и сбросе отработанных ступеней ракеты, сбросе обтекателя) возникают очень сильные ударные перегрузки. Конструкция телескопа должна быть такой, чтобы выдержать все это и не сломаться, электронные схемы должны быть собраны так, чтобы при этом не рассыпаться на составные части, чтобы ни одна пайка не оторвалась, ни одна гайка не отлетела.

Другое обстоятельство заключается в том, что на космическом телескопе наблюдения проводятся в условиях вакуума. Уже на высоте около 100 км давление земной атмосферы становится меньше  $10^{-6}$  атм. В этих условиях происходит сублимация неорганических веществ с поверхностей самого корабля и всех приборов, расположенных на его внешней части. Это может привести к быстрой порче отражающих поверхностей зеркал. С другой стороны, если зеркала телескопа окажутся более холодными, чем другие части телескопа, то на них могут осаждаться частицы, испарившиеся с других частей телескопа или даже самой станции, что в конечном счете тоже приведет к значительному ухудшению качества оптики. Так что при расчете космического телескопа нельзя упускать из виду это обстоятельство.

Сублимация с поверхностей телескопа и всего космического корабля приводит к еще одному нежелательному эффекту – из-за отсутствия конвекции вокруг корабля создается локальная атмосфера, которая может быть непосредственной помехой для наблюдений и более коротковолнового излучения небесных объектов. Кроме того, при работе реактивных движков, с помощью которых в некоторых случаях поддерживается требуемая ориентация корабля в пространстве, от этой искусственной «местной» атмосферы могут отражаться выхлопные факелы движков, что, конечно, также создаст помехи наблюдениям.

В условиях вакуума возникают проблемы с работой трущихся поверхностей – при разворотах телескопа, в электродвигателях и т. д. Все движущиеся детали приходится

заключать в герметизированные объемы, в которых должно поддерживаться нормальное давление.

Возникает и температурная проблема. В пространстве вокруг космической станции и самого телескопа не работает в условиях вакуума механизм конвективного охлаждения отдельных деталей, сильно прогреваемых, например, прямыми солнечными лучами или теплом работающих электродвигателей. С другой стороны, при радиационных потерях тепла на теневой стороне орбиты может произойти сильное переохлаждение. Поэтому приходится разрабатывать специальные меры терморегулирования для каждого блока аппаратуры и узла телескопа в заданном температурном режиме. При этом применяются различные способы терморегулирования – как пассивные, так и активные. К первым относятся: выбор соответствующей ориентации космического корабля по отношению к Солнцу, применение специальных покрытий оптических деталей и тепловой изоляции на других поверхностях телескопа и различных блоков аппаратуры, расположенных с наружной стороны космического корабля, создание «тепловых мостов» между различными узлами телескопа, использование различных экранов для предотвращения прямого попадания солнечных лучей на аппаратуру и радиаторов для теплоотвода с помощью лучистого теплообмена. Активные системы терморегулирования включают циркуляционные системы, охлаждающие нагревающиеся детали при их обдуве с внутренней стороны с помощью вентиляторов, тепловые аккумуляторы, которые накапливают энергию при прогреве Солнцем и отдают ее на теневой стороне орбиты, холодильники, необходимые при использовании некоторых детекторов излучения.

Следует, однако, заметить, что никакие системы терморегулирования не могут полностью исключить большие перепады температур, возникающие при чередовании переходов с освещенного Солнцем участка орбиты на теневой участок. Поэтому при разработке телескопа стараются использовать материалы с малым коэффициентом теплового расширения, такие, например, как инвар. Кроме того, нередко (особенно в случае длиннофокусных телескопов) предусматривается возможность фокусировки телескопа уже на орбите.

Еще одна специфическая особенность внеатмосферных наблюдений – невесомость. После вывода на орбиту в условиях невесомости исчезает воздействие собственного веса телескопа на его конструкции, ликвидируются вызванные этим воздействием деформации, в результате чего может нарушиться юстировка телескопа, особенно чувствительная к взаимному расстоянию между элементами оптики. Чтобы свести к минимуму возможное воздействие условий невесомости на работу телескопа, при его конструировании стараются применять материалы с большими значениями модуля упругости, строить телескоп более компактным, а также делать его по возможности более легким. При этом уменьшается деформация конструкций телескопа, неизбежная при его юстировке в наземных условиях.

Большую опасность для орбитальных телескопов, точнее для их зеркал, представляют потоки микрометеоритов. Бомбардируя поверхность зеркал, они образуют на них «лунки» глубиной до 0,1 мм. Такая эрозия может происходить со средней скоростью потери массы порядка  $1 \text{ г с } 1 \text{ м}^2$  поверхности в год. На качестве поверхности корпуса телескопа такая незначительная величина никак не скажется. Однако это может заметно ухудшить отражающие свойства поверхностей зеркал и других оптических деталей, входных окон или фоточувствительных поверхностей детекторов излучения. Для защиты оптических элементов телескопа от микрометеоритов на их поверхности наносится более твердое покрытие, не ухудшающее, однако, их оптических свойств. В нерабочем состоянии телескоп обычно закрывается крышкой. Это, кстати, предохраняет от прямого попадания солнечных лучей на зеркала телескопа. Сильный прогрев может вызвать дефокусировку телескопа, а также



вывести из строя как детекторы исследуемого излучения, так и детекторы звездных датчиков, используемых для стабилизации направления телескопа.

При выборе специальных покрытий для нанесения на оптику телескопа и детекторы учитывается также возможное воздействие потоков заряженных частиц, наиболее интенсивных во время солнечных вспышек, а также фотонов далекого ультрафиолета и рентгеновских лучей.

Для бесперебойной работы телескопа на орбите у него должны быть надежные источники электропитания. Это, впрочем, проблема общая для функционирования всего космического корабля в целом. Общепринятые источники питания – солнечные батареи в сочетании с аккумуляторами; последние обеспечивают энергией работу узлов космической станции на теневом участке орбиты.

Определенную проблему при внеатмосферных наблюдениях представляет регистрация получаемой информации. В случае обитаемых космических станций информация, получаемая на некоторых телескопах, как и при наземных наблюдениях, регистрируется на фотопленке, которая доставляется на Землю возвращающимися с орбиты экипажами. В большинстве же случаев полученную информацию приходится передавать на наземные пункты приема. Поскольку такие пункты не всегда находятся в зоне связи, то эту информацию записывают в каком-либо запоминающем устройстве. Если количество передаваемых данных велико и может произойти перегрузка телеметрических каналов, то проводят предварительную обработку данных на борту. При этом следует учитывать, что обычно те же телеметрические каналы используются и для передачи на Землю данных по контролю нормального функционирования всех узлов и агрегатов космической станции (включая работу самого телескопа), а также для передачи команд управления космической станцией в целом (и самим телескопом).

Одна из наиболее серьезных проблем при проведении внеатмосферных наблюдений – проблема направления телескопа на заданный участок неба или заданное небесное светило и поддержание его в этом направлении с высокой точностью.

Наблюдения с помощью астрономического телескопа, будь то с применением фотопластины, фотоумножителя или иного электронного приемника излучения, длятся какое-то время, зависящее от яркости наблюдаемого объекта. Если наблюдаемая звезда яркая, то экспозиция может быть очень короткой – достаточно нескольких секунд для получения изображения наблюдаемого объекта или даже его спектра. Если же звезда слабая, то бывают необходимы длительные экспозиции, достигающие до часов. Ситуация здесь такая же, как и при обычной фотографии, – длительность экспозиции зависит от освещенности фотографируемого предмета. Если эта освещенность мала, то экспозиция может длиться несколько секунд, и тогда фотографируемые просят не двигаться, чтобы не испортить снимок. В этом случае и фотоаппарат ставится на неподвижную подставку.

Мы знаем, что из-за суточного вращения Земли вокруг своей оси как бы в обратном направлении вращается небосвод со всеми фотографируемыми на нем светилами. Мы не можем «попросить» небесные объекты при фотографировании остановиться. Приходится с той же скоростью и в том же направлении «двигать» телескоп за фотографируемой звездой. Для этого одна из осей вращения телескопа устанавливается параллельно оси вращения Земли, и при наблюдении телескоп с помощью часового механизма вращается вокруг этой оси с той же скоростью, что и Земля вокруг своей оси.

Для космического телескопа ситуация намного сложнее.

В этом случае наблюдения проводятся с обращающегося вокруг Земли спутника. Чтобы направить телескоп на наблюдаемую область неба, соответствующая ориентация с помощью звездных датчиков в первую очередь задается всему космическому аппарату. При этом он

сохраняет свою ориентацию в пространстве обычно с невысокой точностью, недостаточной для проведения астрономических наблюдений. Ситуация здесь похожа на ту, которая была бы при проведении наблюдений с покачивающегося на морских волнах судна. Для компенсации колебательных, а также иррегулярных движений космического корабля приходится весь телескоп, если он невелик, двигать с той же скоростью в обратных по отношению к этим движениям направлениях. В случае больших телескопов обычно проворачивают его вторичное зеркало так, чтобы изображение наблюдаемого объекта при экспозиции всегда оставалось в том же положении в фокальной плоскости телескопа.

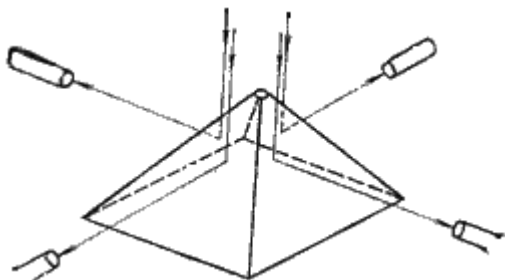


Рис. 1. Звездный датчик с четырехгранной зеркальной пирамидой

Эта задача очень сложна с точки зрения ее технической реализации. Ее решают с помощью так называемого вторичного контура управления с использованием звездных Датчиков. Разработаны и в зависимости от обстоятельств применяются звездные датчики различных типов. Наиболее проста в описании схема звездного датчика, в котором применяется пирамида с четырьмя зеркальными гранями. Размеры пирамиды берутся такими, чтобы уже при грубом направлении телескопа, обычно осуществляемом ориентацией всего космического корабля, изображение так называемой гидировочной звезды, т. е. звезды, с помощью которой и работает звездный датчик, попадало бы на пирамиду (рис. 1). Отраженный от граней пирамиды свет гидировочной звезды попадает в соответствующие фотоумножители (ФЭУ), в которых под воздействием света звезды возникают электрические токи. Затем сравниваются между собой количества света, попадающие на противоположные грани пирамиды, т. е. токи, возникшие в соответствующих ФЭУ. Если изображение звезды целиком или большей частью попадает на одну грань пирамиды, то ток, возникший в направленном на эту грань ФЭУ, будет больше тока, возникшего в ФЭУ, расположенном напротив. По этой разнице в токах подается команда на исполнительные механизмы, которые вращают телескоп так, чтобы изображение звезды смещалось к вершине пирамиды. Так же действует и другая пара ФЭУ, перемещающая телескоп в перпендикулярном направлении. Когда изображение звезды устанавливается на вершине пирамиды, сигналы в противоположно расположенных ФЭУ уравниваются и телескоп перестает двигаться. Стоит телескопу сместиться с направления на данную звезду, как сразу же по команде, обусловленной возникшей при этом разницей токов в соответствующей паре фотоумножителей, телескоп смещается так, чтобы удержать изображение звезды на вершине пирамиды. Очевидно, что такая система чувствительна к линейным перемещениям изображения звезды в фокусе звездного датчика. Это означает, что чем длиннофокуснее оптическая система датчика, тем меньше угловое перемещение телескопа при том же линейном перемещении изображения звезды в фокальной плоскости, т. е. с большей угловой точностью телескоп удерживается, стабилизируется в заданном направлении.

Если телескоп большой, то его перемещение в целом для стабилизации направления на заданную область представляет определенные трудности. Во-первых, для его подвижек

нужен большой расход энергии; Во-вторых, что намного более существенно, при большой массе телескопа и, естественно, его большой инерционности очень трудно менять направления его перемещений на обратные. Поэтому в таких случаях предпочитают осуществлять стабилизацию направления оптической оси телескопа не подвижками всего телескопа в целом, а подвижками только его вторичного зеркала, масса которого, конечно, намного меньше массы всего телескопа и повороты которого намного легче осуществить.

В некоторых случаях, например в случае советского космического ультрафиолетового телескопа «Астрон», описанная пирамида установлена непосредственно в фокусе самого телескопа. При этом, когда изображение наблюдаемой звезды приходит на вершину пирамиды, для стабилизации телескопа используется только около половины света этой звезды. Другая половина через отверстие в вершине пирамиды, играющее роль диафрагмы, проходит на спектрометр. Хотя и в этой системе не все излучение звезды в наблюдаемом диапазоне используется для его исследования, она имеет другие преимущества. Так, в качестве звездного датчика здесь используется оптика самого телескопа. Это позволяет проводить гидирование по достаточно слабым звездам, что практически невозможно при использовании отдельных звездных датчиков с оптикой, имеющей обычно намного меньшие размеры, чем оптика самого телескопа. Выбор объектов для исследований в этом случае становится намного более широким. Ведь при использовании слабых звезд для гидирования их число существенно увеличивается.

Во внеатмосферной астрономии большое применение нашли звездные датчики с так называемым полудисковым модулятором. В этом случае половина поля зрения датчика перекрыта вращающимся с определенной скоростью полудиском. Ток в фотоумножителе сравнивается в моменты двух противоположных положений полудиска. Если звезда находится на одной из половин поля зрения, то возникающая команда поворачивает телескоп так, чтобы переместить изображение звезды к средней линии, разделяющей оба положения полудиска. Та же процедура при перпендикулярном к этой линии расположении полудиска перемещает телескоп в другом направлении. Управляющий сигнал пропадает, когда изображение гидировочной звезды приходит в центр поля зрения датчика.

Были разработаны и применены звездные датчики и других типов – с использованием модуляторов других конструкций, телевизионных камер, диссекторов. Здесь команды управления движениями телескопа удерживают гидировочную звезду в районе заданной ячейки.

В зависимости от цели исследования, проводимого на данном телескопе, система его управления должна обеспечивать ту или иную точность стабилизации. В некоторых случаях достаточной оказывается точность в несколько десятков угловых секунд, в случае «Астрона», например, требовалась и была реализована точность в  $\pm 0,2$  угловые секунды. Для наглядности укажем, что в этом случае угол, обусловленный ошибками наведения телескопа на заданную область, равен углу, под которым с расстояния 500 км раздельно видны обе фары автомобиля «Жигули». Отметим при этом, что диаметр отверстия на вершине пирамиды системы слежения равен всего 40 мкм. Отсюда можно представить, какие тонкие движения совершает вторичное зеркало этого телескопа для удержания изображения наблюдаемой звезды в этой крохотной диафрагме.

Не менее сложная проблема – управление работой телескопа. Лишь несколько орбитальных телескопов были установлены на обитаемых космических станциях, и в наблюдениях непосредственное участие могли принимать космонавты. Большинство же космических телескопов автоматические. Они работают по командам с Земли. По этим командам вначале вся станция относительно грубо направляется на заданный участок неба, затем включаются звездные датчики, которые, как говорят, «захватывают» гидировочную звезду и с ее

помощью удерживают с высокой точностью направление оптической оси телескопа. После «захвата» гидировочной звезды, которая может одновременно быть и наблюдаемой, по отдельной команде с Земли или по автоматической команде с бортового программного устройства начинается экспозиция. Как уже указывалось, получаемая информация обычно регистрируется в запоминающем устройстве и при наличии связи с приемным пунктом передается на Землю.

Таким образом, для получения на Земле научной информации от орбитального телескопа не должно быть ни одного сбоя в работе всей этой длинной цепочки. Все узды и детали такого сложного прибора, как дистанционно управляемый космический телескоп, должны функционировать слаженно и четко, отзываться на все команды. Отказ в работе хоть одного небольшого звена может свести на нет огромные усилия многих коллективов.

# ОРБИТАЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК

Одной из главнейших задач астрономии, подчеркнем еще раз – науки наблюдательной, – является составление списков различных небесных объектов. Имея их каталоги, можно проводить изучение этих объектов, используя всевозможные методы – фотометрические, электрофотометрические или спектральные, выполняя наблюдения во всем доступном диапазоне электромагнитного излучения, включая, конечно, области видимых и радиолучей, области инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучей. При этом очевидно, что списки, составленные по обзорам неба, выполненным в том или ином спектральном диапазоне, могут резко отличаться друг от друга. Так, в список объектов, составленный по наблюдениям в видимом диапазоне, войдут в основном звезды, среди ярких из которых будут преобладать звезды поздних спектральных типов. В списках объектов, составленных по радионаблюдениям, практически не будет звезд – списки в основном будут состоять из радиогалактик и квазаров.

Первый каталог звезд с введением понятия звездной величины, характеризующего видимый блеск звезды, был составлен древнегреческим астрономом Гиппархом еще во II в. до н. э. В каталог Гиппарха вошли несколько тысяч звезд, видимых невооруженным глазом. По хронологии следующим является, по-видимому, каталог туманных небесных объектов, составленный в конце XVIII в. французским астрономом Мерсье. В этом каталоге было всего 108 объектов. Он был составлен в помощь «ловцам» комет. Заметив на небе туманное пятнышко, они могли, сверившись с этим каталогом, узнать, что это имеющий постоянную «прописку» на небе известный объект, и прекратить наблюдения за ним. Затем, особенно в наше столетие, были составлены многочисленные каталоги различных объектов – двойных и переменных звезд, галактик и скоплений галактик, радиоисточников, пульсаров, рентгеновских источников и т. д.

Специальные наблюдения по выявлению объектов тех или иных типов обычно выполняются с помощью широкоугольных телескопов, т. е. телескопов с большим полем зрения. Наиболее хорошо этим целям удовлетворяют известные телескопы системы Шмидта и менисковые телескопы системы Максудова. Нередко с этой целью используются и телескопы системы Ричи–Кретьена со сравнительно меньшим полем зрения. Нашли применение и некоторые другие разработки широкоугольных камер. Обзоры неба обычно выполняются не только прямыми снимками отдельных участков неба в том или ином диапазоне длин волн, но и путем получения низкодисперсионных спектров всех объектов, оказавшихся в поле зрения примененного широкоугольного телескопа. При этом, очевидно, информация о наблюдавшихся объектах оказывается богаче, чем просто при получении их прямых изображений. Преимуществом же прямых снимков является большая проникающая сила телескопа. Даже при использовании не очень широкого светофильтра (с полосой пропускания, скажем,  $200 - 300 \text{ \AA}$ ) на единицу площади фотоприемника от одного объекта попадает значительно больше энергии, чем в случае получения спектра, и потому удастся регистрировать значительно более слабые объекты.

Из спектральных обзоров неба примечателен обзор, начатый в 1965 г. в Бюраканской астрофизической обсерватории на широкоугольном телескопе системы Шмидта (диаметр входного отверстия 1 м) с применением объективной призмы. Обнаружено около 2000 галактик с избыточным ультрафиолетовым излучением (речь идет, конечно, об УФ-излучении, еще пропускаемом земной атмосферой где-то в районе  $3500 \text{ \AA}$ ). Поскольку

избыточное УФ-излучение является признаком протекания активных процессов в ядрах этих галактик, то их детальное исследование могло дать ценную информацию о природе самих этих процессов и причине, их вызывающей. Потому эти галактики, получившие название галактик Маркаряна, находятся в центре внимания многих астрономов мира, и их исследуют всеми возможными средствами. Этот пример говорит о том, что обзор неба в далеком ультрафиолете, выполненный с помощью орбитальных телескопов, мог бы, возможно, обнаружить и неизвестные до сих пор объекты с излучением в ультрафиолетовой области спектра.

Выход в космос дал возможность астрономам выполнить более широкие ультрафиолетовые обзоры неба и составить списки объектов, обнаруживаемых в этих обзорах. Правда, до сих пор с этой целью использовались телескопы небольших размеров, регистрирующие только относительно яркие объекты (в ультрафиолете – это горячие звезды ранних спектральных классов О и В).

Кроме телескопов, для выполнения специальных обзорных наблюдений были, конечно, разработаны и выведены на орбиту и ультрафиолетовые телескопы для фотометрических, а также спектральных исследований отдельных объектов.

А теперь перейдем к описанию орбитальных телескопов, разработанных специально для выполнения той или иной астрофизической задачи.

# ОРБИТАЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УФ-ОБЗОРОВ НЕБА

**Телескоп ИКА-65.** Первая попытка обзора неба в ультрафиолете была сделана с помощью прибора ИКА-65, разработанного в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР и выведенного на орбиту на спутнике «Космос-215» в апреле 1968 г. Прибор состоял из четырех параллельно направленных телескопов. В первых двух были использованы линзовые объективы (из плавленого кварца) диаметром 52 мм. Попадавший на объективы поток излучения проходил через светофильтры с максимумами пропускания на 2740 и 2274 Å соответственно и попадал на фотоэлектронные умножители ФЭУ-57, чувствительные к ультрафиолетовым лучам. Два других телескопа регистрировали излучение наблюдаемых объектов в видимой области, в полосах, близких к фотометрическим полосам *B* и *V*. Поле зрения обоих УФ-телескопов на уровне половинной чувствительности составляло 63 угловые минуты. По ходу полета спутника телескопами регистрировались попавшие в их поле зрения звезды. Данные в видимой области способствовали отождествлению наблюдаемых звезд. Сигналы с выходов телескопов передавались на приемный пункт во время сеансов связи со спутником. В результате наблюдений на ИКА-65 была выполнена фотометрия нескольких десятков ярких звезд до 5-й звездной величины. Здесь следует заметить, что в самом начале работы прибора ИКА-65 не сработал переключатель поддиапазонов и интенсивметр обоих УФ-телескопов все время оставался в положении «низкая чувствительность» (с диапазоном измерений до  $\sim 10^5$  импульсов в секунду).

**«Селескоп».** В конце того же 1968 г. (7 декабря) в США была запущена орбитальная астрономическая обсерватория (ОАО-2А), одной из задач которой являлось выполнение обзора неба в далеком ультрафиолете. Первая орбитальная обсерватория этой серии (ОАО-1А) была выведена на орбиту весной 1966 г., однако прекратила свое существование через два дня после запуска из-за выхода из строя системы электропитания.

На борту ОАО-2А были установлены четыре телескопа «Селескоп», разработанных Смитсоновской астрофизической обсерваторией (рис. 2). Отличительная особенность этой системы – небольшая относительная длина телескопа, всего в 2 раза превышающая диаметр главного зеркала. Это весьма немаловажное обстоятельство орбитальных телескопов. Недостаток этой системы заключается в том, что вторичное зеркало имеет достаточно большие размеры, из-за чего экранируется около 30% площади главного зеркала. Оптическая схема телескопа системы Шварцшильда показана на рис. 3. Главное зеркало телескопа гиперболическое, а вторичное – сферическое. Диаметр главного зеркала – 30,5 см, вторичного – 15,9 см, расстояние между ними – 54,9 см. Поле зрения самого телескопа 2,8°. Однако установленные в фокусе телескопов телевизионные УФ-камеры «Увикон» регистрировали только часть поля зрения размерами около  $2 \times 2$  градуса. Линейный размер поля зрения в фокальной плоскости равен 3 см.

В каждом из четырех телескопов были установлены фильтры, которые в сочетании с различными типами телевизионных камер позволяли регистрировать излучение объектов, попадающих в поле зрения телескопов, в следующих четырех полосах: 2100 – 3200 Å, 1600 – 3200 Å, 1300 – 2100 Å и 1100 – 2100 Å. Телескопы были направлены не строго параллельно, а под углом 1,8° друг к другу. Благодаря этому, во-первых, несколько расширялся исследуемый при одном сеансе участок неба, и во-вторых, происходило некоторое перекрытие снимков, что повышало надежность получаемых результатов.

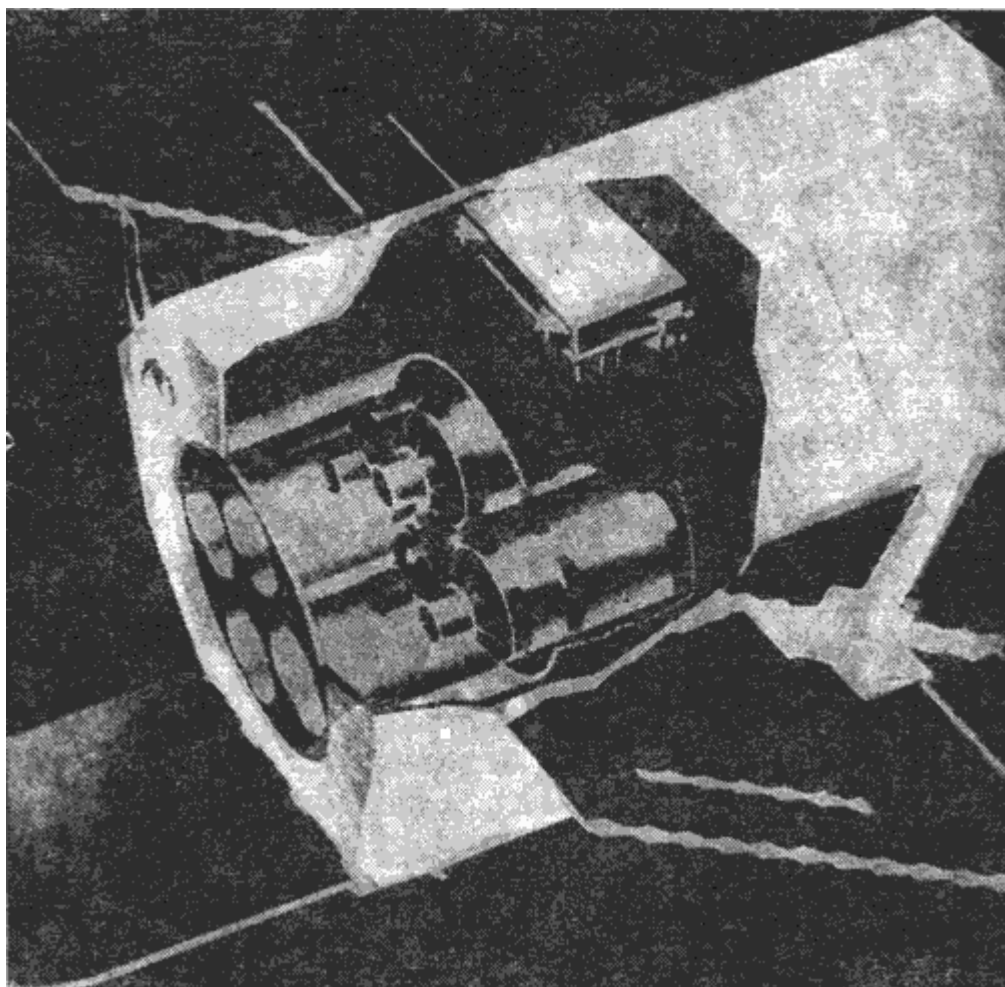


Рис. 2. Орбитальная обсерватория ОАО-2А. В вырезе – расположение четырех телескопов «Селескоп»

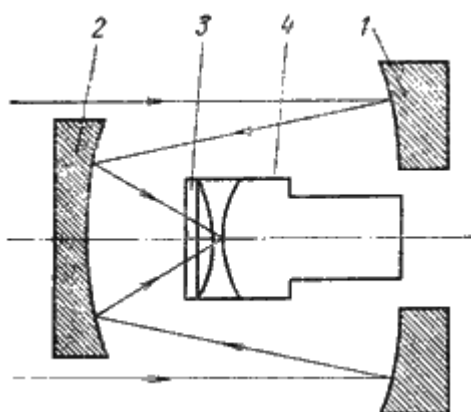


Рис. 3. Оптическая схема телескопа «Селескоп» космической станции ОАО-2А: 1 – главное зеркало, 2 – вторичное зеркало, 3 – фильтр, 4 – приемная телевизионная камера



Диаметр изображения точечного источника излучения в телескопах оказался равным 50 мкм, или 16 секунд дуги. При таком большом размере изображения не было необходимости в создании схемы точной гидировки телескопов. Стабилизация трехосной ориентации всего космического корабля с точностью до  $\pm 15$  секунд дуги в течение 1 мин была достаточной и для астрономических наблюдений. Стабилизация проводилась с использованием диссекторного звездного датчика по звездам до 6-й звездной величины.

Использованные в конструкциях телескопов материалы обеспечивали качественную работу телескопов без заметной дефокусировки при перепаде температур от  $+30$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

«Селескоп» функционировал на орбите около полутора лет. За это время были получены телевизионные изображения порядка 9000 звезд, качество около 4000 из которых было достаточно хорошим для фотометрирования.

**Камера Шмидта на «Аполлоне-16».** После работы на орбите обсерватории ОАО-2А небольшие по объему обзорные наблюдения в ультрафиолете в интервале  $100 - 1600 \text{ \AA}$  были выполнены с помощью электронографической камеры, разработанной в Морской исследовательской лаборатории США. Камера была установлена на Луне 20 апреля 1972 г. экипажем космической станции «Аполлон-16». Диаметр главного зеркала телескопа системы Шмидта составлял всего 75 мм. Были применены две сменные коррекционные линзы из  $\text{LiF}$  и  $\text{CaF}_2$  с несколько различными коротковолновыми границами пропускания  $1050$  и  $1230 \text{ \AA}$  соответственно. При использовании первой линзы наблюдениями охватывалась и сильная эмиссионная линия Лайман- $\alpha$ . Приемником излучения служила электронографическая камера. Здесь под действием ультрафиолетового излучения из фотокатода со слоем из  $\text{KBr}$  выбиваются электроны, поток которых цилиндрическим магнитным полем направляется на электроночувствительную пленку, где и происходит регистрация исследуемого излучения. Фотокатод из  $\text{KBr}$  полностью не чувствителен к видимому свету, а также к ультрафиолетовому излучению длиной волны более  $1600 \text{ \AA}$ . Поэтому не было необходимости устанавливать фильтр, чтобы «срезать» более длинноволновое излучение. Специальный фильтр – экран толщиной всего около 2 мкм из пленки, покрытой с обеих сторон слоем алюминия, – помещался перед электроночувствительной пленкой для предохранения от попадания на нее прямого света. При достаточно большом поле зрения телескопа в  $20^{\circ}$  его угловое разрешение оказалось невысоким – около 2 угловых минут близ центра поля зрения и 3 – 4 угловые минуты на краях. Ухудшение углового разрешения к краям поля было вызвано нарушением фокусировки потока электронов при передаче изображения со сферического фотокатода на плоскую электроночувствительную пленку.

За время пребывания экипажа «Аполлон-16» на Луне было сфотографировано 11 участков неба общей площадью около одного стерadiana. Телескоп управлялся вручную. Космонавты сами наводили его на заданную область неба и производили съемку. На полученных изображениях было обнаружено и фотометрировано около 400 объектов, имеющих достаточно сильное излучение в далеком ультрафиолете.

**Телескопы S 019 и S 183 на «Скайлабе».** На первой пилотируемой американской космической лаборатории «Скайлаб», запущенной весной 1973 г. и функционирующей на орбите девять месяцев, в числе других экспериментов были и эксперименты в области УФ-астрономии с целью выполнения как прямого, так и спектрального обзора неба. Для спектрального обзора в Техасском университете (США) был разработан телескоп системы Ричи–Кретъена с диаметром главного зеркала 15,2 см, наблюдения на котором выполнялись в сочетании с объективной призмой, т. е. призмой, установленной у входного отверстия телескопа. Угол объективной призмы в  $4^{\circ}$  обеспечивал невысокую дисперсию (64, 365 и  $1281 \text{ \AA/mm}$  у длин волн 1400, 2000 и  $2800 \text{ \AA}$  соответственно). Спектральное разрешение было выше

(равнялось 2 и 1400 Å) и ухудшалось с увеличением длины волны (становясь равным 12 и 42 Å у длин волн 2000 и 2800 Å соответственно). Необходимые в оптической системе Ричи–Кретьена коррекционные линзы, изготовленные из CaF<sub>2</sub> и LiF, определяли нижнюю границу полученных спектров звезд у 1300 Å. Поле зрения телескопа составляло 4 × 5°. Телескоп был установлен внутри станции перед шлюзовой камерой. Наведение на исследуемую область неба проводилось поворотами плоского зеркала соответствующего размера, установленного перед входным отверстием телескопа с внешней стороны космической станции.

По наблюдениям на этом телескопе, названном S 019, ставилась задача разработки спектральной классификации звезд ранних типов O, B и A по данным в вакуумном ультрафиолете, а также задача по исследованию затменных и спектрально-двойных звезд.

На космической станции «Скайлаб» был установлен также небольшой телескоп системы Шмидта с электронографической камерой, аналогичный телескопу, установленному на Луне экипажем «Аполлона-16». Этот эксперимент, названный S 183, был подготовлен французскими специалистами в Марсельской лаборатории космической астрономии (рис. 4).

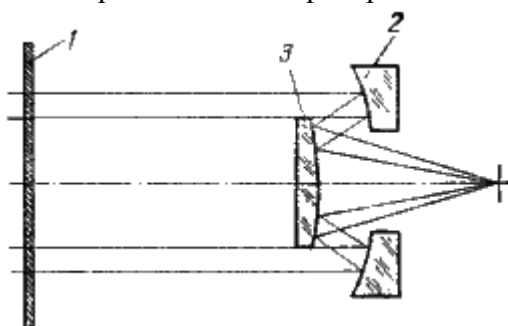


Рис. 4. Оптическая схема  
модифицированной камеры Шмидта  
S 183 на космической станции  
«Скайлаб»: 1 – коррекционная линза,  
2 – главное зеркало, 3 – вторичное  
зеркало

Диаметр главного зеркала телескопа – всего 5 см, поле зрения – 6°. Интерференционные фильтры позволяли получать на фотографиях изображения небесных объектов на длине волны 2575 Å с полосой 350 Å. Угловое разрешение снимков невысокое, всего 7 угловых минут. С помощью этой камеры получены снимки 34 областей неба, в которых были измерены потоки излучения в указанном диапазоне длин волн около 3000 звезд ярче 12-й звездной величины.

**Телескоп «Орион-2».** В конце декабря 1973 г. в СССР был выведен на орбиту космический корабль «Союз-13» с двумя космонавтами на борту. Основной задачей экипажа этого корабля было проведение наблюдений с помощью астрофизической обсерватории «Орион-2», разработанной в Гарнийской лаборатории космической астрономии (Армянская ССР). Ставилась задача выполнения обзорных наблюдений с целью массового изучения ультрафиолетовых спектров звезд, поэтому в качестве оптической схемы телескопа была выбрана широкоугольная менисковая система Максудова, модифицированная к системе Кассегрена с выводом фокуса за главное зеркало. Оптическая схема телескопа «Орион-2» показана на рис. 5, а сам телескоп представлен на рис. 6. Диаметр главного зеркала – 30 см, диаметр входного зрачка телескопа – 24 см, поле зрения – 5,1°. Элементы оптической системы, работающие на пропускание – объективная призма, мениск и линза поля, – изготовлены из плавленого кварца, благодаря чему спектры звезд получались до 2000 Å. Регистрация наблюдений производилась на фотопленку, чувствительность которой к УФ-

лучам обрывается у  $5000 \text{ \AA}$ , чем и определяется верхняя граница наблюдений. Линейный размер поля зрения телескопа – 9 см. Угол объективной призмы в  $4^\circ$  обеспечивал дисперсию в 120, 280, 550 и  $1300 \text{ \AA}/\text{мм}$  на длинах волн 2000, 2500, 3000 и  $4000 \text{ \AA}$  соответственно (спектральное разрешение составляло 8, 14, 28 и  $69 \text{ \AA}$  на тех же длинах волн). Из-за небольшой дисперсии на больших длинах волн участки спектра с длинами волн больше  $3800 \text{ \AA}$

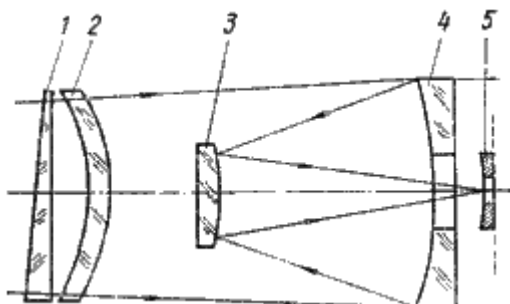


Рис. 5. Оптическая схема телескопа «Орион-2»: 1 – объективная призма, 2 – мениск, 3 – вторичное зеркало, 4 – главное зеркало, 5 – коррекционная линза поля

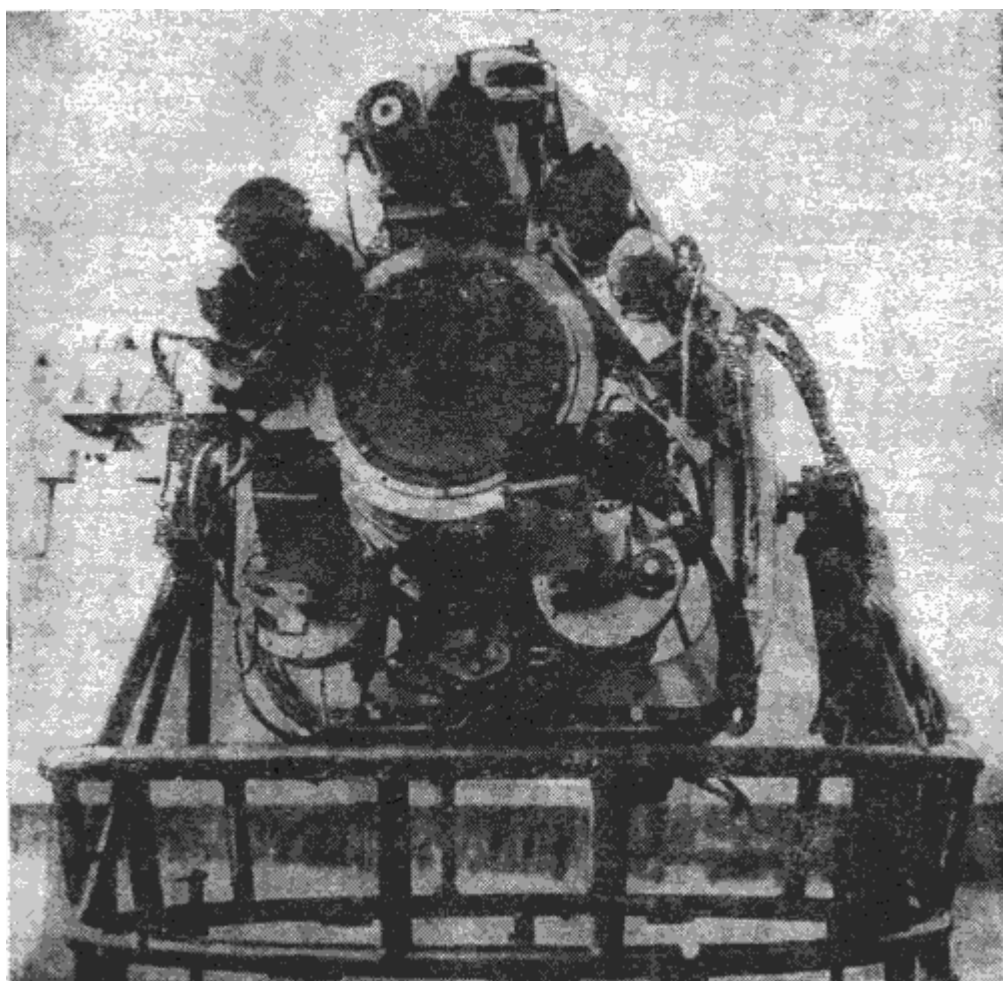


Рис. 6. Телескоп «Орион-2»

Å не обрабатывались. Длина спектра каждой звезды в интервале от 2000 до 5000 Å была равна всего 5 мм, так что при масштабе снимков 3,3 угловые минуты на миллиметр практически было очень мало перекрытий спектров по всему полю зрения. Пример снимка неба, полученного на «Орионе-2», показан на рис. 7. На снимках хорошего качества с наибольшими экспозициями до 20 мин удалось зарегистрировать спектры ряда ярких звезд ранних типов до ~13-й звездной величины в фотографических лучах. Практически же годными к обработке получились спектры звезд до 11-й звездной величины.



Рис. 7. Снимок неба в области вокруг звезды Капелла, полученный на «Орионе-2»

Для стабилизации телескопа были использованы два звездных датчика. В первом из них применен полудисковый модулятор. Стабилизация проводилась по звездам ярче 3,5 звездной величины в фотографических лучах с точностью не хуже 3 угловых секунд по двум осям. Гидридовочная звезда располагалась в центре поля зрения самого телескопа. Чтобы предотвратить вращение поля зрения вокруг оптической оси телескопа (это может привести к «смазу» снимка при фотографировании широкоугольным телескопом), был использован второй звездный датчик, направленный под углом  $65^\circ$  к оптической оси телескопа. Поле зрения этого датчика прямоугольное ( $1 \times 8^\circ$ ) и направлено к оптической оси телескопа.

За несколько дней работы обсерватории «Орион-2» на орбите (с 18 по 25 декабря 1973 г.) было проведено 16 сеансов наблюдений. Получено около 50 снимков с различными экспозициями (от 0,25 до 20 мин), некоторые из которых оказались высокого качества.

Отснятые фотопленки были доставлены на Землю при возвращении космического корабля. Основным результатом работы «Ориона-2» на орбите стал опубликованный в 1985 г. каталог ультрафиолетовых спектров около 900 звезд. На основе полученных данных были выполнены исследования хромосфер звезд, околосветных облаков вокруг горячих звезд и др.

Поскольку, как уже было указано, оптика «Орион-2» пропускает излучение до приблизительно 2000 Å, на полученных снимках хорошо регистрируются в основном ультрафиолетовые спектры горячих звезд и плохо (или почти не фиксируются) ультрафиолетовые концы спектров звезд промежуточных и тем более поздних классов. Это приводит к определенной селекции получаемых наблюдательных данных – материал, пригодный для измерений, относится в основном к горячим звездам. В то же время для промежуточных и поздних классов были получены уверенные данные относительно весьма интересного дуплета линии ионизованного магния (у 2800 Å), которая обычно слаба в спектрах звезд ранних типов.

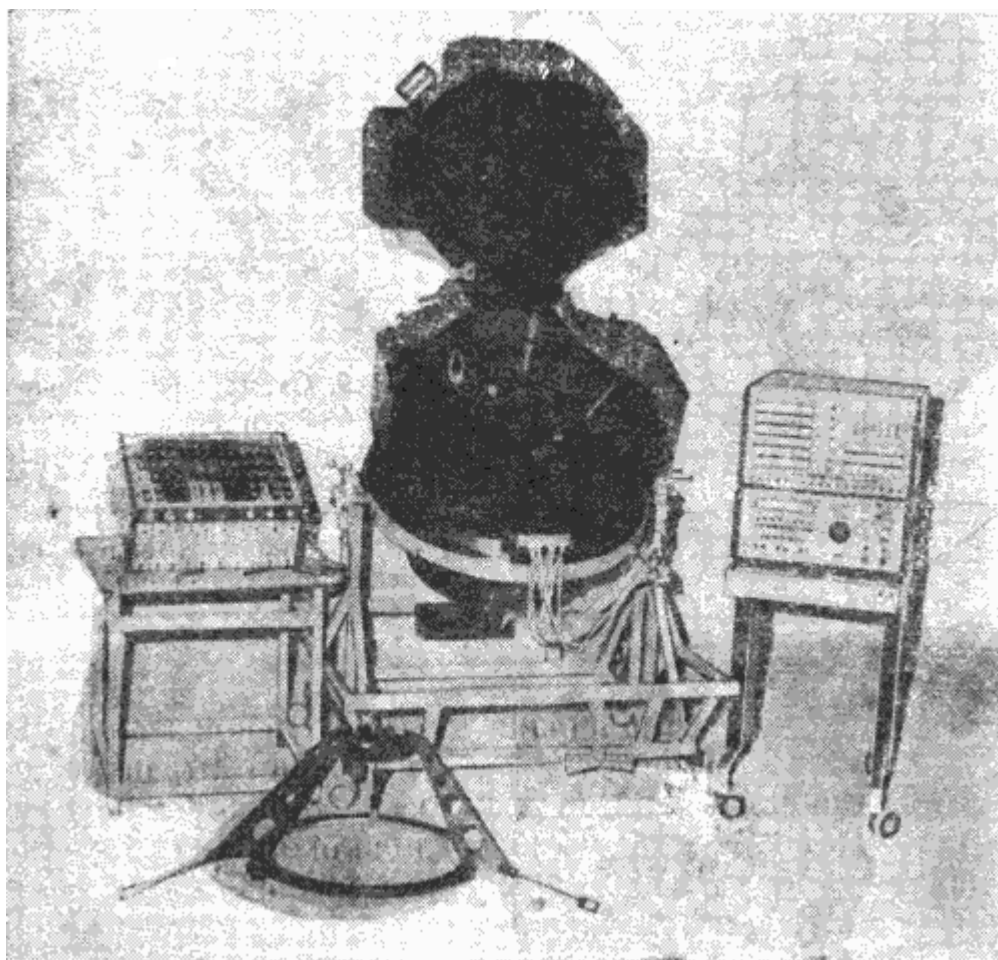


Рис. 8. Телескоп «Глазар»

**Телескоп «Глазар».** 30 марта 1987 г. на астрофизическом модуле «Квант» для работы в составе космической станции «Мир» (СССР) был выведен на орбиту телескоп «Глазар». Цель – получение прямых изображений наблюдаемых объектов. Телескоп (рис. 8) разработан и изготовлен в Бюраканской астрофизической обсерватории и СКВ Академии наук Армянской ССР (в разработке телескопа принимали участие специалисты Швейцарии). «Глазар»

функционирует на орбите по настоящее время. Диаметр главного зеркала телескопа системы Ричи–Кретьена – 40 см, поле зрения –  $1,3^\circ$ . Линейный размер поля зрения в фокальной плоскости – 40 мм. В качестве детектора излучения использован микроканальный усилитель, с экрана которого изображение регистрируется фотопленкой, чувствительной к видимым лучам. Коррекционные линзы из фтористого лития, интерференционный фильтр и катод микроканального усилителя из йодита цезия обеспечивали прием излучения с полосой около  $250 \text{ \AA}$  и максимумом на длине волны  $1600 \text{ \AA}$ . Телескоп установлен с наружной стороны «Кванта». Гидировка производится с помощью звезд до 3,5-й звездной величины в фотографических лучах. Следовательно, обзор неба, который является задачей «Глазара», можно производить в области вокруг всего двух – трех сотен таких звезд. Количество годных для гидировки звезд уменьшается из-за того, что в поле звездного датчика диаметром  $1^\circ$  не должно быть других звезд, отличие звездных величин которых от звездной величины гидировочной звезды составляло бы менее 1,5. Чтобы увеличить площадь неба, которую можно было бы наблюдать с помощью «Глазара», сделано следующее. Фотографируется область неба (диаметром, равным полю зрения телескопа  $1,3^\circ$ ) с центром, отстоящим от гидировочной звезды на  $0,75^\circ$ . Затем звездный датчик перемещается в направлении, перпендикулярном линии между центрами поля зрения телескопа и звездного датчика в нулевом положении, на два шага по  $0,9^\circ$ . Тем самым по одной гидировочной звезде фотографируются три несколько перекрывающиеся области неба по  $1,3^\circ$  диаметром. Для увеличения надежности работы телескопа на орбите он снабжен вторым таким же звездным датчиком, оптическая ось которого в нулевом положении сдвинута по отношению к центру поля зрения телескопа на те же  $0,75^\circ$ , но в противоположную по отношению к оси первого датчика сторону. Этот датчик также перемещается на два шага по  $0,9^\circ$ , причем в сторону, противоположную перемещению первого датчика. Таким образом, в области вокруг одной гидировочной звезды удастся фотографировать шесть частично перекрывающихся областей неба (рис. 9).

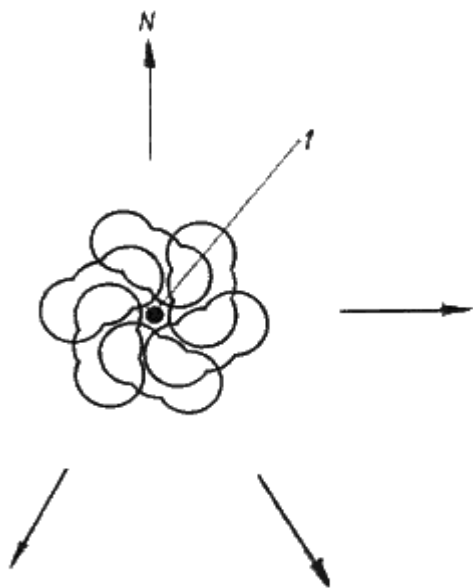


Рис. 9. Схема фотографируемых областей неба вокруг одной гидировочной звезды: 1 – гидировочная звезда; стрелками указаны направления звездных датчиков, определяющих ориентацию телескопа относительно его оптической оси

Описанные звездные датчики (ДА1 и ДА2) обеспечивают стабилизацию направления телескопа по двум осям. При получении прямых снимков необходимо также предотвращать

вращение поля зрения вокруг оптической оси телескопа. Как и в случае «Ориона-2», для этой цели используется звездный датчик, направленный под возможно большим углом (желательно  $\sim 90^\circ$ ) к оптической оси телескопа. В «Глазаре» использованы два таких звездных датчика (ДБ1 и ДБ2), направленных под углами  $41^\circ$  и  $45^\circ$  к оптической оси телескопа. Поле зрения каждого из этих датчиков прямоугольное, размерами  $4,5 \times 0,5^\circ$ . Длинная сторона прямоугольника направлена к оптической оси телескопа. Такая конфигурация поля зрения звездного датчика, как и в случае «Ориона-2», увеличивала вероятность попадания в него какой-либо звезды до 3,5 звездной величины при заданной ориентации космического корабля, т. е. при заданном позиционном угле направления звездного датчика ДБ. Очевидно, что при направлении на определенную звезду поочередно каждого из двух датчиков ДБ вся конфигурация из шести фотографируемых полей на небе поворачивается на  $40^\circ$  вокруг гидировочной звезды датчиков ДА. Если же использовать для датчиков ДБ и другие звезды, то можно фотографировать области неба диаметром около  $5^\circ$  вокруг одной яркой звезды. Точность стабилизации по двум осям с помощью звездных датчиков ДА составляет 2 – 3 угловые секунды. Необходимости в такой высокой точности стабилизации по третьей оси (оси телескопа) нет, и потому здесь производится несколько более грубая стабилизация.

Телескоп работает как в ручном, так и в автоматическом режиме. При работе в ручном режиме все команды на телескоп выдаются космонавтами через пульт управления, установленный во внутреннем объеме модуля «Квант». При работе в автоматическом режиме все команды по включению телескопа, направлению его на заданную область, поиску и «захвату» звезд соответствующими звездными датчиками, включению экспозиции и перемотке пленки заранее передаются по линиям связи на бортовую вычислительную машину, которая в заданные моменты времени после входа в тень дает на телескоп соответствующие команды. Предварительно вся космическая станция «Мир» с небольшой точностью (иногда в  $1 - 2^\circ$ ) разворачивается в направлении на исследуемую область и с помощью гироскопов поддерживает свою ориентацию в пространстве с достаточно высокой точностью (до 1 угловой минуты). Разворотов самого телескопа в пределах  $\pm 5^\circ$  по двум осям вполне достаточно в этих условиях для поиска и «захвата» звездными датчиками гидировочной звезды. Кстати, высокая точность стабилизации всей станции оказывается достаточной и для фотографирования представляющих особый интерес областей неба, где нет соответствующей гидировочной звезды. В таких случаях при экспозициях до 4 мин размер изображения звезд обычно не превышает 1 угловой минуты. При экспозиции 4 мин на пределе получаются изображения звезд около 11-й звездной величины.

Наблюдения без использования звездных датчиков телескопа выполняются, конечно, в ручном режиме с помощью пульта управления телескопом. На фотопленке одной кассеты можно получить до 150 снимков. После экспонирования всей пленки космонавт через шлюзовую камеру производит замену кассеты.

«Глазар» функционирует уже более года. Все его узлы работают нормально. За это время получено около 300 снимков 100 областей неба диаметром каждой  $1,3^\circ$ . Обычно снимки каждой области повторяются. Это необходимо как для повышения точности фотометрических измерений, так и для исключения иррегулярных (по интенсивности и месту) шумовых точек по полю микроканального усилителя и случайных изображений (иногда неотличимых от звездных), возникающих из-за воздействия на микроканальный усилитель заряженных частиц. На полученных снимках уже обнаружено и отождествлено около 400 звезд. Все они без исключения являются горячими звездами ранних типов.

Вахта «Глазара» на орбите продолжается.

# ОРБИТАЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ ДЛЯ ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗВЕЗД В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

Фотометрирование излучения небесных объектов, т. е. определение количества энергии, излучаемой в том или ином спектральном диапазоне или одновременно в нескольких диапазонах, – весьма важная задача в астрофизике. Сопоставление количества излучаемой энергии в различных диапазонах позволяет определить как механизм излучения, так и различные параметры, описывающие данное небесное тело (например, температура поверхности при тепловом механизме излучения). При известном спектральном типе звезды обнаружение различия наблюдаемого цвета звезды, количественно измеряемое как разница звездных величин или отношение потоков излучения в двух заданных диапазонах длин волн, дает возможность определить параметры, характеризующие межзвездную среду в пространстве от наблюдателя до данной звезды. Скажем, наличие какого-либо селективного поглощения в этом пространстве может изменить реальное соотношение потоков излучения звезды в двух диапазонах длин волн, т. е. изменить ее цвет. Спектрофотометрия, конечно, дает намного более ценные результаты, но фотометрию отличает большая простота в изготовлении приемной аппаратуры, и что более существенно, на данном телескопе фотометрии доступны более слабые звезды.

Все сказанное в полной мере относится и к диапазону длин волн вакуумного ультрафиолета. На космических кораблях был проведен ряд работ по фотометрическому исследованию небесных объектов в ультрафиолетовых лучах. При выполнении фотометрических работ телескоп в отличие от обзорных наблюдений наводится на определенную, заданную звезду. Разработанные для этой цели телескопы имеют небольшое поле зрения, обычно в несколько угловых минут.

**Эксперимент WEP.** На уже упомянутой американской орбитальной астрофизической обсерватории ОАО-2А, запущенной на орбиту в 1968 г., вместе с описанными телескопами «Селескоп» была установлена и система приборов WEP, разработанная Висконсинским университетом. В число этих приборов входили четыре звездных фотометра и один небулярный фотометр для измерения интенсивности эмиссионных линий в диффузных туманностях. Оптическая схема этих фотометров весьма проста. В телескопе использовано одно зеркало. В звездных фотометрах это внеосевой параболоид диаметром 20 см. В фокальной плоскости фотометров установлены фотоэлектрические умножители, перед каждым из которых имеется диафрагма, вырезающая поле зрения диаметром 2 и 10 угловых минут. Фотоумножители и соответствующие наборы интерференционных фильтров с полосой пропускания каждого около 300 Å позволяют регистрировать излучение исследуемых звезд в десяти спектральных диапазонах от 900 до 4200 Å, охватывая всю область ультрафиолетового спектра, включая и часть, доступную наземным наблюдениям. При этом фильтры на 2200 и 2800 Å использовались в различных фотометрах, что обеспечивало проверку стабильности работы каждого фотометра. Предельная звездная величина фотометров – 12 – 13 звездных величин. Диаметр осевого параболического зеркала небулярного фотометра в 2 раза больше – 40 см. Здесь больше и поле зрения: в зависимости от диафрагмы – это 10 или 30 мин дуги. С той же полосой пропускания 300 Å наблюдения на небулярном фотометре велись в четырех диапазонах: 2000, 2500, 2850 и 3300 Å.

**Спутник АНС.** В августе 1974 г. на орбиту был выведен телескоп для точной фотометрии звезд одновременно в нескольких спектральных диапазонах. Телескоп был разработан и изготовлен в Голландии. Предполагалось, что спутник будет выведен на круговую орбиту высотой 500 км. Однако из-за неполадок в стабилизации спутник вышел на вытянутую



эллиптическую орбиту с апогеем в 1150 км и перигеем в 280 км. При пролете последнего возникали трудности в работе электронной аппаратуры из-за высокой степени радиации. При ориентации спутника на Солнце наблюдениям были доступны звезды, расположенные у большого круга, перпендикулярного направлению на Солнце.

Диаметр главного зеркала телескопа системы Ричи–Кретьена – 22 см, диаметр поля зрения телескопа –  $1,5^\circ$ . Диафрагма, роль которой играло отверстие в главном зеркале, вырезала участок неба всего  $2,5 \times 2,5$  угловые минуты. Такое уменьшение поля зрения вместе с использованием соответствующих бленд было сделано для снижения излучения фона неба и, следовательно, для увеличения чувствительности телескопа. Полностью поле зрения телескопа использовалось для его точной стабилизации. Телескоп с помощью спутника грубо наводился на заданную область неба так, чтобы наблюдаемая звезда попадала в его поле зрения. Достоверность этого проверялась наличием второй звезды в заданном месте поля зрения. Эта вторая звезда и служила в качестве гидировочной для наблюдения первой. Так что в качестве звездного датчика использовался сам телескоп с достаточно большим полем зрения. Приемником в звездном датчике служил диссектор. Точность стабилизации – около 20 угловых секунд.

После диафрагмы излучение наблюдаемой звезды попадало на дифракционную решетку. Излучение наблюдаемых объектов в полосах шириной 100 – 200 Å у длин волн 1500, 1800, 2200, 2500 и 3300 Å вырезалось соответствующими выходными щелями и через линзы поля попадало на пять различных ФЭУ. Регистрировалось излучение звезд до 11-й звездной величины.

Телескоп успешно работал до апреля 1976 г. В результате полугодовой работы на орбите был составлен каталог фотометрических данных о почти 3600 звездах. Наблюдалось также несколько ярких галактик и квазаров с активными ядрами, было исследовано Большое Магелланово Облако, несколько туманностей и шаровых звездных скоплений.

**Ультрафиолетовый телескоп S 2/68.** В марте 1972 г. на европейском спутнике ТД-1А в числе других астрофизических экспериментов был выведен на орбиту и ультрафиолетовый телескоп S 2/68. Основная задача телескопа – получение ультрафиолетовых спектров ярких звезд в интервале длин волн 1350 – 2550 Å, а также измерение потоков излучения звезд в широкой полосе с центром у 2750 Å.

Плоскость почти круговой орбиты спутника ТД-1А. составляла с земным экватором угол в  $97^\circ 55'$  и прецессировала со скоростью 4 угловые минуты за период. Благодаря этому ориентация плоскости орбиты к Солнцу оставалась постоянной.

Космический корабль был стабилизирован по трем осям, одна из которых была всегда направлена к Солнцу, а перпендикулярная ей ось совершала за период полный оборот вокруг Линии Земля–Солнце. Оптическая ось телескопа совпадала с одной из осей корабля и была направлена в противоположную от Земли сторону. Благодаря обращению Земли вокруг Солнца небесная сфера сканировалась по эклиптическим меридианам. Каждое прохождение отстояло от предыдущего приблизительно на 4 угловые минуты. Полный обзор неба завершается при этом за 6 месяцев. Наблюдаются те звезды, которые при таком сканировании попадают во входную щель спектрофотометра.

Оптическая схема телескопа представлена на рис. 10. Диаметр главного зеркала телескопа – 27,5 см. В фокальной плоскости телескопа расположены две щели, через одну из которых излучение проходит на спектрофотометр, а через другую, более широкую, – на фотометр. В фотометре излучение наблюдаемой звезды после линзы Фабри непосредственно попадает на ФЭУ. В спектрофотометре после вторичного зеркала установлена дифракционная решетка. Через три выходные щели излучение звезды в области длин волн с полосой около 300 Å с центрами у 2365, 1965 и 1565 Å соответственно попадает на линзы Фабри, и регистрируется

ФЭУ. В случае фотометрирования излучения наблюдаемых звезд интегрировалась вся энергия в каждой из трех полос.

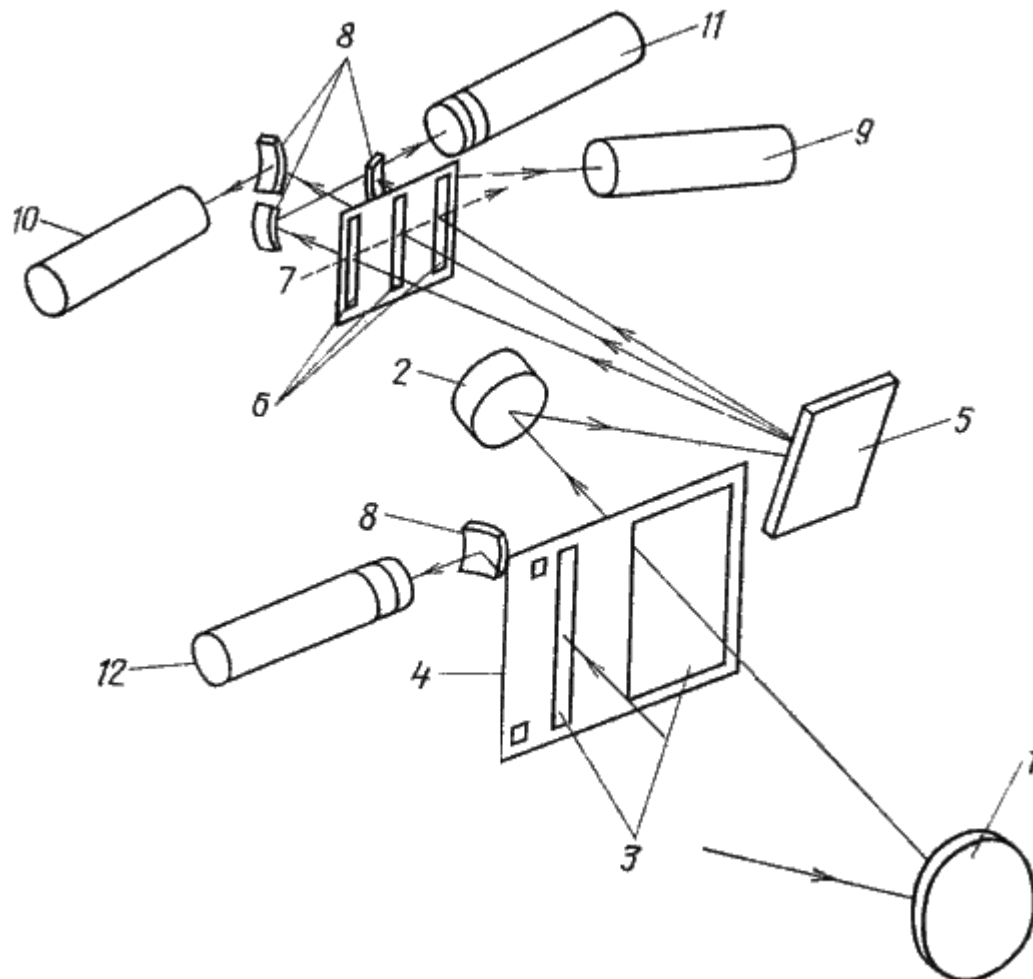


Рис. 10. Оптическая схема телескопа S 2/68: 1 – внеосевое главное зеркало, 2 – вторичное зеркало, 3 – входная щель, 4 – направление сканирования изображения звезды, 5 – дифракционная решетка, 6 – выходные щели, 7 – направление сканирования спектра, 8 – линза Фабри, 9 – детектор коротковолнового спектрометра, 10 – детектор средневолнового спектрометра, 11 – детектор длинноволнового спектрометра, 12 – фотометр

За три периода наблюдений – с 19 марта по 31 октября 1972 г., с 14 февраля по 1 октября 1973 г. и с 4 февраля по 4 мая 1974 г. – было фотометрировано 31 215 звезд. Предельная звездная величина этого обзора  $\sim 9^m$ .

# ОРБИТАЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ СПЕКТРОВ ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК

Как мы уже подчеркивали, спектр дает наиболее ценную информацию об исследуемых объектах. И поэтому естественно, что на орбиту были выведены и телескопы со спектрометрами, позволяющими получать ультрафиолетовые спектры небесных объектов. С помощью первых, небольших по размерам, орбитальных телескопов получались спектры только небольшого числа ярких звезд. Позднее запускались более крупные телескопы, оснащенные к тому же более чувствительными приемниками излучения, что позволило регистрировать не только ультрафиолетовые спектры более слабых звезд, но и спектры ряда относительно ярких галактик и квазаров.

**Эксперимент WEP.** На уже знакомой нам орбитальной астрофизической обсерватории ОАО-2А были установлены и два сканирующих спектрофотометра. Излучение наблюдаемой звезды проходило через пластинчатый коллиматор, который ограничивал наблюдаемую область неба вдоль направления дисперсии получаемых спектров до  $2,5^\circ$ . Затем излучение звезды попадало на отражательную дифракционную решетку размерами  $152 \times 203$  мм и от нее на параболическое зеркало телескопа размерами  $177 \times 254$  мм и фокусным расстоянием 813 мм. Отраженные от зеркала лучи через отверстие в дифракционной решетке, ограничивающей поле зрения спектрофотометра в направлении, перпендикулярном к дисперсии, до 8 угловых минут, фокусировались на выходные щели и попадали далее на фотоэлектронный умножитель. Один из спектрометров работал в коротковолновом диапазоне длин волн – от 1050 до 2000 Å со спектральным разрешением около 10 Å. Другой длинноволновый спектрометр регистрировал спектр в диапазоне от 1800 до 3600 Å с худшим разрешением 20 Å. Некоторое перекрытие полос обеспечивало проверку стабильности обоих спектрометров. В каждом из них было сделано по две выходные щели. Узкие щели определяли указанные выше разрешения. При использовании широких щелей разрешение в обоих спектрометрах было в 10 раз хуже – 100 и 200 Å соответственно. С помощью этих спектрометров были получены ультрафиолетовые спектры более сотни звезд ярче 6-й звездной величины.

**«Орион».** 18 июня 1971 г. на космическом корабле «Салют» был выведен на орбиту телескоп с диаметром главного (параболического) зеркала 28 см. Разработанная и изготовленная в филиале Бюраканской астрофизической обсерватории оптическая схема телескопа приведена на рис. 11. Телескоп системы Марсенна работал в комбинации с бесщелевым спектрографом с дисперсией 32 Å/мм. Спектрограф «Ориона» был рассчитан на получение ультрафиолетовых спектрограмм звезд до 5-й звездной величины при получасовой экспозиции. Стабилизация ориентации телескопа осуществлялась закрепленным к его корпусу (параллельно оптической оси) двухкоординатным звездным датчиком с точностью слежения до 10 угловых секунд. Датчик работал по звездам 4 – 4,5 звездной величины в В-лучах. Спектрограммы расширялись до 0,4 мм качанием дифракционной решетки с помощью кулачкового механизма в плоскости, перпендикулярной направлению дисперсии.

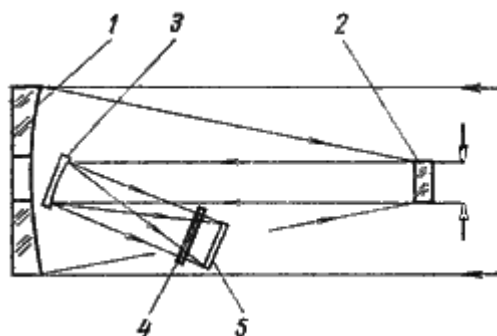


Рис. 11. Оптическая схема телескопа «Орион»: 1 – главное (параболическое) зеркало, 2 – вторичное зеркало, 3 – дифракционная решетка, 4 – плоскопараллельная кварцевая пластинка, 5 – фотопленка

Телескоп «Орион» был расположен с наружной стороны космической станции. Управление телескопом, включая его дистанционное наведение с помощью визирной системы на наблюдаемую звезду, осуществлялось космонавтами. Приемная кассета фотокамеры с отснятой фотопленкой была транспортирована внутрь космического корабля через специальный шлюз.

За два дня наблюдений (18 и 21 июня 1971 г.) с помощью «Ориона» было получено шесть спектрограмм звезды  $\beta$  Центавра и девять спектрограмм звезды  $\alpha$  Лиры в диапазоне длин волн  $2000 - 3800 \text{ \AA}$  со спектральным разрешением около  $5 \text{ \AA}$  на  $2600 \text{ \AA}$ .

**Спектрометр S 2/68.** Мы уже описали этот прибор, который был выведен на орбиту для получения ультрафиолетовых спектров звезд, но в основном был использован для фотометрирования звезд в четырех полосах. Вместе с тем с помощью этого телескопа было выполнено и спектральное исследование целого ряда звезд.

Как уже было сказано, диспергированное излучение передавалось от дифракционной решетки через три выходные щели шириной  $1 \text{ мм}$  и затем три соответствующих зеркала Фабри на три ФЭУ, на которых регистрировалось изображение в трех спектральных диапазонах  $1250 - 1750$ ,  $1750 - 2150$  и  $2150 - 2550 \text{ \AA}$ . Для получения спектров в спектрометре не было каких-либо подвижных частей – спектр «прописывался» при прохождении звезды через входную щель спектрометра в процессе сканирования неба всем спутником. Вблизи концов узкой входной щели фотометрического канала располагались две дополнительные короткие щели, которые давали информацию об угловой ориентации входящего светового потока. Полоса пропускания, определяемая временем интегрирования  $0,148 \text{ с}$ , имела полную ширину в пределах  $35 - 40 \text{ \AA}$  в зависимости от канала.

**ОАО-С им. Коперника.** Третья из серии американских орбитальных астрономических обсерваторий, которой было присвоено имя Коперника, 21 августа 1972 г. выведена на почти круговую орбиту высотой около  $750 \text{ км}$ . Основной инструмент обсерватории – наибольший из выведенных до этого на орбиту телескоп-спектрометр с диаметром главного зеркала  $80 \text{ см}$ . Он был разработан в Принстонском университете и предназначен для исследования с высоким разрешением (до  $0,05 \text{ \AA}$ ) ультрафиолетовых спектров ярких звезд, и главным образом спектров межзвездной среды с весьма узкими линиями поглощения, наложенных на спектры излучения горячих звезд Типа О и В.

Для реализации столь высокого спектрального разрешения потребовалось соответственно высокое качество отражающих поверхностей зеркал. Среднеквадратичные отклонения от заданной формы не превышали  $0,3 \text{ мкм}$ . Все отражающие элементы были покрыты слоем

алюминия и фтористого лития с коэффициентом отражения выше 0,6 по диапазону регистрации.

Для оптической схемы телескопа была выбрана модернизированная система Кассегрена, в которой фокус располагался между двумя зеркалами (рис. 12). Расположенная в фокусе входная щель спектрометра имела размеры  $3 \times 0,024$  мм, что соответствовало  $39 \times 0,3$  секунд дуги в проекции на небо. Ширина щели могла расширяться до 1,2 секунды дуги. После прохождения через входную щель излучение попадало на дифракционную решетку, которая фокусировала спектр по кругу Роуланда. Регистрация производилась с помощью четырех ФЭУ, установленных по два на двух каретках, передвигающихся по роуландовскому кругу. Размещение спектрометра в пространстве между зеркалами телескопа привело к значительному (40%) экранированию главного зеркала.

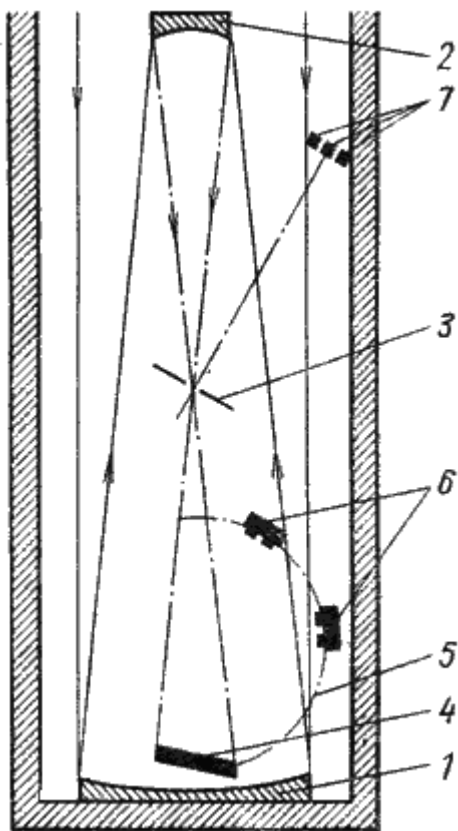


Рис. 12. Оптическая схема телескопа «Коперник»: 1 – главное зеркало, 2 – вторичное зеркало, 3 – входная щель спектрометра, 4 – дифракционная решетка, 5 – круг Роуланда, 6 – ФЭУ для регистрации спектра, 7 – ФЭУ системы гидрирования

Детекторы регистрировали излучение в диапазонах  $1480 - 3275$  и  $1640 - 3185$  Å в первом порядке и в диапазонах  $750 - 1600$  и  $750 - 1645$  Å во втором порядке. Результаты наблюдений по телеметрическим каналам передавались на наземные пункты приема. Ширины выходных щелей перед фотоэлектронными умножителями определяли спектральное разрешение  $0,1$  и  $0,4$  Å в первом и  $0,05 - 0,2$  Å во втором порядке. Перемещение кареток с

ФЭУ производилось, естественно, достаточно медленно, и потому за неделю наблюдений регистрировалось обычно всего 2 – 3 спектра.

Высокое спектральное разрешение могло быть обеспечено при достаточно высокой точности стабилизации направления телескопа на исследуемую звезду. Поскольку ширина входной щели соответствовала 0,3 угловой секунды, то, чтобы не испортить спектральное разрешение, точность стабилизации должна была быть не хуже 0,1 секунды дуги. В системе стабилизации «Коперника» использовалось около половины света наблюдаемой звезды, отражаемой от зеркальных наклонных щечек входной щели в систему точного гидирования. Последняя была собрана на балансной схеме с использованием бипризмы и фотоэлектронных умножителей, вырабатывающих сигналы по управлению подвижками вторичного зеркала. Реальная точность гидирования, осуществляемая по наблюдениям до 6-й звездной величины, составляла  $\pm 0,03$  угловой секунды в течение 5 – 10 мин.

«Коперник» функционировал на орбите в течение 8,5 лет. За это время был получен богатый и уникальный наблюдательный материал как относительно ультрафиолетовых спектров большого количества ярких звезд (до 6-й звездной величины), так и (особенно) относительно структуры межзвездной среды, ее химического состава и физических условий в ней. Именно для решения последней задачи было необходимо чрезвычайно высокое спектральное разрешение, каким обладал «Коперник», поскольку линии поглощения в межзвездных туманностях ввиду их низкой температуры (порядка нескольких сотен градусов) весьма узкие.

Это обстоятельство и позволяло в спектрах звезд с относительно широкими спектральными линиями выделять линии, обусловленные межзвездной средой. В спектрах целого ряда звезд были обнаружены узкие линии поглощения иона O VI, характерная температура образования которого около  $10^6$  К, что указывало на присутствие в межзвездной среде горячего компонента. В спектрах многих звезд были обнаружены линии поглощения молекулы  $H_2$ , из чего следовало, что половина (по массе) межзвездного вещества находится в молекулярной форме. Было обнаружено также наличие атомарного дейтерия. По результатам наблюдений на «Копернике» был составлен каталог спектров 60 звезд ранних спектральных классов O и B в диапазоне 1000 – 1500 Å с разрешением 0,2 Å. Для ряда более ярких звезд спектры получены с разрешением 0,05 – 0,5 Å в диапазоне 900 – 3200 Å.

**Спутник IUE.** В январе 1978 г. на орбиту был выведен наиболее эффективно работающий до сих пор ультрафиолетовый телескоп, созданный совместными усилиями нескольких университетов в США и ряда исследовательских групп в западноевропейских странах. Спутник выведен на геосинхронную орбиту, что позволяет вести на нем круглосуточные наблюдения. Поскольку с высоты спутника Земля видна под углом около  $17^\circ$ , то наблюдения практически можно вести непрерывно по всему небу. Конечно, нельзя вести наблюдения в направлениях близ Солнца (здесь предел  $45^\circ$ ), Луны, а также лимба Земли. На геосинхронной орбите спутник почти всегда находится под лучами Солнца. Если это хорошо для солнечных батарей, обеспечивающих уже свыше 11 лет энергией работу самого телескопа и всех узлов спутника, то это же обстоятельство заставило предпринять специальные меры как по теплозащите телескопа, так и по предохранению телескопа от рассеянного света, для чего он снабжен сложной системой наружных и внутренних блендов.

Телескоп постоянно висит над Атлантическим океаном. 16 часов в сутки с ним поддерживают связь и ведут наблюдения с американского берега океана (Гринбелт, Годдардовский центр космических полетов, штат Мэриленд). Остальные 8 часов в сутки наблюдения ведут в Европе из пункта управления телескопом и приема информации, расположенного в местечке Виллафранка близ Мадрида.

Для оптической схемы телескопа выбрана система Рнчи–Кретьена. Диаметр главного зеркала – 45 см. В фокальной плоскости, расположенной за главным зеркалом, установлено диагональное зеркало с несколькими диафрагмами, через которые излучение проходит дальше на один из двух спектрометров, работающих в коротковолновой – от 1150 до 2000 Å и длинноволновой – от 1900 до 3200 Å областях спектра. Оба спектрометра идентичны по своей схеме. После отражения от коллимационного зеркала 4 (рис. 13) излучение попадает на отражающее зеркало 6, затем на дифракционную решетку 7 и спектр регистрируется камерой «Увикон» 9. Таких камер установлено две для повышения надежности работы. В случае выхода одной из камер из строя работа будет продолжаться на другой. При такой схеме наблюдений спектральное разрешение не очень высокое и составляет 3 Å. Если же отражающее зеркало убирается, то излучение дополнительно диспергируется еще и на эшелле 5. В этом случае спектральное разрешение получается больше – 0,12 Å. При использовании эшелле спектр разлагается на приблизительно 50 полосок по 20 Å в каждой, расположенных в строки. На длинноволновый спектрометр излучение попадает после отражения от двух зеркал, установленных за фокальным диагональным зеркалом. Для подавления излучения во втором порядке (1000 – 1600 Å), которое накладывается на излучение первого порядка отражения (1900 – 3200 Å), все плоские и коллиматорные зеркала длинноволнового спектрометра покрыты слоем окиси кремния, не отражающим коротковолновое излучение.

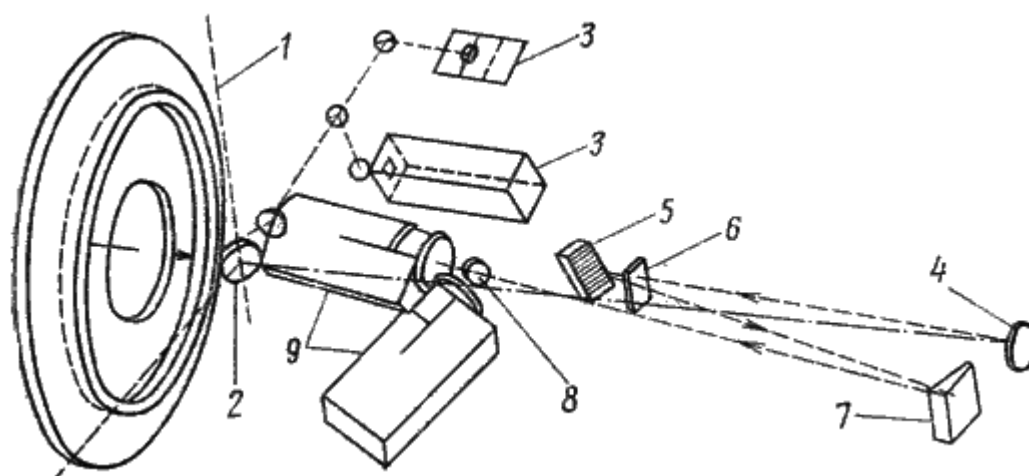


Рис. 13. Оптическая схема спектрометра IUE: 1 – фокальная плоскость, 2 – диагональное зеркало с входными диафрагмами, 3 – датчики точного гидирования, 4 – коллимационное зеркало, 5 – эшелле, 6 и 8 – подвижные плоские зеркала, 7 – дифракционная решетка, 9 – видиконные камеры

Фотокамеры «Увикон» чувствительны к излучению длиной волны больше 2000 Å, поэтому для регистрации коротковолнового излучения перед ними установлены микроканальные пластины, которые преобразуют излучение к синей области спектра (у них на выходе используется фосфорный экран) и, кроме того, дают усиление около 1000 раз.

Спутник IUE направляется на исследуемый объект с помощью двухосевого солнечного датчика с большим полем зрения ( $64^\circ \times 128^\circ$ ) и угловым разрешением 15 угловых секунд. Исполнительными механизмами при этом служат 6 гироскопов со стабильностью ориентации около 3 угловых секунд за час. При больших углах разворотов ошибки наведения спутника с помощью этих гироскопов составляют 1 – 2 угловые минуты. После этого начинают действовать звездные датчики точного гидирования, использующие поле зрения самого телескопа размерами  $16 \times 16$  угловых минут. Точная стабилизация направления оптической

оси телескопа производится по звездам до  $14^m$ . В наземных пунктах управления наблюдатель на экране телекамеры видит область неба, куда наведен телескоп, и имеет возможность, если это необходимо, доворачивать спутник с тем, чтобы «провалить» наблюдаемый объект в соответствующую диафрагму на диагональном зеркале, от которой наблюдаемая область неба отражается в звездные датчики 3 (рис. 13). Реализуемая ошибка стабилизации не превышает 0,2 угловые секунды.

За удивительно долгий срок успешной работы IUE на орбите выполнены очень большого объема наблюдения различных небесных объектов. С высоким и умеренным спектральным разрешением получены спектры тысяч звезд всех классов – от ранних *O* до поздних *M*, белых карликов, двойных звезд, многих сотен галактик и квазаров, оптических компонентов рентгеновских источников и т. д. Были выполнены также спектральные наблюдения объектов Солнечной системы – планет и их спутников, комет.

Оперативность системы наблюдений на IUE позволила выполнить целый ряд кооперативных программ наблюдений одновременно с наземными телескопами в видимом диапазоне или же с другими орбитальными телескопами как в ультрафиолете (например, «Коперник»), так и в рентгеновском диапазоне (HEAO-1, HEAO-2).

При интегрировании в течение нескольких часов удавалось получить спектры весьма слабых объектов – до 15 – 16-й звездной величины.

Геосинхронная орбита позволила не только максимально приблизить к наземным процесс выполнения наблюдений, но и получать в реальном времени результаты. Благодаря последнему обстоятельству стала возможной передача большого потока информации – со скоростью в среднем 20 кбит/с.

**Телескоп «Астрон».** Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР при участии Марсельской лаборатории космической астрономии (Франция) и Бюраканской астрофизической обсерватории был разработан телескоп «Астрон» по наблюдению ультрафиолетовых спектров различных небесных объектов. Телескоп был выведен на очень вытянутую орбиту 23 марта 1983 г. Перигей орбиты – 2 тыс. км, апогей – 200 тыс. км. Период обращения вокруг Земли – около 4 суток. Наблюдения проводятся на участках орбиты с расстоянием от Земли более 40 тыс. км. Такой выбор орбиты станции позволяет исключить влияние частиц радиационных поясов на светоприемную аппаратуру, а также влияние фоновых засветок от освещенной Солнцем поверхности Земли.

Диаметр главного зеркала «Астроны» такой же, как у «Коперника», – 80 см. Диаметр вторичного зеркала – 26 см. Однако благодаря тому что в «Астроне», построенном по системе Ричи–Кретьена, спектрометр размещен за главным зеркалом, его эффективная отражающая поверхность приблизительно на 35% больше, чем у «Коперника». Излучение наблюдаемого объекта после прохождения через входную щель спектрометра, расположенного, как было сказано, за главным зеркалом телескопа, попадает на вогнутую дифракционную решетку. Спектр образуется по кругу Роуланда и регистрируется одновременно перемещающимися вдоль этого круга тремя ФЭУ в трех несколько перекрывающихся диапазонах спектра. Первый ФЭУ регистрирует спектр в диапазоне 2414 – 3500 Å, второй – в диапазоне 1524 – 2600 Å, а третий – в диапазоне 1100 – 1600 Å. Кроме того, регистрируется также и нулевой порядок (диапазон 1700 – 6000 Å). В зависимости от размера выходной щели (перед ФЭУ) могут быть реализованы следующие спектральные разрешения: в первом канале – 28 Å, во втором – 0,4 или 28 Å и в третьем канале – 14 Å.

Длительность накопления сигнала в ФЭУ зависит от скорости их перемещения и может меняться от 0,5 с до нескольких десятков минут. Скорость же перемещения кареток с ФЭУ выбирается в зависимости от яркости наблюдаемого объекта. В случае наиболее слабых объектов (до приблизительно 15-й звездной величины) спектр получается за 3,5 – 4 ч.



Спектрометр имеет три входные диафрагмы. Для наблюдений ярких звезд (до 7-й звездной величины) используется диафрагма диаметром 0,04 мм (около 1 секунды дуги). Для более слабых звезд и протяженных объектов (туманностей и галактик) до 15-й звездной величины – офсетная диафрагма диаметром 0,5 мм (12 секунд дуги). Имеется также и диафрагма большого размера – 3 мм (25 секунд дуги) – для фоновых наблюдений.

Направление телескопа на заданный объект вначале осуществляется грубо (с точностью до нескольких угловых минут) вместе со всей космической станцией с помощью ее солнечных и звездных датчиков. Переориентация станции и ее стабилизация производятся посредством реактивных движков. Топливом служит сжиженный азот. Так что «живучесть» «Астроны» зависит от запасов азота. Поэтому при составлении программы наблюдений на «Астроне» стараются избегать больших разворотов при переориентации с одного объекта на другой.

После относительно грубого наведения телескопа вместе со всей станцией в заданном направлении с ошибками до 5 угловых минут включается система точного гидирования, которая имеет два режима работы. В режиме гидирования по наблюдаемой звезде роль анализатора положения звезды выполняет светоделительная четырехгранная зеркальная пирамида, отверстие в вершине которой служит входной диафрагмой спектрометра. Принцип работы такого звездного датчика был нами уже описан (см. ст. 12). В «Астроне» команды от звездного датчика управляют движениями вторичного зеркала. Достигнутая точность стабилизации – лучше 0,3 секунды дуги. В этой системе для гидирования используется часть света (около половины) самой наблюдаемой звезды. Очевидно, что таким путем, как и в случае «Коперника», можно наблюдать лишь яркие звезды.

Для наблюдений слабых объектов (до 15<sup>м</sup>) используется офсетная система точного гидирования. В этом случае наблюдаемый объект «проваливается» в офсетную диафрагму или фоновую диафрагму, просверленную на одной из граней зеркальной пирамиды первого звездного датчика. Для гидирования же используются более яркие звезды (от 2 до 8,5<sup>м</sup>), расположенные в окрестностях наблюдаемого объекта. Очевидно, что взаимные положения наблюдаемого объекта и гидировочной звезды должны быть известны с достаточной степенью точности. При гидировании на место соответствующей звезды в поле зрения телескопа подводится зеркальце, от которого свет отражается на звездный датчик, работающий на принципе полудискового модулятора. Управляемым узлом и здесь является вторичное зеркало телескопа. Точность стабилизации в случае офсетного гидирования – около 2 угловых секунд.

За время функционирования «Астроны» на орбите уже получены спектры нескольких сотен звезд и нескольких десятков галактик. Получен спектр уникальной Сверхновой звезды, вспыхнувшей в начале 1987 г. в соседнем с нашей Галактикой Большом Магеллановом Облаке.

«Астрон» успешно продолжает выполнять наблюдения на орбите. Следует, однако, отметить, что эффективность его работы могла быть значительно больше, если бы более часто предоставлялась возможность связи с ним. Ведь для наблюдений нужно передавать соответствующие команды на спутник и затем принимать получаемую телескопом информацию. Из-за перегрузки станции по дальней космической связи возможность работы с «Астроном» предоставляется не столь часто, как хотелось бы астрономам.

## БУДУЩИЕ ПРОЕКТЫ

Мы познакомились с выведенными до сих пор на орбиту ультрафиолетовыми телескопами. Вначале это были небольшие телескопы, перед которыми ставились довольно скромные задачи. Постепенно увеличивались размеры телескопов, диаметры их главных зеркал, совершенствовалась светоприемная аппаратура, увеличивалась чувствительность, совершенствовались методы стабилизации телескопов и точность самой стабилизации. Вместе с тем перед орбитальными телескопами ставились все более сложные и обширные задачи. Был получен большой и весьма ценный наблюдательный материал, который существенно дополнил наши знания о небесных объектах, о звездах различных типов, их атмосферах, о галактиках (особенно о галактиках с активными ядрами), квазарах и других удивительных объектах Вселенной. Полученные с помощью ультрафиолетовых орбитальных телескопов данные – где больше, где меньше – приблизили нас к более полному пониманию природы небесных объектов, помогли в деле разгадки удивительнейших тайн Вселенной.

Получив однажды возможность вынести ультрафиолетовые телескопы за пределы земной атмосферы, астрономы предлагают все более совершенные проекты все более крупных орбитальных телескопов. Ниже мы познакомимся с некоторыми проектами, два из которых наверняка будут осуществлены уже к выходу настоящей брошюры.

**«Глазар-2».** Цели и задачи этого проекта те же, что и у «Глазара». Одинаковы также размеры зеркал обоих телескопов и их оптические схемы. Различие заключается в системе подвижек телескопа и в системе его стабилизации. «Глазар» поворачивается по двум осям только в пределах  $\pm 5^\circ$ . Поскольку телескоп работает только при так называемой инерциальной ориентации космической станции, то этих ограниченных разворотов вполне достаточно, чтобы вести поиск заданной гидировочной звезды, если станция «вышла на нее» с какой-то ошибкой. Напомним, что при инерциальной ориентации космическая станция сохраняет постоянно свою ориентацию в пространстве по отношению к звездам. Это означает, что перед каждым наблюдением «Глазара» станции «Мир» с помощью своих гироскопов приходится принимать соответствующую ориентацию в пространстве и поддерживать ее при пролете всего теневого участка орбиты, когда проводится запланированное наблюдение. Эта процедура, однако, не очень хороша для обитаемой космической станции, поскольку у космонавтов обычно много экспериментов, связанных с исследованиями Земли. А такие работы проводятся при орбитальной ориентации, когда она облетает Землю, сохраняя свою ориентацию по отношению к центру Земли. Кстати, если у станции несимметричное распределение масс, то для этого не приходится предпринимать никаких специальных мер – часть станции с большей массой оказывается при этом всегда направленной к центру Земли (конечно, в каких-то пределах – станция всегда может покачиваться относительно линии отвеса). Для предотвращения этого обычно применяют соответствующие меры. Например, с помощью инфракрасных датчиков, направленных к лимбу Земли, сводят к минимуму возможные покачивания космической станции.

Так вот, «Глазар-2» имеет возможность вращения по двум осям до  $\pm 60^\circ$ . Это позволит вести наблюдения на «Глазаре-2» и при орбитальной ориентации космической станции. При этом системы стабилизации телескопа должны будут успеть «схватиться» за гидировочную звезду и удерживать телескоп в направлении этой звезды. За время прохождения теневого участка орбиты (за 20 – 30 мин) телескоп должен будет повернуться на угол до  $120^\circ$ . Для работы в таких жестких условиях система стабилизации «Глазара-2» сделана двухступенчатой. Вначале за гидировочную звезду «схватывается» более грубый звездный датчик диаметром поля зрения  $4^\circ$ . Затем начинает работать второй датчик, который повышает точность стабилизации до 3 – 4 с дуги.

Гидирование здесь, как и в случае «Глазара», офсетное, т. е. гидировка будет производиться по звезде, расположенной вне поля зрения телескопа. Перемещение же обоих звездных датчиков (грубого и тонкого) от оптической оси телескопа на  $\pm 5^\circ$  по шагу  $1^\circ$  позволит при данной ориентации космической станции фотографировать 11 областей неба. При другой ориентации космической станции (другом угле разворота относительно оптической оси телескопа) будут фотографироваться другие области. При этом более или менее перекрывающимися будут области, фотографируемые близ нулевого расположения звездных датчиков. Опыт работы «Глазара» показал, что за время 10 – 20 мин развороты космической станции вокруг оптической оси телескопа незначительны и не сказываются на качестве изображений и потому в случае «Глазара-2» не предусмотрены звездные датчики, задача которых – предотвратить вращение поля зрения телескопа.

Таким образом, предполагается, что «Глазар-2» существенно ускорит работу по обзору неба в вакуумном ультрафиолете, начатую «Глазаром».

Как и «Глазар», «Глазар-2» разработан и изготовлен в Бюраканской астрофизической обсерватории и СКБ Академии наук Армянской ССР.

**«Астро».** В США был подготовлен телескоп «Астро» для выполнения обзора неба в вакуумном ультрафиолете. По своим параметрам этот телескоп очень похож на «Глазар». У «Астро» диаметр главного зеркала 38 см, оптическая система Ричи–Кретьена и почти такое же, как у «Глазара», поле зрения. И здесь в качестве детектора излучения используется микроканальный усилитель. По программе «Астро» предполагается выполнение наблюдений в нескольких избранных площадках неба. «Астро» должен был быть выведен на орбиту на одном из «Шаттлов» и функционировать там около недели. Однако авария «Челенджера» заставила отложить на время выполнение этой программы.

**Телескоп Т-170.** В Крымской астрофизической обсерватории АН СССР разрабатывается еще один ультрафиолетовый телескоп-спектрометр с главным зеркалом большего диаметра, чем у «Астроны» (170 см). Этот телескоп будет оснащен более совершенным спектрометром, позволяющим намного быстрее записывать спектр наблюдаемого объекта. Большой диаметр телескопа и большая чувствительность регистрирующих излучение устройств позволят исследовать ультрафиолетовые спектры намного более слабых и, следовательно, в среднем более далеких объектов, чем в случае «Астроны».

**HST – космический телескоп им. Хаббла.** Это многоцелевой, самый крупный из запущенных до сих пор на орбиту телескопов, телескоп крупный и по земным меркам. Диаметр его главного зеркала 2,4 м. В разработке и изготовлении телескопа принимали участие несколько ведущих групп специалистов США и Западной Европы. Телескоп был готов к запуску на орбиту в 1985 г., однако и здесь трагедия с «Челенджером» отодвинула на несколько лет реализацию этого важнейшего проекта. Возможно, что когда вы будете читать эту брошюру, телескоп уже будет функционировать на орбите.

Объем научных данных, которые ожидается получить с помощью этого телескопа, будет так велик, что для работы с ним, составления программ наблюдений, обработки и анализа получаемых результатов создан целый институт.

Телескоп сконструирован по оптической схеме Ричи–Кретьена. Его относительное отверстие  $1 : 24$ . Фокус располагается за главным зеркалом. Схема телескопа показана на рис. 14. В телескопе предусмотрена сложная система внешней и внутренней бленды для предотвращения попадания в телескоп излучения, идущего под углом к оптической оси телескопа. Исследования будут вестись в широком диапазоне длин волн – от вакуумного ультрафиолета ( $\sim 1200 \text{ \AA}$ ) до далекого инфракрасного излучения.

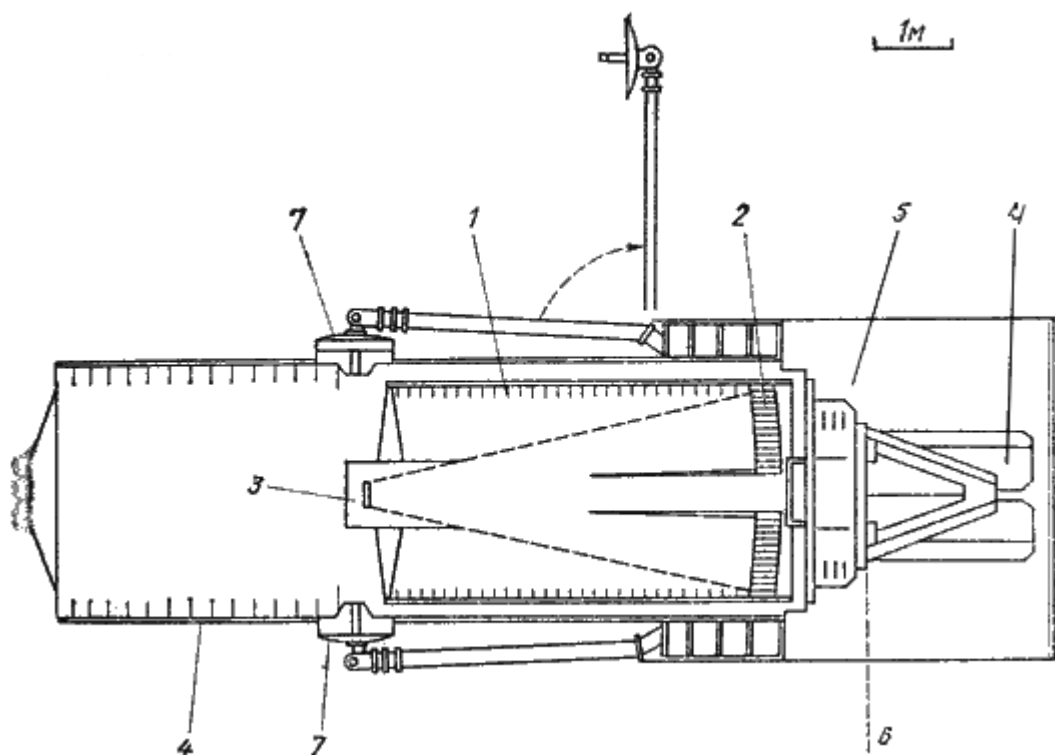


Рис. 14. Схема космического телескопа им. Хаббла: 1 – телескоп, 2 – главное зеркало, 3 – вторичное зеркало, 4 – бленда, 5 – камеры, 6 – фокальная плоскость, 7 – антенна

Поле зрения телескопа – 14 угловых минут. Большая часть поля зрения (диаметром 11 угловых минут) с лучшим угловым разрешением будет использована непосредственно для науки, для астрофизических наблюдений. Три сегмента по  $90^\circ$  внешнего кольца поля зрения (от 11 до 14 угловых минут по диаметру) используются для; звездных датчиков системы стабилизации телескопа.

В результате принятых специальных мер для телескопа была изготовлена оптика очень высокого качества. В фокальной плоскости 70% энергии звезды на длине  $6328 \text{ \AA}$  собирается в кружке с диаметром менее  $0,1$  угловой секунды. На длине волны  $1216 \text{ \AA}$  в такой же кружок попадает более 40% энергии звезды. Зеркала алюминированы и покрыты очень тонким слоем фтористого магния. Коэффициент отражения на  $1216 \text{ \AA}$  больше 70%, а на  $6328 \text{ \AA}$  – больше 85%.

Телескоп снабжен следующими камерами и спектрографами: широкоугольная (и планетная) камера, камера слабых объектов, спектрограф слабых объектов, спектрограф с высоким разрешением и высокоскоростной фотометр. Каждому из этих приборов отведена определенная часть поля зрения телескопа.

В широкоугольной (планетной) камере лучи проходят через фильтр (имеется целый набор фильтров на вращающемся барабане) и при необходимости поляризатор и попадают на четырехгранную зеркальную пирамиду, делящую поступающий поток света на четыре части. Эти четыре разделенных потока поступают в четыре небольших телескопа системы Кассегрена (широкоугольную камеру), сводящие относительное отверстие телескопа к  $1 : 12,9$ . Через линзы из фтористого магния, прозрачные для вакуумного ультрафиолета, каждый из потоков попадает на соответствующий детектор. В качестве детекторов используются приборы с зарядовой связью (ПЗС).

В широкоугольной камере поле зрения  $2,7 \times 2,7$  угловых минут, угловое разрешение 0,1 угловой секунды, общая полоса пропускания 1150 – 11000 Å. Доступны наблюдениям объекты от 9,5 до 28-й звездной величины в видимых лучах. Рекордно низкий предел чувствительности обусловлен, очевидно, отсутствием фона неба.

Для направления лучей в планетную камеру четырехгранная призма проворачивается на  $45^\circ$ . Кассегреновские телескопы в этом случае уменьшают относительное отверстие до 1 : 30. Наблюдаемое поле при этом уменьшается до  $1,2 \times 1,2$  угловых минут, разрешение становится равным 0,04 угловой секунды, интервал звездных величин наблюдаемых объектов несколько увеличивается – от 8,5 до 28.

Широкоугольная (планетная) камера использует центральный участок поля зрения телескопа размерами  $3 \times 3$  угловых минут.

Камера слабых объектов имеет две оптические системы с относительными отверстиями 1 : 96 и 1 : 48. В первом случае поле зрения  $11 \times 11$  угловых секунд, разрешение 0,02 угловой секунды. Набор фильтров позволяет вести наблюдения в интервале 1200 – 6000 Å. Возможны и поляризационные измерения. В случае более короткофокусной оптики поле зрения  $22 \times 22$  угловых секунд, разрешение 0,04 угловой секунды. Интервал наблюдаемых длин волн тот же. Интервал звездных величин наблюдаемых объектов в обоих случаях 21 – 28 звездных величин. В короткофокусной камере предусмотрено также использование объективной призмы для получения низкодисперсионных спектров. В качестве детекторов в этой камере будут использованы трехкаскадные электронно-оптические преобразователи вместе с телевизионными камерами.

Спектрограф слабых объектов предназначен для получения спектров объектов с умеренной дисперсией ( $\Delta\lambda/\lambda = 10^2 - 10^3$ ), слабых объектов до 22-й звездной величины при высоком спектральном разрешении (3 Å) и до 26-й звездной величины при низком спектральном разрешении (30 Å). Для коротковолновой области спектр формируется на вогнутой дифракционной решетке, для длинноволновой части используется призма. Чувствительность спектрографа – от 1150 до 8000 Å. Имеется набор из 12 входных щелей с шириной от 0,1 до 4,3 угловой секунды. Возможны поляризационные измерения, а также измерения изменений яркости наблюдаемых объектов с временным разрешением в 10 мс. В качестве детекторов используются диджиконные камеры.

Спектрограф с высоким разрешением позволяет получать спектры с  $\Delta\lambda/\lambda = 2 \cdot 10^3, 2 \cdot 10^4$  и  $10^5$ , что соответствует разрешениям 1,5; 0,15 Å; 0,03 Å. Предельные звездные величины при низком спектральном разрешении  $17^m$ , умеренном –  $14^m$  и высоком –  $11^m$  соответственно. Диапазон получаемых спектров звезд здесь меньше, чем у спектрографа слабых объектов, – от 1100 до 3200 Å. Диспергирующими элементами являются вогнутые дифракционные решетки. Ширины входных щелей – 0,25 и 2 угловые секунды. Детекторы – диджиконные системы, аналогичные детекторам спектрографа слабых объектов. Чувствительность этого спектрографа будет почти в 100 раз выше, чем у IUE, будут лучше также спектральное разрешение и фотометрическая точность.

Высокоскоростной фотометр предназначен для измерения потоков наблюдаемых объектов в широком интервале длин волн от 1200 до 7000 Å с высоким временным разрешением до 10 мкс. Наблюдения возможны с тремя диафрагмами 0,4; 1,0 и 10 угловых секунд. Имеется набор из 13 светофильтров и поляриметр. В фотометре используются пять детекторов – четыре диссектора и один ФЗУ.

Грубые звездные датчики телескопа, работающие по звездам до ~8-й звездной величины, обеспечивают направление телескопа на заданную область с точностью до нескольких угловых секунд, что явно недостаточно для реализации высокой разрешающей способности телескопа (как угловой, так и спектральной). Для точной стабилизации используются три

звездных датчика, которые обеспечивают высокую точность стабилизации со среднеквадратичными ошибками около 0,007 угловой секунды. Управляющие сигналы от звездных датчиков поступают на соответствующие гироскопы. Звездные датчики могут работать по звездам до 14,5 звездной величины. Для обеспечения их работы необходимо знание взаимного расположения таких звезд с точностью до 0,01 угловой минуты. Одна из задач коллектива, создавшего телескоп им. Хаббла, – составление каталога гидировочных звезд. Поскольку координаты с такой высокой точностью известны только для небольшого числа объектов, то именно определение точных координат звезд для использования их в качестве гидировочных и будет важной задачей, решаемой с помощью звездных датчиков телескопа.

Резюмируя рассказ о возможностях космического телескопа им. Хаббла, можно сказать, что при успешном выводе на орбиту он даст богатейшую информацию о всевозможнейших небесных объектах, значение которой трудно переоценить.

Добавим в заключение, что с помощью «Шаттлов» возможен как ремонт или замена отдельных узлов телескопа на самой орбите, так и возвращение на Землю всего телескопа.

**Проект АШОТ (Астрофизический шмидтовский орбитальный телескоп).** В Бюраканской астрофизической обсерватории и СКБ Академии наук Армянской ССР ведется разработка телескопа следующего поколения для обзоров неба – полноотражательного телескопа системы Шмидта. Телескоп будет установлен на обитаемой космической станции.

Телескопы системы Шмидта обладают большим полем зрения, обычно около  $5^\circ$ .

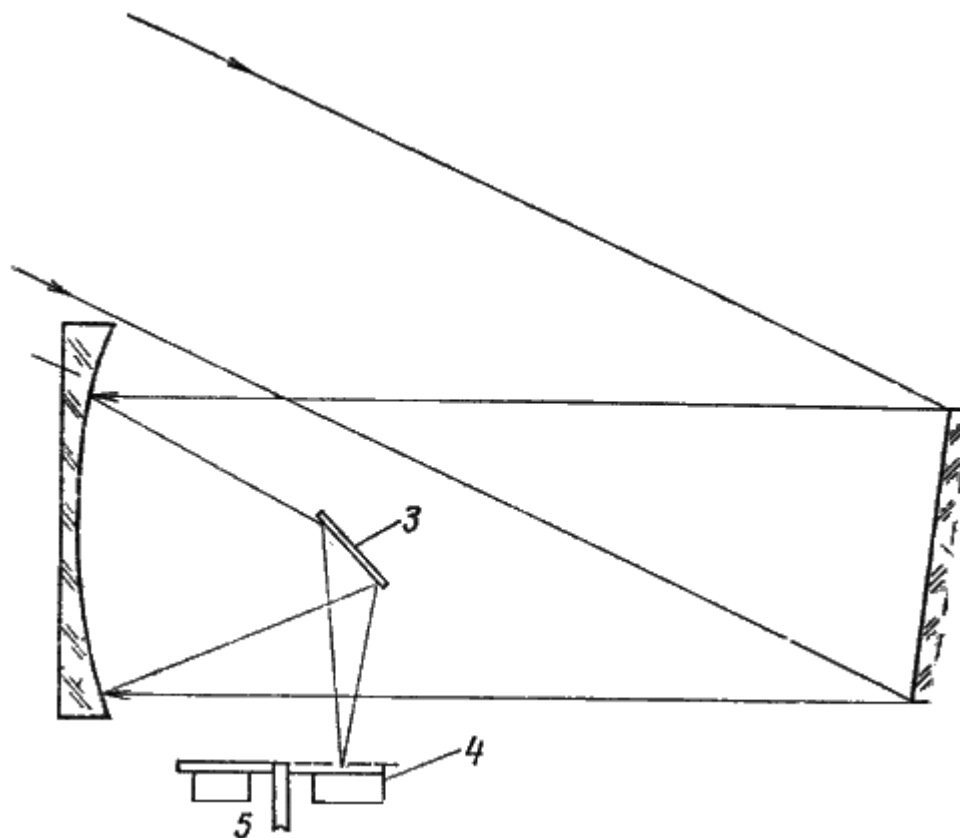


Рис. 15. Оптическая схема полноотражательного телескопа системы Шмидта: 1 – главное зеркало, 2 – коррекционное зеркало, 3 – диагональное зеркало; 4 – фокальная плоскость, 5 – барабан с детекторами

Столь большое поле получается благодаря применению так называемой коррекционной линзы с весьма сложной поверхностью. Такая линза, даже изготовленная из кварца, почти полностью поглощает излучение короче  $1800 \text{ \AA}$ , и потому в случае космического телескопа эта линза заменяется выполняющим те же функции коррекционным зеркалом. Полноотражательный же телескоп избавлен от такого недостатка. Однако он очень сложен в изготовлении. Дело в том, что коррекционное зеркало в таком телескопе приходится ставить под некоторым углом к оптической оси главного зеркала (рис. 15). А это приводит к асферичности его поверхности, что существенно осложняет обработку. Чтобы обойтись без наклонного коррекционного зеркала и все же получить большое поле зрения, была предложена модифицированная оптическая система – система Бейкера–Шмидта, состоящая из трех зеркал. Такая система, однако, очень чувствительна к взаимному расположению всех трех зеркал, что со своей стороны, вызывает серьезные трудности при изготовлении конструкции такого телескопа. Небольшие, чуть ли не микронные смещения взаимного расположения зеркал, вполне возможные при выводе телескопа на орбиту, приводят к заметной разъюстировке и, следовательно, к ухудшению изображений звезд.

В проекте АШОТ была принята система двухзеркального полноотражательного телескопа Шмидта. Диаметр главного зеркала телескопа, имеющего сферическую поверхность, 1 м, диаметр коррекционного зеркала, определяющего входную апертуру телескопа, 0,8 м. Размер поля зрения в фокальной плоскости около 10 см. Поле зрения телескопа  $2,5^\circ$ . Угловое разрешение телескопа  $\sim 1$  секунды дуги. Исходя из этого, необходимая точность стабилизации телескопа должна быть не хуже 0,3 угловой секунды.

С помощью диагонального зеркала фокус телескопа выводится за трубу (см. рис. 15). Здесь предполагается установить вращающийся барабан, на котором могут размещаться до 6 различных детекторов излучения в широком интервале длин волн от  $1200 \text{ \AA}$  до ближнего ИК-диапазона.

В качестве детекторов излучения будут использованы как фотопленки, так и различные электронные приборы, такие, как микроканальные усилители, ПЗС-матрицы и др. Если информация от электронных приборов будет после предварительной обработки на бортовой ЭВМ передаваться на приемные пункты по телеметрическим каналам связи, то фотопленка должна доставляться на Землю возвращающимися с орбиты экипажами.

С помощью телескопа АШОТ будут получаться как прямые изображения небесных объектов (по всему полю зрения телескопа в случае фотопленки или же в меньшей его части в зависимости от размеров примененных электронных детекторов излучения), так и их низкодисперсионные спектры. Отражательная дифракционная решетка будет нанесена на обратной стороне диагонального зеркала, так что это зеркало станет поворотным.

В реализации проекта АШОТ принимают участие специалисты из ГДР (расчеты и изготовление оптики телескопа) и Болгарии (изготовление детекторов излучения, сбор и обработка информации на борту космического корабля).

С помощью телескопа АШОТ будут проводиться обзорные наблюдения в отдельных участках неба по всему доступному диапазону длин волн. Ценные результаты могут быть получены не только в ультрафиолете, но и в видимом диапазоне. Здесь из-за отсутствия фона неба возможно обнаружение галактик с рекордно низкой поверхностной яркостью. Таковыми могут быть в основном очень далекие галактики, и их обнаружение и исследование будут иметь очень большое значение с точки зрения космологии. АШОТ позволит исследовать ядра активных галактик в широком диапазоне длин волн, струи и выбросы из них, имеющие низкую поверхностную яркость или излучающие преимущественно в ультрафиолете. Могут быть обнаружены и исследованы слабые перемычки и мосты между взаимодействующими галактиками, слабые галактики в составе групп и скоплений галактик и многое другое.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы познакомились со спецификой внеатмосферных ультрафиолетовых наблюдений, с наиболее примечательными, уже выведенными на орбиту телескопами и с будущими, более крупными проектами. Уже реализованные проекты дали астрономии богатейшую информацию о небесных телах, звездах различных типов, межзвездных туманностях, галактиках и квазарах.

Задачей данной брошюры было именно ознакомление с методами внеатмосферной ультрафиолетовой астрономии. Полученные данные, о которых мы упоминали только бегло, существенно дополняют те исследования, которые проводятся другими способами – как с помощью традиционных методов наземной астрономии (видимые лучи, близкие инфракрасные и радиоволны), так и с помощью внеатмосферной астрономии в далеких инфракрасных, рентгеновских и гамма-лучах.

Таким образом, внеатмосферная астрономия позволяет исследовать недоступные с Земли части спектра электромагнитного излучения небесных объектов – вакуумный ультрафиолет, рентгеновские и гамма-лучи. Внеатмосферная астрономия благодаря именно отсутствию атмосферы позволяет также исследовать тонкую структуру небесных объектов с рекордной разрешающей способностью. В принципе при соответствующей высокой точности стабилизации здесь можно достичь обусловленного оптикой дифракционного предела. Уменьшение же размеров изображений увеличивает проникающую силу телескопов. Внеатмосферные наблюдения не зависят к тому же от капризов погоды, здесь нет препятствующих наблюдениям облаков, нет рассеянного лунного света. Все эти преимущества дают основание для высказываемого иногда мнения, что внеатмосферная астрономия призвана полностью заменить наземную. Однако вряд ли такое произойдет. Ведь нельзя забывать, что, несмотря на явные преимущества внеатмосферной астрономии и ее большую привлекательность, она обходится все же очень дорого. Между тем огромное количество астрономических задач с некоторой лишь задержкой во времени (из-за погодных условий) может быть решено средствами наземной астрономии – без дополнительных больших затрат на вывод телескопов на орбиту. Так что перед внеатмосферной астрономией нужно ставить те задачи, которые нельзя решить иначе, как выведя телескопы за пределы атмосферы. Именно такие задачи решает ультрафиолетовая астрономия.



## Финиш космического марафона\*

Проводив советско-афганский экипаж, «Океаны» продолжили свою работу на орбите. Теперь их стало трое – к старожилам Владимиру Титову и Мусе Манарову добавился Валерий Поляков, прибывший на станцию «Мир» вместе с Владимиром Ляховым и Абдул Ахадом Момандом. Экспедиция посещения, завершив работу, дернулась на Землю, а экипаж третьей основной экспедиции продолжал полет. Командир, бортинженер и врач. Врач на борту необходим, утверждают медики, ведь Титов и Манаров идут на побитие рекорда длительности космического полета.

8 сентября 1988 г. «Океаны» перестыковали корабль «Союз ТМ-6», оставленный им советско-афганским экипажем, со стыковочного узла модуля «Квант» на переходной отсек станции. В 4 ч 02 мин 50 с (здесь и далее везде указано московское декретное время, по которому осуществляется управление полетом советских космических аппаратов) было зафиксировано разделение корабля и орбитального комплекса. Перестыковки, как правило, производятся с помощью ручного управления кораблем, а орбитальный комплекс разворачивается по командам Центра управления полетом. И все это происходит в зоне телевизионной видимости, чтобы ЦУП мог наблюдать за маневрированием космических аппаратов. Так было «сегодня. И в 4 ч 25 мин 00 с «Союз ТМ-6» коснулся стыковочного узла на переходном отсеке орбитального комплекса.

10 сентября в 2 ч 33 мин 40 с к «Океанам» стартовал очередной грузовик – автоматический корабль «Прогресс-38». В числе прочих грузов он вез на орбиту около 500 кг оборудования для выполнения научной программы предстоящего советско-французского полета. Через 2 сут, 12 сентября, в 4 ч 21 мин 29 с этот грузовик причалил к модулю «Квант».

Рабочие будни на орбитальном комплексе шли своим чередом. С помощью ультрафиолетового телескопа «Глазар» проводились съемки участков небесной сферы в созвездиях Лебедь, Скорпион, Телец, Персей, Кассиопея, Южная Рыба, Корма. На установке «Бирюза» космонавты выполнили серию экспериментов по изучению процессов образования пространственных структур в ходе химических колебательных реакций в условиях микрогравитации. Не забывали «Океаны» и родную планету. В соответствии с программой исследования природных ресурсов Земли и охраны окружающей среды они проводили съемки различных районов территории нашей страны, в том числе Украины и Молдавии, Краснодарского и Ставропольского краев, прибрежных вод Каспийского моря.

Но по-прежнему тремя телескопами из четырех наблюдала за звездным небом международная орбитальная обсерватория «Рентген», установленная на модуле «Квант». Для восстановления работоспособности четвертого телескопа нужно повторить выход в открытый космос и завершить работы по замене блока-детектора, что не удалось довести до конца в предыдущем выходе.

Старый блок-детектор рассчитывался голландскими специалистами на год работы в космосе в составе рентгеновского телескопа. А трудился он даже более этого срока. Когда чувствительность его стала снижаться, в Утрехтской лаборатории космических исследований (Нидерланды) был спроектирован и изготовлен новый, более совершенный блок-детектор.

\* Продолжение (см. № 12 за 1988 г.).

Чтобы установить его взамен старого, космонавтам нужно было выйти в открытый космос. Этот выход состоялся 30 июня 1988 г. «Океаны» прошли почти 20 м по внешней поверхности орбитального комплекса, вскрыли теплоизоляцию, демонтировали электроцепи телескопа, перекусили многочисленные хомуты и винтики (при создании телескопа замена блока-детектора не предусматривалась). Осталось только открыть замок крепления... Но специальный ключ, изготовленный для открытия этого замка, не выдержал нагрузки и сломался в руке Манарова. Как это уже неоднократно случалось, привычные для нас на Земле операции в космосе оказывались не такими уж простыми.

После анализа было разработано несколько вариантов методики повторения выхода. К работе, кроме советских организаций, ученых из Утрехта и Бирмингемского университета (Великобритания), привлекли Институт Макса Планка в ФРГ и технический центр Европейского космического агентства в Нордвейке (Нидерланды). Новые инструменты были доставлены на борт орбитального комплекса грузовым кораблем «Прогресс-38». Этот же корабль привез «Океанам» новые скафандры для работы в открытом космосе взамен тех, что служили здесь два с половиной года.

Новые модифицированные скафандры внешне мало отличаются от прежних, ранее применявшихся. Они выполнены по той же хорошо зарекомендовавшей себя схеме полужесткого типа. Однако по своим функциональным возможностям они превосходят своих предшественников.

Прежде всего скафандр теперь может работать полностью автономно, и ему не нужен больше многопроводный электрический кабель, связывающий его прежде с бортовыми системами орбитальной станции. С этой целью скафандр доукомплектован съемной приставкой с автономными источниками питания и радиотелеметрическими средствами, а также дополнительными органами управления. «Руки» и «ноги» скафандра сделаны съемными. В случае повреждения их легко заменить, что увеличивает срок службы скафандра. Из новых, более прочных материалов изготовлены „мягкие элементы скафандра. Усовершенствованы перчатки. Доработаны и некоторые другие системы.

20 октября Владимир Титов и Муса Манаров, надев новые скафандры, в третий раз за свой полет вышли в открытый космос. В 8 ч 59 мин они открыли люк и «шагнули» за порог орбитального дома. Валерий Поляков в это время находился в спускаемом аппарате корабля «Союз ТМ-6». Таковы требования техники безопасности. А вдруг выходной люк не удастся закрыть герметично? И тогда Титову и Манарову придется уходить в «Союз ТМ-6» к Полякову. Ситуация крайне маловероятная, но лучше все-таки подстраховаться.

Работа на этот раз проходила спокойно, без неожиданностей. Добравшись до телескопа, космонавты снова сняли теплоизоляционное покрытие с обшивки модуля. С помощью специального домкратика они открыли заевший замок. Не без труда отодрали прикипевшее в вакууме кольцо, которым блок-детектор стыкуется с трубой телескопа. И вот новый блок-детектор установлен и подключен к сети электропитания.

Восстановив теплоизоляцию обшивки модуля «Квант», космонавты очистили два его иллюминатора, которые покрылись каким-то налетом (каким – это еще предстоит выяснить). Затем Титов и Манаров установили на переходном отсеке якорь – крепежное устройство, необходимое для работы во время предстоящего в декабре выхода в открытый космос по программе советско-французского полета, а на конической части рабочего отсека смонтировали антенну для радиолюбительской связи. В условиях открытого космоса они пробыли 4 ч 12 мин.

После замены блока-детектора все четыре телескопа обсерватории «Рентген» были направлены на центральную область нашей Галактики. Детальный анализ спектрограмм трех самых ярких в этом районе небесной сферы рентгеновских источников, проведенный в

Институте космических исследований АН СССР, показал, что возможности обсерватории теперь существенно расширились.

Рентгеновские телескопы снова устремили свои взоры в звездное небо. Большое и Малое Магеллановы Облака, Крабовидная туманность, созвездия Жервенник, Лисичка, Геркулес, Гончие Псы, Парус... Но все-таки особое внимание уделялось Сверхновой в Большом Магеллановом Облаке.

Информация, полученная с помощью телескопов модуля «Квант», показала, что жесткое рентгеновское излучение этого уникального небесного объекта за последние 9 мес наблюдений уменьшилось в 2,5 раза. Такое уменьшение потока излучения является следствием практически полного распада одного из элементов звездной материи – радиоактивного кобальта, образовавшегося при взрыве Сверхновой.

– Телескопы «Кванта», – говорит руководитель программы «Рентген» член-корреспондент АН СССР Р. А. Сюняев, – позволили 10 августа 1987 г. впервые зарегистрировать поток рентгеновского излучения от Сверхновой. Чем прозрачнее становилась ее оболочка, тем больше был этот поток. Характер излучения связан с процессом образования железа. При взрыве Сверхновой сначала синтезируется никель-56. Он радиоактивен и примерно через 9 сут распадается, превращаясь в кобальт-56. Тот распадается через 114 сут, образуя железо-56. Таким образом Вселенная получает железо. Теоретически это было ясно еще 10 – 15 лет назад, но сейчас впервые подтверждено экспериментально по рентгеновскому излучению Сверхновой в Большом Магеллановом Облаке.

Продолжали «Океаны» эксперименты и по другим направлениям научной программы. Так, с использованием магнитного спектрометра «Мария» они проводили исследования потоков элементарных заряженных частиц высоких энергий и их взаимодействия с радиационными поясами Земли. Выполняли биотехнологические эксперименты по синтезу полиакриламидного геля, который в дальнейшем предполагается использовать на Земле для совершенствования технологии получения биологически активных соединений.

12 ноября Владимир Титов и Муса Манаров превысили достижение Юрия Романенко по продолжительности космического полета, которое равнялось 326 сут 11 ч 37 мин 59 с. Дальше начиналась еще никем не пройденная дорога.

Еще в начале нашего века пионер французской космонавтики Робер Эсно-Пельтри писал: «Следует весьма серьезно отнестись к факту уничтожения или сильного ослабления тяготения. Можно лишь надеяться, что люди, легко переносящие «морскую» или «воздушную» болезни, перенесут также и «межпланетную болезнь».

Наибольших успехов в борьбе с «межпланетной болезнью» добились советские специалисты.

– Физиологические изменения в организме человека неизбежны при длительной работе в невесомости, – говорит директор Института медико-биологических проблем Минздрава СССР А. И. Григорьев. – Но противостоять невесомости, эффективно отражать ее удары можно и весьма успешно.

Результаты медицинского обеспечения многомесячных космических экспедиций, состояние здоровья космонавтов в ходе полетов и после их завершения дают основание для постепенного продвижения вперед. 326 сут работал на орбите Юрий Романенко, а у Владимира Титова и Мусы Манарова этот период; решили увеличить до года. Причем если предшественников «Океанов» к концу полета переводили на щадящий режим, сокращая продолжительность рабочего дня, то у нынешних космических долгожителей нагрузка в последние недели даже возросла. Этого потребовал плотный график совместных работ по советско-французскому проекту «Арагац».

«...Гнездо орлов – утесов круть, озера – бирюза», – так воспевал армянский поэт Аветик Исаакян четырехглавый красавец Арагац, самую высокую гору Закавказья. Об этом потухшем вулкане писали древние историки и путешественники. На его склоне находится всемирно известная Бюраканская астрофизическая обсерватория. Суровый и величественный массив Арагаца, с вершин которого видна почти вся Советская Армения, служит для жителей республики своеобразным национальным символом. Его именем названы населенные пункты, улицы, кинотеатры, здравница, турбаза...

В октябре 1986 г. в Ереване проходило двадцатое совещание советских и французских специалистов по вопросам сотрудничества в исследовании и использовании космического пространства. Центральное место на этом совещании занимала подготовка к полету второго советско-французского экипажа. И в честь гостеприимной земли Армении, где была выработана программа совместного полета, проект получил название «Арагац».

Советско-французское сотрудничество в мирном освоении космоса началось в 1966 г. Именно тогда во время своего визита в СССР президент Франции Шарль де Голль выразил пожелание установить тесные научные связи между нашими странами. Франция стала первым капиталистическим государством, с которым Советский Союз подписал межправительственное соглашение о сотрудничестве в исследовании космического пространства.

На советских «Луноходах» устанавливались французские лазерные отражатели. Приборы, изготовленные в Тулузе и Медоне, летали на межпланетных станциях «Марс» и «Венера», на спутниках «Прогноз». Интересные эксперименты, в результате которых были получены искусственные полярные сияния, проводились по проекту «Аракс». С острова Кергелен, расположенного в южной части Индийского океана, дважды запускались французские ракеты «Эридан» с большим комплексом советской и французской аппаратуры.

С помощью советских ракет-носителей были запущены французские технологические спутники МАС-1 и МАС-2 и научный спутник «Снег-3».

Успешно ведутся совместные работы в области космической метеорологии и связи. Французские ученые принимают деятельное участие в биологических исследованиях на советских специализированных спутниках серии «Космос».

Французские ученые участвовали в крупном международном проекте «Венера-Галлей», который осуществлялся с помощью советских межпланетных станций «Вега». Эти работы нашли продолжение в новом, еще более масштабном международном проекте «Фобос». На ближайшие годы запланировано еще девять космических проектов с участием СССР и Франции.

Особое место в советско-французском сотрудничестве занимают полеты совместных космических экипажей.

В октябре 1979 г. во французских специализированных изданиях появилось объявление: «Государственное учреждение приглашает французских граждан в возрасте 25 – 45 лет, обладающих отличным здоровьем, хорошим зрением и имеющих диплом инженера или соответствующий ему университетский диплом в научно-технической области». На объявление откликнулось 430 человек. После предварительного рассмотрения для дальнейших обследований было оставлено 196 кандидатов, включая 26 женщин. К марту 1980 г. число претендентов сократилось до шести. Среди них оставалась одна женщина – Франсуаза Варниер, специалист по оптике и инструктор по планеризму. И кто знает, каким бы мог стать состав первого советско-французского экипажа, если бы Франсуаза во время одного из тренировочных прыжков с парашютом не сломала бы себе ногу... Кстати, и сейчас среди семи французских кандидатов в космонавты, отобранных для полетов на советских и американских космических кораблях, есть одна женщина – врач Клоди Андрэ-Дезе. А тогда, в

1980 г., все испытания прошли двое кандидатов – летчики ВВС Франции подполковник Жан-Лу Кретьен и майор Патрик Бодри.

Первым космонавтом Франции стал Жан-Лу Кретьен. Ему же первым из французов суждено было второй раз отправиться в космический полет.

Кретьен родился в 1938 г. в Ла-Рошели. В двадцать четыре года он закончил военно-воздушную школу в Салон де Провансе в провинции Бретань, где и сейчас находится его дом. Затем семь лет служил летчиком-истребителем в боевых частях, летал на самолетах «Мираж». Поступил в школу летчиков-испытателей в городе Истр. После ее окончания в 1970 г. был ответственным за программу испытаний самолета «Мираж Ф-1». В 1977 г. стал заместителем командующего противовоздушной обороны южного района Франции. Он налетал на реактивных самолетах более 5000 ч.

Полет Юрия Гагарина многих заставил всерьез задуматься над космическими профессиями. Люди писали заявления, предлагали свои услуги... И так было не только в нашей стране.

– Я тогда учился в авиационном училище у себя в Бретани, – вспоминает Жан-Лу Кретьен о том историческом дне 12 апреля 1961 г. – Узнав эту потрясающую новость, я пошел к начальнику училища и отпрапортовал, что, если возникнет необходимость, готов отправиться в космос. Начальник рассмеялся и сказал, что когда для французов появится такая возможность, то я вряд ли; полечу, потому что буду уже стариком.

Пророчество начальника не сбылось. 24 июня 1982 г. Кретьен вместе с советскими космонавтами Владимиром Джанибековым и Александром Иванченковым стартовал к орбитальной станции «Салют-7».

После своего первого космического полета Жан-Лу Кретьен работает в Национальном центре космических исследований Франции (КНЕС). Он руководитель отряда летчиков-испытателей, которым предстоит «обкатывать» космический корабль многоразового использования «Гермес». В качестве дублера Патрика Бодри он проходил подготовку к полету на американском корабле «Спейс шаттл». Сравнивая систему подготовки к космическим полетам в СССР и США, Кретьен говорит:

– В США существуют три ступени квалификации космонавтов: пилот-астронавт, бортинженер и специалист по полезным грузам. Никаких совместных тренировок экипажа не проводится. И если у вас я, будучи космонавтом-исследователем, изучал корабль и станцию, набирался опыта в совместных тренировках и вообще все с советскими космонавтами делил поровну, то там каждый при своем.

В 1986 г. началась подготовка ко второму советско-французскому полету. Претендентов на этот раз было больше – 715. Но Кретьен снова выдержал все испытания и стал первым кандидатом для нового совместного космического эксперимента. В ноябре того же года он и его нынешний дублер подполковник Мишель Тонини прибывают в Звездный городок для тренировок к предстоящему полету.

У Кретьена четверо сыновей, старшему из них 28 лет, младшему 14. Кроме разнообразных спортивных увлечений, главными из которых для него являются яхты и водные лыжи, Жан-Лу большой любитель органной музыки. Электроорган он неизменно привозит с собой в Звездный городок.

Если прошлый раз Жан-Лу жил в Звездном один, то теперь вместе с ним приехала его жена Эмми Кретьен. Они познакомились в Хьюстоне, когда Жан-Лу был дублером Патрика Бодри. Эмми по профессии менеджер. Но она еще очень любит шить, и как модельер-любитель участвовала в конкурсе на космическую одежду для экипажей будущей орбитальной станции США. Ее оригинальный комбинезон для астронавтов занял первое место, и Эмми приехала в Хьюстон для консультаций со специалистами, чтобы пустить его в дело... Во Францию Жан-Лу вернулся с молодой женой, вместе они приехали и в Советский Союз.

А в апреле 1988 г. была свадьба у Мишеля Тонини, дублера Кретьена. Его женой стала русская девушка Елена Чечина. Как инструктор ЦПК имени Ю. А. Гагарина по физкультуре и спорту она занималась с французскими космонавтами лыжной подготовкой.

Советско-французские экипажи были сформированы в феврале 1988 г. В каждом из них оказалось по два Героя Советского Союза. В основном экипаже – командир Александр Волков и космонавт-исследователь Жан-Лу Кретьен, в дублирующем – командир Александр Викторенко и бортинженер Александр Серебров.

Александр Волков родился в 1948 г. в шахтерском городе Горловке на Донбассе. Его старший брат продолжил рабочую эстафету родителей, он буровой мастер в геологоразведочной экспедиции. А Александр выбрал себе небо. Закончил Харьковское высшее военное авиационное училище летчиков имени дважды Героя Советского Союза С. И. Грицевца, потом сам в качестве инструктора обучал курсантов летному мастерству. С 1976 г. Волков живет в Звездном городке, работает в ЦПК имени Ю. А. Гагарина. Он успешно окончил школу летчиков-испытателей. За время летной работы освоил более двадцати типов самолетов и их модификаций. Его общий налет превышает 2100 ч. Волков – военный летчик первого класса и летчик-испытатель второго класса.

Осенью 1985 г. Александр Волков в качестве космонавта-исследователя вместе с Владимиром Васютиным и Георгием Гречко совершил космический полет на орбитальную станцию «Салют-7», на которой работали космонавты Владимир Джанибеков и Виктор Савиных. Во время этого полета впервые была проведена частичная смена экипажа: Джанибеков и Гречко вернулись на Землю, а работу на орбите продолжили Васютин, Савиных и Волков. 65 сут – такова продолжительность первого космического полета Александра Волкова. Ему присвоена квалификация «Космонавт 3-го класса».

Во втором полете Волков – командир, а командиру положено иметь свой позывной. С его выбором у Александра не было затруднений, он сразу сказал: «Донбасс».

Бортинженер основного экипажа Сергей Крикалев самый молодой из всех шести космонавтов и единственный среди них холостяк. Сергей родился в 1958 г. в Ленинграде. Отец – инженер-строитель, мать – учительница. Учась в школе, Сергей всерьез занимался плаванием. Студентом первого курса Ленинградского механического института он хотел поступить в аэроклуб. Но не взяли, ему не было еще 18 лет. С третьего захода он добился своего. Практически все свое свободное время отдавал самолетам, освоил высший пилотаж на различных типах спортивных машин. Ему присвоено звание «Мастер спорта СССР».

С 1981 г. Крикалев работает в конструкторском бюро, участвует в испытаниях космической техники, в отработке методик работы космонавтов, разработке бортовых инструкций, в управлении полетом. И по-прежнему продолжает летать. В 1983 г. он стал чемпионом Москвы, успешно выступал за вторую сборную страны.

Почти сразу же по приходе в КБ Крикалев подал заявление с просьбой зачислить его в космонавты и с 1985 г. начал готовиться к космическим полетам. В советско-французский экипаж Сергей пришел немного позже других, когда заболел первоначально назначенный бортинженер.

Подводя итоги подготовки советско-французских экипажей, начальник ЦПК имени Ю. А. Гагарина генерал-лейтенант В. А. Шаталов сказал:

– Полет предстоит сложный, и подготовка к нему была напряженной. По сравнению с первым советско-французским пилотируемым полетом на сей раз программа более обширная. Впервые французский космонавт вместе с советским выйдет в открытое космическое пространство. Пока только представители СССР и США работали в открытом космосе, Франция станет третьей страной. Нам приятно, что мы можем поделиться опытом и оказать помощь Франции. Эта страна настойчиво, последовательно идет по пути освоения

космоса, разрабатывает свою технику, приборы, готовит кадры космонавтов, по праву стала лидером западноевропейских, стран в создании собственного пилотируемого корабля. Наши совместные проекты с Францией – прекрасный пример сотрудничества, потому что оно направлено не только на решение сегодняшних задач, но и создает хорошие предпосылки для будущего.

Сейчас многих интересуют затраты. Во что нам обходится освоение космоса? На одной из пресс-конференций начальник Главкосмоса СССР А. И. Дунаев ответил, что полет французского космонавта обойдется советской стороне около 21 млн. долл. Французская сторона компенсирует примерно 10% этих затрат. Было оплачено также пребывание во Франции советских специалистов, и кроме того, французская научная аппаратура в дальнейшем будет использоваться советскими космонавтами.

Для подготовки ко второму полету Жан-Лу Кретьен прибыл в Звездный городок полковником, а за месяц до старта ему было присвоено звание генерала. Самый старший в экипаже по возрасту и по воинскому званию, он оставался добрым, отзывчивым товарищем, строго соблюдал дисциплину и поддерживал авторитет своего командира полковника Волкова (продолжение в следующем выпуске).

---

Научно-популярное издание

**Товмасын Гранд Мушегович**

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ НА ОРБИТЕ

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*

Редактор *И. Г. Вирко*

Мл. редактор *С. С. Патрикеева*

Обложка художника *К. С. Гуреева*

Худож. редактор *К. А. Вечерин*

Технический редактор *Н. В. Клецкая*

Корректор *В. В. Каночкина*

ИБ № 9821

Сдано в набор 01.03.89. Подписано к печати 12.04.89. Т-01399. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,57. Уч.-изд. л. 3,66. Тираж 27 164 экз. Заказ 414. Цена 15 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 894204.

Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

4-я стр. обложки



15 коп.

Индекс 70101



СЕРИЯ **КОСМОНАВТИКА,  
АСТРОНОМИЯ**