

Херберт Фридман

(к 100-летию со дня рождения)

Признанный пионер фундаментальных космических исследований рентгеновского излучения Вселенной американский ученый Херберт Фридман внес крупный вклад в физику Солнца, аэронию и астрономию. Он основоположник внеатмосферной астрономии, этой области посвящены 25 важнейших трудов и 50 патентов.



Х. Фридман. 1950-е гг.

Х. Фридман руководил первыми ракетными и спутниковыми экспериментами по обнаружению рентгеновского излучения Солнца, впервые измерил звезды в далекой ультрафиолетовой области, исследовал космическое рентгеновское и гамма-излучение. Всю жизнь он отдал служению науке: работал в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории (Naval Research Laboratory, NRL) в Арлингтоне, входил в состав научного консультативного комитета при президенте США, консультативного комитета Комиссии по атомной энергии, Комиссии по космическим исследованиям, член правления национальной Академии наук. Он был одним из основателей Международной академии астронавтики.

Херберт Фридман (Herbert Friedman) родился 21 июня 1916 г. в Нью-Йорке в районе Бруклина, он был вторым ребенком из трех детей Сэмюэля и Ребекки Фридман. Его отец, американский ортодоксальный еврей, открыл магазин товаров по искусству и успешно вел свое дело на 9-й улице Манхэттена. Мать, родом из Восточной Европы была домохозяйкой. Херберт с детских лет хотел стать художником и развивал свои способности: жизнь его семьи окружала художественная и музыкальная среда. Никто больше в семье, кроме него не рисовал, несмотря на то что отец имел тесные деловые (часть бизнеса) связи с художниками. С раннего возраста мальчик зарабаты-

вал карманные деньги от продажи своих рисунков. Когда Херберту исполнилось девять лет, у него возник интерес к науке. В автобиографии он упоминает поездку в 1925 г. в Верхний Манхэттен для наблюдения полного солнечного затмения. В 1932 г. Херберт поступил на художественное отделение в Бруклинский колледж, но во время учебы увлекся математикой и физикой. В 1936 г. он закончил колледж, получив степень бакалавра в области физики. По завершении образования у него не возникло мысли о научной карьере – тем более, что в это время в США продолжался период Великой экономической депрессии и найти работу было невозможно. В лучшем случае он мог бы занять место преподавателя в средней школе, но и здесь была высокая конкуренция. Пришлось работать художником по рекламе за 5 долларов в неделю. Но Херберт все-таки решил поступить в аспирантуру, и ему повезло. Знакомый по учебе в Бруклинском колледже преподаватель Бернард Каррелмейер помог Херберту получить стипендию на физическом факультете в Университете им. Джона Хопкинса в Балтиморе (штат Мэриленд). Молодому ученому дали возможность также преподавать за 40 долларов в месяц. В дальнейшем Фридман посвятил себя разным областям наук и проявил себя как одаренный ученый и педагог.

В научных кругах Соединенных Штатов в эти годы наблюдался огромный интерес к экспериментальной физике. Физики-ядерщики, лауреаты Нобелевской премии Артур Комптон в Чикаго и Роберт Милликен в Беркли изучали рентгеновское излучение, высокоэнергетические частицы и космические лучи; Карл Андерсон в Пасадене обнаружил положительный электрон; астроном Эдвин Хаббл открыл разбегание галактик и обосновал понятие расширяющейся Вселенной. В Университете им. Джона Хопкинса Х. Фридман выполнил свои первые исследования материалов с помощью счетчика

Гейгера – Мюллера под руководством экспериментатора в использовании рентгеновских лучей профессора Дж.А. Бердена. Этот датчик счета ионизирующих частиц был изобретен в 1928 г. и только начал использоваться в экспериментах. Фридман улучшил чувствительность счетчика Гейгера – Мюллера. Начинаящий ученый написал три работы по рентгеновскому взаимодействию с разными материалами, главным образом, с металлами. Одна из них – “Рентгеновские линии эмиссии и пределы поглощения К-линий сплава меди-цинка” – опубликована в 1940 г. Получив в 1939 г. в Университете им. Джона Хопкинса звание доктора философии в области физических наук, он еще год преподавал в нем.

Только после протекции физического факультета Университета им. Джона Хопкинса в 1940 г. Х. Фридману предложили занять должность научного сотрудника в Отделе металлургии Военно-морской научно-исследовательской лаборатории. Тогда эта организация была небольшим учреждением, в семи исследовательских отделах работало около 100 ученых и инженеров. В 1940-х гг. Фридман проводит прикладные эксперименты по темам “Маркировка свинцом рентгенографической пленки и предотвращение ее засветки”, “Измерение толщины тонких покрытий при поглощении рентгеновским излучением”, “Определение концентрации тетраэтила в бензине при абсорбции рентгеновскими лучами”.

В 1942 г. Х. Фридман женился на Гертруде Миллер. Она тоже родилась в Бруклине, училась в Бруклинском колледже в то же время, что и Херберт, но им не удалось тогда встретиться. Дети Фридмана, Пол и Джон, родились в 1944 г. и 1947 г. В 1950 г. семья переехала в Арлингтон (штат Вирджиния). Жена создавала все условия для отдыха ученого, дом семьи Фридман был уютным и гостеприимным, весной в приусадебном саду цвели азалии.



Здания Военно-морской научно-исследовательской лаборатории США. 1967 г.

В 1942 г. Х. Фридман случайно оказался в подразделении Военно-морской научно-исследовательской лаборатории, занимающейся оптикой, которое возглавлял тогда пионер в исследованиях верхних слоев атмосферы Э. Хулберт. Он предложил ученому руководство недавно сформированным отделом по эксплуатации электронной микроскопии и рентгеновского анализа дифракции. Фридман переходит в отдел. Здесь он разрабатывает технику резки и настройки кристаллов на радиочастоту при брэгговском отражении, исследует особенности распространения, отражения и преломления рентгеновских лучей в кристаллах, обладающих высоким диэлектрическим контрастом. В мирное время такие кристаллы применялись в радиосхемах, но, так как шла Вторая мировая война, то их пришлось использовать и в военной радиотехнике. В 1945 г. Фридман полу-

чил (как гражданский специалист) за эти работы высшую военную премию — за “Службу в военно-морском флоте”. В тексте премии, в частности, было отмечено, что потребовалось много усилий для создания новой техники, чтобы спасти миллионы жизней. Во время войны Фридману пришлось стать участником проекта государственной важности — искать радиоактивные материалы для идентификации в местах ядерных взрывов примененного оружия. Стандартная техника при анализе микрочастиц тогда не позволяла точно определить взорванный радиоактивный материал. Ученый понял, что при ядерном взрыве в стратосферу попадают радиоактивные элементы, создающие условия для выпадения дождя. Стало ясно, что с помощью химических методов можно извлекать тяжелые элементы из дождевой воды. Эта простая идея Фрид-

мана превратилась в мощное средство обнаружения ничтожного количества включений в атмосфере. Им был сконструирован модифицированный счетчик Гейгера – Мюллера, способный исследовать кванты высоких энергий и точно устанавливать факт ядерного взрыва. Он стал участником секретного проекта Военно-морской научно-исследовательской лаборатории, названного “Стуки дождя” (Project Rain Barrel). С помощью своего прибора ему удалось раскрыть факт произведенного в СССР 29 августа 1949 г. первого ядерного взрыва.

В 1973 г. Фридман написал статью “Неориентированное исследование” для публикации в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории. В ней он рассказал в своей работе над преобразованием кварцевых кристаллов в точные кристаллические генераторы, которые обнаружили взрывы советских ядерных бомб, и о других прикладных работах. Позднее Фридман вместе с коллегой Бирком Ла Верном разработал метод рентгеновской флюоресценции при анализе материалов сложного состава. Эти важные достижения в науке характеризовали Фридмана как необычайно одаренного ученого.

К 1949 г. Х. Фридман под влиянием и при поддержке начальника подразделения Военно-морской научно-исследовательской лаборатории Э. Хулберта изменил направление научных интересов – его заинтересовали эксперименты на зондирующих ракетах – чтобы изучить солнечное излучение и структуру верхних слоев атмосферы. Хулберт начал исследование ионосферы с помощью высотных аэростатных зондов еще в 1920-е гг., но только ракеты могли доставить приборы на высоту более 50 км, где начинается ионосфера. В конце Второй мировой войны одного из специалистов Военно-морской научно-исследовательской лаборатории Эрнеста Крэюза командировали в Германию, чтобы оценить возможности немецкой военной техники. Ему проде-



Ракета Фау-2 на старте. Запускалась с полигона Уайт Сэндс (штат Нью-Мексика, США). 1946 г.

монстрировали баллистическую ракету А-4 (Фау-2). Благодаря ученому, ее стали применять в научных целях. Хулберт поощрял ученых Военно-морской научно-исследовательской лаборатории развивать ракетные эксперименты. В 1946 г. на полигоне Уайт Сэндс (штат Нью-Мексико) запускались трофейные ракеты Фау-2, зондируя атмосферу на высоте до 100 км. В 1948 г. группа Ричарда Барнайта из Морской лаборатории (США) обнаружила рентгеновское излучение Солнца. На следующий год была запущена ракета с целью регистрации заряженных частиц счетчиком Гейгера – Мюллера. Этим экспериментом руководил Фридман, было установлено, что источником рентгеновского и



Запуск геофизической ракеты "Aerobee USAF-9" с ракетного полигона Уайт Сэндс. Максимальная высота подъема ракеты составила 108,2 км. 1950 г.

ультрафиолетового излучения является Солнце. В те годы меньше половины попыток запусков были успешными, но Фридман смог получить данные о параметрах солнечного излучения. Результаты экспериментов он опубликовал в статье "Измерение счетчиком фотонов солнечного рентгеновского излучения и крайнего ультрафиолета" в 1951 г. в журнале "Physical Review", так описывая эксперимент: "Телеметрическая информация принималась 29 сентября

1949 г. во время полета ракеты Фау-2, поднявшейся до 105 км. Выше 87 км было обнаружено влияние солнечного рентгеновского излучения на изменение степени ионизации атмосферы длиной волны 8 Å, выше 70 и 95 км ультрафиолетовое излучение имеет длину волны 1200 Å и 1500 Å. Результаты показали, что солнечные мягкие рентгеновские лучи важны в ионизации слоя E, в полосе излучения Лайман-альфа радиация проникает значительно ниже слоя E и что выше 100 км молекулярный кислород быстро расщепляется на атомарный". Таким образом, найден ответ на один из основных вопросов: каков источник поведения отражающего радиационного слоя? В эти годы ученый получил свой первый патент – "Параллельное расположение счетчиков Гейгера – Мюллера" и опубликовал в соавторстве статью "Измерение толщины тонких покрытий".

До 1950 г. проводились в основном лабораторные рентгеновские анализы, затем Фридман переключился на только что открывшуюся для исследований область наблюдений рентгеновского излучения из космоса с использованием геофизических ракет. Дело в том, что жесткое излучение с энергией более 20 кэВ полностью поглощается атмосферой на высотах до 20 км. Чтобы наблюдать его в диапазоне 1–20 кэВ (особенно в мягком, менее 1 кэВ) необходимо было поднять аппаратуру на высоту более 200 км. В 1955–1958 гг. счетчики Гейгера – Мюллера на ракетах "Аэроби-150" ("Aerobee") смогли зафиксировать солнечную вспышку, эмиссия которой ограничивалась преимущественно рентгеновскими лучами. Фридман также впервые получил камерой-обскурой первое изображение Солнца, а также сведения о температуре и элементном составе солнечной короны; ему удалось уловить ультрафиолетовую эмиссию в нашей Галактике. С 1955 г. его группа начала изучать ультрафиолетовую фотометрию горячих звезд, в 1960-х гг. открыты

их ультрафиолетовые гало. В 1958 г. в полетах шести малых ракет “Nike-Asp”, стартовавших из Тихого океана, Фридман наблюдал солнечное затмение. Это позволило установить места рентгеновского излучения вне видимого диска Солнца, в небольших регионах на его поверхности. Исходящий от звезд рентгеновский поток (даже самых близких) не превышает 10^{-3} фотона/(см²/с). Обнаружить такое слабое излучение в 1950-е гг. было невозможно, и в течение десятка лет проблема не выходила из стадии теоретического обсуждения. В 1957 г. вышли две статьи Фридмана – “Ультрафиолетовое излучение в дальней области на ночном небе. На пороге космоса” и “Ракетные исследования рентгеновской эмиссии солнечных вспышек” в журнале “Nature”.

С созданием в 1958 г. NASA некоторые подразделения Военно-морской научно-исследовательской лаборатории и несколько ученых, работавших в отделе Фридмана, включая директора Гомера Ньюэлла, были переданы новой организации, а Фридману предложили руководящий пост в Центре космических полетов им. Р. Годдарда NASA. Ученый не оставил работу в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории, несмотря на большие перспективы. Пришлось реорганизовать лабораторию, в 1958–1963 гг. Фридман стал руководителем Отдела атмосферы и астрофизики в Вашингтоне. Военно-морская научно-исследовательская лаборатория была уникальной не только в научном плане: многие студенты и аспиранты могли участвовать в космических исследованиях и создании высоких технологий. Фридман знал, что надо укреплять университетские научные исследования, и этот вопрос обсуждался на заседании научного консультативного комитета при президенте. Используя свой авторитет, он поддержал предложение о создании в 1963 г. новой исследовательской организации –



Запуск ракеты “Nike-Asp” с атолла Джонсона в Тихом океане 22 сентября 1967 г. В головной части находился датчик, разработанный в Радиационной лаборатории Министерства энергетики США для изучения рентгеновского источника Скорпион X-1.

Центра космических исследований им. Э.О. Хулберта в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории и его технического оснащения, включая закупку геофизических ракет и другого необходимого оборудования. Начиная с 1963 г., Фридман возглавлял Отдел наук о космосе и работал по совместительству ведущим специалистом Центра космических исследований им. Э. Хулберта. Фридман смог убедить руководителей NASA продолжить финансирование центра до 1980 г.

В 1960 г. Фридман был избран в Национальную академию наук и получил звание профессора физики Университета штата Мэриленд, ему вручена премия Вольфа по физике.



Вручение Х. Фридману премии Вольфа по физике в 1960 г.

С конца 1950-х гг. в США, кроме Херберта Фридмана, проблемой регистрации источников космических рентгеновских лучей заинтересовались Риккардо Джаккони, Бруно Росси и их коллеги. Сложную задачу обнаружения таких, не связанных с Солнцем источников, они пытались решить двумя способами: увеличивая чувствительность приемной аппаратуры и выбирая для исследования не Солнце и звезды, а другие, промежуточные цели. В начале 1960-х гг. американские ученые создали регистрирующую аппаратуру на основе пропорциональных газовых счетчиков. 18 июня 1962 г. с полигона Уайт Сэндс на высоту 225 км была запущена геофизическая ракета "Аэробы-150". На ее борту находился рентгеновский детектор (энергетический диапазон 1,6–6,2 кэВ), созданный группой Р. Джаккони; в термосфере прибор работал в течение почти 6 мин. Этот полет ознаменовал собой начало эры рентгеновской астрономии. Были сделаны два важнейших открытия: обнаружено изотропное рентгеновское излучение Вселенной и ярчайший источник Скорпион X-1 (Sco X-1), содержащий опти-

ческую и аккрецирующую нейтронную звезду, светимость которой в тысячу раз превосходит оптическую. Определить точное положение Скорпиона X-1 на небе оказалось затруднительно. Лишь в 1963 г. Фридман подтвердил существование источника, а не вызывающее сомнения положение его на небе стало известно спустя десятилетие. Координаты другого источника совпали с известным остатком вспышки сверхновой – Крабовидной Туманностью. После открытия в 1968 г. оптических и радиопульсаров, Фридман смог зафиксировать рентгеновские пульсации от нейтронной звезды в Крабовидной Туманности.

В дальнейшем ученый совершенствовал научную аппаратуру для рентгеновских исследований. В 1965 г., 1968 г. и в 1971 г. на спутниках "Эксплорер-30, -37 и -44" типа "Солрад" ("Solrad-8–10") Фридман установил первый кристаллический спектрометр для измерения жесткого рентгеновского излучения. Во время очередного цикла солнечной активности с помощью спектрометра удалось проследить за изменением потока рентгеновского излучения во время вспышки на Солнце. Прототипы приборов "Солрад" были установлены на метеоспутниках серии "NOAA" и "GOES" для контроля радиационной обстановки в космосе.

Успехи рентгеновской астрономии связаны с запуском специализированных рентгеновских спутников и созданием космических обсерваторий (Земля и Вселенная, 2014, №№ 4, 5). Фридман участвовал в создании приборов, регистрирующих рентгеновское излучение небесных объектов. Первым из таких спутников был знаменитый американский "Ухуру" ("Uhuru", или "Эксплорер-42" тип "SAS-A"), запущенный 12 декабря 1970 г. Прибор в течение трех лет выполнил съемку всей небесной сферы в рентгеновском диапазоне и зарегистрировал 339 рентгеновских источников с энергией 2–6 кэВ. Среди результатов работы "Ухуру" необходимо отметить надежные изме-



Сборка американской неуправляемой суборбитальной зондирующей ракеты “Аэробе-150” (“Aerobee”). В 1950-х гг. она применялась для высотного исследования атмосферного и космического излучения.

рения космического рентгеновского фона в области энергий 20–500 кэВ. Под руководством Фридмана создан инструмент A1/LASS, содержащий семь больших пропорциональных газовых счетчиков; его установили на борту космической астрономической обсерватории высоких энергий “HEAO-1”, запущенной 12 августа 1977 г. Инструмент работал в диапазоне 3–25 кэВ, имел в конце XX в. самую большую собирающую площадь детекторов – около 10^4 см². Более высокие технические характеристики будут улучшены лишь космической рентгеновской обсерваторией “RXTE”, стартовавшей 30 декабря 1995 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 2, с. 40). За полтора года “HEAO-1” провела три сканирования всего неба в диапазоне 1 кэВ – 10 МэВ, что позволило зарегистрировать рентгеновские

источники в области полюсов эклиптики, а также провела детальные исследования ряда ярких источников.

В 1960–1980-е гг. Фридман был членом нескольких (в 1970 г. – в 17!) научных организаций: президент Комитета международного объединения солнечного-земных связей, директор американского ракетного общества и консультативной группы по космическим исследованиям, член геофизической комиссии и комитета Международного года спокойного Солнца, член четырех редакционных коллегий. Фридмана высоко ценили в высших кругах, он был чрезвычайно влиятельным научным советником. В конце 1970-х гг. Администрация президента Дж. Картера должна была утвердить перспективные космические программы и сделать выбор между межпланетной станци-

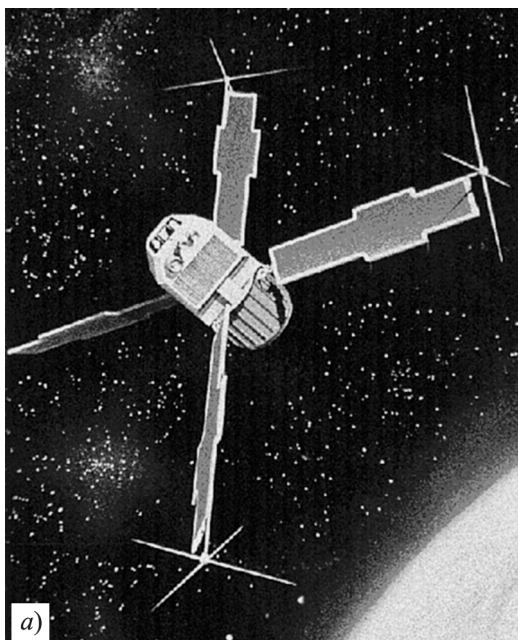


ИСЗ “Солрад” (“Solrad-1”) для исследования солнечного рентгеновского излучения, запущен 22 июня 1960 г. В 1960–1976 гг. запущено 16 спутников этой серии, из них 12 – успешно. Фото NASA.

ей для исследования в 1986 г. кометы Галлея и космической обсерваторией гамма-излучения им. А. Комптона (“Compton Gamma-Ray Observatory”, “CGRO”). По этому поводу обратились за советом к Фридману. Он ответил, что полет к комете Галлея вызовет большой отклик у общественности, но изучение гамма-излучения важнее – оно имеет фундаментальное значение. Правительство Дж. Картера выбрало проект “CGRO”, обсерваторию запустили в 1991 г.

Фридман проявлял интерес к ученым из стран социалистического содружества, особенно Советского Союза, он сотрудничал с ними при обсуждении проблем рентгеновской астрономии, был близким другом российского астрофизика И.С. Шкловского.

Фридман опубликовал более 300 научных работ, в их числе: «Изучение рентгеновских лучей и Лайман-альфа эмиссии Солнца на ИСЗ “SR-1” (“Solrad-1”)» (1962), “Интерпретация рентгеновских фотографий Солнца” (1963),



а)



б)

Космические рентгеновские обсерватории: а) “Ухуру” (“Эксплорер-42”, запущена 12 декабря 1970 г.); б) “НЕАО-1” (запущена 12 августа 1977 г.) Рисунки NASA.

“Затенение Луной эмиссии рентгеновских лучей от Крабовидной Туманности” (1964), “Распределение и изменчивость космических рентгеновских источников” (1966), “Рентгеновский пульсар в Крабовидной Туманности” (1969), “Рентгеновские колебания интенсивности в источнике Лебедь X-1” (1971). Вышли его научно-популярные книги “Удивительная Вселенная” (1975), “Солнце и Земля” (1987), “Вселенная астрономов: звезды, галактики и космос” (1990).

Видный ученый был большим государственным и общественным деятелем. Он организовал проводившееся на постоянной основе обсуждение Международной программы сохранения геосферы – биосферы на семинаре под эгидой Национальной академии наук. В 1984 г. были выпущены “Предложения по исследованию глобального изменения климата”, которые утверждены на Генеральной Ассамблее Международного географического союза. Фридман был в составе многочисленных национальных и международных организаций: Научного консультативного комитета при президенте Р. Никсоне, Комиссии по атомной энергии при президенте Л. Джонсоне, американской Академии искусств и наук, Международной академии астронавтики, Института аэронавтики и астронавтики. В 1964 г. его избрали в американское Философское общество, где работал в ряде комитетов. Незадолго до смерти он организовал симпозиум “Оборона от баллистических ракет, космической и ядерной угрозы”. Достижения ученого в науке были признаны во всем мире. Фридман получил почетные ученые звания Мичиганского и Тюбингенского университетов (Германия), был удостоен многих премий и наград. Это премия Вольфа по физике (1960), президентская премия “Выдающийся деятель” (1984), национальная медаль в области науки правительства США (1969), медаль “За выдающиеся научные достижения” NASA (1962), медали общественных организаций – Королевского



Директор Национального научного общества А. Ватерман. 1963 г.



Х. Фридман с сотрудником Военно-морской научно-исследовательской лаборатории доктором Дж. Каррузерсом. 1964 г.



Х. Фридман. 1969 г.

астрономического общества им. Эддингтона (1964), Французского астрономического общества им. П. Жансена (1962), Альберта Майкельсона Института им. Б. Франклина (1972), Американского геофизического и астрономического общества (1973).

В 1980 г. Фридман ушел из Военно-морской научно-исследовательской лаборатории на пенсию, но продолжал активно сотрудничать с научным сообществом и лабораторией до своей кончины. В 1996 г. по случаю 80-летия он получил награду за работу в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории, звание заслуженного деятеля Центра космических исследований им. Э. Хулберта. Был открыт Зал Фридмана в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории в знак высоких заслуг ученого. Фридман умер от рака в своем доме в Арлингтоне 9 сентября 2000 г.

Выдающийся ученый был выдвинут на Нобелевскую премию по физике за вклад в солнечную и рентгеновскую астрофизику, но в 2002 г. ее присудили Риккардо Джаккони. В своем докладе представитель Шведской Королевской академии наук отметил, что рентгеновская астрономия началась в 1949 г. благодаря Х. Фридману, который открыл солнечное рентгеновское излучение: *“Основателями рентгеновской астрономии в первые три десятилетия исследований были независимо друг от друга Х. Фридман, Р. Джаккони и Б. Росси. Эти три человека способствовали всестороннему развитию методов и аппаратуры, но также и к применению этих методов к научной работе, которые привели к важным открытиям в астрофизике”*.

С.А. ГЕРАСЮТИН