

Лаборатория космических исследований

В осенью 1969 году лаборатория стратосферных и внеатмосферных исследований ИКФИА СО РАН разделилась на две лаборатории: жестких излучений (с тематикой стратосферных исследований) и космических исследований (с тематикой внеатмосферных исследований). Спустя 26 лет, осенью 1995 года лаборатория космических исследований объединится с лабораторией жестких излучений в единую лабораторию магнитосферных частиц, такова ее судьба.

На протяжении всех 26 лет экспериментальной базой лаборатории космических исследований была научная аппаратура для регистрации интенсивности потоков ионизирующих излучений в околоземном космическом пространстве, которая была разработана и изготовлена в ИКФИА СО РАН и установлена на ракетах и космических аппаратах. Первые экземпляры научной аппаратуры были разработаны выдающимися инженерами, сотрудниками лаборатории в 60-х, 70-х годов, Ярыгиным Августом Васильевичем и Телятниковым Георгием Ивановичем.

Основные задачи лаборатории состояли в исследовании высотного хода интенсивности потока ионизирующих излучений, исследование динамики потоков высокоэнергичных электронов внешнего радиационного пояса Земли, частиц солнечных космических лучей и особенностей их переноса в короне Солнца и в межпланетной среде. Тематика этих исследований диктовалась практической необходимостью знания пространственного и временного распределения различных типов ионизирующих излучений их свойств в связи с интенсивным освоением околоземного космического пространства, поскольку космическая радиация представляет серьезную угрозу надежности функционирования космических аппаратов.

Для якутских космофизиков начало эры экспериментальных исследований физических процессов в околоземном космическом пространстве связана с именем ученого и организатора науки, создателя института космофизических исследований и аэронауки, организатора и заведующего лабораторией космических исследований, лауреата государственной премии, доктора физико-математических наук, профессора, Юрия Георгиевича Шафера.

Шафер Ю.Г. родился в 1909 году в г. Иркутске в семье инженера путей сообщения. После окончания физико-математического факультета Томского университета в 1935 году, был направлен Наркомпросом РСФСР в Якутию, старшим преподавателем в только что созданный пединститут и уже в 1936 году на базе пединститута он начинает организацию исследований в Якутии потоков частиц космических лучей и полярных сияний.

Великая Отечественная война прерывает эти работы. Майор ВВС Шафер Ю.Г. участник в обороне Сталинграда, освобождения Варшавы и взятия Берлина, вернувшись с фронта возобновляет научную работу. В 1950 за создания уникального прибора - ионизационной камеры, Шаферу Ю.Г. присуждается государственная премия. Послевоенные годы о Ю.Г. Шафере в Якутии складывались легенды.

Первые полет ракеты с научной аппаратурой, разработанной под руководством Шафера Ю.Г., был выполнен в 1958 году. Впоследствии научная аппаратура, разработанная в Якутии, стояла на 13 ракетах и не менее чем на 14 космических аппаратах, таких как "Космос", "Метеор", "Радуга". Область научных интересов сотрудников лаборатории космических лучей в 70-е, 80-е годы была достаточно широкой. Основные научные темы работ лаборатории тех лет: Исследования высотного хода интенсивности потока космических лучей, проводились с помощью аппаратуры разработанной и установленной на геофизической ракете (Шафер Ю.Г., Прокопьев С. И.); Измерения сверхнизких давлений атмосферы на больших высотах, тема "АИДА" (Бобков М. Ю., Мигалкин В.В.); Исследования надежности функционирования электронных устройств космических аппаратов в условиях повышенной радиации, тема "Конопус" (Мигалкин В. В., Лиходед А. Н.); Расчеты радиационной защиты космических аппаратов в условиях естественной и искусственной радиации, тема "ДОЗА" (Безродных И.П., Васильев К.А.); Исследования распространения потоков заряженных частиц в солнечной короне и межпланетной среде (Клименко В.В.);

Исследования динамики магнитной турбулентности в крупномасштабных структурах солнечного ветра (Безродных И.П.); Исследования динамики потоков высокоэнергичных электронов внешнего радиационного пояса Земли (Шафер Ю.Г., Безродных И.П.); Разрабатывались новая научная аппаратура 5K77 для исследования радиационных поясов Земли (Безродных И.П., Комаров В.Ю.), аппаратура для исследования химического состава космических лучей, тема "Галактика" (Кузьмин В. А, Лиходед А. Н.) и энергетического спектра космических лучей (Тимофеев В. Е., Комаров В.Ю.).

Выполнение этих работ стало реальным благодаря высококвалифицированному составу сотрудников лаборатории космических исследований. Крупнейшим достижением лаборатории космических исследований ИКФИА СО РАН является организация и проведение Шафером Ю.Г., Безродных И.П. мониторинговых наблюдений в период с 1976 по 1979 год энергичных заряженных частиц внешнего радиационного пояса Земли с помощью научной аппаратуры разработанной в ИКФИА СО РАН и установленной на геостационарных спутниках серии "Радуга", что позволило впервые в нашей стране получить ценную научную информацию о динамике ионизирующих излучений на орбите геостационарных спутников и зависимости этой динамики от состояния межпланетной среды. Эта информация в дальнейшем использовалась конструкторами космических аппаратов при разработке радиационной защиты для новой серии спутников предназначенных для телекоммуникаций и связи.

В СССР первый геостационарный спутник был запущен в сентябре 1976 г. Это был космический аппарат серии "Радуга" разработанный выдающимся советским конструктором Решетневым М.Ф.

Сотрудником лаборатории космических исследований ИКФИА СО РАН Безродных И.П. по данным космических аппаратов "Радуга", совместно с сотрудниками Института космических исследований АН СССР д.ф.-м.н. Писаренко Н. Ф. и к.ф.-м.н. Морозовой Е. И. по данным космических аппаратов "Прогноз-6", "Прогноз-7", было впервые обнаружено, что всем всплескам потока релятивистских электронов на границе магнитосферы и на орбите геостационарного спутника предшествует увеличение скорости солнечного ветра. Выявлена особая роль рекуррентных высокоскоростных потоков плазмы солнечного ветра в процессе заполнения радиационных поясов Земли высокоэнергичными частицами. Показано, что максимум скорости солнечного ветра опережает возрастание потока электронов на орбите геостационарного спутника, в среднем не величину около 2,5 суток.

Было экспериментально впервые обнаружено, что время запаздывания максимума потока релятивистских электронов на орбите геостационарного спутника относительно максимума потока скорости солнечного ветра, уменьшается с увеличением Kp - индекса геомагнитной активности. Показано, что время запаздывания по порядку величины равно времени диффузии электронов с границы магнитосферы.

Начиная с 80-х годов, сотрудники лаборатории космических исследований ИКФИА СО РАН, совместно с сотрудниками Института космических исследований АН СССР д.ф.-м.н. Писаренко Н.Ф. и к.ф.-м.н. Морозовой Е.И. выполняли большой объем работы по обработке и анализу данных с космических аппаратов и с автоматических межпланетных станций "Венера-13", Венера-14".

Сотрудники лаборатории космических исследований ИКФИА СО РАН принимали активное участие в первых исследованиях низкочастотной магнитной турбулентности в крупномасштабных структурах солнечного ветра. По данным магнитометров автоматических межпланетных станций "Венера-13" и "Венера-14" за период с ноября 1981 по февраль 1982 года сотрудником лаборатории космических исследований ИКФИА СО РАН Безродных И.П., совместно Морозовой Е.И., Писаренко Н.Ф.(ИКИ РАН СССР), с Ерошенко Е.Г. (ИЗМИРАН СССР) и Riedler W., Schwingenschuh K., Schelch G. (Австрия) были выполнены исследования низкочастотной магнитной турбулентности в области частот 10^{-3} - 10^{-2} Гц.

Были выполнены оценки плотности спектра мощности турбулентности:

- в отдельных структурных элементах межпланетной ударной волны (в ударном слое, в потоке вспышечной плазмы);
- вблизи стационарных МГД разрывов, разделяющих отдельные силовые трубки межпланетного магнитного поля (ММП).

Было показано, что плотность спектра мощности флуктуаций ММП в ударном слое на 1-2 порядка превосходит плотность спектра мощности флуктуаций перед фронтом и на частоте 10^{-3} Гц может достигать величины 10^4 гамма²/Гц, усиление турбулентности совпадает со скачком магнитного поля за фронтом межпланетной ударной волны. Было обнаружено резкое понижение мощности флуктуаций ММП при переходе от ударного слоя к потоку вспышечной плазмы. Впервые было показано, что магнитное поле в потоке вспышечной плазмы более регулярно, чем в спокойном солнечном ветре.

Сотрудником лаборатории космических исследований Клименко В.В. совместно Морозовой Е.И., Писаренко Н.Ф.(ИКИ РАН СССР), были выполнены исследования распространения потоков заряженных частиц в солнечной короне и межпланетной среде.

Получены численные оценки свободных пробегов заряженных частиц в межпланетной среде в области жесткостей 1- 2000 МВ, исследована зависимость свободного пробега частиц от их жесткости и расстояния от Солнца. Проведено исследование распространения заряженных частиц в солнечной короне по результатам измерений на космическом аппарате "Прогноз -7" и автоматической межпланетной станции "Венера-11 -14". Показано, что при распространении заряженных частиц в солнечной короне в пределах одной униполярной магнитной области реализуется быстрый перенос частиц со скоростью более 60 град/ч. Установлено, что замедление, распространяющихся в короне заряженных частиц, происходит на границах униполярных магнитных областей.

Получены численные оценки скорости переноса частиц, в пределах границы униполярной магнитной области, которая составляет величину около 2-5 град/ч. При наличии границы униполярной магнитной области между местом генерации и точкой инжекции эффективная скорость переноса частиц уменьшается и в среднем составляет величину 20-30 град/ч. Незначительная доля потока вспышечных частиц может распространяться через границу без изменения скорости переноса. Так, для протонов с энергией 5 МэВ только 0,3% полного потока частиц наблюдается за границей униполярной магнитной области в форме быстрой компоненты, а для энергии 20 МэВ доля быстрой компоненты заряженных частиц космических лучей составляет величину 0,7%.

Установлено, что граница раздела униполярных магнитных областей является существенной преградой для азимутального распространения частиц в солнечной короне. Получены численные оценки прозрачности границ униполярных магнитных областей. Показано, что увеличение прозрачности границы с энергией приводит к уменьшению показателя дифференциального энергетического спектра вспышечных частиц за границей униполярной магнитной области. Установлено, что при наличии границы униполярной магнитной области в отдельных вспышечных событиях реализуется более эффективный перенос потоков электронов в короне, чем протонов, с точки зрения плотности потока и скорости переноса. Получены дифференциальные энергетические спектры протонов и электронов в области инжекции, по результатам измерений потоков вспышечных заряженных частиц в межпланетной среде. Для события 21 января 1979 года, получены оценки дифференциального энергетического спектра заряженных частиц в точке генерации на Солнце и величины полной энергии выделившейся во вспышке в форме кинетической энергии потоков заряженных частиц. Оценки получены с учетом распространения заряженных частиц в межпланетной среде, эффектов коронального переноса частиц и прозрачности границы униполярной магнитной области. Показана возможность прогнозирования времени прихода солнечных протонов по данным текущих измерений релятивистских электронов, основанная на различии эффективности переноса потоков протонов и электронов через границы униполярных магнитных областей.