



ПРЕПРИНТ

8

Ю. И. СТОЖКОВ

**ДОЛГОПРУДНЕНСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ
ФИАН – ЛАБОРАТОРИИ ФИЗИКИ СОЛНЦА
И КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.Н. ВЕРНОВА – 70 ЛЕТ**

Москва — 2016

ПРЕПРИНТЫ ФИАН им. П. Н. ЛЕБЕДЕВА

ISSN 2410-4914

Главный редактор В. И. Ритус, *зам. главного редактора* А. А. Гиппиус,
научный секретарь С. А. Богачев, *ответственный секретарь* Л. В. Селезнев

Редакционная коллегия: В. С. Бескин, А. А. Горбачевич, О. Д. Далькаров,
Е. И. Демихов, И. Г. Зубарев, К. П. Зыбин, А. А. Ионин, Н. Н. Колачевский,
Е. Р. Корешева, С. Ф. Лихачев, А. С. Насибов, И. Д. Новиков, В. Н. Очкин,
Н. Г. Полухина, В. С. Лебедев, Н. Н. Сибельдин, Д. Р. Хохлов, С. А. Чайковский

Информация

Препринты ФИАН им. П. Н. Лебедева издаются с 1964 г.

Издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)

Адрес редакции: Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53, ФИАН

Тел.: +7 (499) 132-6137, +7 (499) 783-3640;

E-mail: preprins@sci.lebedev.ru, irinakh@sci.lebedev.ru

Страница сборника «Препринты ФИАН им. П. Н. Лебедева» в интернете:

<http://preprints.lebedev.ru/>

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА

Ю.И. Стожков

**ДОЛГОПРУДНЕНСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ФИАН –
ЛАБОРАТОРИИ ФИЗИКИ СОЛНЦА И КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.Н. ВЕРНОВА – 70 ЛЕТ**

№ 8

Москва 2016

Долгопрудненской научной станции ФИАН – лаборатории физики Солнца и космических лучей имени академика С.Н. Вернова - 70 лет

Ю.И. Стожков (ДНС ФИАН)

Введение. Во второй половине 40-х годов прошлого столетия перед нашей страной - Советским Союзом - стояла задача скорейшего создания ядерного (а немного позднее и термоядерного) оружия. В августе 1945 г. Соединенные штаты Америки испытали на мирных жителях Японии свои атомные бомбы, сбросив их на города Хиросиму и Нагасаки. Угроза применения ядерного оружия против нашей страны была реальной. Тогда наше правительство приняло решение о создании новых научных подразделений, работа которых должна была быть направлена на решение задач, необходимых для создания ядерного оружия. Было выпущено закрытое Постановление Совета народных комиссаров СССР (СНК СССР) № 503-208 от 4 марта 1946 г. о мерах по развитию исследований космических лучей (в то время космические лучи имели прямое отношение к созданию атомного оружия). В Постановлении, в частности, было предписано «создать в г. Долгопрудном Московской области научную станцию Физического института им. П.Н. Лебедева Академии наук СССР». Этот документ был подписан председателем СНК СССР И.В. Сталиным и Управляющим делами СНК СССР Я.Е. Чаадаевым. Начиная с этой даты и по настоящее время, Долгопрудненская научная станция ФИАН (далее ДНС) успешно проводит научные исследования в области физики космических лучей.

ДНС ФИАН была создана благодаря усилиям будущего академика С.Н. Вернова при поддержке академика Д.В. Скобельцына, в то время директора Научно-исследовательского института ядерной физики Московского Государственного университета имени М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ). С.Н. Вернов был первым директором ДНС ФИАН с момента ее создания по 1961 год.

В 1951 г. академик Д.В. Скобелцын был назначен директором ФИАН и в 1960 г. он передал функции директора НИИЯФ МГУ С.Н. Вернову. В свою очередь, С.Н. Вернов передал руководство ДНС ФИАН своему коллеге А.Н. Чарахчяну, который был директором ДНС с 1961 года по 1974 год (фотографии С.Н. Вернова и А.Н. Чарахьяна показаны на рис. 1 и 2.

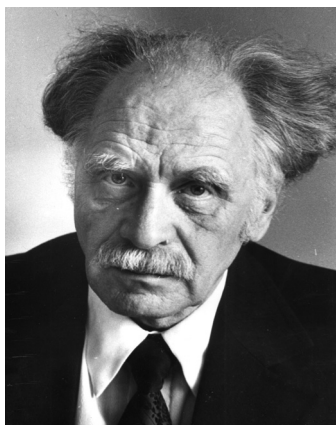


Рис. 1. Академик С.Н. Вернов (1910-1982) -основатель и первый директор ДНС ФИАН.



Рис. 2. Профессор А.Н. Чарахчян (1905-1981) - директор ДНС Ф ФИАН с 1961 г. по 1974 г.

Позднее с 1974 г. по 2011 г. директором ДНС был Юрий Иванович Стожков, а с 2011 г. по настоящее время – Владимир Салимгереевич Махмутов. Главное здание ДНС ФИАН в начале 1950-х годов и в 2015 г. показано на рис. 3.



Рис. 3. Главное здание ДНС ФИАН в начале 1950-х годов (слева) и в 2015 г. (справа)

Весь путь, пройденный ДНС ФИАН с момента ее основания по настоящее время, можно разбить на несколько этапов.

1946 - 1956 гг. Первые годы работы сотрудников станции были посвящены изучению состава, свойств частиц космических лучей и характеристик их ядерных взаимодействий. В то время единственным источником частиц с высокими энергиями ($E > 10^8$ эВ) были космические лучи. Изучение характеристик их взаимодействий с ядрами воздуха и других материалов было необходимо для создания атомного оружия в нашей стране. Во второй половине 40-х г. и в 50-е годы прошлого века С.Н. Вернов использовал технику подъема научной аппаратуры в верхние слои атмосферы на высоты 25-30 км с помощью аэрологических оболочек. В то время эта техника успешно применялась в физических исследованиях в нескольких лабораториях мира. Один из таких запусков научной аппаратуры в СССР показан на рис. 4.

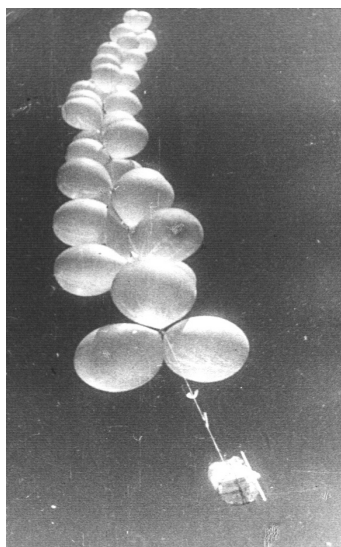


Рис. 4. Запуск прибора с помощью гирлянды оболочек вблизи г. Ош (начало 1950-х годов) сотрудниками ДНС.

Запуски в атмосферу различных типов приборов до высот 25-30 км позволили определить основные свойства космических лучей (энергетический спектр, угловое распределение заряженных частиц на разных высотах в атмосфере и др.), определить характеристики взаимодействий частиц космических лучей с ядрами воздуха, свинца, железа. В 1949 г. С.Н. Вернов и Н.А. Добротин организовали морскую экспедицию в Индийский океан для изучения свойств космических лучей на различных широтах и высотах в атмосфере (Рис. 5). Различные высоты в атмосфере создавали естественный сепаратор частиц космических лучей по их энергии, а

различные широты от почти полярных районов до экватора разделяли первичные частицы по их жесткости с помощью магнитного поля Земли.

В 1949 году Сергей Николаевич Вернов был удостоен Государственной премии первой степени за экспериментальные исследования космических лучей в верхних слоях атмосферы.

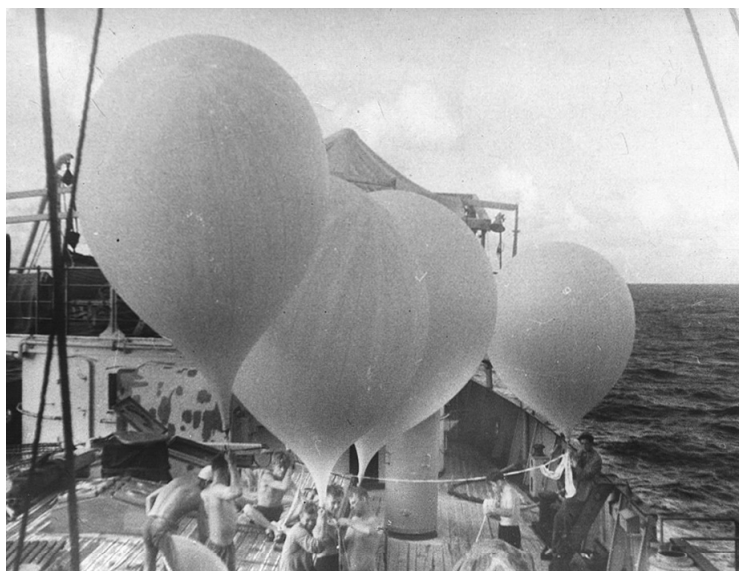


Рис. 5. Наполнение оболочек для запуска прибора в верхние слои атмосферы на экваторе в Индийском океане (1949 г.).

1957 - 2000 гг. В 1957 г. была принята программа «Международный геофизический год», направленная на исследования геофизических явлений в атмосфере и магнитосфере Земли. В этой программе участвовала и наша страна, на ее выполнение были выделены деньги. В рамках этой программы С.Н. Верновым и Н.В. Пушковым (в то время директор ИЗМИРАН) в СССР были созданы сети наземных магнитных станций, наземных станций космических лучей и сеть станций регулярного зондирования космических лучей в атмосфере Земли. Нужно сказать, что вплоть до настоящего времени (почти 60 лет) созданные станции исправно выполняют возложенные на них функции.

Идея регулярного зондирования потоков заряженных частиц в земной атмосфере на различных широтах была предложена С.Н. Верновым. С середины 1957 г. С.Н. Вернов со своим соратником и другом Агаси Назаретовичем

Чарахчяном начали проводить регулярные измерения потоков космических лучей на различных высотах в земной атмосфере северных и средних широт. Верным помощником А.Н. Чарахчяна в стратосферных экспериментах и обработке экспериментальных данных была Таисия Никаноровна Чарахчян. Это была замечательная женщина, талантливый физик - известный специалист в области космических лучей, позднее успешно защитившая докторскую диссертацию.

Ко второй половине 1950-х годов была разработана необходимая полетная и наземная приемная аппаратура. С.Н. Вернов еще в 30-х годах прошлого века модернизировал аэрологический радиозонд, чтобы измерять потоки заряженных частиц в земной атмосфере. Стандартный радиозонд для мониторинга заряженных частиц в атмосфере, используемый в последние десятилетия, показан на рис. 6. Радиозонд передает информацию по 2 каналам: данные одиночного счетчика (космические лучи плюс радиоактивность, если она есть) и данные телескопа, регистрирующего только космические частицы без радиоактивности.

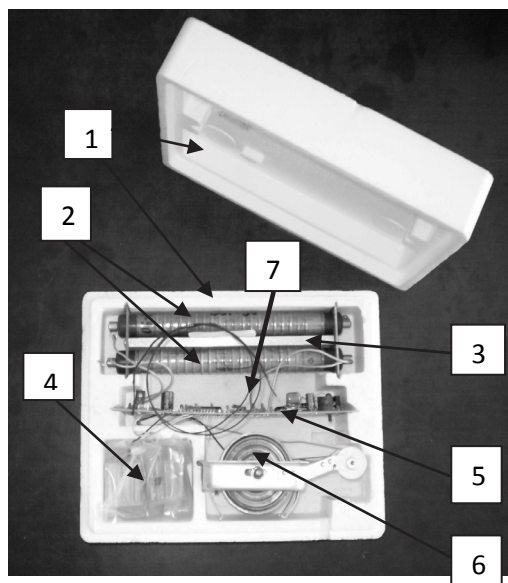


Рис. 6. Стандартный радиозонд для измерения заряженных частиц в атмосфере Земли: 1- крышка и корпус пенопластовой коробки; 2 - газоразрядные счетчики СТС-6 (верхний счетчик измеряет глобальный поток заряженных частиц, а верхний и нижний счетчики образуют телескоп, измеряющий вертикальный поток частиц); 3 - между счетчиками имеется алюминиевая пластинка толщиной 7 мм, которая поглощает все частицы, образованные в процессе радиоактивного распада; 4 - батарея для питания радиозонда; 5 - радиосхема с высоковольтным преобразователем (450 В) и передатчиком (частота ~ 135 МГц); 6 - барограф; 7 - свернутая антенна.

Прохождение отдельной заряженной частицы через детектор (счетчик или телескоп) вызывает срабатывание радиопередатчика, и этот импульс передается на наземный приемный пункт. Наземный приемный пункт включает в себя УКВ-приемник с антенной, селектор импульсов по длительности, осциллограф, компьютер со специальной программой для приема и анализа получаемой информации (рис. 7).



Рис. 7. Приемный пункт радиосигналов от радиозонда космических лучей в г. Долгопрудном Московской области. Прием данных радиозонда выполняет инженер ДНС В.В. Иванов.

Для градуировки газоразрядных счетчиков СТС-6 были разработаны специальные стенды, показанные на рис. 8 (для одиночных счетчиков) и рис. 9 (для телескопов). Стенд для градуировки одиночных счетчиков вращается со скоростью несколько оборотов в минуту, чтобы исключить неоднородность гамма-фона окружающей среды.



Рис. 8. Стенд для градуировки одиночных счетчиков



Рис.9. Стенд для градуировки телескопов.

Измерения потоков заряженных частиц проводятся от уровня Земли до высот 30-35 км на широтах с различными геомагнитными порогами обрезания R_c . Значения R_c определяются магнитным полем Земли и показывают минимальные значения жесткостей первичных космических частиц, которые попадают в данный пункт наблюдений. В полярных районах значения R_c близки к нулю, а в экваториальных районах значения R_c достигают величины ~ 15 ГВ.

С середины 1957 года изучение временных и пространственных изменений потоков космических лучей методом их регулярного мониторинга в атмосфере Земли стало основной темой научных исследований Долгопрудненской научной станции ФИАН.

К началу 60-х годов на ДНС сложился достаточно сильный коллектив, который включал в себя научных сотрудников, инженеров, техников, лаборантов. Руководителями работ были А.Н. Чарахчян и Т.Н. Чарахчян. Научная часть коллектива состояла из Г.А. Базилевской – известного ученого, сейчас д.ф.-м.н., профессора, А.Н. Квашнина - сейчас к.ф.-м.н., опытного экспериментатора и Стожкова Ю.И. - сейчас д.ф.-м.н., профессора. Несколько позднее к этой группе присоединились научные сотрудники Свиржевский Н.С. - сейчас д.ф.-м.н., гл.н.с., вложивший много сил и энергии в получение экспериментальных данных, Свиржевская А.К. - сейчас к.ф.-м.н., через руки которой проходят окончательную проверку все экспериментальные данные. В середине 70-х годов группа научных сотрудников пополнилась М.Б. Крайневым и М.С. Калининым - сейчас к.ф.-м.н., опытными и знающими физиками. В начале 80-х годов после окончания аспирантуры на ДНС начал работать В.С. Махмутов, ныне д.ф.-м.н., с 2011 г. руководитель ДНС ФИАН. Группа инженеров состояла из П.Н. Агешина и А.Ф. Красоткина, И.К. Маршанова, участников войны, внесших неоценимый вклад в получение экспериментальных данных о космических лучах в земной атмосфере, А.Е. Голенкова, В.Н.

Макунина, В.В. Баяревича, А.М. Истратовой, В.А. Чукарева - участников многих экспедиций на север (Мурманская область) и в Антарктиду (станция Мирный). К сожалению, многих из этих людей уже нет с нами. Много сил и энергии отдали обработке экспериментальных данных наши сотрудницы, тоже уже ушедшие от нас, А.Ф. Бирюкова, К.А. Богатская, В.И. Обрывалова. В течение многих десятилетий оперативную связь станции с центральной частью ФИАНа осуществляла З.С. Гусакова. Практически до конца 60-х годов компьютеров было очень мало, и обработка данных велась вручную. Это был огромный труд. В последние десятилетия обработка данных выполняется молодыми сотрудниками под руководством наших опытных специалистов Т.И. Ключковой, Г.В. Клишиной и Е.Г. Плотниковой. Большую работу проводила и проводит наша механическая мастерская, которой многие годы руководил В.К. Алексеев. Все образцы опытной аппаратуры были изготовлены нашими сотрудниками механической мастерской. Ценными приобретениями для ДНС оказался приход к нам высококвалифицированного инженера-электроника О.С. Максумова и заведующего механической мастерской А.В. Кирюшенкова. Эти сотрудники изготовили нейтронный детектор для международного космического эксперимента ПАМЕЛА. Прибор успешно проработал на космической орбите почти 10 лет. В последние годы оперативную связь ДНС с московской площадкой ФИАНа успешно выполняют наши сотрудницы Г.И. Плугарь и О.А. Шишкова.

Основной задачей регулярного мониторинга заряженных частиц в атмосфере было изучение модуляционных эффектов в космических лучах и их связи с солнечной активностью. К настоящему времени, в рамках этой тематики, получен единственный в мире ряд однородных данных о потоках космических лучей в атмосфере Земли на высотах от ее поверхности до 30-35 км. Эти данные были получены в северных (Мурманская область) и южных (Антарктида)

полярных широтах, а также на средних широтах северного полушария и охватывают временной интервал с середины 1957 г. по настоящее время.

За полученные научные результаты коллектив научных сотрудников ДНС (А.Н. Чарахчян - руководитель работы, Г.А. Базилевская, Ю.И. Стожков и Т.Н. Чарахчян - сотрудница НИИЯФ МГУ) в 1976 г. был удостоен Ленинской премии за работу по изучению модуляционных эффектов в космических лучах и связи этих эффектов с солнечной активностью.

Проведение регулярных запусков в атмосферу радиозондов космических лучей в каждом пункте наблюдений включает в себя в качестве обязательных условий наличие радиозондов, водорода в баллонах для наполнения оболочек, готовность приемной аппаратуры. До начала 90-х годов прошлого столетия (до начала развала СССР) радиозонды выпускались ежедневно не только в 3-х перечисленных выше пунктах, но и в Алма-Ате (совместно с сотрудниками КазГУ, руководитель работы - профессор Е.В. Коломеец), в обсерватории Тикси (совместно с сотрудниками ИКФИА, руководитель работы - д.ф.-м.н. А.М. Новиков), в Норильске (совместно с сотрудниками ИЗМИРАН СО АН СССР), в Армении вблизи Еревана (совместно с сотрудниками Ереванского физического института, руководитель работы - к.ф.-м.н. Г.А. Асатрян), в Крыму, поселок Научный (совместно с сотрудниками Крымской астрофизической обсерватории, руководитель работы - д.ф.-м.н. А.А. Степанян), в Воейково вблизи Ленинграда (руководитель работ, сотрудник ЛО ИЗМИРАН - д.ф.-м.н. М.И. Тясто), в Дальнереченске (по инициативе Гидрометслужбы) и в Бразилия (руководитель работы - профессор И. Мартин, Университет г. Кампинас). Обширная программа измерений была проведена в нескольких морских экспедициях, в основном на судах, следующих из Ленинграда в Антарктиду. Как правило, экспедиции организовывались в периоды минимумов или максимумов солнечной активности. Таким образом, нам удалось получить планетарное распределение

потоков космических лучей в атмосфере по всему земному шару в различные фазы солнечной активности.

С середины 1957 г. по настоящее время на разных географических широтах сделано более 85000 выпусков в атмосферу стандартных радиозондов космических лучей.

После развала СССР с начала 90-х годов финансирование РАН резко упало, и масштаб исследований пришлось существенно сократить. Цены на материалы существенно (в десятки раз) выросли. Многие материалы и оборудование перестали вообще производиться в России и сейчас приобретаются за рубежом. Например, метеорологические оболочки, ранее производимые в Казани и имевшие высокое качество, теперь, в течение последних нескольких десятков лет приобретаются в Китае. Радиозонды космических лучей, разработанные сотрудниками ДНС, в течение нескольких десятилетий производились заводом «Физприбор» в Москве (ежегодно до 2000 шт. радиозондов). В последние 20-25 лет они производятся силами сотрудников ДНС (ежегодно по 500 шт. радиозондов).

На рис. 10 приведен один из основных экспериментальных результатов регулярного стратосферного зондирования, полученный с середины 1957 г. по настоящее время - временной ход потока галактических космических лучей в максимуме кривой поглощения, $N_m(x)$, зарегистрированный в атмосфере северных и южных полярных широт и в северных средних широтах. На этом рисунке отчетливо видны 11-летние циклы в космических лучах, вызываемые соответствующими циклами в солнечной активности. Кроме того, видно чередование остроугольных пиков (1965 г., 1987 г., 2009 г.) и плоских вершин (1972-1977 гг., 1995-1999 гг.). Этот эффект связан с влиянием общего магнитного поля Солнца на процессы распространения космических лучей в гелиосфере. Он был открыт практически одновременно сотрудниками ДНС и иностранными учеными.

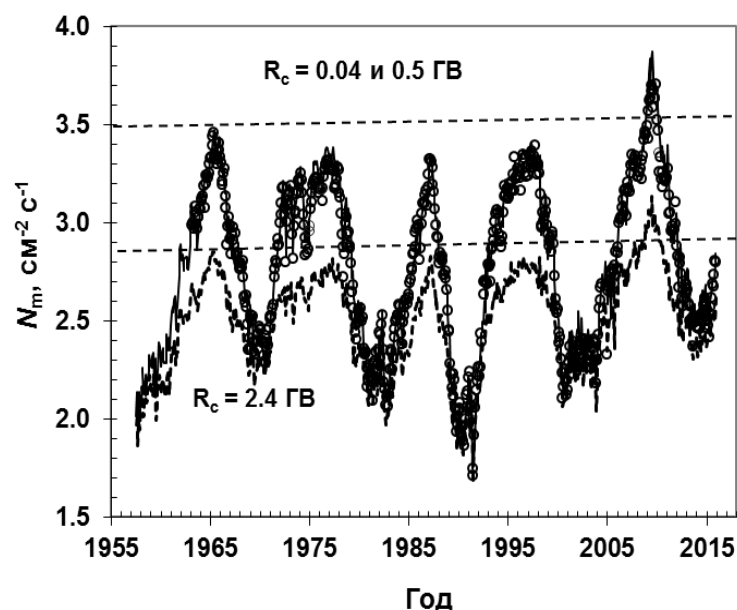


Рис. 10. Временной ход среднемесячных значений потоков галактических космических лучей в атмосфере в максимуме кривой поглощения, $N_m(x)$. Верхняя сплошная кривая - данные, полученные в северных полярных широтах в Мурманской области с геомагнитным порогом обрезания $R_c = 0.5$ ГВ; открытые кружки - измерения в Антарктиде в обсерватории Мирный, $R_c = 0.04$ ГВ; нижняя пунктирная кривая - измерения на средней широте вблизи Москвы, $R_c = 2.4$ ГВ. Пунктирные горизонтальные прямые показывают максимальные потоки галактических космических лучей, измеренные в 1965 г.

Другим важным результатом, полученным сотрудниками ДНС, являются исследования физических характеристик заряженных частиц, ускоренных во вспышках на Солнце. На больших высотах в полярной атмосфере частицы от солнечных вспышек регистрируются гораздо чаще, чем это делают специальные установки (нейтронные мониторы и мезонные телескопы), расположенные на поверхности Земли. С 1942 г. по настоящее время наземные приборы зарегистрировали 71 солнечное протонное событие, а в верхних слоях атмосферы в 19-23 циклах солнечной активности (1957-2009 гг.) в наших измерениях зарегистрировано более 100 вторжений в земную атмосферу солнечных протонов с энергией, выше 100 МэВ. Это соответствует 250 суткам

повышенной радиации в полярных широтах на высотах более 15-20 км. В периоды солнечных вспышек космических лучей проведено более 850 выпусков радиозондов.

В качестве примера на рис. 11 показано солнечное протонное событие 20.01.2005 г., в котором были ускорены заряженные частицы вплоть до энергий ~6000 МэВ. Показан высотный ход заряженных частиц в полярной атмосфере. Разные значки показывают данные, полученные в нескольких полетах радиозондов.

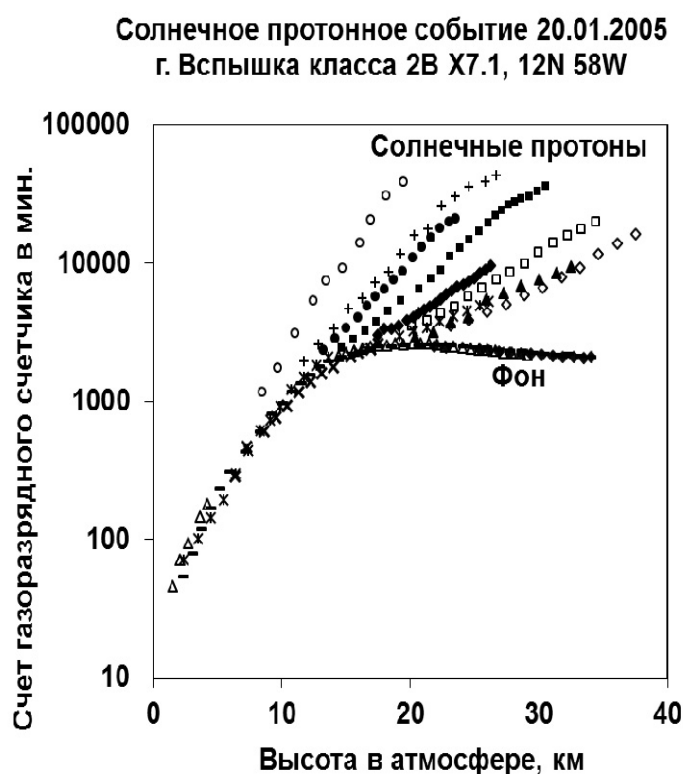


Рис. 11. Поток заряженных частиц в полярной атмосфере во время солнечного протонного события 20.01.2005 г. Разные значки показывают данные, полученные в нескольких полетах радиозондов. Нижняя кривая показывает фон от галактических космических лучей.

Кроме измерений протонов, ускоренных в солнечных вспышках, регулярное зондирование потоков заряженных частиц в атмосфере позволяет регистрировать потоки высыпающихся из радиационного пояса частиц. Эти частицы наблюдаются в районе полярного овала на высоких широтах северного и южного полушарий. Высыпающиеся частицы наблюдаются во время магнитных возмущений магнитосферы на высотах более 20 км (атмосферное давление $X \leq 50$ г/см²). В верхние слои полярной атмосферы высыпаются

магнитосферные электроны (реже выпадают протоны), которые при своем распространении в атмосфере образуют рентгеновское излучение, регистрируемое нашими радиозондами. С 1961 года по настоящее время зарегистрировано более 550 случаев рентгеновского излучения, генерированного магнитосферными электронами с энергией выше нескольких сотен кэВ. Эти электроны представляют опасность для аппаратуры спутников («электроны-киллеры»), вызывают нарушение распространения радиоволн в ионосфере и, через ион-молекулярные реакции, приводят к изменениям содержания озона в атмосфере. В настоящее время создан и опубликован уникальный каталог зарегистрированных случаев выпадений в атмосферу магнитосферных электронов.

Несмотря на финансовые трудности, которые начались в 90-х годах, коллективу станции удалось сохранить регулярное 3-разовое еженедельное зондирование потоков космических лучей в северных и южных полярных широтах и в северных средних широтах. На выполнение этой работы идет основная доля финансовых средств, получаемых лабораторией. Дело в том, что радиозонды после запуска в атмосферу теряются, и каждый год их нужно изготавливать заново, т.е. покупать радиодетали, газоразрядные счетчики, оболочки и т.п. Все это стоит достаточно дорого. Например, в 2016 г. один счетчик СТС-6 стоит 2.9 тыс. руб. (в советское время он стоил несколько руб.), а нам необходимо иметь ежегодно не менее 1000 шт., т.е. их полная стоимость составляет 2.9 млн. руб. Т.к. денег не хватает, то приходится обращаться в дирекцию института или в Президиум РАН за финансовой помощью. Нужно сказать, что дирекция ФИАНа и Президиум РАН стараются помочь и помогают. В трудные 90-е годы преодолеть наши финансовые проблемы помогал академик А.Е. Чудаков, который в то время являлся председателем Научного совета РАН по комплексной проблеме «Космические лучи». За последние ~10 лет ДНС ежегодно обращалась к директору ФИАНа академику Г.А. Месяцу о

безвозмездном выделении 500-800 тыс. руб. на приобретение счетчиков, и он всегда выделял эти деньги. Без поддержки академиков А.Е. Чудакова и Г.А. Месяца, без благожелательного отношения многих членов дирекции института к нашей работе проведение регулярного мониторинга космических лучей в атмосфере было бы невозможным.

В 1950-70 годы в области изучения ядерных взаимодействий космических лучей при высоких энергиях на ДНС успешно работала группа, руководимая д.ф.-м.н. Ю.А. Смородиным. Исследования выполнялись на самолете, который был специально выделен военными. Научная аппаратура устанавливалась в корпусе самолета-лаборатории и в его крыльях (см. рис. 12 и 13). Это позволяло изучать атмосферные ливни и механизмы их образования в области энергий 10^{12} эВ и выше.



Рис. 12. Самолет-лаборатория Ту-154 на аэродроме в Крыму.

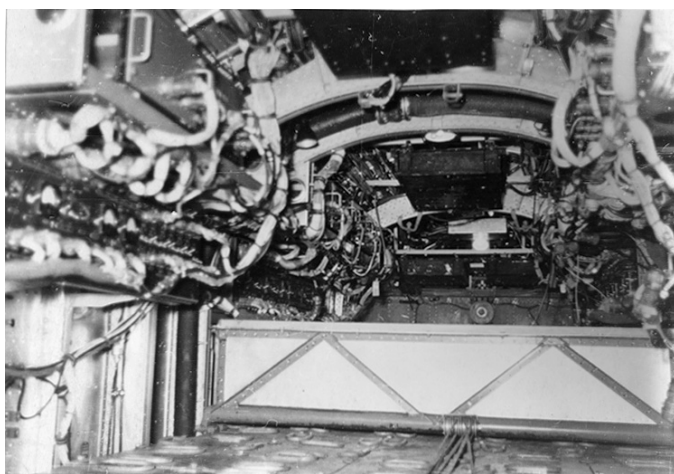


Рис. 13. Научная аппаратура для изучения ядерных взаимодействий высокоэнергичных космических лучей, установленная в фюзеляже самолета-лаборатории.

В начале 1970-х годов в этой группе зародился новый эксперимент - изучение взаимодействий космических лучей с ядрами воздуха при энергиях космических частиц более 10^{12} эВ с использованием рентгеновских пленок. Изучались спектры гамма-квантов в атмосфере и гамма-семейства. Сначала рентгеновские пленки экспонировались на самолете-лаборатории (предложение С.Н. Вернова). Затем был предложен и разработан метод изучения взаимодействий космических лучей с помощью рентген-эмульсионных камер. Все это послужило основой для создания крупномасштабного международного эксперимента ПАМИР. В этом эксперименте принимали участие ученые из СССР (ФИАН, ИЯИ РАН, НИИЯФ МГУ, Институт физики высоких энергий г. Тбилиси, Институт физики высоких энергий г. Душанбе, Физико-технический институт Казахской АН), ученые из Польши, Японии. Международным сообществом в горах на Памире на высоте более 4000 м была собрана крупная рентгеновская камера площадью около 1000 м². Эксперимент ПАМИР проводился с 1975 г. по 1993 г. Были получены неожиданные и очень интересные результаты, такие как «выстроенность» частиц в семействах, обнаружены «гало» и «кентавры».

В 60-70 годы прошлого столетия были получены первые в мире результаты по спектру галактических электронов в области энергий до ~200 ГэВ. Научная аппаратура была разработана к.ф.-м.н. В.И. Рубцовым и сделана под его руководством (рис. 14). Позднее к этой группе присоединился В.И. Зацепин, в последние несколько десятков лет сотрудник НИИЯФ МГУ. Эксперимент был проведен на высотных аэростатах. Наши отечественные аэростаты в то время поднимали научный груз до 500 кг. Запуски высотных аэростатов проводились на Камчатке, откуда аэростат летел на высоте 30-35 км примерно неделю до Волги, где его приземляли и с помощью вертолетов находили и подбирали научную аппаратуру.



Рис. 14. Изготовление прибора по регистрации высокоэнергичных галактических электронов на больших высотах в атмосфере. Слева - руководитель работы к.ф.-м.н. с.н.с. В.И. Рубцов.

2000 г. – настоящее время. В последние ~ 15 лет круг научных задач на ДНС существенно расширился. К продолжающемуся регулярному мониторингу потоков космических лучей в земной атмосфере, который до настоящего времени проводится в северных широтах совместно с Полярным геофизическим институтом РАН и в Антарктиде (станция Мирный) совместно с Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом, добавились работы на спутниках, в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН), совместные работы с учеными из Бразилии и Аргентины, с учеными из Казахстана. Эти работы финансируются РФФИ (2-4 гранта ежегодно), часть тем входит в программы Президиума РАН (2 проекта) и Отделений РАН (1 проект по Отделению наук о Земле); в 2013-2014 гг. выполнялись договорные работы, связанные с Российским космическим агентством.

В настоящее время коллектив станции насчитывает ~ 40 человек (включая вспомогательный персонал). Основная часть финансирования уходит на приобретение оборудования и материалов, остальные - на надбавки к окладам сотрудников. Оклады сотрудников РАН являются низкими. Чтобы сохранить коллектив ДНС, избежать текучести кадров, чтобы сотрудники станции могли

содержать свои семьи, необходимо к окладам выплачивать надбавки. Деньги на надбавки берутся из средств, которые поступают по грантам, программам и договорам. В настоящее время зарплата главных научных сотрудников составляет ~40 тыс. руб. в месяц, что ниже средней зарплаты по институту. У остальных сотрудников ДНС зарплаты, естественно, ниже. В последние годы каждый научный сотрудник станции ведет две-три темы, и зарабатывать больше денег у них нет никаких возможностей.

Действия, которых не должно было бы быть в нашем институте (и в других тоже).

В далеком 1974 г. в СССР проходили выдвижения кандидатов в депутаты Верховного Совета страны. В одном из институтов АН СССР на Ленинском проспекте, находящемся недалеко от ФИАНа, летом 1974 г. проходило выдвижение и обсуждение кандидатов. Был выдвинут академик, лауреат Нобелевской премии Н.Г. Басов. Собрание подходило к концу, когда из зала раздался возглас, что нужно обсудить еще одну кандидатуру. Инициатором этого предложения был один из сотрудников отдела космических лучей ФИАНа (т.к. и сейчас он успешно работает в институте, то я не буду называть его фамилию). В президиуме собрания возникло некоторое замешательство. Как стало известно потом, члены президиума боялись, что будет выдвинут академик А.Д. Сахаров, находившийся в то время в опале у государственных властей. С трудом президиуму удалось избежать этого дополнительного обсуждения. На следующий день в институт из райкома партии пришло указание о немедленном рассмотрении и обсуждении произошедшего и принятии жестких мер в отношении инициаторов этого предложения. Было указание из райкома партии рассмотреть вопрос о нездоровой политической обстановке, сложившейся в лаборатории космических лучей ФИАНа, и принятии самых жестких мер вплоть до ее расформирования. Через несколько дней состоялось заседание Ученого

совета лаборатории, на котором должны были быть приняты меры по отношению к сотрудникам лаборатории. Но за пару дней до заседания совета на Долгопрудненскую научную станцию ФИАН, входившую в состав лаборатории, был совершен «наезд» комиссии из института. Как стало известно позднее, основной целью поездки комиссии было прибытие ее на станцию за 10-15 мин до окончания рабочего дня и проверки присутствия сотрудников на рабочих местах. Чтобы не было утечки информации, комиссия о своей поездке не поставила в известность никого в институте. Однако она не учла одного - наличия железнодорожного переезда на пути на Долгопрудненскую научную станцию. Потеряв около 15 минут на закрытом переезде на станции Новодачная, комиссия прибыла на ДНС примерно в 17.30, а рабочий день у нас заканчивался в 17.15. Как обычно я уходил с работы на полчаса-час позднее окончания рабочего дня и был удивлен, когда вахтер сообщил мне о приезде сотрудников из ФИАН. На станцию приехали три человека, О.Н. Крохин - будущий академик и директор ФИАНа, заведующий отделом физики плазмы М.С. Рабинович и член профкома института, фамилию которого я не помню. В кабинете руководителя станции, куда я пригласил приехавших гостей, мне было сказано, что они хотели бы поговорить с А.Н. Чарахчьяном - директором ДНС. Я позвонил домой А.Н. и получил ответ, что через несколько минут он будет на станции. Члены комиссии нехотя спрашивали меня, чем мы занимаемся. Было видно, что беседа со мной и мои ответы их мало интересовали. Минут через 10 в кабинет вошел Агаси Назаретович, и, к моему удивлению и удивлению членов комиссии, с ним был основатель станции и ее недавний директор, академик С.Н. Вернов. После приезда моих старших товарищей я был поражен сменой тона беседы. Безразличный и в чем-то покровительственный тон разговора членов комиссии со мной сменился на очень вежливый и предельно корректный разговор с А.Н. Чарахчьяном и С.Н. Верновым. Последний объяснил важность проводимых исследований на станции. Члены комиссии согласились с тем, что

работы на ДНС имеют высокую научную значимость. Затем их провели по кабинетам. Отправляясь в обратный путь, один из членов комиссии М.С. Рабинович сделал единственное замечание, что на станции мало плакатов по технике безопасности. После отъезда сотрудников института мне стало обидно, что нас приехали проверять таким образом. Мои коллеги и я добросовестно относились к своей работе, часто работали по субботам и воскресеньям. Такого сорта проверки не поднимали настроение и не способствовали улучшению работы.

Теперь вернемся к заседанию Ученого совета лаборатории. На нем присутствовали все члены совета (примерно 20-25 человек) и несколько представителей парткома института. Обстановка была достаточно тревожной. Руководитель лаборатории Н.А. Добротин из-за волнений попал в больницу с сердечным приступом. Обсуждение на совете было длительным и могло закончиться расформированием лаборатории. Помог избежать этого приход почетного директора ФИАНа академика Д.В. Скобельцына. После его выступления обсуждение случившегося стало проходить в более мирной и спокойной обстановке. В принятом решении Ученого совета лаборатории говорилось о важности исследований, проводимых ее сотрудниками в разных областях физики космических лучей, лаборатория сохранялась, но был принят ряд кадровых перестановок. Было рекомендовано заменить руководителя лаборатории (им вскоре стал С.И. Никольский вместо Н.А. Добротина), было рекомендовано заменить руководителя ДНС А.Н. Чарахчяна (по возрасту) более молодым сотрудником Ю.И. Стожковым. А.Н. Чарахчян и я были на этом совете и впервые услышали о таком решении. Ранее с нами на эту тему никто не разговаривал. Как только эта информация была провозглашена, А.Н. вызвал меня в коридор и спросил, знал ли я о таком решении. Так как эта новость была неожиданной для нас обоих, мне легко было ответить, что я ничего об этом не знал. На этом выяснение этого вопроса было завершено, и мы

никогда больше к его обсуждению не возвращались. Как стало известно позднее, эти перестановки были обсуждены до Ученого совета нашими руководителями С.Н. Верновым, Н.А. Добротиным и С.И. Никольским.

Оценивая данный эпизод по прошествии достаточно длительного времени, можно сделать вывод, что из ничего возникло целое «дело», которому в нормальном обществе не должно было уделять какое-либо внимание.

Нужно вспомнить, что в 90-е годы, когда РАН финансировалась очень плохо и с большими задержками, в ФИАНе проводилась следующая политика. Каждой лаборатории был установлен определенный процент от суммы, выделяемых институту базовых денег. В частности, для ДНС было выделено 1.93% от ежемесячных базовых поступлений института. Само базовое финансирование не было постоянным и менялось от месяца к месяцу. Руководителям подразделений было дано право иметь столько сотрудников в подразделении, сколько они считают целесообразным (при постоянном базовом финансировании, чем меньше сотрудников, тем больше их зарплата). В этих условиях администрация ДНС прекратила принимать на работу новых сотрудников. Кроме того, т.к. сотрудники ДНС имели низкие зарплаты (ниже, чем в среднем по институту), с начала 90-х годов в течение нескольких лет я готовил письма в Президиум РАН с просьбой выделить ДНС дополнительное финансирование. С этими письмами академик А.Е. Чудаков ходил к вице-президентам РАН и всегда получал от них поддержку. Так продолжалось до 1996 г. В 1996 г., когда я пришел с очередным письмом в планово-финансовое управление, зам. начальника планово-финансового управления РАН Терехова М.А. сказала мне, что планово-финансовому управлению эти ежегодные просьбы надоели. Поэтому они (планово-финансовое управление) решили увеличить базу ФИАНа, выделив ДНС дополнительное целевое финансирование (письмо начальника управления А.И. Коношенко от 22.03.1996 г. № 10115-8117-1251/202). Таким образом, полный объем базового финансирования ДНС составил 1.93% от базы института

22

и 1.21% целевого финансирования от базы института. Эти проценты мы имеем и в настоящее время.

Недавно в ФИАНе прошли выборы нового директора и утверждение новой дирекции института. Директором стал достойный кандидат, член-корреспондент РАН Н.Н. Колачевский. Пожелаем ему и новой дирекции ФИАНа успешной работы на благо нашего института.

О будущем Долгопрудненской научной станции ФИАН – лаборатории физики Солнца и космических лучей им. академика С.Н. Вернова.

До начала 90-х годов прошлого столетия основным направлением научных исследований Долгопрудненской научной станции ФИАН - лаборатории физики Солнца и космических лучей было изучение модуляционных эффектов в космических лучах и их связей с солнечной активностью и крупный международный рентген-эмульсионный эксперимент Памир. Основание эксперимента Памир было заложено сотрудниками ДНС Ю.А. Смородиным, Е.А. Каневской и Л.Т. Барадзей (в то время сотрудницей НИИЯФ МГУ). В начале 90-х годов эксперимент Памир был завершен. Эксперимент по изучению модуляционных эффектов в космических включал в себя регулярные запуски специальных приборов - радиозондов космических лучей в северных полярных районах, на станции Мирный в Антарктиде и в г. Долгопрудном под Москвой. Начиная с 90-х годов прошлого столетия, радиозонды космических лучей в количестве, примерно, 500 штук ежегодно изготавливались силами сотрудников ДНС. Кстати, с момента начала регулярных измерений потоков космических лучей в атмосфере на высотах от уровня земли до высот 30-35 км сделано более 85000 запусков радиозондов. В качестве примера на рис. 15 показан временной ход среднемесячных значений потоков космических лучей на разных высотах в северной полярной атмосфере. Хорошо видно существенное увеличение потоков галактических космических лучей в минимуме последнего 11-летнего

солнечного цикла (2009 г.), что, возможно, связано с началом эпохи глобального минимума солнечной активности. В связи с этим можно ожидать существенный рост потоков космических лучей к ~ 2020 г., и это скажется на космической погоде и на процессах в атмосфере Земли, не говоря о фундаментальном значении этого явления. Данные о потоках космических лучей в нижней атмосфере на высотах от уровня Земли до высот 3 – 5 км, полученные в предстоящие 5 лет, позволят ответить на фундаментальный вопрос о роли потоков космических лучей в процессе глобального потепления (вызвано ли глобальное потепление временными изменениями потоков космических лучей в нижней атмосфере). Это означает, что измерения космических лучей в атмосфере, проводимые сотрудниками ДНС, не должны прерываться.

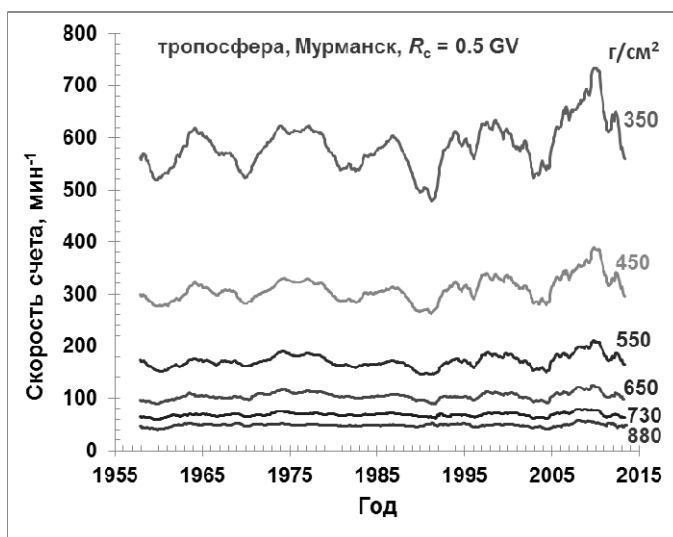


Рис. 15. Среднемесячные значения скорости счета одиночного газоразрядного счетчика в зависимости от времени, полученные в северной полярной атмосфере. Значения атмосферного давления в г/см^2 показаны около каждой кривой.

В конце 1990-х годов сотрудники МИФИ пригласили нас участвовать в готовящемся международном космическом эксперименте ПАМЕЛА, который предназначался для детальных измерений характеристик энергетических спектров космических лучей в широкой области энергий и поиску античастиц в космическом излучении. Приглашение поступило от руководителя эксперимента с российской стороны А.М. Гальпера. Предложение было принято. В связи с этим мною было предложено включить в состав научной аппаратуры спектрометра ПАМЕЛА нейтронный детектор. Регистрация нейтронов,

образующихся в ядерных ливнях, существенно увеличивала надежность разделения ядерных ливней, вызываемых ядерно-активной компонентой, от электромагнитных ливней, вызываемых электронами и позитронами. В изготовлении этого детектора принимали активное участие ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. А.Н. Квашнин, ведущий инженер О.С. Максумов, зав. механической мастерской А.В. Кирюшенков. В ходе создания нейтронного детектора возникла необходимость проведения специальных испытаний прибора. Соответствующей аппаратуры в ФИАНе не было. Она имелась в ИКИ РАН и я позвонил директору ИКИ академику Л.М. Зеленому с просьбой оказать нам помощь. Спасибо ему за то, что он сразу согласился и отдал необходимые распоряжения своим сотрудникам по проведению с нашим прибором температурных испытаний, испытаний на вибрацию и перегрузки (работа была проведена бесплатно).

В космическом эксперименте ПАМЕЛА принимали участие сотрудники Италии, Германии, Швеции и России. Нужно отметить, что отличительной особенностью научной аппаратуры этого космического эксперимента было то, что каждая страна-участница этой работы разрабатывала и создавала свои детекторы, которые затем включались в общий прибор - спектрометр ПАМЕЛА. Его общий вид показан на рис.16.

Спектрометр ПАМЕЛА был установлен на российском спутнике Ресурс ДК-1 и был запущен на околоземную орбиту 16 июня 2006 г. Завершился этот эксперимент почти через 10 лет в феврале 2016 г. (первоначально запланированный срок работы составлял только 3 года). Были получены неожиданные новые результаты в космических лучах, например, рост отношения потока позитронов к суммарному потоку позитронов и электронов с увеличением энергии этих частиц, начиная с энергий 5 ГэВ.

СПЕКТРОМЕТР ПАМЕЛА

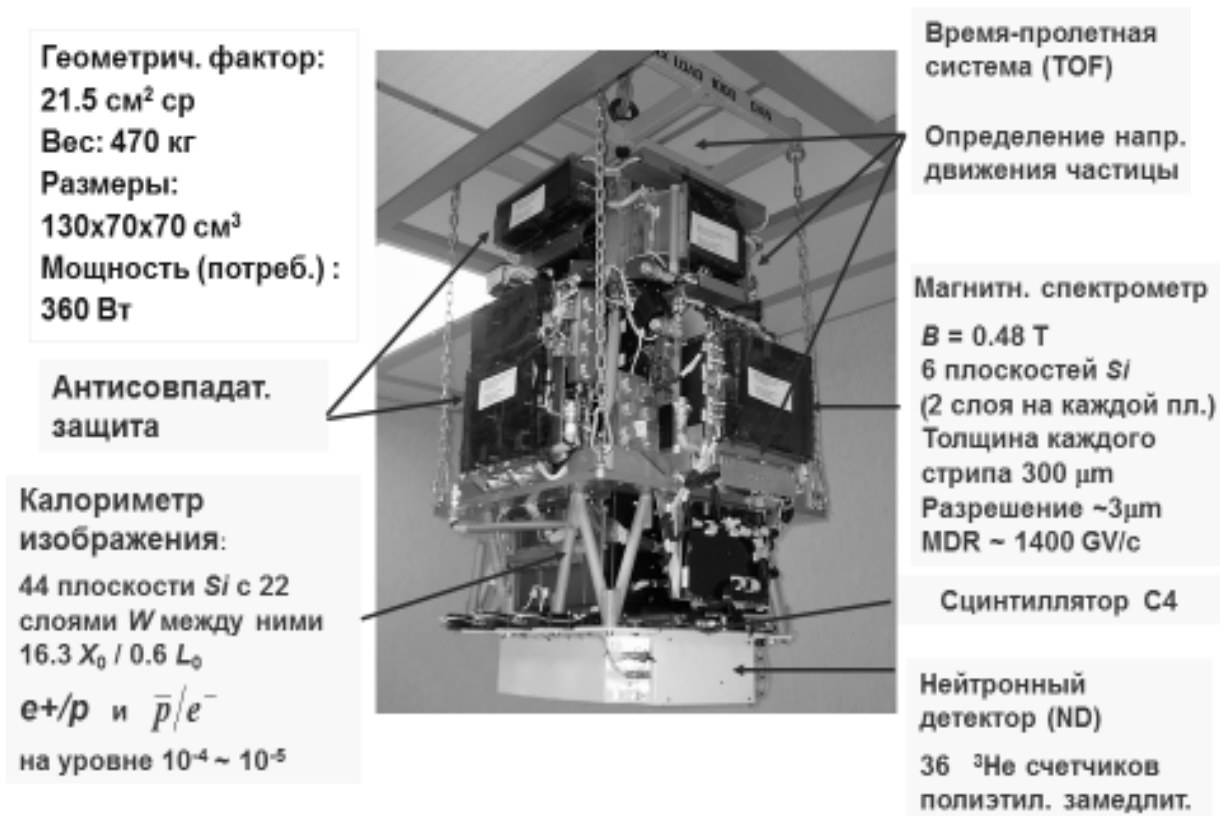


Рис. 16. Общий вид спектрометра ПАМЕЛА перед его запуском с космодрома Байконур.

Полученные новые результаты были опубликованы в престижных научных журналах, таких как Nature, Science, Physical Review, Astrophysical Journal и др. В настоящее время анализ огромного массива полученных экспериментальных данных продолжается.

Другим международным экспериментом, в котором активно участвуют сотрудники ДНС, является эксперимент CLOUD. Он проводится в ЦЕРНе, начиная с 2006 г. Сотрудники из 12 стран принимают участие в проведении работ по этому проекту. Основной целью эксперимента CLOUD является изучение атмосферных процессов и влияния на них потоков заряженных частиц.

Заряженные частицы поступают в рабочую камеру установки CLOUD от специального ускорителя. Общий вид установки CLOUD показан на рис. 17.

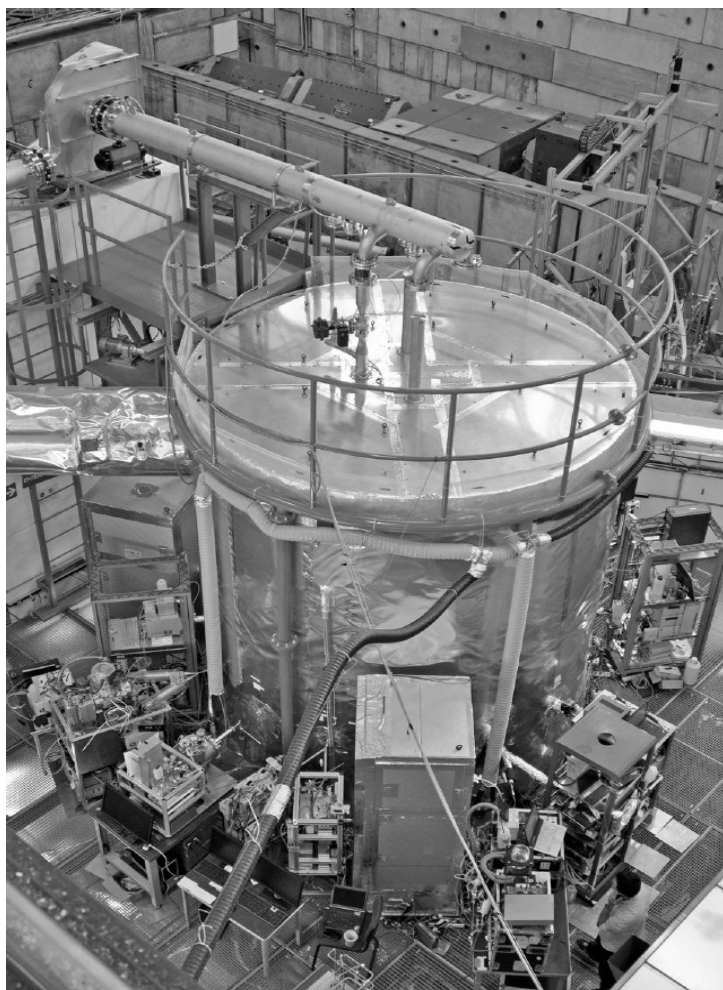


Рис. 17. Общий вид установки CLOUD в ЦЕРНе. В центре находится специальная камера, в которой создаются реальные атмосферные условия для любой высоты в атмосфере и любого места на земном шаре. Вокруг камеры расположены научные приборы.

Как и в случае с экспериментом ПАМЕЛА, новые результаты проекта CLOUD в ЦЕРНе опубликованы в престижных научных журналах (например, Nature, Science и др.). Руководителем эксперимента CLOUD с российской стороны является В.С. Махмутов.

В последние годы финансирование российской науки было явно недостаточным. Чтобы обеспечить минимальные надбавки к зарплатам сотрудники сохранить коллектив, ДНС в 2014-2015 гг. занималась изготовлением детекторов для измерения заряженного, нейтронного и гамма-

излучения на уровне земли. Заказы на эту аппаратуру поступили из Бразилии, Саудовской Аравии и Казахстана. За 2 года по договорам с этими странами удалось заработать около 10 млн. руб. Эти средства пошли на поддержание мониторинга космических лучей в атмосфере и надбавки сотрудникам ДНС. Основным организатором этих работ был В.С. Махмутов.

Научные перспективы ДНС представляются оптимистическими, несмотря на большие проблемы с финансированием российской науки. Исследования в области физики космических лучей, физики Солнца и солнечной активности, а также изучение связей потоков заряженных частиц с атмосферным электричеством и другими атмосферными явлениями, выяснение роли космических лучей в глобальных изменениях климата, постановка эксперимента по регистрации солнечного радиоизлучения в терагерцовой области частот на борту Международной космической станции представляются весьма важными не только с точки зрения фундаментальной науки, но и с точки зрения использования этих результатов в народном хозяйстве.

Автор благодарит сотрудников ДНС Г.А. Базилевскую, В.С. Махмутова, Н.С. Свиржевского и А.К. Свиржевскую, которые внимательно прочитали рукопись и сделали ценные замечания.

Юрий Иванович СТОЖКОВ
Долгопрудненской научной станции ФИАН – лаборатории физики Солнца и
космических лучей имени академика С.Н. Вернова – 70 лет

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 140 экз. Заказ № 28
Отпечатано с оригинал-макета заказчика в типографии РИИС ФИАН
119991 Москва, Ленинский проспект 53