**Раздел "Климатические ресурсы". 1-я статья**

УДК 53.087, 539.1.05, 539.1.07

**Создание Радиационной службы глобального мониторинга космического излучения в околоземном космическом пространстве и стратосфере**

*В.А. Воробьев, к.ф.-м.н., чл.-корр. Росэкоакадемия*

В 1968 г. впервые запущен радиометрический радиозонд с приемом телеметрической информации штатной аппаратурой аэрологической сети станций Госкомгидромета СССР, положивший начало создания в стране стратосферной подсистемы Радиационной службы для глобального мониторинга космического излучения. А ровно 50 лет назад в 1969 г. был осуществлён запуск ИСЗ «Метеор» с радиометрической аппаратурой, что, в свою очередь, привело к созданию космической подсистемы Радиационной службы. В 1973 г. в результате эффективной работы стратосферной и космической подсистемы Постановлением СМ СССР официально образована Служба контроля и прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и стратосфере (СКПРО).

*Ключевые слова*: Радиационная служба, космическое излучение, ИСЗ «Метеор», радиометрический радиозонд.

Важнейшим направлением исследований образованного в 1956 г. Института прикладной геофизики (ИПГ) было изучение ионизирующих излучений в природной среде. Полеты человека в космосе и разработка пассажирских сверхзвуковых самолетов потребовали создание методов контроля и прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве (ОКП) и стратосфере, связанных с радиационно-опасным облучением во время мощных солнечных вспышек. По предложению директора ИПГ Е.К. Федорова для обеспечения радиационной безопасности полетов было решено создать единую Радиационную службу (РС) контроля радиационной обстановки в ОКП и стратосфере на базе искусственных спутников Земли (ИСЗ) и радиометрических радиозондов. Фактическое начало создания Службы началось с запуска в октябре 1968 г. радиометрического радиозонда РРЗ, и запуска в марте 1969 г. ИСЗ «Метеор» с радиометрической аппаратурой. Под руководством С.И. Авдюшина была организована регулярная непрерывная работа космической подсистемы – сегмента Радиационной службы на базе ИСЗ с полярной орбитой и стратосферной подсистемы на базе радиометрических радиозондов РРЗ, запускаемых на выбранной сети аэрологических станций Госкомгидромета. В 1973 г. в результате эффективной работы стратосферной и космической подсистемы Постановлением СМ СССР официально образована Служба контроля и прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и стратосфере. В 1982 г. С.И. Авдюшин стал директором ИПГ. Работы были существенно расширены, включив в себя исследования ионосферы, магнитного поля Земли, физики Солнца. Незадолго до смерти Сергей Иванович посетовал, что уже опубликовано множество научных работ, выполненных в рамках Радиационной службы, но до сих пор еще никто не написал историю создания Радиационной службы. Этим кратким историческим обзором авторы статьи и редакция бюллетеня хотели бы отдать дань памяти непосредственному создателю Службы контроля и прогноза радиационной обстановки академику РАЕН и Международной академии астронавтики д.т.н., проф. С.И. Авдюшину (1936-2014).

**Начало исследовательских работ в ИПГ по изучению ионизирующих излучений в природной среде**

В СССР в январе 1956 г. при поддержке академика Игоря Васильевича Курчатова (1902-1960) на базе геофизической комплексной экспедиции (ГКЭ) Геофизического института АН СССР, занимавшейся в то время геофизическими методами поисков урана, был образован Институт прикладной геофизики (ИПГ). Его директором был назначен Евгений Константинович Федоров (1910-1981). Одной из главных задач, стоявшей перед ИПГ, стала разработка ядерно-физических методов для исследования влияния ядерных взрывов на радиационную обстановку в окружающей природной среде (на поверхности Земли, в атмосфере и околоземном космическом пространстве) , а также контроль и прогноз переноса радиации в результате испытаний ядерного оружия [1] . Первые работы , связанные с ядерными испытаниями, начались в ГКЭ еще в 1954 г. [2]. Почти все инженеры и научные сотрудники вновь образованного Института были вчерашними выпускниками МИФИ, МГУ и Ташкентского метеорологического института, среди которых был и Юрий Антониевич Израэль (1930-2014), в будущем академик РАН. Е.К. Федоров считал очень важным с самого начала подробно ознакомиться с мировым научным уровнем в ядерной геофизике. Поэтому тем, кто владел иностранными языками, была предоставлена уникальная возможность работать с иностранными источниками в научных библиотеках (Библиотека им. Ленина, Библиотека Средмаша), куда в то время поступало большое количество зарубежных научных журналов по ядерной физике и геофизике. Поддерживались любые личные инициативы, связанные с изучением явлений в ядерной геофизике. Так, анализ результатов измерений итальянских ученых космического излучения с помощью радиозондов, опубликованных в журнале Nuovo Cimento, позволил существенно уточнить важнейший ядерно-физический параметр – перезарядку высокоэнергичных протонов (еще не регистрировавшихся на ускорителях) при взаимодействии с легкими ядрами. Выполненная научная работа была поддержана Е.К. Федоровым и опубликована в 1957 г., став первой открытой публикацией ИПГ по ядерной физике [3]. Для изучения радиационной обстановки в природной среде большие перспективы представляло применение гамма-спектральной аппаратуры. В СССР в поисковой ядерной геофизике в основном использовались приборы на гейгеровских счетчиках. Роман Моисеевич Коган прилагал большие усилия для разработки спектральных методов и применения сцинтилляционных счетчиков для изучения гамма-полей, образующихся в результате ядерных взрывов. За рубежом использование гамма-спектральной аппаратуры уже было широко распространено, печатались многочисленные статьи об их применении в различных областях науки и техники. В то же время практически полностью отсутствовали публикации о важнейшей характеристике гамма-поля: спектрально-угловом распределении гамма-квантов, по-видимому, из соображений секретности. Эти данные были необходимы, как для многочисленных задач ядерной геофизики, так и для расчетов радиационной защиты, особенно при создании транспортных средств с ядерным двигателем. Тогда, по рекомендации Р.М. Когана, между Фёдоровым Е.К. и Курчатовым И.В. была достигнута договорённость о предоставлении необходимого машинного времени на крупнейших ЭВМ одному из молодых специалистов ИПГ В.А. Воробьеву, перед которым была поставлена задача разработать программу и рассчитать на ЭВМ детальную структуру гамма-полей в природной среде для основных геометрий и типов радиоактивных источников. В результате проведённой работы была разработана программа расчета методом Монте-Карло спектрально-угловых функций гамма-поля, и получены детальные данные для многочисленных радиоизотопов и конфигураций. В частности, рассчитаны подробные функции распределения для плоского изотропного источника, аналога гамма-поля радиоактивного загрязнения территории в результате выпадения осколочных продуктов при аварии на предприятии ядерного цикла или испытании атомного оружия, а также для локального источника. Некоторые из них в очень краткой форме были опубликованы [4,5]. Результаты расчетов по просьбе руководства Физико-энергетического института (г. Обнинск) были им переданы, и позднее частично использованы академик Гурием Ивановичем Марчуком (1925-2013) при разработке обоснования невозможности создания самолета с ядерным двигателем.

Для изучения влияния ядерных взрывов на структурные параметры верхней атмосферы по техническому заданию ИПГ были разработаны и внедрены в практику исследований до высот 240 км метеорологические ракеты МР-12, МР-20 и МР-25. Для их запуска по техническому заданию ИПГ были созданы станции ракетного зондирования атмосферы (СРЗА) «Волгоград» (в районе Капустина Яра) и на о. Хейса (Земля Франца-Иосифа). Кроме того пусковыми установками были оборудованы также научно-исследовательские суда Гидрометслужбы «Профессор Визе» и «Профессор Зубов» [1].

В 1959 г.Институту прикладной геофизики было поручено разработать аппаратуру для измерения с ракет ионизирующих излучений при проведении высотных ядерных взрывов. Были разработаны два комплекса. Один – для установки вместо заряда на холостой головной части повторной ракеты, которая, двигаясь вслед за основной, должна пересекать облако взрыва. Второй тип предназначался для проведения наблюдений с вертикальных ракет Р5. В 1961-1962 гг. были проведены 5 экспериментов. Они кратко описаны в воспоминаниях сотрудников ИПГ [6]. В каждом эксперименте производился последовательный пуск с ракетного полигона в Капустином Яре двух баллистических ракет «Р-12».

**Создание стратосферной подсистемы для мониторинга высокоэнергичных солнечных космических лучей**

Во второй половине 60-х гг. в международных связях наметилась разрядка напряженности. Стало актуальным международное сотрудничество в обеспечении радиационной безопасности космических полетов. В зарубежной прессе появились многочисленные публикации, посвященные создаваемому совместно Францией и Великобританией сверхзвукового пассажирского самолета «Конкорд». Аналогичная работа велась и в СССР (ТУ-144), но она была полностью засекречена. Было очевидно, что международные трассы сверхзвуковой авиации будут пролегать и через полярные зоны, куда свободно проникает космическое излучение. Так как высота полета «Конкорда» превышала 20 км, то при мощных солнечных вспышках пассажиры и экипаж могли получить существенное радиационное облучение от протонов с энергией 100-500 МэВ. Естественно, что эти протоны представляют серьезную опасность также для космонавтов и электронной аппаратуры, установленной на ИСЗ и космических кораблях. На тот момент советские искусственные спутники Земли еще не имели необходимого оборудования для осуществления необходимого радиационного контроля. В работах Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) было показано, что регистрацию высокоэнергичных солнечных протонов можно осуществлять с помощью радиозондов, запускаемых в высоких широтах [7]. Поэтому директору ИПГ, академику Е.К. Федорову поступило предложение В.А. Воробьева организовать в Арктике несколько пунктов радиометрического зондирования с помощью радиометрических радиозондов ФИАН, но с автоматической регистрацией и выдачей данных на печать и перфоленту для оперативной передачи в ИПГ (на станции зондирования ФИАН результаты измерений космического излучения высвечивались на экране «пересчетки» и еще много лет вручную списывались оператором). Е.К. Федоров одобрил предложение, но посоветовал разработать систему организации такого зондирование на уже существующих высокоширотных аэрологических станциях Госкомгидромета, создав соответствующие радиозонды.

В результате для обеспечения радиационной безопасности полетов космонавтов, а также пассажиров и экипажей сверхзвуковых пассажирских самолетов, по инициативе академика Е.К. Федорова, было решено создать Радиационную службу – аналог гидрометеослужбы, обеспечивающую глобальный мониторинг космического излучения в околоземном космическом пространстве (ОКП) и стратосфере с помощью двух подсистем:

* стратосферная: для радиометрического стратосферного зондирования с помощью специальных радиометрических радиозондов, регистрирующих высокоэнергичные протоны солнечных космических лучей (СКЛ), которые запускаются на сети аэрологических станций Госкомгидромета;
* космическая: для работы с искусственными спутниками Земли с полярной орбитой, оснащенными необходимой радиационной аппаратурой, осуществляющей непрерывное измерение интенсивности космической радиации в ОКП, с кратковременным сбросом телеметрической информации на наземные приемные станции.

По предложению Р.М. Когана, для официального ведения работ была разработана и защищена научная тема «Обоснование размещения сети станций радиометрического стратосферного зондирования на выбранной сети аэрологических станций Госкомгидромета», изобретен и изготовлен рабочий макет радиометрического радиозонда РРЗ для аэрологической сети, и 11 октября 1968 г. осуществлен первый полет РРЗ с регистрацией космического излучения до высоты около 25 км [8]. Таким образом, было положено реальное начало созданию в СССР Радиационной службы для обеспечения радиационной безопасности полетов в околоземном космическом пространстве и стратосфере. Так как стратосферная подсистема предназначалась для обеспечения международных полетов сверхзвуковой пассажирской авиации, то она с самого начала была полностью открытой. При разработке радиозонда ставилась задача не только получения графика изменения скорости счетчика ионизирующего излучения с высотой, но и осуществление его первичной обработки, позволяющей оценить радиационную опасность вторгающихся потоков СКЛ. Кроме того, решалась и вторая важнейшая задача, получение одновременно также данных о характеристиках ветра, что приводило к существенному экономическому эффекту. Совместно с Центральной аэрологической обсерваторией (ЦАО) было модернизировано программное обеспечение «ОКА» радиолокатора аэрологической станции, что позволило осуществлять прием и обработку радиационной информации с экспресс оценкой дозовой нагрузки при облучении в ОКП и стратосфере, а также получать стандартные данные о характеристиках ветра. Все эти данные в режиме онлайн выдавались на перфоленту. В результате, был создан автоматизированный комплекс радиационно-ветрового зондирования для сети наземных аэрологических станций Госкомгидромета. В состав комплекса входили: Радиационно-ветровой радиозонд РРЗ, радиолокационная станция «Метеорит-2», устройство «ОКА-3» и программное обеспечение для ЕС ЭВМ. Радиозонд РРЗ представляет собой радиоответчик с несущей частотой 1782 МГц и амплитудной модуляцией от детектора ионизирующего излучения на 4-х газоразрядных счетчиках СТС-6. Радиолокатор обеспечивает прием телеметрической информации и измерений координат радиозонда. Устройство ОКА-3 осуществляет цифровое кодирование информации и ее привязку ко времени. Программа обработки обеспечивает декодирование и анализ информации, осуществляется расчет высотного хода плотности потока ионизирующего излучения, направление и скорость ветра. Рассчитывается энергетический спектр высокоэнергичных солнечных протонов, падающих на границу атмосферы во время мощных солнечных вспышек, и оценивается мощности экспозиционной дозы. Результаты выдавались в виде графиков, таблиц и стандартных телеграмм ветрового и радиометрического зондирования и оперативно отсылались в ИПГ [9]. Радиозонд запускался в штатный ветровой срок, не требуя дополнительных расходов, и экономя ветровой радиозонд. Было организовано мелкосерийное производство РРЗ в ЦКБ ГМП в г. Обнинск. К 1973 г. был обучен персонал трех высокоширотных аэрологических станций: Шойна, Мыс Челюскин и Мыс Шмидта радиометрическому зондированию с помощью радиозондов РРЗ и организовано регулярное и штормовое зондирование (по телеграмме из ИПГ) во время мощных солнечных вспышек. Фактически начала работать стратосферная подсистема Радиационной службы для контроля высокоэнергичных солнечных космических лучей (СКЛ) (на ИСЗ «Метеор» измерение энергетического спектра протонов СКЛ в диапазоне 100-600 МэВ стало возможно в 1981 г. после установки счетчика Черенкова). Для глобального мониторинга космического излучения и слежения за возможными появлениями радиоактивных облаков, по совету Е.К. Федорова, был разработан план внедрения стратосферного радиометрического зондирования также на научно-исследовательских судах и судах погоды (НИС и НИСП) Госкомгидромета [10]. Радиометрический комплекс состоял из радиозондов РРЗ и РРЗ-2, РЛС «Метеорит» и ЕС ЭВМ. С помощью программы оперативной обработки радиометрической информации (КОСМ-1) вычислялся высотный ход потока ионизирующего излучения с привязкой к географическим координатам. Результаты обработки выдавались в виде графиков, таблиц и телеграмм, содержащих информацию о радиационной обстановке в стратосфере. По результатам стратосферного зондирования на НИС «Профессор Зубов», «Профессор Визе», а также НИСП «Океан» и «Прибой» было получено широтно-долготное распределение интенсивности космического излучения в атмосфере в акваториях Тихого, Атлантического и Индийского океанов в диапазоне широт от 60о ю.ш. до 70о с.ш., исследованы вариации космического излучения в максимуме Пфотцера в зависимости от фазы цикла солнечной активности по наблюдениям в период минимума 20-ого цикла, а также фазы роста и эпохи максимума 21-ого цикла, получены данные о спектральных характеристиках многочисленных вторжений солнечных космических лучей. Было зарегистрировано радиоактивное облако от испытаний Францией атомного оружия 14.08.1971 на атолле Муруроа [11].

**Создание космической подсистемы для непрерывного мониторинга радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве**

В начале 60-х гг. по предложению Е.К. Федорова в ИПГ началась разработка радиационной аппаратуры, предназначенной для установки на ИСЗ. Уже 22 мая 1963 г. был запущен спутник «Космос 17» с гейгеровскими и сцинтилляционными счетчиками. На нем были зарегистрированы энергичные электроны, инжектированные при американском ядерном испытании в космосе «Старфиш» 9 июля 1962 г. [1]. 2 июля 1965 г. с космодрома Капустин Яр осуществлен запуск ракеты носителя «Космос 63С1», которая вывела на орбиту малый научный спутник «Космос 70». Были исследованы эффекты наведенной активности при пролете через внутренний радиационный пояс. По техническому заданию ИПГ и при участии его сотрудников в СНИИП, ведущей приборостроительной организации Главатома, был разработан аппаратурный радиометрический комплекс РМК [12]. Полученный опыт измерений в космосе позволил перейти к созданию регулярной Службы контроля радиации в космическом пространстве.

Для создания космической подсистемы, осуществляющей непрерывный мониторинг космического излучения в ОКП, было решено использовать ИСЗ с полярной орбитой «Метеор» и осуществлен выбор наиболее информативных типов датчиков – надежных, относительно простых и доступных в изготовлении. В ИПГ своими силами были созданы макетные образцы аппаратуры. Были осуществлены подбор и выбор наиболее информативных типов датчиков – надежных, относительно простых и доступных в изготовлении. Она включала 3 группы счетчиков: Первая группа детекторов – сцинтилляционные, состоящие из сцинтиллирующих пластмасс (высота 0,8 см, диаметр 1,0 см и высота 2,0 см, диаметр 3,0 см). Вторая группа детекторов – четыре гейгеровских счетчика типа СБМ-10 за алюминиевыми экранами различной толщины. Они регистрировали протоны с энергией 5, 15, 25, 40 МэВ и электроны 0,15, 0,5, 1,6, 3,6 МэВ соответственно. В третью группу входили три детектора – четыре запараллеленных гейгеровских счетчика типа СТС-5, гейгеровский счетчик типа СИ-3БГ и сцинтиллирующая пластмасса объемом 124 см2 для оценки мощности дозы [12]. Данные о потоках заряженных частиц передавались в двух форматах: цифровой (глобальная информация) время набора импульсов 12 секунд и аналоговой (оперативная информация) время осреднения 0,1 секунда. Очень высокое временное разрешение позволило зарегистрировать кратковременный (полуширина 2 сек.) очень интенсивный всплеск электронов с энергией больше 2 МэВ в глубокой полярной шапке над Гренландией при спокойной геофизической обстановке. Природа его так и осталась неизвестной. По техническому заданию был изготовлен радиометрический комплекс аппаратуры (РМК), получивший название «БАРС». Важнейшим его отличием от ранее применявшихся в СССР был разработанный Ленинградским электротехническим институтом автономный записывающий блок на 800 минут, что позволяло вести непрерывное измерение космического излучения вдоль трассы полета ИСЗ со сбросом информации при пролете над пунктом приема [12]. Впервые в СССР была разработана и установлена на ЭВМ «Минск-26» программа оперативного расчета и привязки координат ИСЗ к геомагнитным координатам B, L [13]. Благодаря привязке радиационных потоков, регистрируемых ИСЗ «Метеор», к геомагнитным координатам B, L впервые в СССР стал возможен оперативный глобальный мониторинг радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве.

26 марта 1969 г. был запущен ИСЗ «Метеор-1» №1 (высота 630-713 км, угол наклона орбиты 82о). Уже через 4 дня после запуска, 30 марта была зарегистрирована мощная вспышка на Солнце и вторжение высокоэнергичных СКЛ. 11 апреля еще одно вторжение СКЛ. Интенсивность в максимуме в тысячи раз превышала фоновый уровень. Оперативная оценка дозовых характеристик вторжения СКЛ в магнитосферу Земли показала, что суммарная расчетная доза за все время от вспышки 30.03 (с 30.03 по 09.04) составила 20 рад, а от вспышки 10.04 (с 11.04 по 17.04) 530 рад за экраном 0,3 г/см2 . Это существенно превышает предельно допустимую дозу для космонавтов, составляющую 15 бэр при длительности полета в один месяц. Измерения в марте-апреле 1969 г. позволили детально проследить за процессом инжекции электронов во время сильной магнитной бури во внутренней области магнитосферы (L=2). Анализ данных показал, что инжекция происходит не за счет бетатронного ускорения при втягивании силовых линий внутрь магнитосферы , а имеет скорее резонансный характер. Исследование радиационных поясов Земли и наведённой активности в материалах космических аппаратов [14] дало новые данные об их характеристиках и динамике. В мае 1970 г. запущен «Метеор-4» (высота 650 – 720 км, угол наклона 81,2о) с радиационной аппаратурой «БАРС». В период с 26 по 28 июня наблюдалась сильная анизотропия протонов СКЛ в северной и южной полярных шапках. Кроме того, в северной полярной шапке регистрировались протоны с энергией выше 25 МэВ, в то время как в южной полярной шапке не было протонов больше 15 МэВ. Анализ измерений СКЛ привел к обнаружению и классификации пространственных неоднородностей вторгающихся протонов в полярной шапке [15]. В отличие от принимавшихся ранее однородных потоков СКЛ в полярной шапке, ограничивавшихся лишь границей жесткости геомагнитного обрезания, открытие существенной неоднородности вторгающихся СКЛ потребовало пересмотра ранее применявшихся моделей оценки радиационной опасности. В дальнейшем был создан и издан каталог событий СКЛ, что привело к широкому признанию научного вклада ИПГ в этой области. Вскоре были запущены еще несколько ИСЗ «Метеор» с радиационной аппаратурой ИПГ. В результате была создана постоянно действующая система контроля космического излучения в ОКП. В 1970 г. был опубликован первый номер журнала «Вопросы радиационной космофизики». В нем были освещены первые научные результаты измерений космического излучения с помощью ИСЗ «Метеор». Эффективная работа созданных в ИПГ стратосферной и космической подсистем была заслужено одобрена Правительством СССР. В результате, в ноябре 1973 г. Постановлением Совета Министров СССР была официально образована Служба контроля и прогноза радиационной обстановки в ОКП и стратосфере (СКПРО) [1, 6].

**Заключение**

Вскоре радиометрическое стратосферное зондирование было организовано также на аэрологических станциях в Дальнереченске, на острове Хейса (Земля Франца Иосифа) и в Антарктиде на станции Беллинсгаузен, а также на научно-исследовательских судах «Академик Королев» и «Виктор Бугаев».

Во время аварии на Чернобыльской АЭС на НИС «Виктор Бугаев» в северной Атлантике был зарегистрирован повышенный радиационный фон вблизи тропопаузы. Впервые был отмечен подъем радиоактивных продуктов при аварии на атомной электростанции до стратосферных высот [16].

За прошедшие годы были запущены десятки ИСЗ «Метеор» с радиометрической аппаратурой. Система спутников необходима, т.к. во время солнечных протонных событий следует учитывать возможное отличие измеряемой величины потоков протонов, связанное с различным положение КА в космическом пространстве, а также влияние анизотропии потоков на показания детекторов различных КА.

Одновременное измерение потоков ионизирующих частиц в разнесенных точках в полярной шапке необходимо для понимания структуры магнитосферы, направления их дрейфов, механизмов проникновения солнечных частиц в магнитосферу и других вопросов взаимодействия частиц-поле. Полярная сеть радиометрического стратосферного зондирования позволяет восполнить этот пробел.

Благодаря одновременным синхронным наблюдениям ГКЛ в полярной шапке на ИСЗ «Метеор» и подсистемой стратосферного зондирования впервые было обнаружено влияние переполюсовки магнитного поля Солнца на пространственное распределение галактического космического излучения в полярной шапке. Физическим институтом имени П.Н. Лебедева РАН был подтвержден приоритет сделанного открытия [17]. Практическое значение открытия состоит в том, что при регистрации и прогнозе потоков ГКЛ, полученных по данным измерений в космическом пространстве, оно позволяет более точно учитывать потоки протонов, вторгающихся в полярную атмосферу Земли, и ионизацию стратосферы во время смены знака магнитного поля Солнца.

В 1988-1989 гг. совместно с Уральским политехническим институтом была разработана и согласована техническая документация для промышленного изготовления РРЗ на Свердловском заводе «Гидрометприбор». Но в конце 1989 г. из-за тяжелого финансового положения в стране все работы по радиометрическому стратосферному зондированию на сети станций Госкомгидромета были прекращены.

Служба контроля и прогноза радиационной обстановки в ОКП и стратосфере в дальнейшем была преобразована в Региональный центр предупреждений (RWC Moscow) в Международной космической службе (International Space Environmental Service). В настоящее время контроль и прогноз космической радиации осуществляет Центр мониторинга гелиогеофизической обстановки над территорией Российской Федерации (ЦМГГФО РФ). Современному развитию Службы посвящена статья, опубликованная в 2018 г. в электронном научном журнале « Гелиогеофизические исследования» [18].

**Литературы**

1. Очерки по истории Гидрометеорологической службы России. – СПб.: Гидрометиздат, 1997. Т. 3. Кн. 2. – С. 177-191
2. Израэль Ю.А. Как это было. – М.: НИЦ "Планета", 2015. – 159 с.
3. Воробьев В.А. Вероятность перезарядки нуклонов с энергией 3.109 - 1010 при взаимодействия с ядрами воздуха // Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1957. Т. 33. Вып.7. – С. 264-265.
4. Воробьев В.А. Структура поля гамма-излучения точечного изотропного источника в алюминии при барьерной геометрии // Атомная энергия, 1963. Т. 15. Вып. 1. – С. 68-70.
5. Воробьев В.А. Структура гамма-поля плоского изотропного источника Cs-137 // Атомная энергия, 1964. Т. 16. Вып. 1. – С. 69-71.
6. Свидский П.М. Радиационная космофизика и создание гелиогеофизической службы // Внутренний монолог. Воспоминания сотрудников Института. – М.: ИПГ, 2010. – С. 43-66.
7. Чарахчьян А.Н. Исследование флуктуаций интенсивности космических лучей в стратосфере, вызываемых процессами на Солнце // УФН, 1964. Т. 83. Вып. 1. – С. 35-62.
8. Воробьев В.А., Микирова Н.А., Причесняев В.Ю. Аппаратура для измерения космических лучей на шарах-зондах // Труды ИПГ "Физика атмосферы и магнитосферы", 1974. Вып. 29. – С. 45-47.
9. Воробьев В.А., Гаврилов П.Ф., Переяслова Н.К., Плотников Г.А., Трифонов Г.П., Чуканов А.А. Автоматизированный комплекс радиационно-ветрового зондирования атмосферы // Метеорология и гидрология, 1985. №7. – С. 117-119.
10. Переяслова Н.К., Барсуков О.А., Беловский М.Н., Воробьев В.А., Гаврилов П.Ф., Кривелев В.Н., Микирова Н.А. Радиометрический комплекс стратосферного зондирования для НИС и НИСП Госкомгидромета // Технические средства для государственной системы наблюдений и контроля природной среды (ГСКП). – Обнинск, 1983.
11. Морзинова К.С., Николашин В.И., Рябошапко А.Г., Стукин Е.Д. Радиометрическое зондирование атмосферы. // Труды ИПГ, 1991. Вып. 77. – С. 95-100.
12. Авдюшин С.И., Коган Р.М., Вяземский В.О., Коротаев Г.А., Кулагин Ю.М., Куриленко Ю.Я., Поляков Г.М., Юдкевич И.С. Радиационная аппаратура на ИСЗ «Метеор-1» // Вопросы радиационной космофизики ИПГ, 1970. Вып. 1. – С. 5-14.
13. Воробьев В.А., Кривчикова В.П., Малышев А.Б. О привязке к геомагнитным (B,L) координатам потоков заряженных частиц для ИСЗ с круговой орбитой // Вопросы радиационной космофизики ИПГ, 1970. Вып. 1. – С. 43-48.
14. Буров В.А., Кирдина Г.А., Малышев А.Б., Свидский П.М. О спектре электронов внешнего радиационного пояса на малых высотах // Вопросы радиационной космофизики ИПГ, 1970. Вып. 1. – С. 56-74.
15. Воробьев В.А., Назарова М.Н., Переяслова Н.К., Петренко И.Е., Свидский П.М. Пространственное распределение солнечных протонов в полярных зонах от вспышек 30 марта и 10 апреля 1969 г. // Вопросы радиационной космофизики ИПГ, 1970. Вып. 1. – С. 120-136.
16. Воробьев В.А. Радиационная погода в атмосфере. Мониторинг ионизирующей радиации // Путь науки, 2017. №4. – С. 108-109.
17. Письмо ФИАН 11 апреля 2016 г. о подтверждении приоритета В.А. Воробьева в обнаружении влияния переполюсовки магнитного поля солнца на высотный ход ГКЛ в полярной шапке.
18. Денисова В.И., Лапшин В. Б., Репин А. Ю., Филиппов М. Ю., Хотенко Е.Н. Анализ гелиогеофизической обстановки по данным системы мониторинга Росгидромета (ФГБУ "ИПГ") в 2016 году // Гелиогеофизические исследования, 2018. – С. 67-80.

*Сведения об авторе:*

Воробьев Владимир Арамович, к.ф.-м.н., чл.-корр. Российской экологической академии; vvorobiev@rambler.ru.