

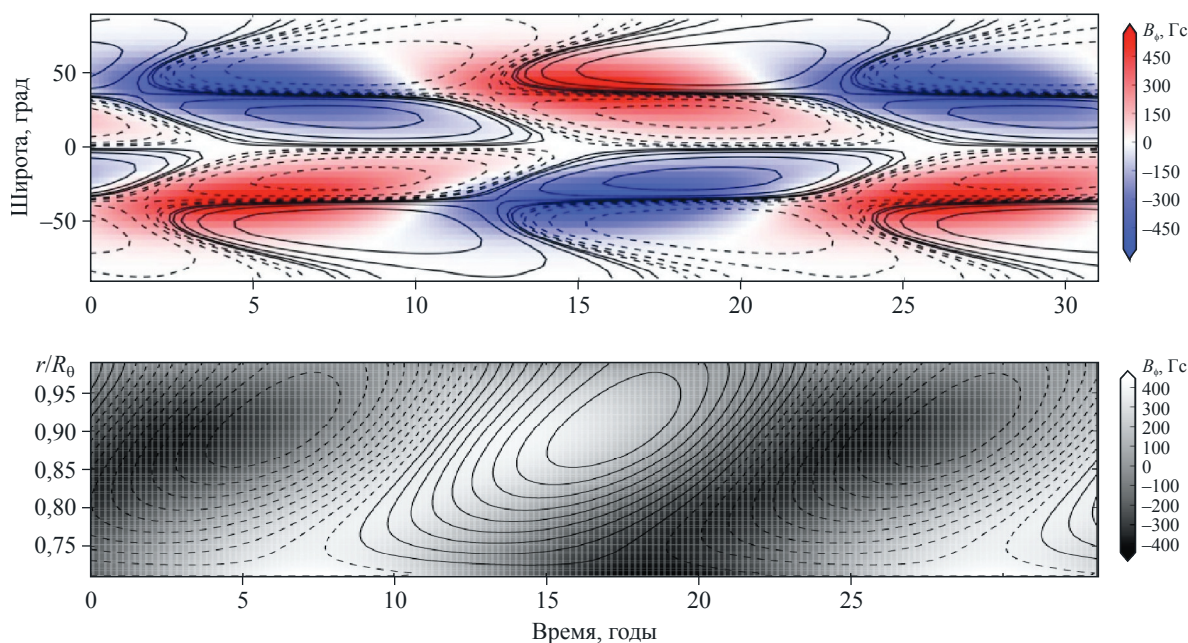
**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ П.14.**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ, АСТРОФИЗИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА, В ТОМ ЧИСЛЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ, СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ, ПРИРОДА ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУНЫ И ПЛАНЕТ, СОЛНЦА И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОПЛАНЕТ И ПОИСКИ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ, РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ ВНЕАТМОСФЕРНОЙ АСТРОНОМИИ И ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМОСА, КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

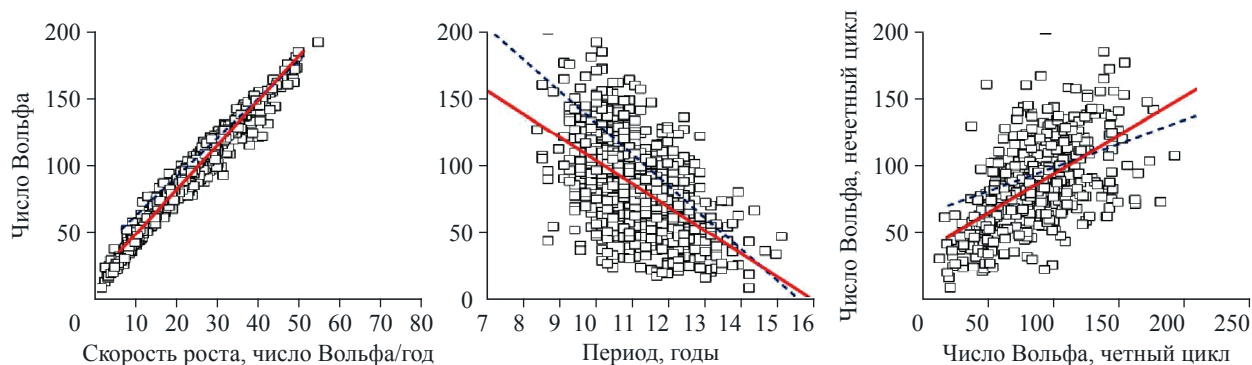
**Программа П.14.1. Физические процессы на Солнце, в околоземном космическом пространстве и солнечно-земные связи (координатор акад. Г. А. Жеребцов)**

Учеными Института солнечно-земной физики в сотрудничестве с учеными лаборатории экспериментальной физики Солнца Стэнфордского университета и Московского государственного университета разработана реалистическая численная модель солнечного цикла, которая открывает возможность построения долгосрочного прогноза солнечного цикла и решения обратных задач по восстановлению параметров магнитной активности в глубине

конвективной зоны Солнца. Модель основана на представлении о балансе магнитной спиральности и учете пространственных распределений угловой скорости вращения и турбулентной диффузии в конвективной зоне Солнца. Модель конвективного динамо с подповерхностным шир-слоем может удовлетворить всем требованиям по генерации общего магнитного потока Солнца механизмом динамо (рис. 45). Данная модель, при учете малых



**Рис. 45.** Диаграммы широтно-временной эволюции полей (цветные линии — напряженность тороидального поля, контуры — напряженность (радиальное поле)) и радиально-временной эволюции на широте  $30^\circ$  (серым — тороидальное поле, контуры — полоидальные поля).



**Рис. 46.** Статистические свойства циклов по модели (квадратики и красная линия) и по наблюдениям — синяя штриховая линия.

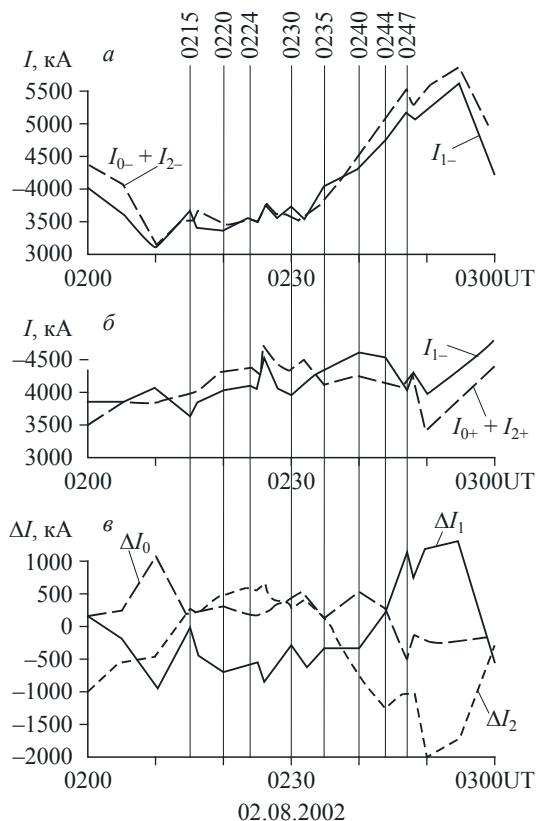
флуктуаций турбулентных параметров генерации магнитных полей способна количественно воспроизвести все известные статистические свойства солнечного цикла, в частности, эффекты Вальдмайера, связь периода и амплиту-

ды, а также статистическую взаимосвязь четных и нечетных солнечных циклов (рис. 45).

В Институте солнечно-земной физики показано, что в магнитосфере Земли имеется единый генератор магнитосферных токов, а не три независимых генератора, как считалось до настоящего времени (рис. 47). Результаты вносят принципиальные изменения в существующую концепцию системы электрических токов в возмущенной магнитосфере и ионосфере.

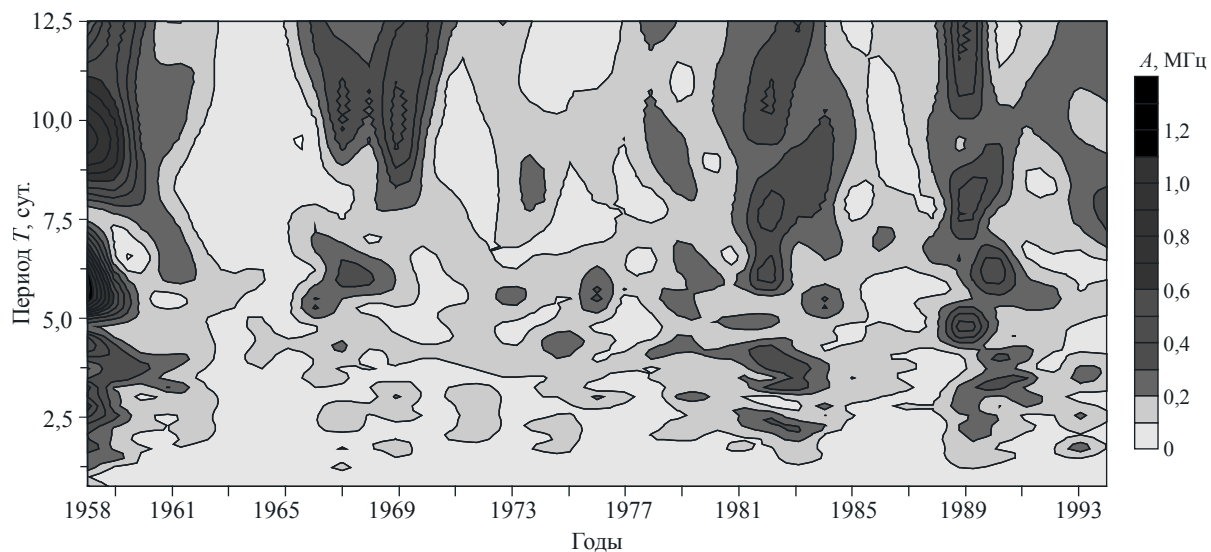
В этом же Институте на основе 50-летнего ряда измерений максимальных плазменных частот ионосферы установлено, что характеристики колебаний с периодами планетарных волн в вариациях максимальных плазменных частот ионосферы ( $f_oF2$ ) в Азиатском регионе, определенные по данным, полученным в течение 1958—2008 гг., зависят от сезона, фазы 11-летнего цикла солнечной активности. Волновая активность наиболее выражена летом и в периоды равноденствия, а их амплитуды максимальны в годы максимумов солнечной активности (рис. 48). Найдена положительная корреляционная связь между частотами появления колебаний с периодами планетарных волн в ионосфере и с вариациями температуры нижней атмосферы.

В Институте солнечно-земной физики создан и введен в действие цифровой спектрополяриметр диапазона 2—24 ГГц, предназначенный для измерений микроволнового спектра излучения солнечных вспышек (рис. 49). Данные спектрополяриметра необходимы для идентификации механизмов радиоизлучения плазмы солнечных вспышек, диагностики параметров ускоренных частиц. Достигнутые характеристики спектрополяриметра выше, чем у существующих аналогичных инструментов на российских и зарубежных обсерваториях.



**Рис. 47.** Изменения в ходе магнитосферного возмущения 02.08.2002 интенсивности продольных токов зоны 1 (сплошные линии) и суммы интенсивностей зон 0 и 2 (штриховые линии).

*а* — утренний сектор, *б* — вечерний сектор, *в* — разности интенсивностей втекающего и вытекающего токов в каждой из зон 1, 2 и 0.



**Рис. 48.** Межгодовая изменчивость амплитуд колебаний максимальных плазменных частот ионосферы  $f_oF2$  с периодами 2—12,5 суток в Азиатском регионе в 1958—1994 гг.

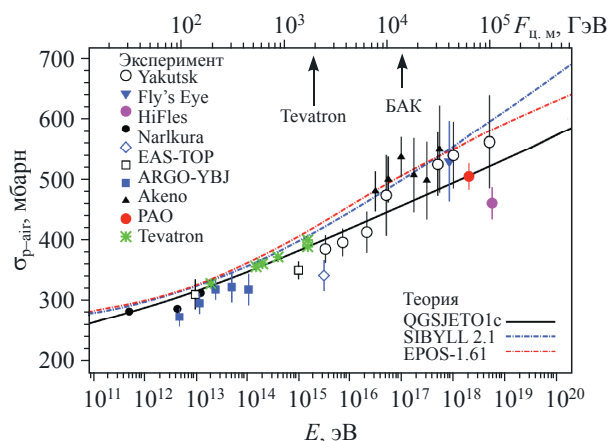


**Рис. 49.** Антенны спектрополяриметра.

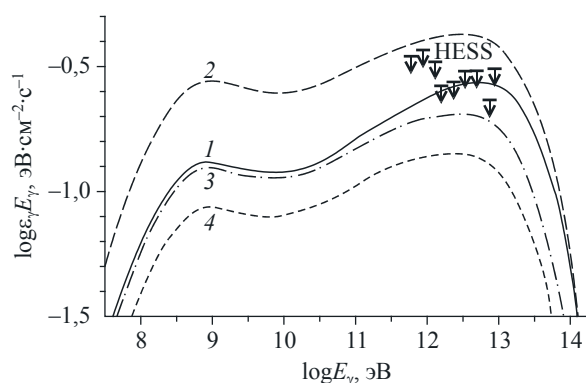
Верхняя, диаметром 0,9 м — радиометр 12—24 ГГц. Нижняя, диаметром 1,8 м — радиометр 2—12 ГГц. В рабочее здание микроволновый сигнал передается по широкополосной оптоволоконной линии. Управление ведением антеннами, количеством спектральных каналов, временем накопления сигнала автоматизировано. Измеряются обе компоненты круговой поляризации. При наблюдениях Солнца параллельно на 16 частотах с временным разрешением 1 с чувствительность не хуже  $10^{-22}$  Вт·м<sup>-2</sup>·Гц<sup>-1</sup>.

### Программа П.14.2. Актуальные проблемы физики космических лучей и гелиосферы (координатор член-корр. РАН Е. Г. Березко)

В Институте космофизических исследований и аэронавтики им Ю. Г. Шафера на основе выполненных на Якутской установке ши-



**Рис. 50.** Сечение неупругого взаимодействия протонов с ядрами атомов воздуха  $\sigma_{p-air}$  в зависимости от энергии протонов  $E$  ( $E_{ц.м}$  — энергия протонов в системе центра инерции сталкивающихся частиц). Помимо экспериментальных данных, полученных на Якутской установке ШАЛ, приведены данные других установок и данные ускорителя Tevatron, а также результаты расчетов, выполненные в рамках трех различных моделей адронных взаимодействий. Стрелками показаны значения максимальных энергий, доступных ускорителям Tevatron и Большой адронный коллайдер (БАК).



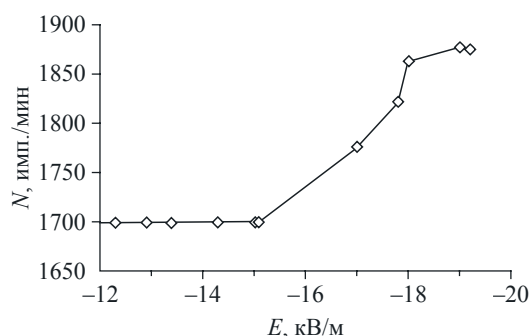
**Рис. 51.** Интегральный поток гамма-излучения  $F_\gamma$ , ожидаемый из остатка SN 1987A для четырех последовательных эпох, как функция энергии гамма-квантов  $\epsilon_\gamma$ . Приведены значения верхних пределов, полученных гамма-телескопом HESS.

Года: 2010 (1), 2030 (2), 2060 (3), 2090 (4).

роких атмосферных ливней (ШАЛ) измерений глубины максимума развития ШАЛ, порождаемых в атмосфере протонами космических лучей, впервые получена оценка сечения неупругого взаимодействия протонов с ядрами атомов воздуха  $\sigma_{p-air}$  в области сверхскоростных энергий  $10^{15}$ — $10^{19}$  эВ (рис. 50).

В этом же Институте на основе разработанной ранее теории ускорения космических лучей в остатках сверхновых выполнены расчеты потока гамма-излучения, ожидаемого из остатка SN 1987A (рис. 51). Поскольку поток гамма-излучения в ТэВ-ной области энергий, ожидаемый в ближайшие 5—10 лет, превысит порог чувствительности гамма-телескопа HESS, остаток SN 1987A включен в программу наблюдений установки HESS. Регистрация гамма-излучения SN 1987A позволит существенно уточнить набор физических параметров объекта SN 1987A и картину его эволюции.

Учеными Института космофизических исследований и аэронавтики им Ю. Г. Шафера экспериментально установлено явление значительного возрастания потока нейтронов в приземном слое атмосферы во время грозных разрядов, когда напряженность приземного электрического поля превышает значение 15 кВ/м (рис. 52), что свидетельствует о генерации в грозных разрядах частиц МэВ-ных энергий.



**Рис. 52.** Темп счета нейтронного монитора в Якутске как функция скачка напряженности приземного электрического поля во время грозного разряда 26.06.2010 г. (14—15 ч местного времени).