

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)

В Институте солнечно-земной физики на основе долговременных измерений на уникальных радиофизических инструментах Института (радар некогерентного рассеяния, цифровые ионозонды) создана региональная эмпирическая модель регулярных изменений ионосферных параметров, позволившая существенно улучшить международную справочную модель ионосферы IRI.

На рис. 51 в качестве иллюстрации представлены суточно-сезонные вариации максимума электронной концентрации (N_mF_2) при низкой солнечной активности и скорости роста N_mF_2 с возрастанием солнечной активности, даваемые региональной моделью и моделью IRI ионосферы над Иркутском.

В этом же Институте показано, что за последние 11 тысяч лет уровень активности

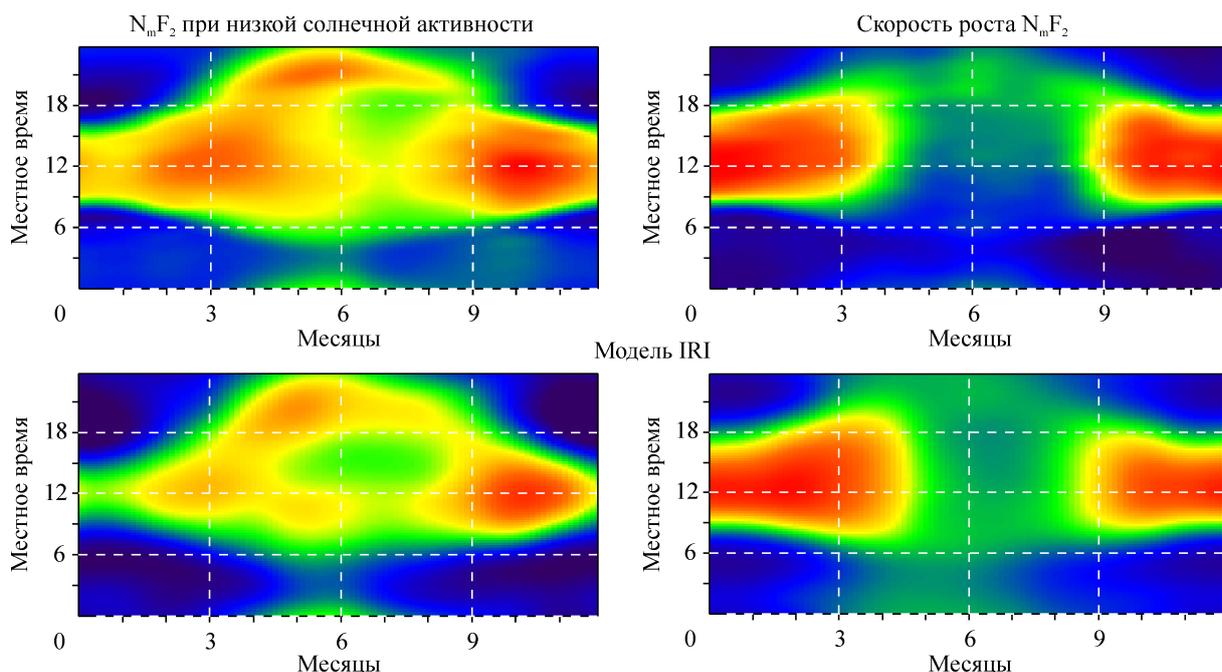
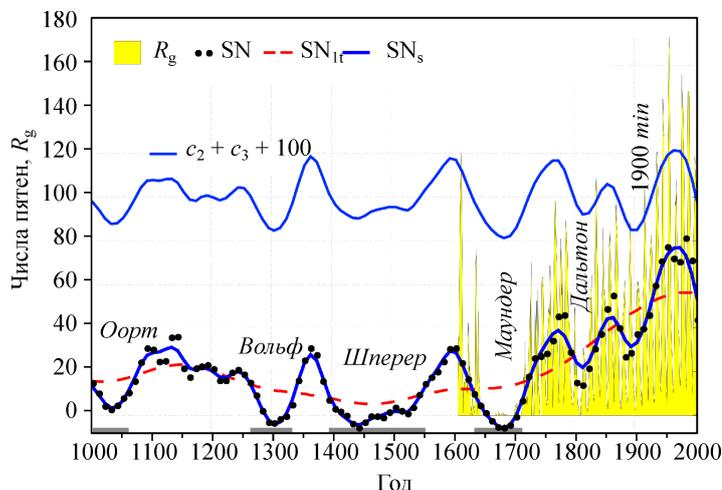


Рис. 51. Суточно-сезонные вариации N_mF_2 при низкой солнечной активности и скорости роста N_mF_2 над Иркутском с возрастанием солнечной активности.

Рис. 52. Реконструкция чисел пятен SN, сглаженный ход активности SN_s и ее долговременные изменения SN_{lt} в сравнении со 100—200-летними вариациями активности $c_2 + c_3$ и индексом R_g . Снизу серыми полосами отмечены эпохи великих минимумов.



Солнца значительно менялся, иногда понижаясь до экстремально низких значений — эпох великих минимумов. Обнаружено, что наступление великих минимумов определяется соотношением между 100—200-летней вариацией активности и ее изменениями на тысячелетнем масштабе времени. Сформулирован количественный критерий для идентификации эпох великих минимумов. Одним из следствий этого критерия является то, что при низком уровне активности происходят серии великих минимумов. Так, минимумы Оорта, Вольфа, Шпеллера, Маундера имели место при низком среднем уровне активности Солнца и приходились на фазы отрицательных значений 100—200-летней вариации (рис. 52).

В Институте солнечно-земной физики созданы и апробированы новые методы приближенных вычислений спектра гиротронного излучения нетепловыми электронами корональной плазмы с учетом ихpitch-угловой анизотропии. Разработанные алгоритмы позволили на несколько порядков уменьшить время расчета спектра при сохранении точности, достаточной для астрофизических приложений. Этот результат открыл возможности для реализации методов диагностики поведения нетепловой компоненты частиц во вспышечных образованиях солнечной короны методами решения обратных задач (рис. 53).

В том же Институте построена теория стоячих медленных магнитозвуковых (ММЗ)

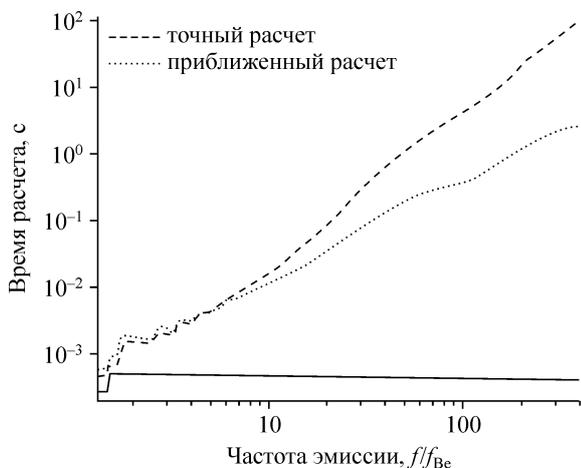


Рис. 53. Время, необходимое для расчета характеристик гиротронного излучения на частоте, нормированной на циклотронную частоту электронов. Сплошной линией показан результат, полученный для разработанной технологии.

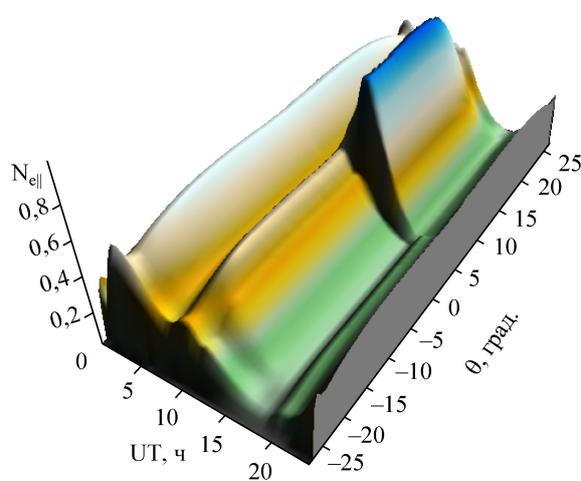


Рис. 54. Суточный ход амплитуды колебаний полного электронного содержания $N_{e||}(\theta)$ (10^{16} м^{-2}), связанных с ММЗ-волной от солнечного терминатора (над Японией 14.06.2008 от ионосферы — $\theta = \pm 25^\circ$ до экваториальной плоскости).



Рис. 55. Отладка Солнечного телескопа оперативных прогнозов (СТОП) нового поколения в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

волн, генерируемых в магнитосфере границей раздела ночь—день — терминатором, движущимся по ионосфере. Дана теоретическая интерпретация колебаниям электронной концентрации, которые наблюдаются задолго до прохождения терминатора над областью наблюдений и не имеют объяснения в рамках традиционных представлений (рис. 54).

В рамках выполнения ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008—2015 годы» завершено соз-

дание солнечного телескопа оперативных прогнозов нового поколения и их установка в Байкальской астрофизической обсерватории Института солнечно-земной физики (рис. 55), Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН и Горной астрономической станции ГАО РАН. Телескопы предназначены для мониторинга крупномасштабных магнитных полей Солнца как основы контроля и прогноза гелиогеофизической обстановки в околоземном космическом пространстве.

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

В Институте космофизических исследований и астрономии показано, что выполненные на Якутской установке ШАЛ измерения глубины максимума широких атмосферных ливней, порождаемых частицами космических лучей сверхвысоких энергий в атмосфере Земли (рис. 56), свидетельствуют: в составе космических лучей при энергиях 10^{18} — 10^{19} эВ преобладают легкие ядра, а при энергиях $E < 10^{17}$ эВ и $E > 10^{19}$ эВ — тяжелые ядра группы железа (рис. 56). Это указывает на то,

что в области энергий 10^{17} — 10^{18} эВ имеет место переход от галактической к внегалактической компоненте в наблюдаемом энергетическом спектре космических лучей.

В этом же Институте показано, что измерения ТэВ-го гамма-излучения остатка сверхновой Тихо системой гамма-телескопов VERITAS (рис. 57), подтвердившие ранее сделанные в ИКФИА предсказания, позволили существенно уточнить расстояние до данного объекта: $d = 3,6 \pm 0,1$ кпк.

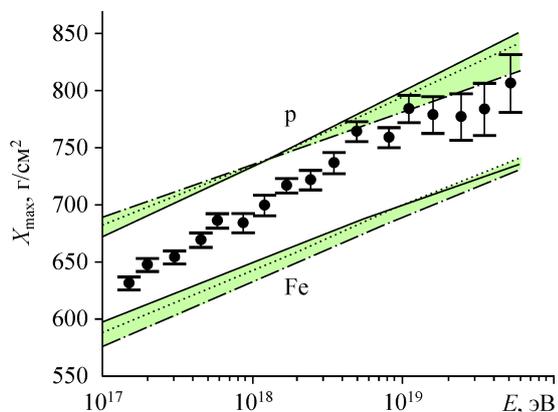


Рис. 56. Глубина максимума развития ШАЛ, в зависимости от энергии космических лучей по измерениям на Якутской установке ШАЛ. Линиями показаны теоретически ожидаемые зависимости глубины максимума от энергии для случаев, когда космические лучи состоят из протонов (p) или из ядер (Fe) железа.

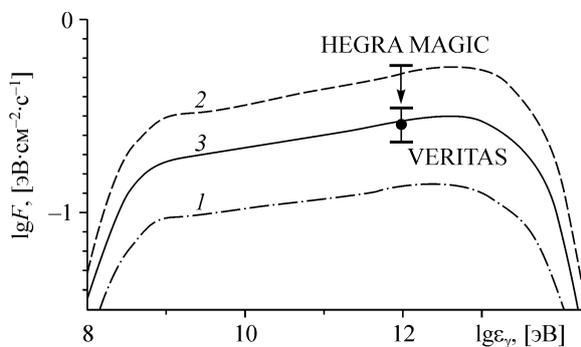


Рис. 57. Поток энергии гамма-излучения остатка сверхновой Тихо как функция энергии фотонов.

Показаны результаты измерений системы гамма-телескопов VERITAS и верхние пределы, полученные телескопами HEGRA и MAGIC, ТЭВ-го гамма-излучения, а также ожидаемые спектры гамма-излучения, соответствующие трем разным расстояниям до объекта d (3). Видно, что результаты измерений установки VERITAS согласуются с ранее сделанными предсказаниями (2) и соответствуют расстоянию $d = 3,6$ кпк. (3). d , кпс: 4,0 (1), 3,3 (2), 3,6 (3).