

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.9. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ, АСТРОФИЗИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Программа 2.9.1. Физика Солнца и околоземного космического пространства

В Институте солнечно-земной физики в результате спектрополяриметрических исследований, выполненных с использованием метода фильтрации частотных мод, установлено, что параметры колебательно-волновых процессов в солнечных образованиях в значительной степени определяются локальной топологией магнитного поля.

Для солнечных пятен обнаружено явление высотной инверсии в локализации 3-минутных осцилляций лучевой скорости. Явление заключается в том, что положению максимума мощности осцилляций в хромосфере соответствует минимум в фотосфере. В то же время для хромосферных факелов характерными являются усиление низкочастотных составляющих осцилляций в диапазоне периодов 8—15 мин. и наличие признаков распространяющихся волновых движений (рис. 50). Место зарождения этих движений совпадает с максимумом напряженности магнитного поля. В основании корональных дыр, характеризующихся открытой магнитной конфигурацией, селективное влияние на развитие колебаний разных частот оказывают элементы хромосферной сетки. Полученные результаты помогут лучше понять и изучить процессы обмена энергией между слоями солнечной атмосферы и подойти к решению проблемы возникновения высокоскоростных потоков солнечного ветра.

Учеными того же Института предложен новый механизм формирования так называемой форшок-области (foreshock), расположенной перед фронтом околоземной головной ударной волны. Его характерной особенностью является наличие частиц высокой энергии и повышенного уровня плазменных шумов. Часть плазмы солнечного ветра захватывается и ускоряется электромагнитными полями, существующими во фронте ударной волны до энергий от десятков кэВ до единиц МэВ. Такой механизм ускорения получил в литературе название серфотронного. Одни ускоренные частицы движутся в направлении к Земле и могут захватываться в радиационные пояса, другие движутся перед фронтом ударной волны преимущест-

венно в направлении, параллельном межпланетному магнитному полю (рис. 51). Такие частицы действительно наблюдаются на космических аппаратах перед ударным фронтом.

Проведенный учеными Института солнечно-земной физики морфологический анализ ионосферных бурь в период 2000—2005 гг. показал, что ионосферный провал (ИП) после полудня наблюдается в Восточной Азии преимущественно в равноденствие на фазе вос-

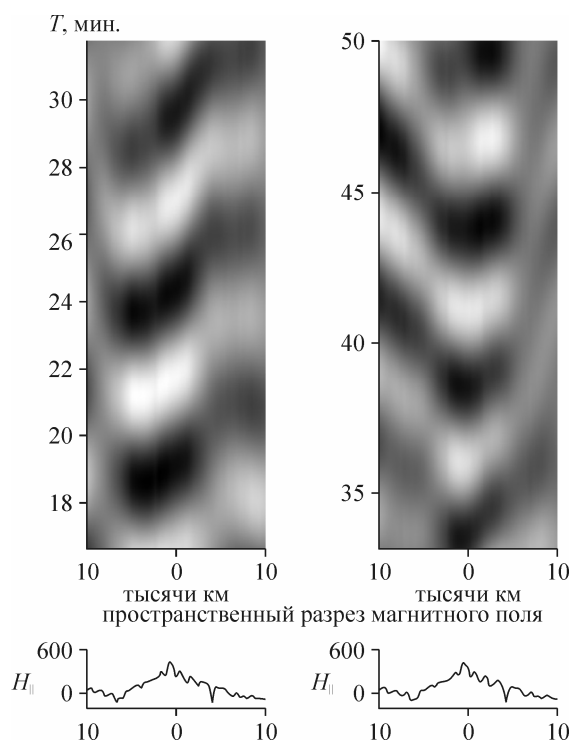


Рис. 50. Проявление распространяющихся волн на пространственно-временных диаграммах лучевой скорости для факельных областей.

Вверху показана лучевая скорость (проекция скорости на луч зрения). Темные участки указывают на движение от наблюдателя со скоростью -20 м/с, светлые — к наблюдателю $+20$ м/с. На вертикальной оси — время в минутах, на горизонтальной — пространственная координата в тысячах километров. Внизу — пространственный разрез напряженности магнитного поля, единицы измерения по вертикали — гауссы. Хорошо видно, что точка, из которой распространяется волна, совпадает с максимумом напряженности магнитного поля в факеле.

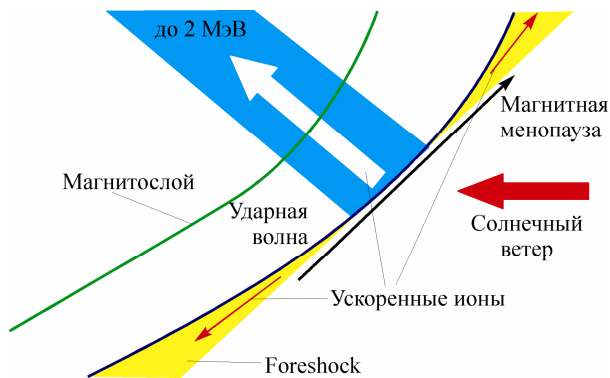


Рис. 51. Механизм образования foreshock ионов, ускоренными в ударной волне.

становления геомагнитной бури. В результате моделирования установлено, что ионосферный провал в послеполуденном секторе во время бури формируется под действием усиленного западного дрейфа со скоростью ~ 700 м/с, который выносит плазму из вечернего и послеполуденного секторов в полярную шапку. В ночном и утреннем секторах в зоне действия восточного дрейфа со скоростями ~ 1000 — 1200 м/с образуется ИП, который переносит плазму в полярную шапку, но с утренней стороны. Таким образом, механизм расширения ИП в дневную и утреннюю стороны связан с изменением структуры магнитосферной конвекции во время бури (рис. 52).

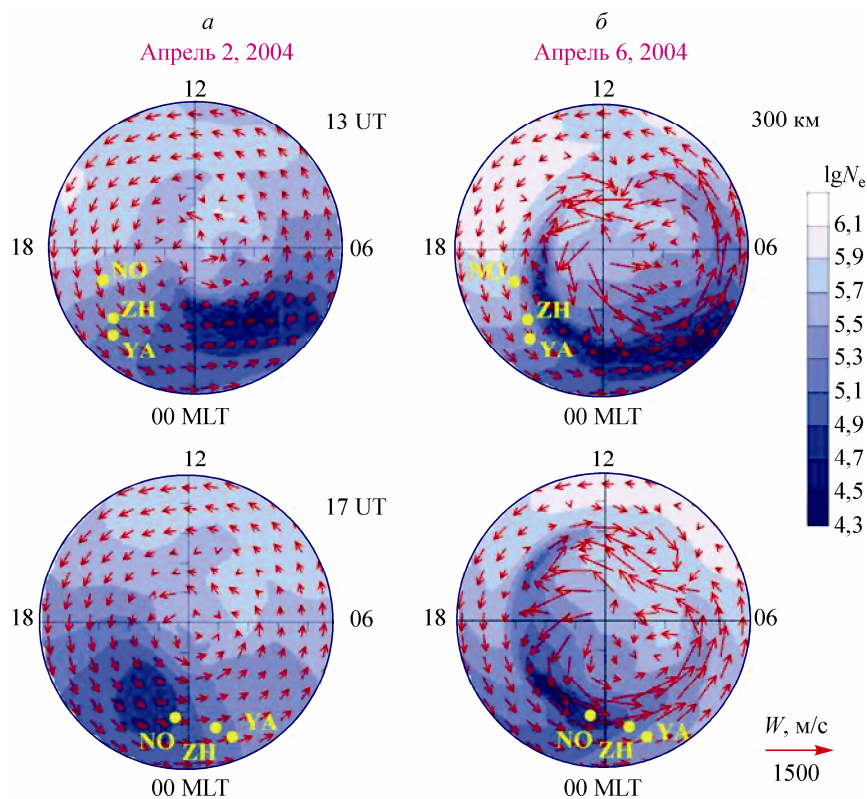


Рис. 52. Рассчитанные распределения электронной концентрации ($\lg N_e$) и скорости электромагнитного дрейфа W (стрелки) на высоте 300 км в координатах геомагнитная коширота — местное время (MLT) для спокойных (а) и геомагнитно-возмущенных (б) условий.

Наиболее темные области изображают ионосферный провал. Желтые точки показывают положение станций наблюдения относительно провала.

Программа 2.9.2. Физика межпланетной среды и космических лучей

Учеными Института космофизических исследований им. Ю. Г. Шафера на основе измерений пространственного развития широких атмосферных ливней (ШАЛ), выполненных на Якутской установке ШАЛ, определен массовый состав космических лучей в области энергий 10^{15} — 10^{18} эВ. Впервые в рамках единого эксперимента установлено, что энергетическая зависимость среднего массового числа космических лучей A характеризуется наличием максимума при энергии $\varepsilon \approx 10^{17}$ эВ (рис. 53). Выполнены расчеты, которые предсказывают такое поведение массового состава за счет преобладающего вклада в наблюдаемый спектр космических лучей в области $\varepsilon < 10^{17}$ эВ частиц, ускоренных в остатках сверхновых. Результаты измерений на Якутской установке ШАЛ свидетельствуют в пользу существова-

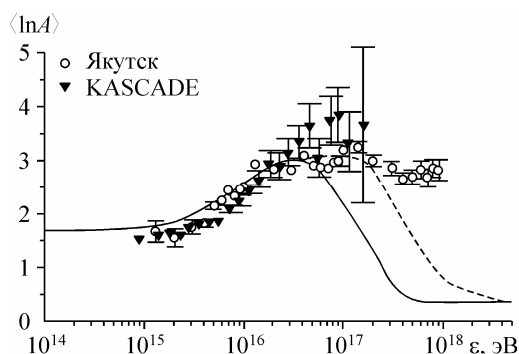


Рис. 53. Среднее значение логарифма атомного числа космических лучей в зависимости от их энергии.

Для сравнения приведены данные компактной установки KASCADE, которые согласуются с результатами Якутской установки. Кривые — результаты расчета на основе нелинейной кинетической теории ускорения космических лучей без их доускорения в галактическом гало (сплошная кривая) и при наличии доускорения (штрих).

ния значительного доускорения космических лучей в гало Галактики.

На основе измерения теплового уширения контура эмиссии 557,7 нм атомарного кислорода в бухте Тикси тем же Институтом впервые обнаружены распространяющиеся с горизонтальными фазовыми скоростями $V \approx 500$ м/с к экватору пакеты крупномасштабных акустико-гравитационных волн, генерируемых в магнитно-возмущенных условиях в овале полярных сияний импульсным джоулевым нагревом авроральной термосферы (рис. 54).

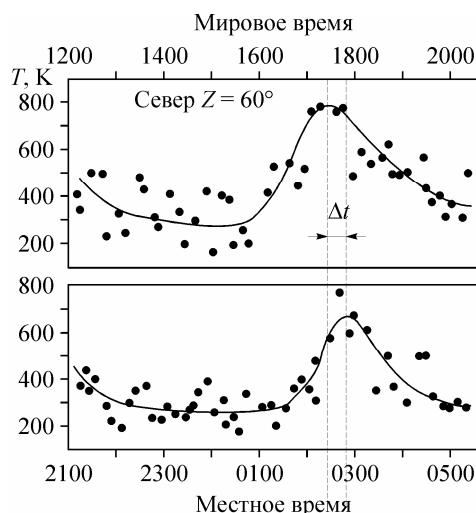


Рис. 54. Температура атмосферы на высоте $h \approx 97$ км, измеренная по тепловому уширению контура кислородной эмиссии 557,7 нм в диффузных формах полярных сияний в бухте Тикси под зенитными углами 30°S и 60°N, как функция времени. Временная задержка пика температуры $\Delta t \approx 20$ мин. при $Z = 30^\circ$ S по сравнению с $Z = 60^\circ$ N дает величину скорости распространения крупномасштабных акустико-гравитационных волн $V \approx 500$ м/с.