

**ИЗУЧЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЙ В ГЕЛИОСФЕРЕ И НА ЗЕМЛЕ.
ПРОЕКТ № 183**

Координаторы: член-корр. РАН Григорьев В. М., канд. физ.-мат. наук Баранов А. В.

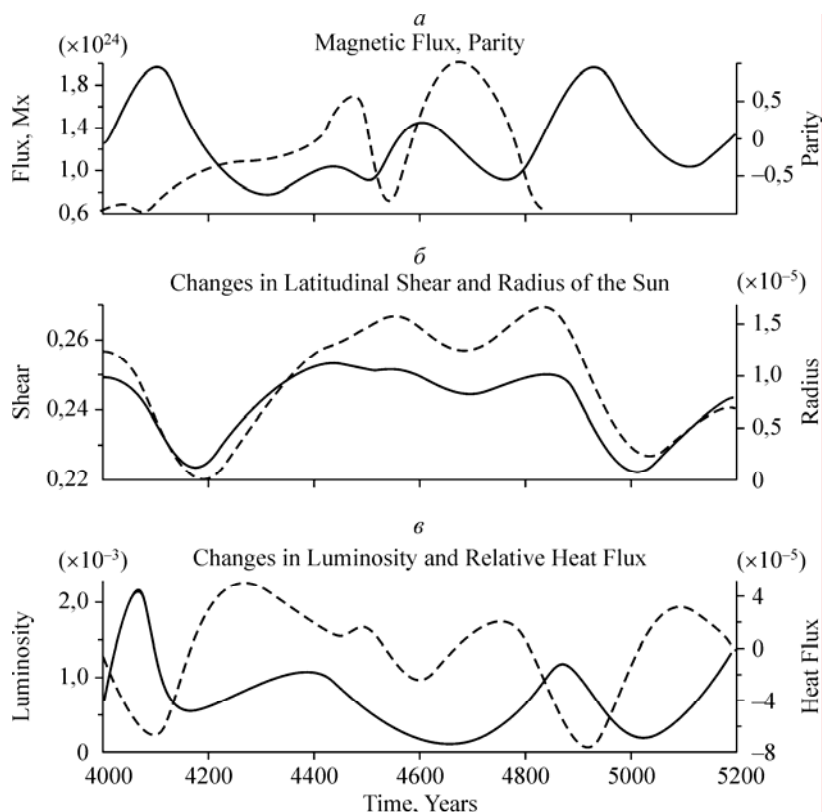
Исполнители: ИСЗФ СО РАН, УАФО ДВО РАН

В Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН на солнечном телескопе оперативных прогнозов (СТОП) были продолжены регулярные измерения крупномасштабных магнитных полей Солнца в стоксометрическом режиме одновременно в нескольких спектральных линиях. Получены однородные данные о распределении крупномасштабных магнитных полей и продолжен ряд измерений среднего магнитного поля Солнца как звезды. Выполнено сопоставление магнитограмм, полученных на разных обсерваториях. Показаны достаточно хорошее соответствие данных в случае использования в различных обсерваториях одной и той же спектральной линии и наличие существенных систематических различий, зависящих от положения на диске Солнца, в случае использования различных спектральных линий. В результате регулярных измерений магнитных полей Солнца получен достаточно длинный и однородный ряд данных, которые представлены в сети Интернет. Полученные результаты важны для понимания природы магнитных полей Солнца и для прикладных задач расчета параметров гелиосферы.

На основании спектрополяриметрических измерений исследованы некоторые свойства общего магнитного поля (ОМП) Солнца, являющегося важным гелио- и астрофизическим параметром. Обладание информацией о распределении I- и V-параметров Стокса одновременно в нескольких спектральных линиях позволило получить новые физические результаты. В частности, анализируя квазидновременные данные о V-профилях Стокса от Солнца как звезды и от различных зон солнечного диска, показано, что интегральный V-профиль Стокса определяется в основном центральной

зоной диска диаметром около 0,5 диаметра Солнца. Посредством сопоставления измерений ОМП в различных спектральных линиях показаны высокая коррелированность данных и наличие существенных систематических различий в значениях напряженностей, что интерпретируется как проявление килогауссовых магнитных полей в тонкоструктурных магнитных элементах. Выполнен статистический анализ параметров асимметрии V-профилей Стокса четырех линий в окрестности FeI 525,02 нм, которые являются важным диагностическим средством исследования активных мелкомасштабных динамических процессов.

С помощью горизонтального солнечного телескопа Саянской солнечной обсерватории выполнены исследования структуры и пространственно-временных вариаций лучевой скорости и интенсивности в хромосфере в линии H β ($\lambda = 486,1$ нм) и фотосфере в линии FeI ($\lambda = 486,3$ нм) в области спокойных волокон. Обнаружен периодический характер вариаций скорости. При удаленности волокна от центрального меридиана в измерения доплеровской скорости большой вклад вносит горизонтальная компонента скорости, а небольшой угол между главной осью волокна и лучом зрения создает условия для наблюдения движений вдоль волокна. В таких случаях в теле волокна часто наблюдаются противоположно направленные относительно оси волокна движения. Установлено, что скорости движений в волокнах содержат как осциллирующую, так и стационарную компоненты. Моды колебаний в волокне отличаются от хромосферных по пространственному масштабу и периодам. Наблюдаемые временные изменения структур двумерного распределения поля скоростей в во-



Долговременные изменения магнитного поля Солнца.

Long-term changes in the magnetic field of the Sun.

локнах интерпретированы как движения плазмы вдоль слабо скрученных спиральных траекторий.

В рамках численной модели солнечного динамо, которая учитывает влияние магнитных полей и вращения на конвективный теплоперенос и гидростатическое равновесие в конвективной зоне, изучено влияние вековых вариаций магнитной активности и вращения Солнца на поток излучения и солнечный радиус (см. рисунок). Показано, что относительная амплитуда долгопериодических колебаний радиуса Солнца составляет порядка 10^{-5} . Колебания радиуса хорошо коррелируют с вариациями дифференциального вращения, поскольку для Солнца одним из основных источников возмущения гидростатического баланса в конвективной зоне является модуляция центробежного потенциала крутильными колебаниями (меняющимся магнитным полем). Относительные вариации потока излучения Солнца составляют 2×10^{-3} . На рисунке представлены: долговременные изменения полного

магнитного потока Солнца (Magnetic Flux — сплошная линия и левая шкала на панели *a*); характеристика симметрии магнитного поля (Parity — степень четности магнитного поля относительно экватора, штриховая линия, правая шкала на панели *a*); степень дифференциальности вращения Солнца (Shear — относительная разность во вращении экватора и полюсов Солнца, сплошная линия и левая шкала на панели *b*); относительные изменения радиуса Солнца (штриховая линия, правая шкала на панели *b*); относительные изменения светимости Солнца (Luminosity — сплошная линия и левая шкала на панели *v*); относительные изменения теплового потока в конвективной зоне Солнца (Heat flux — штриховая линия, правая шкала на панели *v*).

Развит новый подход для построения эмпирических моделей воздействия солнечной активности на климат Земли с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС). Построенные ИНС-модели способны описать отклик земной климатической системы на солнечные

возмущения, принимая во внимание обратные связи и тепловую инерцию климатической системы. Задавая число групп пятен и отклонения глобальной температуры Земли как вход и выход ИНС соответственно, построена эмпирическая модель солнечно-климатической связи. К числу входных переменных нейросети добавлен также параметр, отражающий изменения концентрации парниковых газов в атмосфере Земли.

ИНС-модель, обученная на интервале времени, когда есть данные о солнечной актив-

сти и изменении глобальной температуры Земли, удовлетворительно воспроизводит изменения глобальной температуры Земли в недавнем и отдаленном прошлом. В реконструкции климатических изменений отчетливо видны минимумы, соответствующие эпохам Маундера (1650—1710 гг.) и Дальтона (1790—1830 гг.), когда глобальная температура Земли понижалась на 0,7 °С. Развитие эмпирических моделей позволит уточнить влияние солнечной активности на климат Земли и возможные сценарии климатических изменений в будущем.

Основные публикации

1. Григорьев В. М., Ермакова Л. В., Хлыстова А. И. Структура супергрануляции активной области на Солнце и формирование волокон// *Астрономический журн.* 2004. Т. 81, № 1. С. 64—71.
2. Мордвинов А. В., Кичатинов Л. Л. Активные долготы и северо-южная асимметрия активности Солнца как проявления реликтового магнитного поля Солнца// Там же. 2004. Т. 81, № 3. С. 281—288.
3. Еселевич М. В., Еселевич В. Г. Дополнительные потоки плазмы с крутыми фронтами в лучах повышенной яркости пояса корональных стримеров// Там же. 2004. Т. 81, № 8. С. 1—12.
4. Еселевич М. В., Еселевич В. Г. Структура пояса корональных стримеров// Там же. 2005. Т. 82, № 1. С. 79—87.
5. Патрикеев И. А., Машнич Г. П., Хлыстова А. И., Жанг Хончи. Коррекция крупномасштабного фона солнечных доплерограмм// *Вычислительные методы и программирование.* 2005. Т. 6. С. 253—256.
6. Григорьев В. М., Ермакова Л. В., Хлыстова А. И. Магнитное поле и поле скоростей в фотосфере в окрестности волокон// *Солнечно-земная физика.* 2004. Вып. 6. С. 75—77.