ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ И СОЛНЕЧНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ВСПЫШКИ

О.В.Чумак[1], В.Н.Обридко[2], Г.Ай[3], Х.Цанг[3], В.Г.Утробин[2], Э.В.Кононович[1], С.А.Красоткин[4]

[1] Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, Московский государственный университет, Москва, Россия
[2] Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, РАН, Троицк, Россия.
[3] Пекинская астрономическая обсерватория, Пекин, Китай
[4]Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Московский государственный университет, Москва, Россия.
sac@srdlan.npi.msu.su

В работе обсуждаются результаты сопоставления интегральных характеристик солнечных активных областей (АО) с вспышечной активностью. Интегральные характеристики АО были определены на основании магнитограмм (около 400) и допплерограмм (более 300), полученных на Телескопе солнечного магнитного поля (апертура 350 мм) Пекинской астрономической обсерватории. Вышеупомянутые интегральные характеристики, или параметры состояния (ПС) АО, являются количественными параметрами, характеризующими состояние АО в целом как системы, и имеют ясный физический смысл. Быстрые процессы в АО (изменения рентгеновского потока и потока заряженных частиц) сопоставляются с изменениями ПС АО, или, другими словами, с физическим состоянием наблюдаемого участка фотосферы, а не с локальными мелкомасштабными процессами, происходящими в АО. Дальнейшая цель такого подхода состоит в создании количественного описания АО как открытой неравновесной системы.

Временные изменения средних за день параметров состояния активной области

Сравнение временных изменений (на примере АО 5441, наблюдавшейся в 1989 г) средних за день значений структурной энтропии потоков поднимающегося и опускающегося вещества в АО показало, что увеличение энтропии потока опускающегося вещества сопровождается уменьшением энтропии потока поднимающегося вещества. Иными словами, в то время как опускающееся вещество диссипировало (его структурированность уменьшалась), поднимающееся вещество самоорганизовывалось (его структурированность увеличивалась). Сравнение энтропий потоков понимающегося и опускающегося вещества с энтропиями потоков магнитного поля выявило отсутствие какой-либо связи между ними (во всех шести проанализированных АО). Это означает, что в структурном отношении магнитное поле очень сильно отличается от поля скоростей понимающегося и опускающегося вещества. Скорее всего различные физические процессы, формирующие магнитное поле и поле скоростей вертикального движения вещества, не являются взаимосвязанными. Сравнение временных изменений площади пятен и магнитного потока АО выявило случаи как синхронного их изменения (корреляция), так и асинхронного, причем случаи асинхронного изменения характерны для АО с высокой вспышечной активностью *(Чумак О.В. и др., 1999)*.

Анализ изменений среднего магнитного поля АО (т.е. отношения магнитного потока всей АО к ее площади) и магнитного потока АО показал, что эти параметры ведут себя независимо. Этот факт необходимо учитывать при создании сценариев, описывающих процессы, приводящие к появлению и развитию АО. На некоторых фазах развития АО происходит возрастание потока магнитного поля при одновременном уменьшении его площади, что напоминает картину ?-пинча, известную в физике лабораторной плазмы, который характеризуется ростом магнитного потока в силовой трубке при одновременном уменьшении ее сечения, и заканчивается выбросом плазмы из силовой трубки. Возможно, похожий процесс имеет место и в солнечных АО. Обычно на видимой солнечной полусфере одновременно наблюдаются несколько АО, что затрудняет сравнение потоков заряженных частиц и рентгеновского потока с теми или иными ПС, характеризующими отдельно взятую АО. Но благодаря тому, что некоторые ПС являются аддитивными, их можно использовать (предварительно просуммировав для всех наблюдающихся АО) как новые количественные параметры солнечной активности. Было проведено сравнение потока рентгеновского излучения и длины линии инверсии магнитного поля (просуммированной для наиболее крупных АО, одновременно наблюдавшихся на видимой полусфере) за период 7 - 29 августа 1989 г, которое и выявило, что изменения этих величин происходят одновременно.

Быстрые изменения параметров состояния активной области

Связь между рентгеновским потоком и ПС АО была выявлена при хорошем временном разрешении (несколько минут) для АО 5395 в то время, когда эта АО была единственной доминирующей на видимой полусфере, а все другие были малыми и неактивными. Одновременно с началом роста рентгеновского потока наблюдался резкий рост потока скорости подъема и резкое падение потока скорости опускания. Характерная амплитуда изменений указанных параметров составляла 5-20 раз, а продолжительность - около 4 минут. При этом в каждом случае резкое изменение потоков скорости на 10-15 минут предшествовало максимуму рентгеновского потока. Также было обнаружено, что резкие изменения длины линии изменения знака радиальной скорости вещества предшествуют и сопровождают изменению рентгеновского потока. Это хорошо согласуется с выводами *Ai G. and Zang H. (1991)* о том, солнечным вспышкам предшествует усложнение линии изменения знака радиальной скорости вещества. Возникает вопрос: существует ли причинно-следственная связь между потоками радиальной скорости (или потоками плазмы) и рентгеновскими вспышками?

Библиография

1. Чумак О.В., Красоткин С.А., Чумак Я.О. "Интегральные характеристики поля лучевых скоростей и соотношение площадь пятен - магнитной поток в солнечных активных областях". Труды конференции "Крупномасштабная структура солнечной активности: достижения и перспективы". Конференция, посвященная 275-летию Российской академии наук и 160-летию Пулковской обсерватории. Пулково, 21-25 июня 1999 г. СПб. 1999, с. 321 - 326.
2. Ai G. and Zang H. "Observations and Studies of Solar Magnetic Fields and Velocity Fields". Beijing Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 1991, 10 p.