ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ СОЛНЕЧНЫХ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

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

[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 настоящей работе обсуждаются наиболее общие свойства солнечных активных областей (АО) на основании рассмотрения их средних интегральных характеристик (ИХ), полученных путем обработки данных магнитограмм (около 400) и допплерограмм (более 350), полученных на Телескопе солнечного магнитного поля (апертура 350 мм) Пекинской астрономической обсерватории в 1989 г.

Средние потоки радиальной скорости

Во всех шести проанализированных АО было обнаружено, что на уровне формирования линии Hα средний за время наблюдений (около недели) поток скорости опускания вещества был во много раз больше потока скорости подъема вещества. Дисбаланс между потоками скорости поднимающегося и опускающегося вещества для каждой АО был определен по формуле: DV = (—Vb—-—Vr—)/(—Vb—+—Vr—), где Vb и Vr - потоки скорости подъема и опускания. DV может изменяться от -1 до +1, при этом DV=-1 соответствует случаю, когда наблюдается только опускание, DV=+1 соответствует случаю, когда наблюдается только подъем, а DV=0 соответствует случаю полной сбалансированности потоков подъема и опускания в активной области. Для шести проанализированных АО среднее значение параметра составило DV=-0.80 при стандартном отклонении +/-0.20. Аналогично были подсчитаны значения дисбаланса и других величин: DH - дисбаланс магнитных потоков в АО, DSv и DSh - дисбалансы энтропий Шэннона для потоков, соответственно, скорости и магнитного поля. Подсчитанные значения дисбаланса весьма полезны, т.к. являются количественной характеристикой открытости АО как системы. В этом отношении они похожи на триестовские числа, *(Veselovsky I., 1999)*, используемые для скейлингового описания гелиосферной плазмы.

Средние магнитные потоки

Средние за время наблюдений магнитные потоки для всех десяти проанализированных АО оказались более сбалансированными, чем потоки скорости. Среднее значение дисбаланса DH =+0.15 при стандартном отклонении +/- 0.18.

Существует ли связь между потоками магнитного поля и поля скоростей?

Сравнение средних за время наблюдения потоков магнитного поля и поля скоростей радиального движения вещества показало, что между указанными величинами никакой связи не выявлено, что может означать, в частности, что источники магнитного поля слабо связаны с радиальными движениями плазмы на фотосферном уровне.

Как различаются магнитное поле и поле скоростей в структурном отношении?

Хорошо известно, что магнитные поля различных АО могут различаться не только величиной суммарного магнитного потока АО, но и своей структурой. Наряду с простыми биполярными областями существуют и весьма сложные. То же самое можно утверждать и в отношении полей скоростей радиальных движений вещества АО. Существует ли какая-либо связь между сложностью (в структурном отношении) магнитных полей и полей скоростей АО? Сложность АО может быть количественно охарактеризована с помощью структурной (информационной) энтропии Шэннона *(Климонтович Ю.Л., 1982)*. Будем использовать следующие параметры: 1) Shs - энтропия магнитного поля южной полярности, 2) Shn - энтропия магнитного поля северной полярности, 3) Svb - энтропия скорости поднимающегося потока, 4) Svr - энтропия скорости опускающегося потока. С помощью введенного параметра структурной энтропии было получено, что потоки скорости опускания вещества более сложны (в структурном отношении), чем потоки скорости подъема вещества. Средняя энтропия потоков скорости опускания почти одна и та же для различных АО с различными площадями пятен. Среднее значение (по шести АО) дисбаланса энтропий потоков скорости опускания и подъема составил DSv=0.23 +/-0.07. Средние (за время наблюдения) энтропии магнитных потоков оказались почти одинаковыми для разных АО и разных полярностей. Можно сделать вывод о том, что потоки скорости и магнитного поля АО в структурном отношении сильно отличаются друг от друга, а их структурные энтропии никак не связаны между собой.

Обсуждение

Солнечные активные области могут быть по-разному выделены в пространстве и времени в зависимости от использованных наблюдений. По наблюдениям в белом свете АО представляет собой группу пятен, по наблюдениям магнитного поля АО - область сильного (по сравнению с соседним слабым) магнитного поля, в линии CaII АО представляет собой флокул, и т.д. Пространственные и временные границы АО существенным образом зависят от способа наблюдений АО. В проанализированном материале АО выделялись на основании наблюдений в белов свете и на основании наблюдений магнитного поля. Полученный дисбаланс потоков скорости радиального движения вещества (-0.80) позволяет сделать вывод о том, что магнитное поле АО, по всей видимости, более компактно, чем поле скоростей радиального движения вещества в АО. Существуют две возможности для объяснения наблюдаемого дисбаланса потока скоростей: или поле скоростей АО значительно шире, чем магнитное поле АО, или же АО преимущественно возникают в областях опускания вещества. Этот подход подтверждается тем, что какой-либо связи структурной сложностью магнитного поля и поля скоростей выявлено не было. В работах *Bonacini D., et al. (1989), Ai G. and Hongqi Z., (1988)* было отмечено, что магнитные поля связаны с областями опускания вещества. Эти наблюдения находятся в противоречии с широко распространенными теоретическими сценариями, появившимися после работы *Parker E.N. (1958)*, задолго по появления подобных наблюдений. В этих сценариях эволюция АО связана с последовательностью всплывающих магнитных трубок. Но и до сего дня проблема связи всплывающих магнитных трубок с преимущественным опусканием вещества в АО остается нерешенной *(Parker E.N., 1979.)*.

Библиография

1. Ai G. and Zang H. - Observations and Studies of Solar Magnetic Fields and Velocity Fields. - Beijing Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences. Beijing. 1988. 10 p.
2. Bonacini D., E.L. Degl'Innocenti, L.J.November, L.A.Smaldone - UAI Symposium No. 138. Kiev, 1989, p.181.
3. Veselovsky I. - Scaling Approch in Solar Geliospheric Plasma. - ICTP, SMR11 - 61/10, Triest, 1999.
4. Parker E.N. - Astrophys. J., v.128, p.664, 1958.
5. Parker E.N. - Cosmical Magnetic Fields. - Oxford University Press. England, 1979.
6. Климонтович Ю.Л. - Турбулентное движение и структура хаоса. - М. "Наука". 1990, с.27-30.