

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

С.Х. Курбаниязов, Б.М.Махмудов, А.Ажабов, <sup>1</sup>А.С. Курбаниязов,  
Т.Алимов, Б.Б.Очилов

*Самарканд давлат университети, <sup>1</sup>Ташкент ахборот технологиялари университети Самарканд  
филиали, Kelv1212@mail.ru*

## QUYOSH MAGNIT MAYDONINING HOSIL BO'LISHI

Ushbu maqolada yulduzlar ichida plazmaning harakati tufayli yuzaga kelgan magnit maydonning tabiati atroflicha tahlil qilingan. Plazmaning harakati konveksiya orqali xosil bo'lib, moddaning ko'chishiga bog'liq bo'lgan energiyaning bir shakli ekanligi ko'rsatilgan. Plazmaga magnit maydoni ma'lum bir kuch bilan ta'sir qilishi va o'z navbatida bosimning ortishiga olib kelishi aniqlanib, natijada plazmaning magnitlangan qismi magnitlanmagan qismiga nisbatan fotosferagacha ortib borishi tahliliy o'rganilgan.

**Kalit so'zlar: Yulduzlar, plazmaning harakati, magnit maydoni, Zemman effekti, fotosfera, konveksiya**

## CREATION OF SOLAR MAGNETIC FIELD

The magnetic field resulting from motion of conducting plasma inside of star, has the special character. This movement created by convection, which is the form of energy, transportation, associated with the physical movement of materials. Localized magnetic field exerts a force on the plasma, effectively increasing the pressure without comparable increase in density. As the result, the magnetized area is increased relative to the rest of the plasma, until it reaches photosphere star.

**Character, magnetic, special, convection, effective, localized, photosphere, relative, bosim.**

Изучение физических процессов Солнечной системы даёт ценную информации о природе возникновения солнечных магнитных полей. Доказано что, магнитное поле, возникающее при движении проводящей плазмы внутри звезды, имеет особый характер. Установлено движение плазмы создается через конвекции, которая является формой энергии, транспорта, связанных с физическим перемещением материалов. Показано локализованное магнитное поле оказывает силу в плазме, эффективно увеличивая давление, не сопоставимый прирост плотности. В результате,

намагниченная область повышается относительно оставшейся части плазмы, пока не достигнет фотосферы звезды.

**Ключевые слова:** звезды, магнитное поле, движении проводящей плазмы, локализованное, физическим перемещением материалов, конвекции, плотности.

Магнитное поле, возникающее при движении проводящей плазмы внутри звезды, имеет особый характер. Это движение создается через конвекции, которая является формой энергии, транспорта, связанных с физическим перемещением материалов. Локализованное магнитное поле оказывает силу в плазме, эффективно увеличивая давление, не сопоставимый прирост плотности. В результате, намагниченная область повышается относительно оставшейся части плазмы, пока не достигнет фотосферы звезды.

Таким образом, силу и направление звезды магнитного поле может быть определено путем проверки эффекта Зеемана линий. Звездный спектрометр-поляриметр используется для измерения магнитного поля звезды. Этот инструмент состоит из спектрографа в сочетании с поляриметром. С помощью таких спектрографов проводилось достаточно много наблюдений подтверждающих природу возникновения магнитного поля Солнца. Так как солнечная плазма имеет достаточно высокую электропроводность, в ней могут возникать электрические токи и как следствие, магнитные поля. Непосредственно наблюдаемые в солнечной фотосфере магнитные поля принято разделять на два типа, в соответствии с их масштабом.

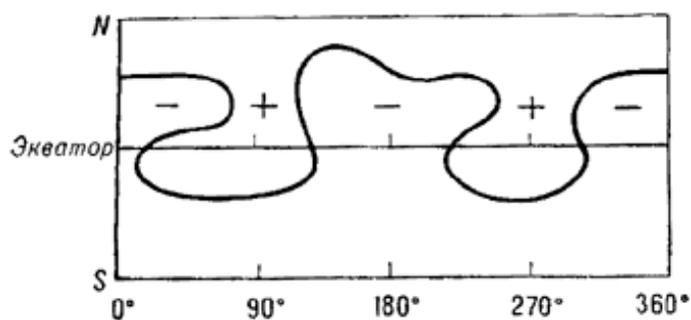
Крупномасштабное (общее или глобальное) магнитное поле с характерными размерами, сравнимыми с размерами Солнца, имеет среднюю напряжённость на уровне фотосферы порядка нескольких гаусс. В минимуме цикла солнечной активности оно имеет приблизительно дипольную структуру, при этом напряжённость поля на полюсах Солнца максимальна. Затем, по мере приближения к максимуму цикла солнечной активности, напряжённости поля на полюсах постепенно уменьшаются и через один-два года после максимума цикла становятся равными нулю (так называемая

«переполюсовка солнечного магнитного поля»). На этой фазе общее магнитное поле Солнца не исчезает полностью, но его структура носит не дипольный, а квадрупольный характер. После этого напряжённость солнечного диполя снова возрастает, но при этом он имеет уже другую полярность. Таким образом, полный цикл изменения общего магнитного поля Солнца, с учётом перемены знака, равен удвоенной продолжительности 11-летнего цикла солнечной активности — примерно 22 года («закон Хейла»). [1]

Средние и мелкомасштабные (локальные) поля Солнца отличаются значительно большими напряжённостями полей и меньшей регулярностью. Самые мощные магнитные поля (до нескольких тысяч гаусс) наблюдаются в группах солнечных пятен в максимуме солнечного цикла. При этом типичная ситуация, когда магнитное поле пятен в западной («головной») части данной группы, в том числе самого крупного пятна совпадает с полярностью общего магнитного поля на соответствующем полюсе Солнца, а в восточной части противоположна ему. Таким образом, магнитные поля пятен имеют, как правило, биполярную или мультиполярную структуру. В фотосфере также наблюдаются униполярные области магнитного поля, которые, в отличие от групп солнечных пятен, располагаются ближе к полюсам и имеют значительно меньшую напряжённость магнитного поля (несколько гаусс), но большую площадь и продолжительность жизни (до нескольких оборотов Солнца). Согласно современным представлениям, разделяемым большей частью исследователей, магнитное поле Солнца генерируется в нижней части конвективной зоны с помощью механизма гидромагнитного конвективного динамо, а затем всплывает в фотосферу под воздействием магнитной плавучести. Этим же механизмом объясняется 22-летняя цикличность солнечного магнитного поля. Существуют также некоторые указания на наличие первичного (то есть возникшего вместе с Солнцем) или, по крайней мере, очень долгоживущего магнитного поля ниже дна конвективной зоны — в лучистой зоне и ядре Солнца.

В Солнце основной компонент магнитного поля меняет направление каждые 11 лет (так в период составляет около 22 лет), в результате чего уменьшилась величина магнитного поля вблизи обратимости времени. За это время спячки, солнечные пятна активности максимальна (из-за отсутствия магнитного торможения на плазме) и, как следствие, массовый выброс высокой энергии плазмы в солнечной короне и в межпланетном пространстве происходит столкновения соседних солнечных пятен с противоположно направленными магнитными полями. В результате сильных электрических полей быстро исчезает магнитное поле в регионах. Это электрическое поле ускоряет электроны и протоны до высоких энергий, результаты которых в струю очень горячей плазмы, оставляя поверхность Солнца, а отопление корональной плазмы при высоких температурах (в миллионах Кельвина).[2]

Если газ или жидкость очень вязкая (в результате турбулентный дифференциальные движения), изменение магнитного поля может быть не очень периодическим (рис.1.). Это в случае с магнитным полем Земли, которое генерируется турбулентными течениями в вязком внешнем ядре.



**Рис.1. Радиальная составляющая крупномасштабного магнитного поля Солнца. Знак плюс означает, что поле направлено от Солнца, минус - к Солнцу. Крива разделяет области положительного и отрицательного направлений радиальной составляющей поля.**

Магнитное поле несущественно для равновесия Солнца; равновесное состояние определяется балансом сил тяготения и градиента давления. Зато все проявления солнечной активности связаны с магнитными полями (солнечные пятна, вспышки на Солнце, протуберанцы). Магнитное поле играет определяющую роль в создании солнечной хромосферы и в нагреве

(до миллионов градусов) солнечной короны. Надо отметить, что высвечиваемая в УФ- и рентгеновских диапазонах энергия выделяется в многочисленно локализованных областях, отождествляемых с петлями магнитного поля. С другой стороны, области, в коротких излучение значительно ослаблено (корональные дыры), отождествляются с открытыми во внешнем пространстве конфигурациями магнитных силовых линий. Считается, что в этих областях берут начало быстрые потоки солнечного ветра.

Все звезды, кроме Солнца, столь удалены от нас, что воспринимаются как точечные объекты. Поэтому непосредственно наблюдения далёких звёзд позволяют определить напряжённость магнитного поля, усреднённую по поверхности звезды, и мало что говорят о конфигурации (геометрии) поля. Относительно малое количество света, принимаемого от удалённых звёзд, позволяет регистрировать с помощью эффекта Зеемана только достаточно сильные магнитные поля. [3] Таким способом удалось обнаружить особую группу звёзд с сильными полями - магнитные звезды. Количество звёзд, у которых магнитное поле зарегистрировано прямым зеемановским методом, невелико (несколько сотен).

Существование магнитных полей у других звёзд удаётся доказать непрямыми методами. У звёзд главной последовательности обнаружены хромосферы. У более, чем десяти таких звёзд удалось проследить звёздный цикл (аналогичный солнечному циклу), наблюдая изменения интенсивности хромосферных линий Ca. Открыты и изучены звёзды, поверхность которых покрывается пятнами на 20-30%. У Солнца пятна покрывают не более 2% поверхности. Рентгеновские наблюдения, позволили обнаружить горячие короны у большого количества звёзд различных спектральных классов, от самых горячих O- и B-звёзд до холодных карликов классов K, M. Поскольку на Солнце все подобные явления связаны с наличием магнитного поля, эти факты можно рассматривать как свидетельство присутствия магнитных полей на других звёздах. Напряжённость и геометрию полей, разумеется,

можно оценивать лишь косвенно. Впрочем, известна звезда (G 8), у которой наряду с перечисленными выше косвенными свидетельствами поле зарегистрировано и прямо по эффекту Зеемана. Это убеждает в правильности общего вывода о магнетизме звёзд.[4]

Очень сильные магнитные поля имеются у ряда звёзд, находящихся в заключительной стадии эволюции. У некоторых белых карликов, как показывают наблюдения круговой поляризации их непрерывного излучения, при этом наблюдается высокая напряжённость поля. Наиболее очень сильные магнитные поля связаны с быстровращающимися нейтронными звёздами - пульсарами. Источником энергии пульсара служит вращение нейтронной звезды. Магнитное поле является передаточным звеном, трансформирующим энергию вращения звезды в энергию частиц и излучения.

Очень сильное магнитное поле удалось обнаружить также у нейтронных звёзд, входящих в состав двойных звёздных систем. Примером может служить нейтронная звезда, проявляющаяся в виде рентгеновского пульсара в двойной системе. Ионизованный газ с нормальной звезды падает на нейтронную звезду. Магнитное поле нейтронной звезды тормозит газ вблизи поверхности, на которой сравниваются газовое и магнитное давление, и направляет его в область магнитных полюсов звезды, где газ излучает. В зависимости от величины магнитного поля, потока газа и параметров системы, исходящее рентгеновское излучение приобретает определённую направленность и поляризацию. Исследование диаграммы направленности и поляризации позволят сделать выводы о величине и геометрии магнитного поля звезды. Для прямого исследования этих полей используют спектральные линии (гиролинии), обусловленные излучением электронов в магнитном поле. [5] Гиरोлиния обнаружена, например, в рентгеновском спектре пульсара Her X-1. Интерпретация гиролинии в спектрах источников гамма-всплесков, позволила доказать, что источниками всплесков являются нейтронные звёзды достаточно большой напряжённостью магнитного поля.

Звёзды образуются из межзвёздного газа, пронизанного магнитным полем. Простейшее решение проблемы, заключающееся в том, что наблюдаемые поля звёзд представляют собой продукт сжатия исходного поля, оказывается недостаточным. Адиабатичное сжатие газа, не сопровождающееся потерей магнитного потока, привело бы к слишком сильным полям, поскольку средней плотность обычной звезды типа Солнца больше плотности межзвёздной среды приблизительно в  $10^{24}$  раза. Эволюционный подход к происхождению магнитного поля, по-видимому, справедлив лишь для некоторых типов звёзд (магнитных звёзд, пульсаров, возможно, для белых карликов). У большинства звёзд поле исчезает и восстанавливается за время, короткое по сравнению с характерными временами эволюции звезд. Такие быстрые изменения невозможно объяснить эволюционными изменениями. Они происходят в результате преобразования магнитных полей под действием движений хорошо проводящего вещества звёзд. Наиболее эффективно поля изменяют неоднородное вращение и конвективные движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пудовкин М. И. Солнечный ветер // Соросовский образовательный журнал, 1996, 12, с. 87-94.
2. Хундхаузен А. Расширение короны и солнечный ветер. //Пер. с англ. М.: Мир, 1976, 76 с.
3. Физическая энциклопедия, т.4 — //Большая Российская Энциклопедия стр.586, стр.587 и стр.588
4. Плазменная гелиогеофизика // Под ред. Л. М. Зеленого, И. С. Веселовского. В 2-х т. М.: Физ-матлит, 2008. Т. 1. 672 с.; Т. 2. 560 с.
5. Ермолаев Ю. И., Николаева Н. С., Лодкина И. Г., Ермолаев М. Ю. Относительная частота появления и геоэффективность крупномасштабных типов солнечного ветра // Космические исследования. — 2010. — Т. 48. — № 1. — С. 3–32.

## Ihstirokchi haqida ma'lumot

Kurbaniyazov

Safar

Xo'janiyazovich

Fizika-matematika fanlari nomzodi

Dotsent

SavDU fizika fakul'teti dotsehti

Samarkahd davlat universiteti

Samarkand shahri universitet hiyaboni, 15.

Ma'ruza №1 yo'nalish bo'yicha qilinadi

Mualliflar: С.Х. Курбаниязов, Б.М.Махмудов, А.Ажабов, <sup>1</sup>А.С.  
Курбаниязов, Т.Алимов, Б.Б.Очилов

Ma'ruza mavzusi: Происхождение солнечных магнитных полей