

ASTRONOMİYA

QULU HƏZİYEV
AMEA Naxçıvan Bölməsi
E-mail: atcc55@mail.ru

GÜNƏSDƏKİ İRİMİQYASLI MAQNİT SAHƏLƏRİNİN STRUKTURU VƏ DİNAMİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İrیمیqyaslı maqnit sahələrinin tədqiqi Günəş maqnetizminin dəyrənilməsinin bütün dövrlərində aktual olmuşdur və müasir Günəş fizikasında əsas yerlərdən birini tutur. Bunu şərtləndirən əsas amillər Günəşin konvektiv örtüyündə və atmosferin xarici qatlarında, həmçinin heliosferada baş verən müxtəlif dinamik proseslərdə irimiqyaslı maqnit sahələrinin əhəmiyyətli rolunun olmasıdır. İrimiqyaslı maqnit sahələrinin təbiətini aydınlaşdırılması, Günəş və ulduz maqnetizminin xarakterinin də aydınlaşdırılması açar rolunu oynayır.

Açar sözlər: maqnit sahələri, maqnit xəritələri, Günəş ləkələri, Günəş fəallığı, məşəllər.

Günəsdəki maqnit sahələrini şərti olaraq lokal sahələrə və irimiqyaslı sahələrə ayırmaq olar. Lokal maqnit sahələri əsasən Günəş ləkələri ilə bağlı olan sahələrdir. Günəşin səthinin az bir hissəsində mövcud olan bu sahələrin gərginliyi bir neçə kiloqaussa çatır. Lokal sahələrdən fərqli olaraq irimiqyaslı maqnit sahələri (IMS) faktiki olaraq Günəşin bütün səthinə əhatə edir və gərginliyi cəmi bir neçə qaussla ölçülür.

Bir qayda olaraq IMS-in tədqiqi üçün maqnit sahələrinin 2-3 bucaq dəqiqəsi ayırd etmə ilə tərtib olunmuş xəritələrindən istifadə olunur. Bu ayırd etmə ilə hazırlanmış xəritələrdə qranullar, superqranullar və Günəş ləkələri kimi kiçikimiqyaslı strukturlar, necə deyirlər, hamarlanıb itdiyindən IMS-in tədqiqində onlar nəzərə alınmır. IMS-in ümumi strukturunda xarakterik ölçüləri 30-40° olan birqütblü maqnit sahələri və 90-100° ölçüsündə olan maqnetik formasızlar mövcuddur. Analoji mənzərəni IMS ilə bağlı olan bəzi fəallıq təzahürlərində də (ləkə və ləkə qruplarının, fakellərin, fəal zonaların və uzunömrürlü fəallıq mərkəzlərinin paylanması) müşahidə etmək mümkündür [1-8].

IMS-in həndəsi və fəza quruluşu Günəş fəallığının müxtəlif təzahürləri (əsasən uzunömrürlü) ilə sıx bağlıdır. Bu amil H_{α} sinoptik xəritələrindən istifadə etməklə, uzunömrürlü liflər və fəallıq mərkəzlərinə görə IMS xəritələrinin (ancaq qütblük işarəsinin) bərpə olunması metodikasının işlənilib hazırlanmasına imkan yaratmışdır. Sonralar bu metodika əsasında 1915-1990-cı illərə aid IMS-in xəritələri bərpə olunmuşdur [9].

Günəşin maqnit sahələrinin rəqəmləşdirilmiş xəritələrinin avtokorrelasiya analizi IMS-n strukturunda 2 və 4 sektorlu modaları aşkara çıxarılmasına və onların furlanmasının və dövrü təkamülünün tədqiq olunmasına şərait yaratdı. 2 və 4 sektorlu modalar həm də 1915-1990-cı illərə aid H_{α} sinoptik xəritələri əsasında mənbə səthi üzərində ($R=2.5R_{\odot}$, R_{\odot} – Günəşin radiusudur) bərpə olunmuş IMS-in strukturlarında da müşahidə

olunmuşdur [10, 11]. 2 sektorlu moda 4 sektorlu modaya nisbətən daha aydın ifadə olunur. Fotosfer səviyyəsindəki orta enliklərdə ($\lambda \pm 55^{\circ}$) məhz 2 sektorlu modalarda diferensial furlanmalar müşahidə olunur. Ancaq qütbətrafi enliklərdə ($\lambda \pm 55^{\circ}$) IMS-in diferensial furlanması demək olar ki, yoxdur. Mənbə səthi üzərində 2 sektorlu moda bərk cisim kimi furlanır [12, 13]. 2 sektorlu modadan fərqli olaraq 4 sektorlu modanın furlanması həm fotosfer səviyyəsində, həm də mənbə səthi üzərində bərk cismin furlanmasına oxşardır. Həm 2 sektorlu modanın, həm də 4 sektorlu modanın bərk cismə oxşar furlanması ona dələlat edir ki, onları mənşəyi ən azı konvektiv zonanın başlanğıcındadır. Qeyd edək ki, konvektiv zonanın başlanğıcından etibarən dərinliyə doğru, ümumiyyətlə, diferensial furlanma müşahidə olunmur.

Fotosfer səviyyəsində faktiki olaraq 2 sektorlu moda həmişə müşahidə olunur. Bu o deməkdir ki, Günəş 11 illik fəallıq dövrü müddətində özünü praktiki olaraq meylli dipol kimi aparır. 4 sektorlu moda isə fəallıq dövrünün əsas müddətində orta enlik zonalarda ($\lambda \pm 55^{\circ}$), yalnız fəallıq dövrünün maksimumuna yaxın qıssa vaxt ərzində isə qütbətrafi zonalarda müşahidə olunur.

IMS-in 2 və 4 sektorlu maqnit strukturlarının (modalarının) dinamik xüsusiyyətlərinin xarakteri onu deməyə əsas verir ki, bu iki moda ya bir-birindən ümumiyyətlə asılı deyil, ya da onlar arasındakı əlaqə çox zəifdir. Bu isə o deməkdir ki, 4 sektorlu moda 2 sektorlu modanın harmonikalırdan ibarət ola bilməz.

1915-1990-cı illər intervalına aid 2 və 4 sektorlu modaların tədqiqi göstərir ki, onların amplitudalarının nisbətini (A_4/A_2) bütün enliklər üzrə orta qiyməti 0.5-ə yaxındır. Yalnız müəyyən vaxtlarda 4 sektorlu moda 2 sektorlu ilə müqayisə edilə bilən olur ki, bu vaxtlar da mövcud 11 illik fəallıq dövrünün dayaq nöqtələri ilə üst-üstə düşür. Məhz -2-3 illik xarakterik dövrlə malik kvazidövrü maqnit flüktuasiyalarının yaranması da ola bilər ki, bununla bağlıdır.

Helioenlik artıdqca IMS-də 2 sektorlu modanın payı artır, 4 sektorlu modanın payı isə, əksinə, azalır. Hər iki modanın həm intensivlikləri ($A_2(t)$ və $A_4(t)$), həm də furlanma dövrləri ($T_2(t)$ və $T_4(t)$) arasındakı korrelyasiya əmsalı uyğun olaraq 0.4 və 0.2-ni aşmır.

Kifayət qədər uzun zaman intervalında IMS-in furlanmasının ümumi cəhətləri dəqiqliklə aşkara çıxarılmışdır. Məlum olmuşdur ki, fəallıq səviyyəsinin yüksəlməsi (lokal maqnit sahələrinin sayının və intensivliyinin artması) furlanma sürətinin azalması ilə, fəallıq səviyyəsinin aşağı düşməsi (lokal sahələrin rolunun azalması) isə, əksinə, furlanma sürətinin artması ilə müşayiət olunur. Bu əsiliq həm 11-illik fəallıq dövrü daxilində, həm də uzun zaman intervalında mövcud olur. Fəallıq dövrünün minimumunda furlanma sürətinin yüksəlməsi diferensial furlanmanın yavaşması ilə paralel baş verir.

IMS-in furlanmasının və dövrü xüsusiyyətlərinin tədqiqi belə bir qənaətə gəlməyə imkan vermişdir ki, Günəsdə maqnit sahələrinin iki sistemi mövcuddur: lokal maqnit sahələri (LMS) və qlobal maqnit sahələri (QMS). Bu iki maqnit sahələri sisteminin bir-biri ilə aşkar bağlılığı olsa da, dövrü xüsusiyyətləri tamamilə fərqlidir. Lokal maqnit sahələri sistemi əsasən diferensial furlanan və fəallıq təzahürlərinə (fəal oblastlar, Günəş ləkələri, alışmalar və tac kütlə püskürmələri) bağlı qapalı maqnit sahələrindən ibarətdir. Qlobal maqnit sahələri sistemi isə açıq və bərk cisim kimi furlanan maqnit sahələrinin sistemidir. Bu sistem dinamik xüsusiyyətləri Günəşin nisbətən dərin qatlarında, əsasən konvektiv zonanın başlanğıcında maqnit sahələrinin generasiya olunma mexanizmi ilə bağlıdır. QMS Günəsdəki dövrü proseslərin əsas səbəbi olmaqla bərabər, həm də heliosferanın, heliosferadakı cərəyan qatının və planetlərarası maqnit sahələrinin formalaşmasında da mühüm amil rolunu oynayır.

Lokal və qlobal maqnit sahələri uyğun olaraq 30-40° ölçülü nəhəng qranulların və

70-110° ölçülü ifratnəhəng qranulların maqnit sahələrinə uyğundur [13-15, 4, 8]. LMS əsasən fotosferdə müşahidə olunan maqnit sahələrinə üstünlük təşkil edir və onun dövrü xüsusiyyətləri Günəş ləkələrinin məlum 11 illik dövrü (Volf ədədi – $W(t)$) və ya, daha dəqiqi, 22 illik Heyl maqnit dövrü kimi meydana çıxır. QMS sistemi isə ya mənba səthi üzərində müşahidə olunur, ya da fotosfer səviyyəsindəki maqnit sahələrinin multipol komponentlərə ayrılışında ilk 2 və ya 3 modanın (dipol, kvadrupol və oktopol) götürülməsi ilə həyata keçirilən fəza filtrasiyası kimi təyin edilir [10, 11]. IMS-in də daxil olduğu QMS sistemi də 22 illik maqnit dövrünə malikdir. Ancaq QMS-in dövrü fəzaca zamana görə Günəş ləkələrini 5-5.5 il (11 illik dövrün yarısı) qabaqlayır.

[16]-də IMS-in dipol və oktopol komponentlərinin intensivliklərinin cəmi kimi xarakterizə olunan $A(t)$ indeksi tədqiq edilmişdir. Bu indeksin Günəş ləkələrinin $W(t)$ indeksi ilə müqayisəsi göstərir ki, IMS-in (və ya QMS-in) 11 illik dövrləri Günəş ləkələrinin uyğun 11 illik dövrlərini 5.5 il qabaqlayır. Bu o deməkdir ki, birincisi, nisbətən zəif irimiqyaslı sahələr, əvvəllər fərz edilirdi ki, güclü lokal sahələrin dağılması və diffuziyasının nəticəsi deyildir. Və, ikincisi, bu iki sistem maqnit sahələrinin dövrləri bir-biri ilə sıx əlaqəlidir və digər bir dövrü prosesin – konvektiv zonanın başlanğıcında poloidal maqnit sahələrinin (IMS və ya QMS-i dövrü) toroidal maqnit sahələrinə (Günəş ləkələri dövrü) çevrilməsinin təzahürləridir. Polyar helioenliklərdəki məşəllərin sayı və intensivlikləri ilə orta enliklərdəki Günəş ləkələrinin sayı və ümumi sahəsinin 5.5 il sonrakı variasiyaları ilə əlaqələri də QMS və LMS sistemləri arasındakı əlaqələrlə izah olunur. Maraqlıdır ki, analoji qarşılıqlı əlaqə həm də Günəş ekvatoru yaxınlığında yaşıllı tac xəttinin ($\lambda 530.3$ nm) variasiyalarının birincinin ikinciyə nisbətən 9.5-10 il əvvəl baş verməsi kimi də mövcuddur. Ola bilsin ki, belə bir qarşılıqlı əlaqənin yaranmasının izahında açar rolunu konvektiv zonada IMS-nin mövcud meridional sirkulyasiyası oynayır [17].

Günəşdəki lokal sahələr əsasən radial və toroidal komponent şəklində orta helioenlik zonalarda ($\lambda < \pm 55^\circ$) müşahidə olunurlar. Qlobal maqnit sahələri isə poloidal komponent təmsalında polyar ərazilərdə ($\lambda > \pm 55^\circ$) meydana çıxırlar. Buna uyğun olaraq LMS-nin 11 illik dövrünün maksimumu, Günəş ləkələrinin 11 illik dövründəki maksimumu ilə üst-üstə düşür. IMS-in ən çox polyar ərazilərdə dipol kimi müşahidə olunan komponentinin maksimumu isə Volf ədədinin minimumu ilə eyni vaxta düşür.

Ümumiyyətlə, Günəşdəki IMS-nin son 25-30 illədi tədqiqinin nəticələri onu deməyə əsas verir ki, Günəşdə baş verən fiziki proseslərin hamısı bu və ya digər formada irimiqyaslı sahələrlə əlaqəlidir.

LİTERATURA

1. Obridko V.N. // Publ. Debrecen Heliophys. Obs., 1983, v. 5(1), p. 25.
2. Obridko V.N. Солнечные пятна и комплексы активности. Москва: Наука, 1985, 256 с.
3. Ambroz P. / Proceed. of the First SOLTIP Symp. / Edited by S.Fisher and M.Vandas 1992, v. 21, p. 38.
4. Ambroz P. / The Solar Cycle. Proc. Of National Solar Observatory, Sacramento Peak. 12th. Summer Workshop, ed. by K.L.Harvey, 1992, p. 35.
5. Ambroz P. Large-Scale Transport of Magnetic Flux on the Sun // Solar Phys., 2001, 198, pp. 253-277.
6. Ambroz P. Semiempirical Modeling of Large-Scale Flow on the Sun // Solar Phys., 2001, 199, pp. 251-266.

7. Harvey J.T., White O.R. Solar Magnetic Fields, the Key to Understanding Solar Irradiance Variations // SPRC Technical Report, 96-01, 1996.
8. Plyusnina L.A. Background Magnetic Fields: Cellular Structure, its Rotation Variation and Relationship with Coronal Holes // Solar Phys., 1998, v. 180, pp. 53-63.
9. McIntosh P.S. Annotated atlas of Ha synoptic charts for Solar Cycle 20 // World Data Center A., UAG-70, 1979, pp. 1-145.
10. Обридко В.Н., Харшиладзе А.Ф., Шельтинг Б.Д. Некоторые методические вопросы расчетов гармонических коэффициентов глобальных магнитных полей / Магнитные поля Солнца и гелиосейсмология, 1994, с. 71-80.
11. Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д. Крупномасштабное магнитное поле на Солнце: экваториальная область // Астрономический журнал, 2000, т. 77, № 2, с. 124-133.
12. Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д. Крупномасштабное магнитное поле на Солнце: зависимость от широты // Астрономический журнал, 2000, т. 77, № 4, с. 303-312.
13. Bumba V., Howard R., Martres M.J., Soru-Iscoviici J. Structure and Development of Solar Active Regions // IAU Symp., 1968, v. 35, p. 13.
14. Bumba V., Howard R., Kopecky M., Kuklin G.V. Some Regularities in the distribution of large-scale magnetic fields on the Sun // Bull. Astron. Inst. Czech., 1969, v. 20, № 1, pp. 18-21.
15. Bumba V. Concerning the formation of giant regular structures in the solar atmosphere // Solar Phys., 1970, v. 2, p. 80-88.
16. Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K., Obridko V.N., Shelting B.D. Large-scale magnetic field and sunspot cycles // Solar Phys., 2001, v. 198, p. 409-421.
17. Giles P.M. A Dissertation for the Degree of Dr. Ph. Stanford University, 1999.

Гулу Газиев

СТРУКТУРА И ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРУПНОМАСШТАБНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СОЛНЦЕ

Изучение крупномасштабных магнитных полей было актуальным на протяжении всех периодов изучения солнечного магнетизма и занимает одно из главных мест в современной солнечной физике. Это обуславливается влиянием крупномасштабных магнитных полей на различные физические процессы, которые происходят в конвективной зоне Солнца, во внешних слоях атмосферы, а также в гелиосфере. Проявление природы крупномасштабных магнитных полей играет ключевую роль в выяснении природы солнечного и звездного магнетизма.

Ключевые слова: магнитные поля, магнитные карты, солнечное пятно, солнечная активность, факелы.

Gulu Gaziyev

STRUCTURE AND DYNAMIC PROPERTIES OF LARGE-SCALE MAGNETIC FIELDS ON THE SUN

The study of large-scale magnetic fields was relevant during all periods of studying solar magnetism and occupies one of the main places in modern solar physics. This is due to the influence of large-scale magnetic fields on various physical processes

that occur in the convective zone of the Sun, in the outer layers of the atmosphere, as well as in the heliosphere. The clarification of the nature of large-scale magnetic fields plays a key role in elucidating the nature of solar and stellar magnetism.

Keywords: *magnetic field, magnetic maps, sunspot, solar activity, torques.*

(AMEA-nın müxbir üzvü Əyyub Quliyev tərəfindən təqdim edilmişdir)

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir – **Qrant № EIF-KETPL-2-2015-1(25)-56/11/1**