

9. Svalgaard L. Asym met ric so lar po lar field re ver sals / L. Svalgaard, Y. Kamide // *Astrophys. J.* – 2013. – Vol. 763, № 1. – Article id. 23. – 6 p.
 10. Webb D. F. Observations of the reappearance of polar coronal holes and the reversal of the polar magnetic field / D. F. Webb, J. M. Davis, P. S. McIntosh // *Solar Phys.* – 1984. – Vol. 92, № 1. – P. 109–132.

Надійшла до редколегії 23.11.18

Н. Пишкало, канд. физ.-мат. наук

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев

ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАКА ПОЛЯРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА В 24-М ЦИКЛЕ АКТИВНОСТИ

Исследована связь солнечной активности, выраженной числами Вольфа, в северном и южном полушариях Солнца в текущем, 24-м цикле, со временем изменения знака полярного магнитного поля в соответствующем полушарии. Показано, что в каждом из полушарий изменение знака магнитного поля на полюсе не совпадает с максимумом активности. В северном полушарии максимум чисел Вольфа наблюдался почти на полтора года раньше первой переполюсовки магнитного поля на полюсе и на два с половиной года раньше третьей, окончательной. В южном полушарии максимум чисел Вольфа наблюдался почти на год раньше изменения знака поля на полюсе. В северном полушарии изменение знака магнитного поля на полюсе происходят в период максимальных значений наклона гелиосферного токового слоя, а в южном – почти через два года после соответствующего максимума.

M. Pishkalo, PhD

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv

REVERSAL OF SUN'S POLAR MAGNETIC FIELD IN SOLAR CYCLE 24

The connection of solar activity expressed by international sunspot (Wolf) numbers in the northern and southern hemispheres of the Sun in the current 24th cycle with the time of polar magnetic field reversal in the corresponding hemisphere is investigated. It was obtained that:

- *The change of the sign of the polar magnetic field at the southern pole occurs almost a year later than in the north.*
- *The polar magnetic field reversals do not coincide with the maximum activity in each of the hemispheres. In the northern hemisphere, the activity maximum was observed almost one and a half years earlier than the first polar field reversal and two and a half years earlier than the third or final one. In the southern hemisphere, the activity maximum was observed almost a year earlier from the change of the field sign at the pole.*
- *The maximum of the 24th cycle almost coincides with the time of the change of the sign of the magnetic field at the northern pole.*
- *In each of the hemispheres, the change in the sign of a magnetic field in the polar zone above 55 degrees occurred almost two years earlier than the final polar field reversal. The second and third changes of the sign of the total field in the polar zone above 55 degrees occurred shortly after the corresponding polar field reversal.*
- *In the northern hemisphere, the polar field reversals occur at the time of maximum values of the inclination of the heliospheric current sheet, and in the south - almost two years after the maximum inclination of the HCS.*
- *Three-fold polar field reversal at the northern pole occurs at small values of polar magnetic field measured at the Wilcox Solar Observatory while single reversal at the southern pole occurs at sufficiently high value of the corresponding measured polar field.*

УДК 524.7

С. Парновський, д-р фіз.-мат. наук, проф.,

І. Ізотова, канд. фіз.-мат. наук,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДИФУЗНИХ ГАЛАКТИК З АКТИВНИМ ЗОРЕУТВОРЕННЯМ У РАДІОКОНТИНУМІ НА ЧАСТОТІ 1.4 ГГц

Визначено частку теплового компонента в загальному випромінюванні в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц для 30 дифузних галактик з активним зореутворенням. Це є доповненням до попередніх досліджень, у яких аналогічна величина була отримана для 193 компактних галактик [1]. Знайдено залежність частки теплового компонента від еквівалентної ширини емісійної лінії H β та показника кольору g-r. Показано, що розподіл цієї частки, як і у випадку вибірки компактних галактик, є близьким до лог-нормального, хоч і з нижчою медіаною – близько 6 %.

Вступ. Ця робота продовжує дослідження, пов'язані з вивченням випромінювання галактик з активним зореутворенням у різних діапазонах довжин хвиль (від ультрафіолетового до радіо), що є індикаторами процесу зореутворення. Таким дослідженням присвячена значна кількість статей, аналіз яких проведено, зокрема, у роботах [1, 5, 7–9]. У цій роботі ми досліджуємо випромінювання галактик у радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц, яке переважно має нетеплове походження, хоча в зонах III іонізованого водню тепловий компонент (free-free випромінювання) може бути помітним (детальніше про це див. [1]). У роботі ми проводимо дослідження, аналогічні виконаним нами [1, 7], але для іншої вибірки – вибірки дифузних галактик з активним зореутворенням, створеної на основі *Data Release 12 (DR12)* цифрового огляду неба *Sloan Digital Sky Survey (SDSS)* [2]. Оскільки в роботах [1, 7] докладно описано джерела для ототожнення даних та їхня точність, методи опрацювання та шляхи проведення необхідних корекцій даних, а також аналіз ознак відсутності активних галактичних ядер, то ми не будемо повторювати це ще раз, а відсилаємо читача до цих робіт.

Після ототожнення галактик вибірки з переліком радіоджерел каталогів *NVSS* [10] та *FIRST* [3] було виділено 108 дифузних галактик з активним зореутворенням. Для порівняння, після ототожнення вибірки *CSFG* компактних галактик з активним зореутворенням [8] з радіоджерелами [3, 10] було виділено 272 компактні галактики, результати опрацювання яких наведено в [1]. Після візуальної перевірки й аналізу в робочій вибірці залишилося 30 дифузних (для порівняння – 193 компактних) галактик з активним зореутворенням, для яких був вимірний потік у радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц. Зазначимо, що наявність радіовипромінювання, яке можна виміряти на Землі, накладає досить сильні обмеження на галактики, що ввійшли у вибірку. Так, розрахунки свідчать, що тільки для однієї галактики *M* абсолютна зоряна величина у *g*-смузі *SDSS* дорівнює -15.5 та її можна вважати карликовою. У решті ця величина була в інтервалі від -18.3 до -20.8 з медіанним значенням -19.8 . У роботі наведено результати опрацювання вибірки дифузних галактик, які ми порівнюємо з результатами, отриманими для *CSFG* вибірки [1].

Результати. Перш за все, ми оцінили теплове випромінювання в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц на основі випромінювання галактик у емісійній лінії H β за співвідношенням, наведеним у [4]. При визначенні світності галактик у емісійній лінії H β ми зробили поправку за екстинкцією випромінювання внаслідок його поглинання та розсіювання, а також за апертурою аналогічно [1], тобто розглядалось 2 підходи – дані галактик вибірки корегувались за екстинкцією та апертурою спостережень (на 1 зоряну величину) та лише за екстинкцією. За даними про червоне зміщення (із SDSS) та радіовипромінювання ми знайшли повний потік і світність у радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц. Це дозволило оцінити частку теплового випромінювання A для всіх 30 дифузних галактик. Її розподіл представлено на рис. 1 (заштрихована гістограма).

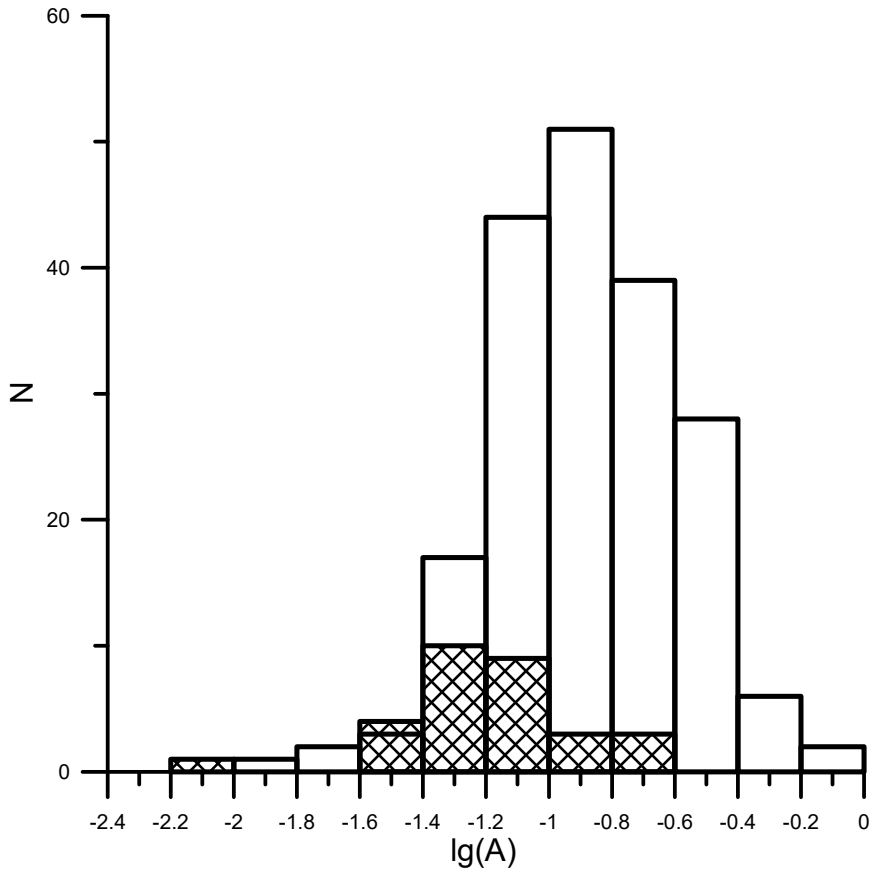


Рис. 1. Розподіл логарифма A частки теплового компонента в загальному випромінюванні в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц у дифузних галактиках з активним зореутворенням (заштрихована гістограма). Для порівняння наведена також гістограма для компактних галактик зі статті [1] (білі прозорі стовпчики)

Розподіл цієї частки для 193 компактних галактик, наведений у [1], є близьким до лог-нормального. Це можна сказати також про розподіл на рис. 1, але значно менший обсяг вибірки не дозволяє стверджувати це напевно. Наведемо величини, що його характеризують. Перш за все, це величина $\exp(\langle \ln A \rangle) = 12,0 \%$, де кутові дужки позначають усереднення за вибіркою. Це середнє геометричне для часток теплового випромінювання галактик вибірки. Для компактних галактик ця величина дорівнювала 14,5 %, середнє арифметичне – 16,2 %, медіанне середнє – 13,9 % [1]. Для вибірки LCG яскравих компактних галактик з активним зореутворенням частка теплового випромінювання в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц лежить у межах від 2 до 47 %, з медіаною та середнім 14 та 17 %, відповідно [7]. Для нашої вибірки медіанне значення 6,25 % є меншим за ці величини.

Можна зробити висновок, що частка теплового випромінювання A для дифузних галактик з активним зореутворенням є трохи меншою від аналогічної величини для компактних галактик і має схожий статистичний розподіл. Це основний висновок роботи. Це наочно можна побачити на рис. 1, де нанесено також розподіл величини A для компактних галактик, знайдений у [1]. Зазначимо, що зсув розподілів присутній також у гістограмах часток теплового випромінювання, розрахованих без корекції за апертурою.

Додатково ми розглянули статистичну залежність величини A від еквівалентної ширини емісійної лінії H β , позначеної як W , і показника кольору $g - r$ (модельних значень зоряної величини у відповідних смугах з бази даних SDSS), позначеного l . Ця залежність має вигляд

$$\log(A) = C_1 + C_2(W - W_0) + C_3(l - l_0) \quad (1)$$

Величини з індексом 0 відповідають середнім значенням даних показників у вибірці $W_0 = 24.6$ та $l_0 = 0.389$. Для потіків, скорегованих за екстинкцією та не скорегованих за апертурою спостережень, отримуємо: $C_1 = -1.24 \pm 0.07$, $C_2 = 0.0048 \pm 0.004$, $C_3 = 0.40 \pm 0.44$, що досить близько до відповідних значень ($C_1 = -1.22 \pm 0.02$, $C_2 = 0.0053 \pm 0.001$, $C_3 = 0.23 \pm 0.13$) для вибірки компактних галактик. Однак похибки коефіцієнтів є вищими через значно менший обсяг вибірки. Статистична значущість першого доданка перевищує 99.9 %, а для другого та третього доданків вона характеризується величинами $F = 1.494$ та $F = 0.83$ за критерієм Фішера [6], які відповідають імовірностям їхньої значу-

щості 77 та 63 %. Цього недостатньо для надійних висновків, але величина та, у першу чергу, знак коефіцієнта C_3 збігаються з аналогічною величиною для вибірки компактних галактик, отриманою зі статистичною ймовірністю 94 % [1]. Коефіцієнт C_3 є додатним, тобто частка теплового випромінювання зростає зі зростанням індексу кольору. Однак через сильну кореляцію між W та показником кольору без застосування багатовимірної регресії на кшталт (1) можна дійти хибного протилежного висновку про знак цієї залежності.

Висновки. Ми ототожнили вибірку дифузних галактик з активним зореутворенням із джерелами випромінювання в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц. Як і у випадку компактних галактик, лише для незначної частки галактик є дані про потік радіовипромінювання. Ми знайшли частку теплового випромінювання A в радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц для 30 дифузних галактик. Невеликий обсяг вибірки дозволив отримати лише базові показники та дослідити залежність від $EW(H\beta)$ еквівалентної ширини емісійної лінії $H\beta$ і показника кольору $g-r$. Усі вони якісно добре збігаються з результатами дослідження вибірки компактних галактик *CSFG*, для яких відомі радіопотоки на частоті 1.4 ГГц. Однак частка теплового випромінювання в дифузних галактиках є трохи меншою, ніж у компактних галактиках з активним зореутворенням. Її розподіл можна вважати лог-нормальним.

Список використаних джерел

1. Парновський С. Л. Теплове випромінювання галактик з активним зореутворенням у радіоконтинуумі на частоті 1.4 ГГц / С. Л. Парновський, І. Ю. Изотова // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Астрономія. – 2018. – Вип. 57(1). – С. 41-47.
2. The Eleventh and Twelfth Data Releases of the Sloan Digital Sky Survey: Final Data from SDSS-III / S. Alam, F. D. Albareti, P. Allende et al. // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2015. – V. 219, Issue 1. – Id. 12. – 27 pp.
3. Becker R. H. The FIRST Survey: Faint Images of the Radio Sky at Twenty Centimeters / R. H. Becker, R. L. White, D. J. Helfand // *Astrophys. J.* – 1995. – V. 450. – P. 559.
4. Caplan J. Extinction and reddening of HII regions in the Large Magellanic Cloud / J. Caplan, L. Deharveng // *Astron. Astrophys.* – 1986. – V. 155. – P. 297–313.
5. Izotova I.Y. Star formation rate in star-forming galaxies / I. Y. Izotova, Y. I. Izotov // *Astrophysics and Space Science.* – 2018. – Vol. 363, Issue 3. – Id. 47, 9 pp.
6. Fisher R. A. Statistical methods for research workers / R. A. Fisher. – London: Oliver and Boyd, 1950. – 80 p.
7. Parnovsky S. L. Radio emission at 1.4 GHz from luminous compact galaxies / S. L. Parnovsky, I. Y. Izotova // *Astronomische Nachrichten / Astronomical Notes.* – 2015. – V. 336, № 3. – P. 276-283.
8. Parnovsky S. L. H α and UV luminosities and star formation rates of large sample of luminous compact galaxies / S. L. Parnovsky, I. Y. Izotova, Y. I. Izotov // *Astrophysics and Space Science*, 2013. – № 343. – P. 361–376.
9. The bursting nature of star formation in compact star-forming galaxies from the Sloan Digital Sky Survey / I. Y. Izotov, N. G. Guseva, K. J. Fricke, C. Henkel // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2016. – V. 462, Issue 4. – P. 4427–4434.
10. The NRAO VLA sky survey / J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen et al. // *Astron. J.* – 1998. – V. 115, № 5. – P. 1693–1716.

Надійшла до редколегії 8.10.18

С. Парновский, д-р физ.-мат. наук, проф.,
И. Изотова, канд. физ.-мат. наук,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

ОЦЕНКА ТЕПЛОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДИФУЗНЫХ ГАЛАКТИК С АКТИВНЫМ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕМ В РАДИОКОНТИНУУМЕ НА ЧАСТОТЕ 1.4 ГГц

Определена доля теплового компонента в общем излучении в радиоконтинууме на частоте 1.4 ГГц для 30 диффузных галактик с активным звездообразованием. Это является продолжением предыдущих исследований, в которых аналогичная величина была получена для 193 компактных галактик [1]. Найдена зависимость доли теплового компонента от эквивалентной ширины эмиссионной линии $H\beta$ и показателя цвета $g-r$. Показано, что распределение этой доли, как и в случае с выборкой компактных галактик, близко к лог-нормальному, хотя и с более низкой медианой – около 6 %.

S. Parnovsky, Dr. Sci, prof.,
I. Izotova, Ph. D.,
Taras Shevchenko National University of Kyiv

DIFFUSE STAR-FORMING GALAXIES: THERMAL EMISSION IN RADIO CONTINUUM AT 1.4 GHz

We determine the fraction of thermal radio emission in the total flux at the frequency of 1.4 GHz in 30 diffuse star-forming galaxies using the approach described in the paper by Parnovsky and Izotova (Astronomische Nachrichten, 2015 Vol.336, Issue 3, p.276). We use the sample of diffuse galaxies with active star formation selected from the Data Release 12 (DR12) of the Sloan Digital Sky Survey (SDSS). The SDSS spectroscopic data for diffuse galaxies were supplemented by radio data from the FIRST and NVSS catalogues. From the fluxes in the $H\beta$ emission line corrected for extinction and aperture we estimate the fluxes of thermal component of the radio emission at the 1.4 GHz using the result of the paper by J. Caplan and L. Deharveng (Astron. Astrophys. 1986, V. 155, P.297) and compare them with total fluxes from the FIRST and NVSS.

In the sample of diffuse galaxies with active star formation, the distribution of the fraction of thermal radio emission A is similar to the log-normal one with the median value of 6 %. This is less than the median value which was derived earlier by Parnovsky and Izotova for a sample of compact star-forming galaxies, but both distributions of A are similar.

We study the dependence of A on the W equivalent width of the $H\beta$ emission line and on the I colour index $g-r$. The fraction of thermal component increases with increasing of the equivalent width of the $H\beta$ emission line if a colour index is constant or an increasing of the colour index at a fixed equivalent width W . The regression analysis provides a dependence on both parameters simultaneously in the form $\log(A) = C_1 + C_2(W - W_0) + C_3(I - I_0)$ with $W_0 = 24.6$, $I_0 = 0.389$, $C_1 = -1.24 \pm 0.07$, $C_2 = 0.0048 \pm 0.004$ and $C_3 = 0.40 \pm 0.44$. It is similar to the regression derived for the sample of the compact star forming galaxies.

УДК 523.98 + 52-337

В. Лоцицький, д-р фіз.-мат. наук,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВИМІРЮВАННЯ ПРОСТОРОВО НЕРОЗДІЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ЗМІШАНОЇ ПОЛЯРНОСТІ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ЕФЕКТУ ЗЕЄМАНА В СОНЯЧНОМУ ФАКЕЛІ

Показано, що просторово нероздільні магнітні поля змішаної полярності цілком реально виміряти за ефектом Зеємана, якщо їхня напруженість перевищує 150–200 Гс. Це означає, що можна стикувати між собою діапазони реєстрації цих полів на основі ефектів Ханле та Зеємана. Ця теза ілюструється результатами розрахунків півширин сто-

© Лоцицький В., 2018