

## **ЦИКЛИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ И НЕРЕГУЛЯРНЫХ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ В СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ ПОЛУШАРИЯХ В 23-м и 24-м ЦИКЛАХ**

**Жукова А.В.**

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия*

## **CYCLIC VARIATIONS OF THE REGULAR AND IRREGULAR ACTIVE REGIONS IN THE N- AND S- HEMISPHERES IN SOLAR CYCLES 23 AND 24**

**Zhukova A.V.**

*Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchny, Crimea, Russia*

**<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-111-114>**

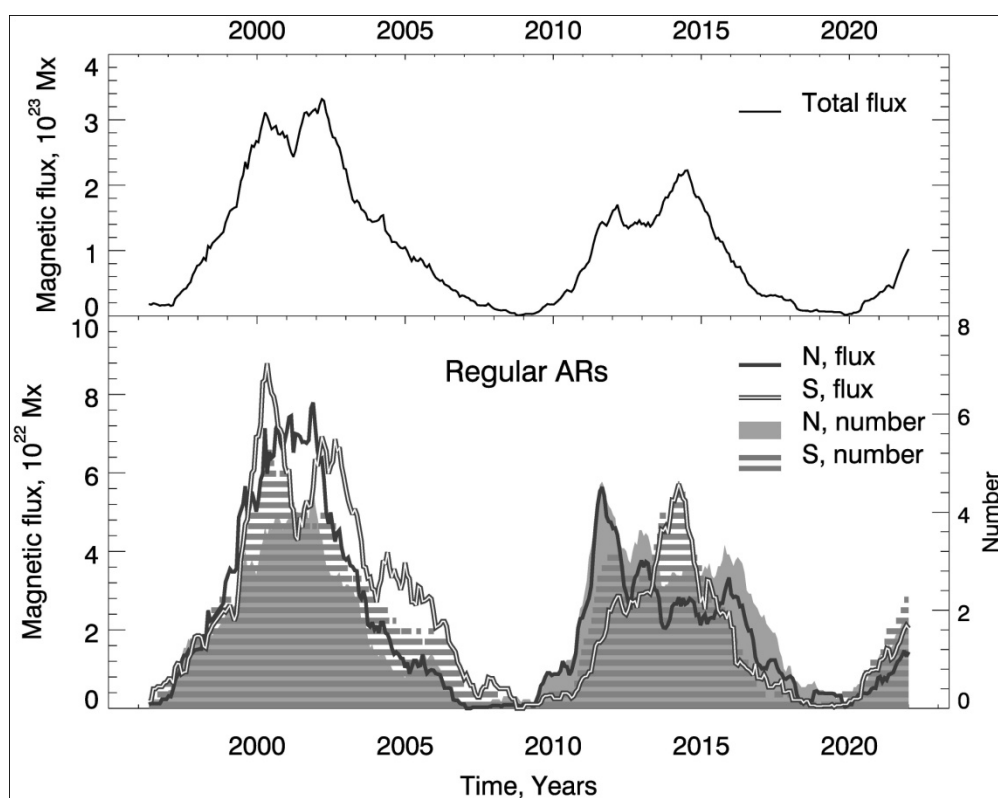
*The redesigned catalog of magneto-morphological classes (MMC) of active regions (ARs) CrAO (<https://sun.crao.ru/databases/catalog-mmcs-ars>) was used to study 3047 ARs from May 1996 to December 2021. All ARs, except for unipolar spots, were divided into regular ARs (bipolar groups obeying the Hale's polarity law, the Joy's law and the rule of the leading sunspot dominance) and irregular ARs (all others). The analysis of the number and flux data showed the following. For ARs of each MMC type, the trends for the number and fluxes are similar. However, for fluxes, all the features of time profiles are more pronounced. The mutual position of the number and flux profiles depends on the strength of the cycle and the level of activity in each of the cycle maxima. Although the number of the irregular ARs is smaller than the number of regular groups, their fluxes are comparable. In each of the hemispheres, for ARs of each MMC type, the number and flux profiles demonstrate a multi-peak structure. Some peaks coincide with one of the two main maxima of the solar cycle. The second maximum is mainly formed by the irregular ARs in the S-hemisphere. The predominance of the irregular ARs fluxes in one of the hemispheres might be due to the interaction of the dipole and quadrupole components of the global magnetic field.*

Согласно классическим моделям магнитного цикла солнечная активность в двух полушариях (относительно экватора) должна быть приблизительно одинаковой. Вместе с тем, согласно теории глобального динамо среднего поля, необходимым условием генерации магнитного поля является разрушение зеркальной симметрии турбулентности. Наблюдения солнечных пятен (и многих других индексов активности), показывают значительную северо-южную (N-S) асимметрию, проявления которой изменяются от цикла к циклу. Особенно сильная асимметрия (появление групп только в S-полушарии) наблюдалась при выходе из минимума Маундера. Точный механизм этого явления до сих пор не вполне ясен.

В данной работе мы воспользовались данными каталога магнито-морфологических классов (ММК) активных областей (АО) КрАО (<https://sun.crao.ru/databases/catalog-mmcs-ars>) о магнитном потоке 3047 АО, появлявшихся на диске с мая 1996 по декабрь 2021 гг. Данные о магнит-

ном потоке позволяют более полно судить о работе солнечного динамо [1] и относятся к «генеративным индексам» солнечной активности [2]. Все АО, помимо одиночных пятен, были распределены между двумя классами: регулярные АО (биполярные группы, выполняющие закон полярностей Хейла, закон Джоя, правило о доминировании лидирующего пятна) [3, 4] и нерегулярные АО (все остальные). Ранее мы уже исследовали N-S асимметрию количества регулярных и нерегулярных АО [5, 6]. Здесь мы сравниваем данные о количестве и магнитном потоке АО.

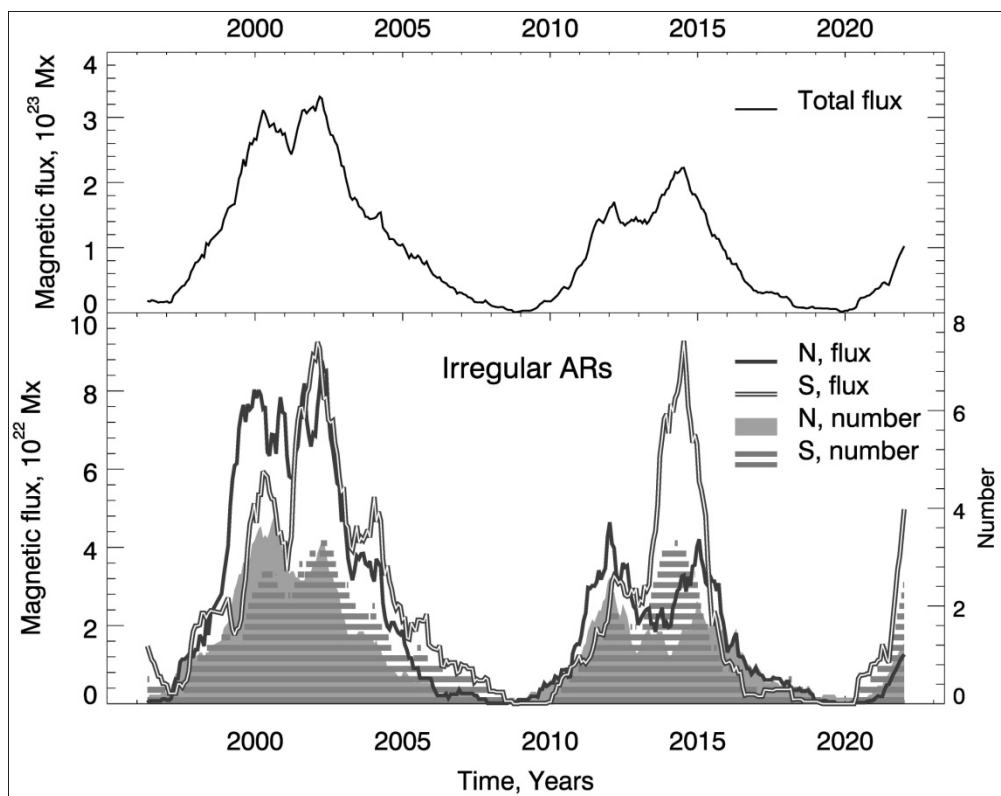
На рис. 1 представлены циклические вариации количества регулярных АО в N- (сплошная заливка) и S-полушариях (заливка полосами). Временные профили АО образуют многопиковую структуру. Данные для магнитного потока АО в N- и S-полушариях представлены одинарной и двойной линиями, соответственно. В каждом из полушарий тенденции для количества и потоков АО близки, но профили не всегда совпадают; взаимное расположение профилей зависит от силы цикла и от активности в каждом из двух главных максимумов цикла.



**Рис. 1.**

Временные профили нерегулярных АО (рис 2) отличаются от профилей регулярных групп, но также имеют по несколько пиков. Профили количества нерегулярных АО расположены ниже, чем профили регулярных групп (нерегулярных АО меньше). Однако профили магнитных потоков АО разных ММК классов сопоставимы. Очевидно, что нерегулярные АО

вносят весомый вклад в формирование открытой Гневывшевым [7] двупиковой структуры цикла. Особенно сильные потоки нерегулярных АО наблюдаются во втором максимуме цикла, что согласуется с предыдущими исследованиями и может быть связано с влиянием турбулентной составляющей динамо [8].



**Рис. 2.**

Замечено также (рис. 2), что потоки нерегулярных АО особенно выражены в S-полушарии. Причиной может быть ослабление тороидального поля в одном из полушарий из-за взаимодействия дипольной и квадрупольной составляющих [6]. Дело в том, что силовые линии диполя и квадруполья имеют одинаковое направление в одном из полушарий и противоположно направлены в другом. В результате общее поле усиливается в том полушарии, где линии сонаправлены, и ослабляется в другом. Усиление/ослабление поля касается в равной мере и тороидальной компоненты глобального поля, являющейся источником возникновения АО, поскольку дифференциальное вращение (один из основных триггеров динамо-процесса) вытягивает вдоль экватора вмороженные в плазму линии как дипольной, так и квадрупольной составляющей глобального поля. Таким образом, чем сильнее квадрупольная составляющая, тем более ослаблено поле в одном из полушарий, тем сильнее влияние турбулентности в конвективной зоне на всплывающие магнитные трубки АО, тем больше нерегулярных групп можно наблюдать в соответствующем полушарии.

Анализ циклических вариаций количества и магнитного потока АО показал следующее.

1. В каждом из полушарий профили как регулярных, так и нерегулярных АО имеют многопиковую структуру. Двупиковая структура цикла, открытая Гневнышевым [7], формируется совместно АО двух разных ММК классов в двух полушариях.

2. Для магнитного потока тенденции выражены ярче, чем для количества АО, особенно – для нерегулярных АО в S-полушарии во втором максимуме каждого из циклов.

3. Причиной преобладания потоков нерегулярных АО в одном из полушарий может быть ослабление тороидального поля из-за взаимодействия дипольной и квадрупольной составляющих глобального поля.

Автор благодарит В.И. Абраменко за ценные советы, а также Р.А. Сулейманову за данные 23-го цикла, предоставленные для каталога ММК АО КраО.

#### Литература

1. *Abramenko V.I., Zhukova A.V., Kutsenko A.S.* // *Geomag. Aeron.*, 2018, **58**, 1159.
2. *Nagovitsyn Y.A., Osipova A.A., Nagovitsyna E.Y.* // *Sol. Phys.*, 2021, **296**, 32.
3. *Hale, G.E., Ellerman, F., Nicholson, S.B., Joy, A.H.* // *Astrophys. J.*, 1919, **49**, 153.
4. *Van Driel-Gesztelyi L., Green L.M., Liv.* // *Rev. Solar Phys.*, 2015, **12**, 1.
5. *Zhukova A.V., Sokoloff, D.D., Abramenko, V.I., Khlystova A.I.* // *Geomag. Aeron.*, 2020, **60**, 673.
6. *Zhukova A.V., Sokoloff, D.D., Abramenko, V.I., Khlystova, A.I.* // *Adv. Space Res.*, 2023, **71**, 1984.
7. *Gnevyshev M.N.* // *Soviet Ast.*, 1963, **7**, 311.
8. *Abramenko V.I.* // *MNRAS*, 2021, **507**, 3698.
9. *Abramenko V.I., Suleymanova R.A., Zhukova A.V.* // *MNRAS*, 2023, **518**, 4746.