

# МОДЕРНИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ В МЕЖДУНАРОДНОЙ МОДЕЛИ ИОНОСФЕРЫ И ПЛАЗМОСФЕРЫ ПОСЛЕ РЕВИЗИИ РЯДА ЧИСЕЛ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

Гуляева Т.Л.

*ИЗМИРАН, г.о. Троицк, Москва, 108480, Россия*

Обновленный ряд чисел солнечных пятен, SSN2, с 1 июля 2015г [1] предстает собой потенциальный источник ошибок для ионосферных моделей [2], которые были созданы на основе предшествующего индекса солнечных пятен SSN1. С целью адаптации Международной справочной модели ионосферы и плазмосферы, IRI-Plas, к ре-калибровке рядов числа солнечных пятен в нее введены восемь опций солнечных и ионосферных эквивалентов солнечной активности (CA) за период 1948-2017гг и прогноз на 2018-2020гг [3-4]: (1) базовый ряд чисел солнечных пятен SSN1; (2) обновленный ряд чисел солнечных пятен SSN2; (3) поток солнечного радиоизлучения на волне 10.7 см F10.7; (4) отношение MgII ядра к крылу ионов магния h и k в линиях 279.56 и 280.27 нм; (5) показатель эмиссии водорода в линии 121.6 нм Lyman- $\alpha$ ; (6) ионосферное полное электронное содержание в полдень TECgn; (7) глобальное электронное содержание в ионосфере и плазмосфере GEC; (8) эффективный ионосферный индекс IG по измерениям критической частоты  $f_oF2$  сетью ионозондов. Обновленная модель IRI-Plas с пакетом указанных солнечных и ионосферных индексов представлена на сайтах <http://ftp.izmiran.ru/pub/izmiran/SPIM/> и <http://www.ionolab.org/>.

Поток солнечного радиоизлучения (индекс F10.7) вводится в модель IRI-Plas во всех вариантах ввода, либо индивидуально, либо совместно с любым из остальных индексов CA. Все индексы сглажены 12-месячным фильтром (по предыдущим 6 месяцам и последующим 6 месяцам) для каждого месяца в 1948-2018гг, включая их прогноз на 2018-2020 гг. Все указанные индексы CA, кроме F10.7, масштабированы к уровню SSN1, на который настроены исходные численные карты параметров максимума слоя F2 [5]. В частности, обновленный ряд солнечных пятен приводится к уровню базового индекса по формуле (1) [2]:

$$SSN1_{12} = 0.7 \times SSN2_{12} \quad (1)$$

Масштабирующие коэффициенты для остальных индексов CA выведены на основе их регрессионных соотношений с SSN1 [4].

12-месячное сглаживание индексов CA, центрированное на каждый месяц, заканчивается за 6 месяцев до текущего времени, что приводит к

необходимости прогноза указанных индексов на 6 месяцев вперед для модельных расчетов при мониторинге состояния ионосферы в реальном времени, либо на больший срок для прогноза на будущее. Обойти этот недостаток позволяет использование краткосрочных эффективных эквивалентов СА [6-9], основанных на ежедневных измерениях исходных индексов. Прежде чем применить эти краткосрочные эквиваленты СА в ионосферной модели, необходимо иметь индекс СА за каждый текущий день.

Суточное значение базового индекса  $SSN1_d$  связано с суточным индексом  $SSN2_d$  регрессионным соотношением (2), выведенным по измерениям с июля 2008г по май 2015г (Рис. 1) в солнечных циклах SC23 и SC24 [10]:

$$SSN1_d = \begin{cases} 0.6925 \times SSN2_d - 0.2452 & \text{at } SSN2_d > 0 \\ 0 & \text{at } SSN2_d = 0 \end{cases} \quad (2)$$

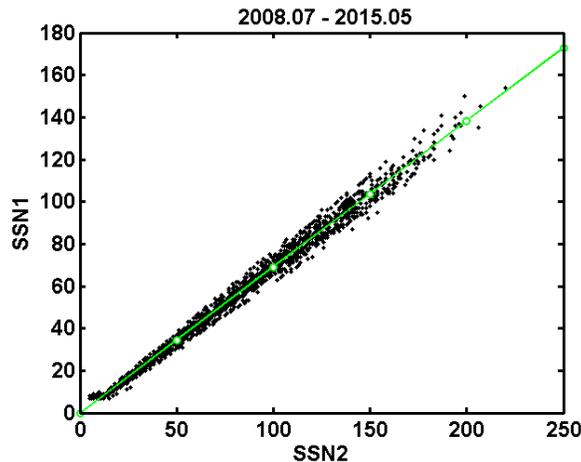


Рис. 1

Расчет индекса  $SSN1_d$  по формуле (2) ежедневно производится на сайте «Ионосферная погода» (<http://www.izmiran.ru/ionosphere/weather/>) в таблице «Индексы kp и ar и текущий прогноз». В ней указан в предпоследней колонке индекс  $SSN1_d$  (2), а в последней колонке приведен параметр F10.7 ([ftp://ftp.geolab.nrcan.gc.ca/data/solar\\_flux/daily\\_flux\\_values/](ftp://ftp.geolab.nrcan.gc.ca/data/solar_flux/daily_flux_values/)).

Начиная с июля 2015г, базовый ежедневный индекс СА  $SSN1$  более не производится (Рис. 2, затемненная часть), а вместо него производится индекс  $SSN2$  (<http://www.sidc.be/silso/datafiles/>). На Рис. 2 показаны измеренные значения  $SSN2_d$  (красные линии) в солнечных циклах SC23 и SC24 и измеренные значения  $SSN1_d$  (зеленые линии) до июля 2015г, а также

результаты расчета  $SSN1_d$  по формуле (2) с июля 2015г по настоящее время (синие линии, затененная часть).

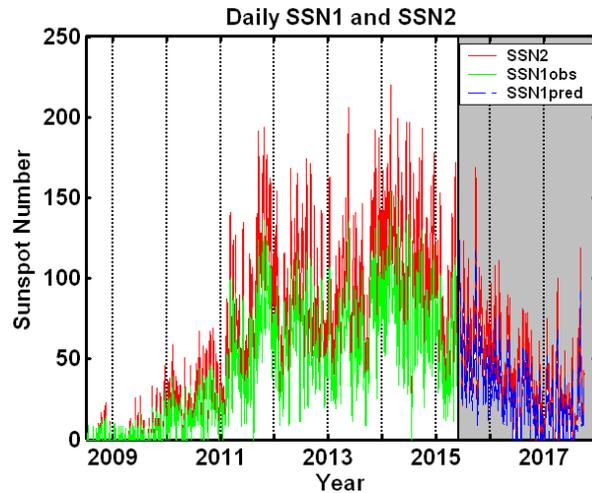


Рис. 2

В [8-9] предлагается использовать интегральные индексы  $F10.7(\tau)$ ,  $SSN1(\tau)$ ,  $TECgn(\tau)$  и т.п., которые являются накоплением временного ряда значений ежедневного индекса за предыдущие 27 дней (1 оборот Солнца) с экспоненциальным сглаживанием [7]. Применение краткосрочных интегральных индексов типа  $SSN1(\tau)$ ,  $F10.7(\tau)$ ,  $TECgn(\tau)$  вместо прогнозируемых  $SSN1_{12}$ ,  $F10.7_{12}$ ,  $TECgn_{12}$  при мониторинге текущего состояния ионосферы требует дальнейшей проверки точности модельных расчетов на ионосферных данных.

#### Литература

1. Clette, F. et al. // Space Sci. Rev., 2014, V.186, Is. 1, pp. 35–103.
2. Гуляева, Т.Л. // Солнечно-земная физика. 2016. Т. 2, №3, с. 59-68.
3. Gulyaeva, T. et al. // Int. J. Sci. Eng. Applied Sci. 2017. V. 3, Is. 5, pp. 144-150.
4. Gulyaeva, T.L. et al. // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2018. V.172, pp. 122-128, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.03.025>, 2018.
5. CCIR // CCIR Atlas of ionospheric characteristics. Comité Consultatif International des Radiocommunications, 1966.
6. Maruyama, T. // J. Geophys. Res. 2010. V.115, A04306, DOI:10.1029/2009JA014890.
7. Wrenn, G.L. // J. Geophys. Res. 1987. V. 92, pp. 10125-10129.
8. Шубин, В. // Геомагнетизм и астрономия. 2017. Т. 57, №4, с. 450-462.
9. Gulyaeva, T.L., Gulyaev, R.A. // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2018. V.179, pp. 165-173, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.07.007>, 2018.
10. Гуляева, Т.Л. // Солнечная и солнечно-земная физика, 2017. Труды ГАО РАН, 127-130.