

ВЕРИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИОНИЗАЦИИ И РЕКОМБИНАЦИИ D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ СДВ-НАБЛЮДЕНИЙ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

В. О. Копышова*

Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

**E-mail: kopyshova.vo@phystech.edu*

В работе исследовалась точность прогнозирования отклика нижней ионосферы на рентгеновское излучение солнечных вспышек. В качестве базовой модели использованы коэффициенты скоростей ионизации и рекомбинации, полученные в работе [1]. Цель настоящих исследований – верификация указанных коэффициентов по независимым вспышкам 2022 г. Прежде всего, по данным GOES рассчитывались потоки рентгеновского излучения в более жестких диапазонах. Затем, используя полученные потоки рентгена во время вспышек и значения коэффициентов ионизации и рекомбинации, рассчитывалась динамика электронной концентрации на высотах 52, 56, 60 и 64 км на трассах распространения ОНЧ (3–30 кГц) сигналов. Полученные значения N_e в дальнейшем аппроксимировались двухпараметрической моделью нижней ионосферы [Wait]. Далее с использованием пакета LWPC и высотных профилей N_e проводились расчеты амплитуды и фазы ОНЧ-сигналов, распространяющихся вдоль трассы и принимаемых в геофизической обсерватории «Михнево» (54°57' с.ш., 37°46' в.д.) ИДГ РАН. Результаты расчетов сопоставлялись с результатами регистрации.

Наблюдаемое общее соответствие результатов расчета с данными эксперимента свидетельствует о работоспособности использованной схемы ионизационно-рекомбинационного цикла и корректности верифицированных коэффициентов. В то же время, расхождения между модельными и экспериментальными данными в отдельные временные интервалы указывают на необходимость дальнейшего совершенствования модели.

Литература

1. Ryakhovsky I.A., Poklad Y.V., Gavrilov B.G., Bekker S.Z. Estimation of the ionospheric D-region ionization caused by X-class solar flares based on VLF observations // Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2024. Vol. 129. P. e2023JA031532. <https://doi.org/10.1029/2023JA031532>

Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 122032900175-6).

VERIFICATION OF IONIZATION AND RECOMBINATION COEFFICIENTS OF THE IONOSPHERIC D-REGION USING VLF OBSERVATIONS DURING SOLAR FLARES

V. O. Kopyshova*

Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

** E-mail: kopyshova.vo@phystech.edu*

The study examined the accuracy of predicting the response of the lower ionosphere to X-ray radiation from solar flares. The baseline model employed ionization and recombination rate coefficient previously obtained in the work by Ryakhovsky et al. (2024). The aim of this study was to verify these coefficient using independent flares from 2022. First, X-ray fluxes in harder wavelength ranges were calculated using data from the GOES satellites. Then, using the obtained X-ray fluxes during the flares and the values of the ionization and recombination coefficients the dynamics of electron concentration at altitudes of 52, 56, 60, and 64 km along very low frequency (VLF) (3–30 kHz) signal propagation paths were calculated. The obtained N_e values were subsequently approximated using the two-parameter model of the lower ionosphere [Wait]. Next, using the LWPC package and the altitude N_e profiles, calculations of the amplitude and phase of VLF signals propagating along the path and received at the «Miknevo» Geophysical Observatory (54°57' N, 37°46' E) were performed. The calculation results were compared with the observational data.

The observed general agreement between the calculation results and experimental data indicates the viability of the employed ionization-recombination cycle scheme and the validity of the verified coefficients. At the same time, discrepancies between the model and experimental data during certain time intervals indicate the need for further refinement of the model.