

## РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ НА ЗЕМЛЕ И В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ В ПРОЦЕССЕ ИНВЕРСИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Царева О.О.<sup>1</sup>, Попов В.Ю.<sup>1,2,3</sup>, Малова Х.В.<sup>1,4</sup>, Попова Е.П.<sup>4,5</sup>,  
Подзолко М.В.<sup>4</sup>, Зеленый Л.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН, Москва, Профсоюзная ул., 84/32с14,  
117997, Россия, e-mail: [olga8.92@mail.ru](mailto:olga8.92@mail.ru)

<sup>2</sup>Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,  
Ленинские горы, д. 1, стр. 2 119991, Россия

<sup>3</sup>Финансовый университет при правительстве РФ, Москва,  
Ленинградский проспект, 49, 101000, Россия, e-mail: [masterlu@mail.ru](mailto:masterlu@mail.ru),

<sup>4</sup>НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, Ленинские горы д.1, стр.2  
119991, Россия, e-mail: [hmalova@yandex.ru](mailto:hmalova@yandex.ru)

<sup>5</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Большая Грузинская ул., 10  
123242, Россия, e-mail: [popovaelp@mail.ru](mailto:popovaelp@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Последние наблюдения, такие, как уменьшение напряженности магнитного поля, смещение магнитных полюсов и увеличение Южно-Атлантической аномалии, могут свидетельствовать о начале инверсии магнитного поля Земли. Согласно модели геомагнитного динамо, дипольная составляющая магнитного поля в момент инверсии обнулится и квадрупольная станет доминирующей. Для оценки возникновения радиационной опасности на поверхности Земли и в околоземном пространстве в момент инверсии магнитного поля разработана численная модель, позволившая сравнить потоки ГКЛ и СКЛ (в минимумы и максимумы солнечной активности), проникающие на Землю (с учетом атмосферы) и на МКС в периоды доминирования дипольного и квадрупольного полей. Найдено, что в период инверсии поток ГКЛ (высокоэнергичных частиц) может возрасти не более, чем в три раза на всей поверхности Земли и доза радиации не превысит допустимой для человека. Также изменение конфигурации магнитного поля перераспределит области повышенной радиации по поверхности Земли (сегодня это полюса Земли), что может негативно сказаться на здоровье людей в этих областях.

**Ключевые слова:** геомагнитное динамо, инверсия магнитного поля, радиационная безопасность

### Литература

Попова Е.П. Современные результаты асимптотических исследований моделей динамо // УФН. 2016. Т. 186. №. 6. С. 577–596.

Царева О.О., Зеленый Л.М., Малова Х.В., Подзолко М.В., Попова Е.П., Попов В.Ю. Что

ожидает человечество при инверсии магнитного поля Земли: угрозы мнимые и подлинные. // УФН. 2018. Т. 188. С. 208–220.

Vogt J., Zieger B., Glassmeier K.H., Stadelmann A., Kallenrode M.B., Sinnhuber M. and Winkler H. Energetic particles in the paleomagnetosphere: Reduced dipole configurations and quadrupolar contributions // J. Geophys. Res. 2007. Vol. 112. P. 6216. DOI:10.1029/2006JA012224.

Vogt J., Sinnhuber M., Kallenrode M.B. Effects of geomagnetic variations on system Earth, in Geomagnetic Variations, ed. by Glassmeier K.H., Soffel H., Negendank J.W. // Springer, Berlin. 2009. P. 159–208.

Glassmeier K.H., Richter O., Vogt J., Möbus P. and Schwalb A. The Sun, geomagnetic polarity transitions, and possible biospheric effects: review and illustrating model // Int. J. Astrobiol. 2009. Vol. 8. P. 147–159. DOI:10.1017/S1473550409990073.

## RADIATION HAZARD ON EARTH AND IN NEAR-EARTH SPACE DURING MAGNETIC FIELD INVERSION

**Tsareva O.O.<sup>1</sup>, Popov V.Yu.<sup>1,2,3</sup>, Malova H.V.<sup>1,4</sup>, Popova E.P.<sup>4,5</sup>,  
Podzolko M.V.<sup>4</sup>, Zelenyi L.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Space Research Institute RAS, Moscow, 117997, Russia  
e-mail: [olga8.92@mail.ru](mailto:olga8.92@mail.ru)

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Moscow, 119991, Russia

<sup>3</sup> National Research University Higher School of Economics, Moscow, 101000, Russia  
e-mail: [masterlu@mail.ru](mailto:masterlu@mail.ru)

<sup>4</sup> Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics MSU, Moscow, 119991, Russia  
e-mail: [hmalova@yandex.ru](mailto:hmalova@yandex.ru)

<sup>5</sup> Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, 123242, Russia  
e-mail: [popovaelp@mail.ru](mailto:popovaelp@mail.ru)

Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

Recent observations, such as the magnetic field strength decrease, a magnetic poles shifts and the South Atlantic anomaly increase, may indicate the beginning of the Earth's magnetic field inversion. According to the geomagnetic dynamo model, the dipole component of the magnetic field is zeroed at the inversion time, and the quadrupole one becomes dominant. To assess the occurrence of radiation hazards on the Earth's surface and in near-Earth space at the time of magnetic field inversion, a numerical model was developed that made it possible to compare the GCR and SCR fluxes (at minima and maxima of solar activity) penetrating the Earth (taking into account the atmosphere) and the ISS in periods of the dipole and quadrupole fields dominance. It was found that during the period of inversion the flow of GCR (high-energy particles) can increase no more than three times over the entire surface of the Earth and the radiation dose will not exceed permissible one for man. Also, a change of the magnetic field configuration will redistribute areas of increased radiation on the Earth's surface (today these are the poles of the Earth), which can adversely affect people's health in these areas.

**Keywords:** geomagnetic dynamo, magnetic field inversion, radiation safety

### References

- Popova E.* Current results on the asymptotics of dynamo models. *Physics-Uspekhi*, 2016, Vol. 59, No. 6, pp. 513–530, doi:10.3367/UFNr.2016.02.037727.
- Tsareva O.O., Zelenyi L.M., and Malova H.V.* What humankind can expect with an inversion of the Earth's magnetic field: threats real and imagined. *Physics-Uspekhi*, 2018, Vol. 61, No. 2, pp. 191–202, doi:10.3367/UFNr.2017.07.038190.
- Vogt J., Zieger B., Glassmeier K.H., Stadelmann A., Kallenrode M.B., Sinnhuber M., and Winkler H.* Energetic particles in the paleomagnetosphere: Reduced dipole configurations and quadrupolar contributions. *J. Geophys. Res.*, 2007, Vol. 112, pp. 6216, doi:10.1029/2006JA012224.
- Vogt J., Sinnhuber M., and Kallenrode M.B.* Effects of geomagnetic variations on system Earth, in *Geomagnetic Variations*, ed. by Glassmeier K.H., Soffel H., Negendank J.W. Berlin: Springer, 2009, pp. 159–208.
- Glassmeier K.H., Richter O., Vogt J., Möbus P., and Schwab A.* The Sun, geomagnetic polarity transitions, and possible biospheric effects: review and illustrating model. *Int. J. Astrobiol.*, 2009, Vol. 8, pp. 147–159, doi:10.1017/S1473550409990073.