

## **Global network of geomagnetic observatories as a useful tool for the study of quiet and perturbed conditions on the Sun and in the heliosphere**

*I.S. Veselovsky<sup>1,2,3</sup>, O.S. Yakovchouk<sup>1</sup>, K. Mursula<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Space Research Institute (IKI), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> IZMIRAN, Troitsk, Moscow region, Russia

<sup>4</sup> Department of Physical Sciences, University of Oulu, Finland

E-mail: [veselov@deci.sinp.msu.ru](mailto:veselov@deci.sinp.msu.ru)

Geomagnetic quiet and perturbed conditions are controlled by the Sun in a great measure. This control is very complicated and not completely understood in quantitative details, though main governing parameters and links are rather well established after many years of experimental and theoretical investigations. Those parameters are related to the solar cycle phase and the solar activity state, the season of a year, the local and universal time, the phase of the Moon. Global and local geomagnetic responses are dependent on many solar and heliospheric activity characteristics: EUV and X-ray illumination, interplanetary electric and magnetic field strength and orientation, solar wind velocity and ram pressure buffeting the magnetosphere, solar wind ion density and composition, temperature of particles and their distribution functions. The interplay and combinations of parameters and links can be independent or correlated in several instances, which lead to common and individual patterns in geomagnetic variations on the global scale reflected in statistical distributions and empirical response functions for numerous geomagnetic indices in local, regional and global manifestations. We bring examples of universal and specific behavior. Sometimes, under appropriate conditions, the links are acting in concert. They can linearly or nonlinearly enhance each other and bring to strongest and global geomagnetic storms. The famous Carrington storm of September 1859 was of this type when sporadic and regular perturbations favorably superimposed in the near-the Earth space. The archives of the Russian geomagnetic stations contributed appreciably to the recent retrospective analysis of inferred conditions on the Sun and in the heliosphere during this event. In other situations, the links are oppositely acting and can lead to moderate or even small geomagnetic perturbations. We bring examples of geomagnetic storm cessations by strong magnetic clouds with a positive  $B_z$  interplanetary magnetic field component observed in several instances during 23-rd solar cycle in the data base APEV (<http://dbserv.sinp.msu.ru/apew/fullist.htm>). Magnetic storms and substorms in the magnetosphere are not one-to one related because of this diversity of conditions in laminar and turbulent clouds. Different linear and nonlinear multi-parametric response functions are empirically used. Computer modeling and analytical theories will be shortly outlined. The INTERMAGNET can bring the reliable input information towards better quantitative representation of acting links between the interplanetary and terrestrial electromagnetic fields and plasma conditions from one side and geomagnetic quietness or storminess from the other side. We stress the need of simultaneous measurements of conditions in space and on the Sun complementing the INTERMAGNET information for this purpose.

## Глобальная сеть геомагнитных обсерваторий как средство для исследования спокойных и возмущенных условий в гелиосфере

*И.С. Веселовский<sup>1,2,3</sup>, О.С. Яковчук,<sup>1</sup> К. Мурсула<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ, Москва, Россия

<sup>2</sup> ИКИ РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup> ИЗМИРАН, Троицк, Московская область, Россия

<sup>4</sup> Отдел физических наук, Университет г. Оулу, Финляндия

E-mail: [veselov@dec1.sinp.msu.ru](mailto:veselov@dec1.sinp.msu.ru)

Спокойные и возмущенные геомагнитные условия в значительной мере контролируются условиями на Солнце и в гелиосфере. Этот контроль носит сложный характер, который не вполне изучен в количественных деталях. Тем не менее, имеется огромный прогресс в последние несколько десятков лет, когда были установлены основные связующие звенья и параметры в цепочке солнечно-земных связей. В числе многочисленных регулирующих параметров в первую очередь следует назвать фазу солнечного цикла и состояние солнечной активности, затем сезон года, местное и мировое время, фазу Луны и ряд других. Глобальные и локальные геомагнитные отклики существенно зависят от таких солнечных и гелиосферных характеристик, как освещенность рентгеновским и крайним ультрафиолетовым излучением Солнца, напряженность и направление межпланетного электрического и магнитного поля, скорость солнечного ветра и его динамическое давление на магнитосферу. Имеет также свое значение плотность, температура и ионный состав межпланетной плазмы, а также более тонкие кинетические свойства функций распределений частиц. Сочетание этих регулирующих параметров друг с другом может быть различным, чем объясняется богатое разнообразие ситуаций. Они не являются полностью случайными и независимыми друг от друга, будучи частично взаимосвязаны в той или иной мере, которую заранее весьма трудно предвидеть и предсказать. Все это приводит к некоторым статистическим последствиям, которые сейчас уже неплохо установлены и могут быть представлены эмпирическими корреляционными связями и функциями отклика для различных геомагнитных индексов в глобальном, региональном и локальном измерении. В докладе будут представлены примеры универсального и индивидуального, регулярного и нерегулярного поведения. Линейные и нелинейные законы сложения различных возмущений со стороны внешних параметров могут приводить к усилению и ослаблению геомагнитных возмущений. Примером усиления служит знаменитая Кэррингтоновская буря (сентябрь 1859 г.), когда имело место наложение друг на друга рекуррентной и спорадической составляющей. Этот случай был недавно ретроспективно исследован нами с использованием сети российских геомагнитных обсерваторий. В отличие от этого, при иных условиях сильные возмущения могут «гасить» друг друга. Это происходит, когда на магнитосферу набегают два межпланетных магнитных облака с противоположной магнитной полярностью. Начавшаяся магнитная буря может при этом прекратить свое дальнейшее развитие в сторону усиления. Такие события были обнаружены в базе данных APEV за 23-ий солнечный цикл (<http://dbserv.sinp.msu.ru/apcv/fullist.htm>). Проект INTRMAGNET может дать надежную входную информацию для более точного количественного представления о связях между межпланетными и геомагнитными условиями в спокойные и возмущенные

периоды времени. Одновременные измерения условий в космосе и на Солнце необходимы при этом для полноты картины.