

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИРОВОЙ СЕТИ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА БЛИЖНЕГО КОСМОСА

Предложен метод определения координат плазменных неоднородностей в околоземном пространстве, основанный на совместной обработке данных мировой сети магнитометрических станций.

Понимание механизмов влияния солнечных событий на магнитосферу Земли чрезвычайно важно с точки зрения эффективного прогнозирования их последствий на земные процессы. Амплитуда возмущений околоземного космического пространства зависит как от мощности солнечной вспышки, так и от её гелиокоординат [1]. Именно эти параметры определяют близость прохождения солнечной плазменной неоднородности (плазменного облака) к Земле и степень её взаимодействия с геомагнитным полем. Наиболее изученной частью этих воздействий является прямое давление солнечной плазмы на магнитосферу и связанные с этим давлением вариации магнитного поля. Этот метод был положен в основу прогноза земных магнитных бурь, разработанный в Институте солнечно-земной физики СО РАН, который регулярно публикуется на Интернет-сайте этого института [2].

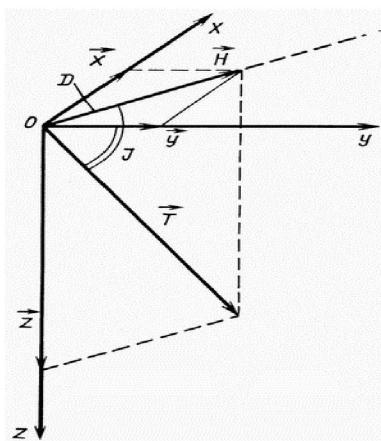
Расчёты показывают [3], что для типичной вспышки, произошедшей на 20 градусе солнечной широты, плазменное образование от которой (магнитное облако) пролетает в 50 миллионах километров от Земли, нескомпенсированная разница магнитных полей может составить до 0,3% от поля, сформированного током в 10^{12} ампер, или 0,01 А/м. На примере достаточно большой ста-

тистики показано, что практически все экстремально большие магнитные бури на Земле были возбуждены областью взаимодействия двух и более магнитных облаков, образовавшихся в результате столкновения нескольких выбросов корональной массы (СМЕ) [4]. Наблюдение же за магнитными облаками, в настоящее время, возможно только с помощью спутников, что не позволяет создать регулярно работающую систему наблюдения за их движением и прогноза их влияния на магнитосферу Земли.

В то же время на планете производятся регулярные наблюдения за магнитным полем Земли практически во всех странах мира. Сеть магнитовариационных станций состоит из многих десятков и сотен наблюдательных пунктов, многие из которых в режиме реального или псевдореального времени размещают данные об измерениях в Интернет. Таким образом, имеется сеть независимых друг от друга приёмных станций совместная когерентная обработка показаний которых может увеличить точность измерения составляющих магнитного поля, связанных с воздействием магнитных облаков в \sqrt{N} раз, где N – число станций, участвующих в совместной обработке.

Для корректной совместной обработки данных необходимо синхронизировать данные по времени и привести измерения к единой системе координат.

В любой точке земной поверхности магнитное поле определяется полным вектором напряженности T . Проекция этого вектора на горизонтальную поверхность и вертикальное направление, а также углы, составленные этим вектором с координатными осями, называют главными элементами магнитного поля (рис.).



Элементы земного магнитного поля

Ось x прямоугольной системы координат направлена на географический север, ось y – на восток, а ось z – в направлении центра Земли и обозначается Z . Проекция полного вектора T на горизонтальную плоскость называется горизонтальной составляющей (H). Направление H совпадает с магнитным меридианом. Проекция H на ось x называется северной (или южной) составляющей; проекция H на ось y называется восточной (западной) составляющей. Угол между осью x и составляющей H называется склонением и обозначается D . Принято считать восточное склонение положительным, западное – отрицательным. Угол между вектором T и горизонтальной плоскостью называется наклонением и обозначается J . Взаимосвязь элементов магнитного поля Земли выражается с помощью формул:

$$H = T \cos J, Z = T \sin J, Z = H \operatorname{tg} J, T^2 = H^2 + Z^2. \quad (1)$$

Для приведения результатов измерений различными геомагнитными станциями к единой системе координат достаточно двух преобразо-

ваний в виде поворота осей. На первом этапе необходимо осуществить поворот относительно оси u на угол, равный широте точки расположения измерительной станции. При этом оси x станут параллельными и будут направлены параллельно оси вращения Земли. Обозначим её x' . На втором этапе поворот необходимо будет осуществить относительно оси x' . Поворот необходимо осуществить на угол, равный долготе места расположения конкретной измерительной станции. Полученные новые оси обозначим y' и z' . Они будут соответствовать осям y и z воображаемой геомагнитной измерительной станции, расположенной на экваторе на Гринвичском меридиане.

Поворот вокруг осей x , y и z описывается соответственно матрицами вращения вида:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$\text{и } \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

После данных двух преобразований все измерения будут уже приведены к единой системе координат и такое преобразование удобно для пеленгации источников возмущения магнитного поля, находящихся в непосредственной близости от Земли или даже внутри её. Однако, для удобства наблюдения за дальними объектами, например за магнитными облаками, необходимо выполнить ещё несколько преобразований, скомпенсировав суточное вращение Земли, затем – наклонение оси вращения Земли относительно плоскости эклиптики и, в последнюю очередь – годичное вращение Земли относительно Солнца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козин И.Д., Сайфутдинов М.А., Туркеева Б.А. Принципы прогнозирования ионосферных возмущений по данным о мощности и гелиокоординатах вспышки // Ионосферные исследования. М., 1988. № 44. С. 124-126.

2. Иванов Г.К. Классификация вспышечных ситуаций на Солнце и изолированное возмущение в околосолнечном, межпланетном и околоземном пространстве // Межпланетная среда и магнитосфера Земли. М., 1982. С. 3-25.

3. Васильев И.В., Козин И.Д., Проценко В.А., Федули-на И.Н. Сепарация б-частиц в плазме солнечных вспышек // Изв. НАН РК. 2006. Т. 6.

4. Yermolaev Y.I., Yermolaev M.Y. (2008). Comment on “Interplanetary origin of intense geomagnetic storms ($Dst < -100$ nT) during solar cycle 23” by W. D. Gonzalez et al., Geophys. Res. Lett., 35, L01101, doi:10.1029/2007GL030281.

Резюме

Магнитметрикалық станциялардың дүниелік желісінің деректерін ортақ өндөуіне негізделген, жер төнірегіндегі плазмалық әртектіліктердің координаттарын анықтау өдісі ұсынылған.

Summary

A method of determination of plasma irregularities coordinates in near-Earth space is suggested. It is based on joint processing of worldwide magnetometric station network data.

ДТОО «Институт ионосферы»

г. Алматы

Поступила 22.07.10г.