

# БАЗЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКЕ

**А. Н. Зайцев, В. И. Одинцов, В. Г. Петров,  
А. С. Аммиантов (ИЗМИРАН, Троицк)**

Развитие исследований по солнечно-земной физике в значительной степени базируется на знаниях о магнитосфере Земли и ее поведении в периоды магнитных бурь. При этом весь земной шар рассматривается как единая лабораторная установка, где отдельные магнитные обсерватории образуют систему датчиков, на основании которой мы судим о процессах в околоземном космическом пространстве. Такой подход был реализован в проекте «Геомагнитный меридиан» (1972-1978), затем в период МИМ (1986-1990) в программе CDAW – Coordinated Data Analysis Workshop. В настоящее время в рамках SCOSTEP осуществляется широкая международная программа CAWSES “Climate and Weather of the Sun-Earth System” («Климат и погода в системе Солнце-Земля»), см. [http://www.ngdc.noaa.gov /stp/SCOSTEP-/scostep.html](http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SCOSTEP-/scostep.html). Эта программа рассчитана на 2004-2008 гг. и призвана объединить все исследования по солнечно-земной физике в один блок на основе опыта предыдущих международных программ. С другой стороны, все ведущие космические агентства приняли программу ILWS «International Living With a Star», рассчитанную на координацию спутниковых программ. Целиком программа будет развернута ко времени развития следующего максимума солнечной активности 2010-2013 гг, подробности на сайтах <http://ilws.gsfc.nasa.gov/>, ее американская часть на сайте <http://lws.gsfc.nasa.gov>.

С приближением 50-летия Международного геофизического года (1957-1958), с которого фактически началась космическая эра, учеными разных стран предложено несколько инициативных научных проектов, в том числе «Международный гелиофизический год», см. сайт [www.ihy.gsfc.nasa.gov](http://www.ihy.gsfc.nasa.gov), и «Международный полярный год», см. сайт [www.ipy.gsfc.nasa.gov](http://www.ipy.gsfc.nasa.gov). К этому же времени ожидается запуск сразу 5 микроспутников по проекту THEMIS (Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms), целью которого является исследование суббуревых нестабильностей, формирующихся при прохождении частиц солнечного ветра через магнитопаузу и приводящих к возникновению суббурь, подробности на сайте <http://sprg.ssl.berkeley.edu/themis/>.

Во всех этих программах учтены требования наземной поддержки исследований, в первую очередь в виде мониторинга о состоянии магнитного поля Земли и ионосферы. В международном масштабе основной системой мониторинга о состоянии магнитного поля Земли служит система «Интермагнит» [www.intermagnet.ru](http://www.intermagnet.ru), объединяющая более 90 магнитных обсерваторий со всего мира. Россия в этой системе, по состоянию на лето

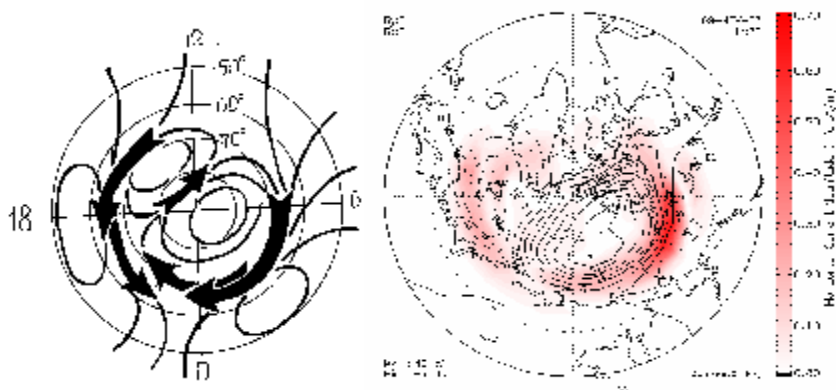
2003 года, была представлена всего одной обсерваторией «Иркутск». Вместе с тем, многие обсерватории представляют свои данные в режиме реального времени, что связано с обеспечением магнитно-ионосферного прогнозирования. В России в настоящее время таковыми являются обсерватории Москва, <http://forecast.izmiran.rssi.ru/>, Иркутск <http://magnit.istp.net.ru/ogmo/patron/>, и Томск <http://sosrff.tsu.ru/>. Большую работу ведет ААНИИ, который переоснащает полярные обсерватории Диксон, Челюскин, Шпицберген, Тикси, Норильск, Певек, [http://www.aari.nw.ru/clgmi/geophys/mag\\_main.htm](http://www.aari.nw.ru/clgmi/geophys/mag_main.htm). В ближайшее время можно надеяться, что в Интернет появятся Калининград, Санкт-Петербург, Архангельск, Екатеринбург, Новосибирск и некоторые обсерватории Дальнего Востока. На обсерватории Мыс Шмидта в 1986 году была установлена цифровая вариационная станция ЦМВС-2, которая до сих пор успешно там работает. В обсерватории Паратунка (Камчатка) также имеется цифровая МВС, и таким образом имеется возможность представления магнитных данных в реальном времени. Для региона Дальнего Востока полезной справочной базой является сеть магнитных обсерваторий США, покрывающая регион Тихого океана, см. сайт <http://geomag.usgs.gov/program.html/>.

Само по себе представление магнитных данных хотя и является крайне важным шагом на пути их активного использования, но не может удовлетворить всем современным требованиям исследователей. Проект CDAW послужил отправной точкой создания обобщенного аналитического представления вариационных данных в виде эквивалентных токовых систем и других параметров ионосферы в планетарном масштабе. За последнее время эти методы анализа и представления данных были развиты и реализованы в виде сервиса в реальном времени – AMIE “Assimilative Mapping of Ionospheric Electrodynamics”, см сайт <http://amie.ngdc.noaa.gov/current.html>. Такое обобщенное представление большого объема данных позволяет сразу перейти от качественного описания развития возмущений магнитного поля к их количественной оценке. Следует отметить, что в большинстве случаев анализируемые данные подтверждают общую схему развития токовой системы, предложенной нами ранее [1]. В качестве подтверждения сказанному на рис. 1 представлены данные по AMIE за период 09 ноября 2003 года\* и схема токовой системы по [1]. Сходство схемы полярных токов и таких же токов в реальном времени достаточно полная. Важным дополнением планетарного представления магнитных данных в формате AMIE являются данные радарного зондирования полярной ионосферы, реализованные в проекте SuperDARN “Super Dual Auroral Radar Network”, см. сайт <http://superdarn.jhuapl.edu>. Этот проект объединяет ученых из 11 стран, на территории которых расположены

---

\* Публикуемый текст после исправлений и дополнений поступил 10.11.03 г.

специальные радары и данные с которых непрерывно поступают в общую базу данных.

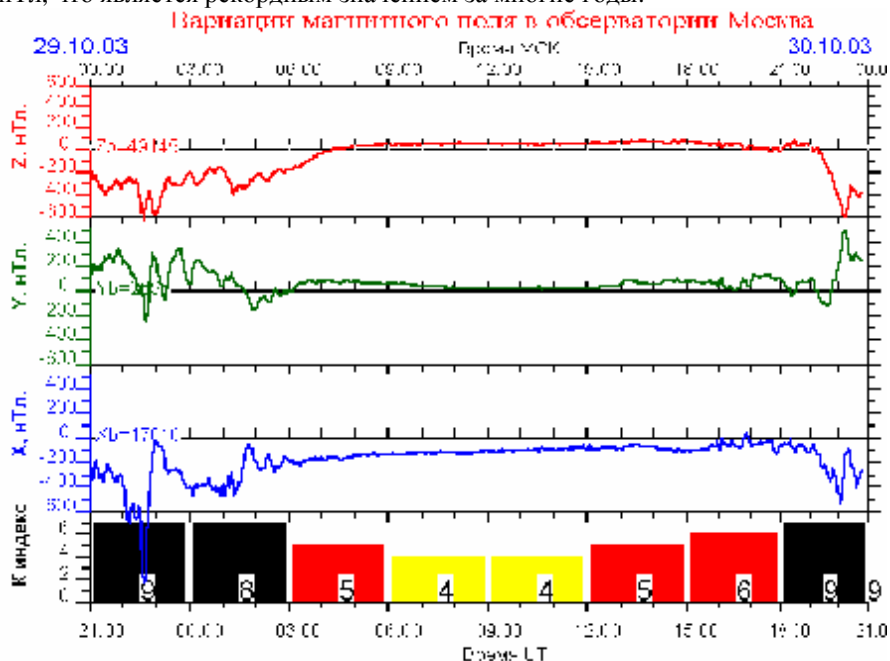


**Рис. 1.** В левой части – схема токов полярных геомагнитных возмущений согласно (1), в правой части – эквивалентные токи для момента 09 ноября 2003 года в 14:50 мирового времени, определяемые методом АМIE. Сходство токовых систем указывает на общие источники возникновения и развития токов в высоких широтах

Результаты работы SuperDARN являются основой современной диагностики полярной ионосферы. Отметим также, что сектор Восточной Арктики не охвачен системой SuperDARN и представляется необходимым участие ИКИР в этом проекте.

За прошедший год заметно оживление российской науки, которое в первую очередь видно по росту объема научной информации в сети Интернет. В области солнечно-земной физики появилось много новых сайтов, а также новых разделов на сайтах ведущих институтов, работающих в области СЗФ. В качестве первого примера следует отметить сайт <http://solarwind.cosmos.ru/>, разрабатываемый как справочно-информационная система по Программе фундаментальных исследований Отделения физических наук РАН «Солнечный ветер: генерация и взаимодействие с Землей и другими планетами». Координатором программы выступает ИКИ РАН, в программе участвуют 13 ведущих институтов Академии наук и ведомств. Понятно, что данные магнитных наблюдений привлекаются для программы «Солнечный ветер» в качестве исходного материалы при анализе конкретных событий. В качестве новейшего примера комплексного подхода при анализе событий, повлекших большие магнитные бури, можно сослаться на работу группы американских ученых по интервалу 14-24 апреля 2002 года. Обширные материалы по этому активному периоду собраны на сайте <http://storms.jhuapl.edu/index.html>, включая анализ наземных геомагнитных данных. Представляется целесообразным использовать методические

подходы этой рабочей группы при анализе наших магнитных данных, и в качестве первого шага проанализировать интервал 14-24 апреля 2002 года по записям магнитных обсерваторий Дальнего Востока. Другим интервалом интенсивного изучения магнитных возмущений, по-видимому, станет интервал 21 октября – 05 ноября 2003 года. В этот промежуток времени произошла одна из самых больших магнитных бурь за весь 23-ий цикл солнечной активности. Самым возмущенным стал день 29 октября. На рис.2 приведена магнитограмма с сайта ИЗМИРАН, где выставлены вариации поля и К-индексы. Видно, что амплитуда возмущения составила не менее 2000 нТл, что является рекордным значением за многие годы.



**Рис.2. Пример регистрации вариаций магнитного поля в обсерватории Москва в реальном времени за 29 октября 2003 года. Рисунок взят из Интернет.**

Именно внимание общественности к таким большим и ярким событиям, как магнитная буря 29 октября, позволяет рассчитывать на поддержку научных исследований в этом направлении. Вместе с тем, очевидна роль ученых в просвещении общества в этой области. Для этого наиболее полно подходит Интернет как среда, где легко и быстро проходит распространение любой информации. Нами начата работа по подготовке материалов по СЗФ для представления в сети Интернет, которая получила поддержку в виде гранта РФФИ 02-07-90232 “Создание информационного Интернет-ресурса по солнечно-земной физике” [2]. В рамках этого гранта

создан прототип сайта [www.stp.cosmos.ru](http://www.stp.cosmos.ru), для которого ведется систематическая подготовка контента. Начиная с 4 октября 2002 года каждые две недели рассылается Бюллетень новостей по СЗФ, см. <http://www.izmiran.rssi.ru/magnetism/ELNEWS/index.htm>. Основные разделы сайта сформированы по рубрикам: новости, космическая погода, события, СЗФ в России, организации, персоналии, история, образование, ссылки и ряд вспомогательных разделов. Отдельные рубрики уже выставлены в Интернет, как, например, раздел, посвященный юбилею основателя ИЗМИРАН и создателя солнечно-земной физики в СССР, проф. Н.В.Пушкова <http://top.izmiran.rssi.ru/~npushkov/>, там же выставлен раздел по образованию <http://top.izmiran.rssi.ru/~children/>.

База данных геомагнитных обсерваторий России за 1984 - 2000 гг. была собрана на CD-ROM и издана с пояснительной брошюрой [3]. CD-ROM размещен в виде отдельного сайта <http://magbase.rssi.ru/index.htm>. Дальнейшее наполнение базы данных базируется на взаимодействии всех институтов, ведущих наблюдения на магнитных обсерваториях России. Кроме того, совершенствуется инструментарий работы с базой данных, в частности с применением технологии пакета программ MATLAB. В рамках гранта РФФИ № 03-07-90066 в ИЗМИРАН ведется разработка веб-сервера MATLAB для доступа к базе геомагнитных данных и последующей интерактивной обработке экспериментальных данных, доступных по сети Интернет. Технология MATLAB Web Server позволяет создавать MATLAB-приложения, которые используют возможности Интернет для передачи данных в систему MATLAB для вычислений и отображения результатов в Web-браузере с использованием стандартной Web-технологии в виде HTML-документов и форм для доступа пользователей к вычислительным ресурсам. Пример использования MATLAB Web Server для доступа к «Базе данных геомагнитных обсерваторий России» на CD-ROM и вычисления спектрально-временных характеристик геомагнитных вариаций по данным этой базы представлен в тестовой версии на сайте <http://vlod.izmiran.rssi.ru>.

Примеры использования базы геомагнитных данных приведены в работах (4,5), где разбираются отдельные случаи магнитосферных возмущений, а также показана роль геомагнитных данных в проблеме «космической погоды». Вся работа с данными все более стандартизуется, а сама работа приборов переводится в автоматический режим. Вместе с тем все еще много вопросов требуют детального и количественного анализа, прежде чем по ним будет сформирована база знаний, пригодных для практического использования. Из приведенного краткого обзора состояния магнитных наблюдений следует, что этот вид экспериментальной физики продолжает играть важную роль в деле развития современной геофизики, в том числе ввиду явной потребности в знаниях о «космической погоды». Широкие научные программы исследований на ближайшие 10-15 лет строятся на основе широкого использования данных о состоянии магнитного поля Земли,

основным источником которых до сих пор остается сеть магнитных обсерваторий.

### Литература

1. *Зайцев А.* Исследования в Арктике и Антарктике //Электромагнитные и плазменные процессы от Солнца до ядра Земли. М.: Наука, 1989. С. 315-327.
2. *Зайцев А., Козлов А., Обридко В.и др.* Разработка Интернет ресурсов по солнечно-земной физике для науки и просвещения, //Труды четвертой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. 15-17 октября 2002. Дубна. Том.1, С. 299-303.
3. *Амиантов А. С., Зайцев А. Н., Одинцов В. И. и др.* Вариации магнитного поля Земли: База цифровых данных магнитных обсерваторий России за период 1984-2000гг. (брошюра и оптический диск CD-ROM); М.: СтройАрт, 2001. С. 52.
4. *Dmitriev A., A. Belov, R. Gorgutsa, V. et al.* The Development of the Russian Space Weather Initiatives, Adv. Space Res. 2003. vol. 31, N. 4, . 855-860.
5. *Зайцев А. Н., Далин П. А., Застенкер Г. Н.* Резкие вариации потока ионов солнечного ветра и их отклик в возмущениях магнитного поля Земли //Геомагнетизм и аэрономия. 2002. Т. 42. № 6. С. 752-759.