

Информатизация геомагнитных наблюдений на геофизической обсерватории «Борок»

С. В. Анисимов, Э. М. Дмитриев

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, пос. Борок (Ярославская обл.), Россия

Получено 31 марта 2010; опубликовано 5 июня 2010.

В работе отражено современное состояние информатизации геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН. Представлен измерительный комплекс Обсерватории и виды геомагнитных наблюдений, архитектура и программное обеспечение локальной сети сбора данных, а также входящих в нее цифровых систем сбора. Рассмотрены итоги внедрения информационных технологий в практику работы с геомагнитными данными, включая сбор, обработку, хранение и доступ к ним. Изложены методы и алгоритмы обработки первичных данных геомагнитных наблюдений разных типов, архитектура и программное обеспечение базы данных среднеширотной Геофизической обсерватории «Борок». Проанализированы результаты работы среднеширотной геофизической обсерватории в международных сетях магнитных обсерваторий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитометрия; обсерваторские наблюдения; базы данных; информационные технологии

Ссылка: Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев (2010), Информатизация геомагнитных наблюдений на геофизической обсерватории «Борок», *Вестник ОНЗ РАН*, 2, NZ6005, doi:10.2205/2010NZ000023, 2010

Введение

Развитие компьютерной техники вызвало коренные изменения в методах получения, обработки, хранения и доставки информации от самых разных источников. Информатизация геофизических исследований стимулировала внедрение цифровых технологий непосредственно в системы сбора геофизической информации, создание электронных баз геофизических данных с предоставлением доступа к ним через Интернет. В данной работе рассмотрена информатизация геомагнитных измерений, проводимых на Геофизической обсерватории «Борок» (ГО «Борок» ИФЗ РАН) [58°04'N, 38°14'E].

Геомагнитные измерения являются одним из старейших и наиболее развитых видов обсерваторских геофизических наблюдений. На ГО «Борок» ИФЗ РАН с момента ее основания в 1957г. ведутся непрерывные измерения ультранизкочастотных геомагнитных пульсаций. При постоянном расширении и модернизации обсерваторского измерительного комплекса особое внимание уделялось геомагнитным измерениям. При этом ГО «Борок» является единственной российской среднеширотной геофизической обсерваторией, ведущей непрерывные наблюдения геомагнитных и целого ряда других геофизических и метеорологических полей в условиях, приближенных к «геофизическому заповеднику».

Вплоть до середины 1990-х гг. в уникальном по количеству измеряемых параметров и характеристикам измерительной аппаратуры обсерваторском комплексе в качестве основных носителей информации использовались фотобумага и магнитная лента. Полная реконструкция системы сбора измерительного комплекса ГО «Борок» была проведена в 1997г. при поддержке РФФИ (грант № 96-05-67026) [Анисимов и др., 2000]. В результате модернизации была разработана и введена в действие система цифровой регистрации с записью данных на магнитооптический диск, с которого данные раз в месяц перезаписывались на CD ROM. Для изготовления CD ROM использовался компьютер архивации данных, оснащенный магнитооптическим дисководом и записывающим CD-ROM устройством. С созданием базы данных на CD ROM (регистрационное свидетельство Государственного регистра баз данных №5548 от 21 декабря 1999) возникла необходимость обеспечения доступа к данным через Интернет. Первым шагом в этом направлении послужило создание соответствующего раздела «Геоэлектромагнитные наблюдения» на web-сайте ГО «Борок» ИФЗ РАН (www.brk.adm.yar.ru).

Ввод в действие цифровой регистрации и архивации геофизической информации позволил обмениваться данными с ведущими мировыми геофизическими центрами и активно включаться в международные программы геомагнитных измерений. С 1998г. обсерватория входит в международную сеть субавторальных магнитометрических станций SAMNET. Работая на обсерватории магнитометрическая станция SAMNET ведет непрерывную цифровую регистрацию вариаций геомагнитного поля. Ежедневно данные с магнитометрической станции пересылаются через Интернет на центральный сервер программы SAMNET, расположенный в Ланкастерском Университете (Великобритания).

В 2000-2004гг. при поддержке РФФИ (грант № 99-07-90106) была проведена дальнейшая модернизация системы сбора, нацеленная, прежде всего, на интегрирование ее с базой данных для непосредственного представления данных в Интернет [Анисимов и др., 2001, 2002; *Anisimov and Dmitriev*, 2003a,b]. Создана локальная сеть сбора данных, включающая основную систему сбора данных, магнитометрическую станцию SAMNET, компьютер обработки данных, сервер базы данных. На сервере базы данных размещен сайт базы данных (geobrk.adm.yar.ru:1352), интернет-доступ к которому осуществляется через центральный сервер обсерватории.

В 2003г. ГО «Борок» ИФЗ РАН вошла в Международную сеть магнитных обсерваторий реального времени INTERMAGNET. На установленной в обсерватории магнитной станции, наряду с автоматическими измерениями главных компонент магнитного поля, регулярно проводятся абсолютные магнитные измерения согласно протоколу программы INTERMAGNET. Данные, полученные по программе INTERMAGNET, ежедневно передаются на информационный узел сети, расположенный в Парижском институте физики Земли (Франция).

Благодаря сотрудничеству с зарубежными геофизическими организациями в рамках международных программ, достигнута интеграция базы данных ГО «Борок» в международные сети геомагнитных наблюдений, а также значительно расширен спектр геомагнитных наблюдений, проводимых в обсерватории. На сегодняшний день на ГО «Борок» ИФЗ РАН проводятся все виды геомагнитных измерений, принятые в практике магнитных обсерваторий: непрерывные измерения ультранизкочастотных геомагнитных пульсаций, регистрация вариаций и главных компонент геомагнитного поля, регулярные абсолютные измерения.

В последние годы при поддержке РФФИ (гранты № 05-07-90262 и № 08-07-00194) проводится дальнейшая модернизация измерительного комплекса и базы данных ГО «Борок» с использованием современных информационных технологий [Анисимов и др., 2007, 2008; *Анисимов и Дмитриев*, 2005; *Anisimov et al.*, 2008]. Модернизация направлена на расширение измерительного комплекса за счет включения в него средств измерения атмосферных полей, оптимизацию архитектуры, аппаратного и программного обеспечения локальной сети сбора данных и базы данных, расширение средств и методов обработки данных геофизических наблюдений с целью получения интегральных характеристик геофизических полей. Последним примером в этом направлении, связанным с представлением данных геомагнитных наблюдений, служит разработка программ для расчета аналогов К-индексов геомагнитной активности по результатам наблюдений вариаций геомагнитного поля и их представления на web-сайте базы данных ГО «Борок» ИФЗ РАН.

Виды геомагнитных наблюдений

Измерительный комплекс ГО «Борок» ИФЗ РАН включает датчики, усилители, аналоговые фильтры, систему энергоснабжения и синхронизации [Анисимов и Дмитриев, 2003]. Наблюдаемые геофизические поля: полный вектор геомагнитного поля, три компоненты длиннопериодных вариаций геомагнитного поля, три компоненты ULF пульсаций геомагнитного поля, три компоненты теллурических токов, напряженность аэроэлектрического поля, плотность вертикального аэроэлектрического тока, вариации атмосферного давления, метеорологические параметры. Цифровая регистрация геомагнитных полей выполняется в абсолютных физических величинах с точной привязкой к единому времени.

Ультранизкочастотные пульсации геомагнитного поля регистрируются индукционными магнитометрами, разработанными в лаборатории геоэлектромагнитного мониторинга ГО «Борок» ИФЗ РАН (<http://borok.adm.yar.ru/gemm/index.html>). Магнитометры включают индукционные датчики с пермаллоевыми сердечниками, измерительные усилители и блоки фильтров. Линейная частотная характеристика датчиков позволяет расширить динамический

диапазон измерений вследствие компенсации спектральной неоднородности и широкого диапазона изменений амплитуд геомагнитных пульсаций. Частотный диапазон составляет 0.001–3.0 Гц, при уровне шума $0.5 \text{ нТл/Гц}^{1/2}$ на частоте $f=1 \text{ Гц}$.

Главные компоненты геомагнитного поля регистрируются в рамках международной программы INTERMAGNET (<http://www.intermagnet.org>), в настоящее время объединяющей более 100 магнитных обсерваторий в 36 странах мира. Данные геомагнитных наблюдений оперативно передаются обсерваториями и институтами, участвующими в программе, на региональные геомагнитные информационные узлы через спутники, компьютерные сети и т.д. с использованием стандартных форматов INTERMAGNET. Региональные геомагнитные информационные узлы осуществляют глобальный обмен геомагнитными данными и результатами их обработки, обеспечивают доступ к данным участвующих в программе обсерваторий и всего научного сообщества.

На ГО «Борок» установлено стандартное оборудование INTERMAGNET [Chulliat and Anisimov, 2008], включающее скалярный и векторный магнитометры. Скалярный протонный магнитометр для измерения полной величины магнитного поля обладает разрешением 0.1 нТл, динамическим диапазоном 32000–70000 нТл, частотным диапазоном 0–0.3 Гц. Векторный трехкомпонентный магнитометр имеет динамический диапазон $\pm 70000 \text{ нТл}$ и полосу пропускания 0–1 Гц. Для проведения абсолютных геомагнитных измерений используется портативный однокомпонентный магнитометр на немагнитном теодолите, обеспечивающий измерения магнитного поля в пределах $\pm 2 \text{ мкТл}$ с разрешающей способностью 0.1 нТл в частотном диапазоне на аналоговом выходе 0–10 Гц.

Вариации геомагнитного поля регистрируются также с помощью fluxgate-магнитометра сети субавроральных магнитных станций SAMNET, созданной в 1987 г. в рамках национальной научной программы Великобритании для исследований в области солнечно-земной физики. В программе участвуют 14 магнитных станций Великобритании, Фарерских островов, Швеции, Норвегии, Финляндии, Исландии и России. Данные, полученные в рамках программы SAMNET, доступны в Интернет (<http://www.dcs.lancs.ac.uk/iono/samnet>). Установленный на ГО «Борок» fluxgate-магнитометр позволяет измерять три компоненты геомагнитного поля с интервалом 1 с и разрешением 0.1 нТл.

Сбор и обработка геомагнитной информации

Сбор и первичное накопление данных наблюдений, поступающих с датчиков геомагнитных полей всех типов, осуществляется выделенными компьютерами (системами сбора данных). Полученные данные поступают в Базу данных среднеширотной геофизической обсерватории через локальную сеть сбора данных, в которую, помимо систем сбора данных, входят компьютеры обработки и архивации данных, сервер базы данных и web-сервер базы данных.

В состав установленной в ГО «Борок» ИФЗ РАН автоматической магнитной обсерватории INTERMAGNET входит специализированная система сбора данных скалярного и векторного магнитометров, обеспечивающая также контроль качества поступающих данных, их фильтрацию и отображение на экране монитора. Частота дискретизации выходного амплитудно-временного ряда 1 мин. Для точной привязки к мировому времени, необходимой при работе в сети синхронных наблюдений магнитного поля, используется устройство GPS.

В автоматической магнитной станции SAMNET в качестве системы сбора используется персональный компьютер с платой аналого-цифрового преобразователя. Частота сбора данных 1 Гц. Для привязки данных к мировому времени используется устройство GPS. Раз в сутки программное обеспечение системы сбора архивирует все новые данные и копирует их на компьютер обработки данных.

Регистрация ультранизкочастотных пульсаций геомагнитного поля производится основной системой сбора данных, построенной на базе персонального компьютера с встроенной платой аналого-цифрового преобразователя. На него также поступают данные со всей регистрирующей аналоговой аппаратуры, входящей в состав измерительного комплекса обсерватории и предназначенной для непрерывных наблюдений геофизических полей различной природы (теллурических токов, атмосферного электрического поля, вертикального электрического тока атмосферы, вариаций атмосферного давления). Раз в час данные регистрации передаются с основной системы сбора на компьютер обработки данных. Частота

сбора данных 10 Гц. Привязка данных к мировому времени обеспечивается синхронизацией с высокоточными кварцевыми часами.

Обработка первичных данных, поступающих с компьютера основной системы сбора, магнитометрической станции SAMNET, автоматической магнитной обсерватории INTERMAGNET, включая их форматирование, усреднение, перевод в физическую величину, осуществляется специальными программами на компьютере обработки данных. Одновременно формируются файлы с графическим представлением данных для web-сайта базы данных: графиками вариаций геомагнитного поля и диаграммами рассчитываемых на их основе К-индексов. Далее, обработанные данные и графические файлы переносятся на сервер базы данных в директорию базы данных.

Все компьютеры локальной сети сбора данных работают в непрерывном режиме под управлением ОС LINUX. Связь этой сети с «внешним миром» осуществляется только через web-сервер базы данных, что повышает надежность и безопасность ее работы.

В конце каждого месяца первичные данные за истекший месяц переносятся на компьютер архивации данных, оснащенный записывающим CD ROM устройством, и архивируются на диски CD ROM, являющиеся основным носителем резервных копий базы данных.

Хранение и доступ к геомагнитным данным

Сервер базы данных обеспечивает хранение базы данных и доступ к данным из локальной сети ГО «Борок». Интернет-доступ к базе данных через сервер ГО «Борок» обеспечивает выделенный web-сервер базы данных, на котором располагается web-сайт базы данных, содержащий файлы с описанием базы данных, графическим представлением данных, а также интерфейсные формы для запроса данных пользователями базы данных. Обработка запросов и предоставление информации осуществляется cgi-программами web-сервера базы данных.

На начальной странице web-сайта базы данных (<http://geobrk.adm.yar.ru>) даны ссылки на web-сайты поддерживающих базу данных организаций: Российской академии наук (<http://www.ras.ru>), Российского фонда фундаментальных исследований (<http://www.rfbr.ru>), Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта (<http://www.ifz.ru>), Геофизической обсерватории «Борок» (<http://wwwbrk.adm.yar.ru>), лаборатории геоэлектромагнитного мониторинга (<http://wwwbrk.adm.yar.ru/gemm>).

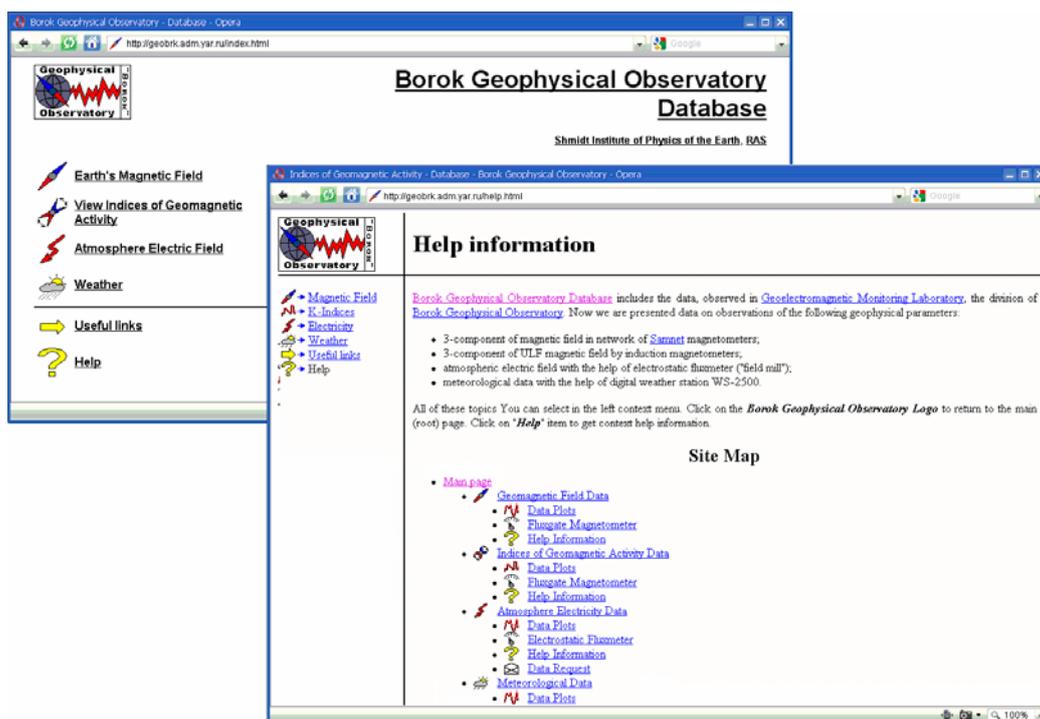


Рис. 1. Начальная страница web-сайта базы данных и страница с картой web-сайта.

С начальной страницы (рис. 1) посетитель сайта может перейти к разделам сайта, относящимся к конкретным видам наблюдений. В открытом доступе представлены результаты измерений вариаций геомагнитного поля Земли и рассчитанные на их основе К-индексы геомагнитной активности. Все страницы сайта имеют в левой части меню со ссылками на подразделы текущего уровня и логотип ГО «Борок» со ссылкой на начальную страницу сайта. Для обеспечения безопасности и предотвращения атак хакеров доступ к исходным файлам данных закрыт. Пользователь имеет возможность просматривать графики данных (рис. 2) и запрашивать данные, заполняя соответствующие формы. Запрошенные данные формируются программным обеспечением web-сайта и отсылаются пользователю по электронной почте.

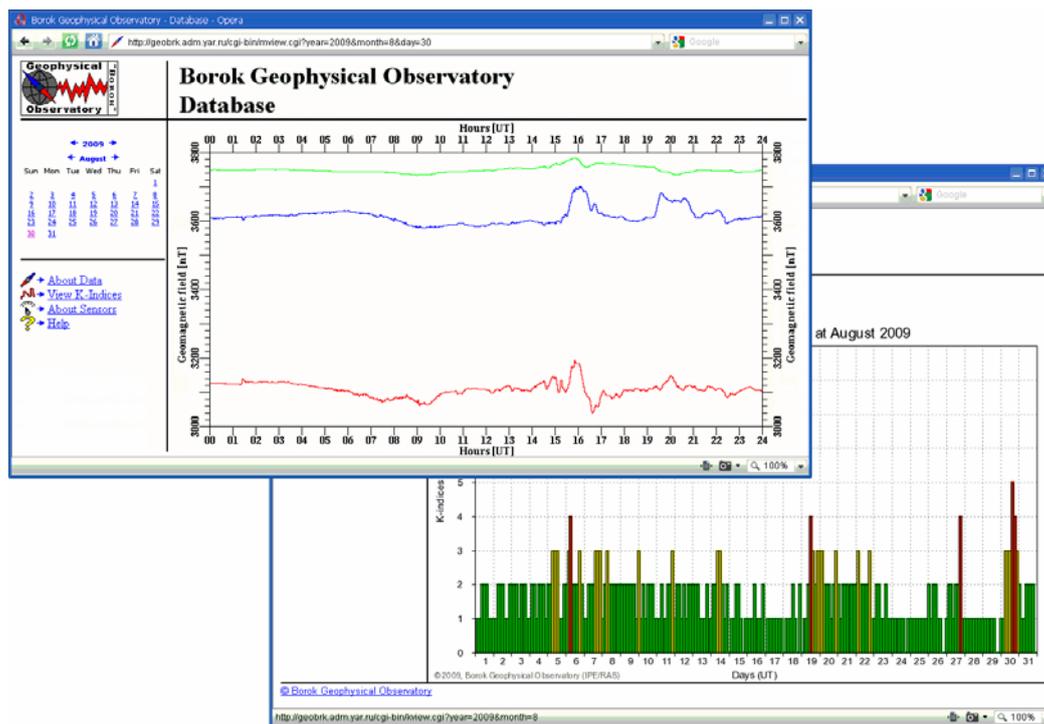


Рис. 2. Страницы просмотра графиков вариаций геомагнитного поля и К-индексов.

Для коллективных пользователей базы данных ведется регулярная рассылка данных. При этом тип и формат данных, периодичность и способ рассылки определяются по договоренности с заказчиками. В частности, данные наблюдений вариаций геомагнитного поля по программе INTERMAGNET передаются по электронной почте в Парижский институт физики Земли (Франция), а аналогичные данные, полученные по программе SAMNET, — по ftp-протоколу в Ланкастерский университет (Великобритания).

Заключение

В работе отражено современное состояние информатизации геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН. Представлен измерительный комплекс обсерватории и виды геомагнитных наблюдений, архитектура и программное обеспечение локальной сети сбора данных и входящих в нее цифровых систем сбора. Описано внедрение информационных технологий в практику работы с геомагнитными данными, включая сбор, обработку, хранение и доступ к ним. Изложены методы и программы обработки первичных данных геомагнитных наблюдений разных типов, архитектура и программное обеспечение базы данных среднеширотной Геофизической обсерватории «Борок». Проанализирован опыт работы обсерватории в международных сетях магнитных обсерваторий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 08-07-00194).

Литература

- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев, Е. Б. Анисимова, С. С. Бакастов (2000), Информационно-измерительный комплекс Геофизической обсерватории «Борок», *Электронный научно-информационный журнал “Вестник ОГГГН РАН”*, ОИФЗ РАН, Москва http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/3-2000/anisimov.htm
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев, Е. Б. Анисимова, А. Н. Сычев (2001), База данных Геофизической обсерватории «Борок», *Электронный научно-информационный журнал “Вестник ОГГГН РАН”*, ОИФЗ РАН, Москва, http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/anisimov.pdf.
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев, Е. Б. Анисимова, С. С. Бакастов (2002), Информационные технологии в системе геоэлектромагнитного мониторинга Геофизической обсерватории «Борок» РАН, *Материалы Всероссийской конференции “Геофизика на рубеже веков”*, 71-72.
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев (2003), *Информационно-измерительный комплекс и база данных Геофизической обсерватории «Борок» РАН*, ОИФЗ РАН, Москва
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев (2005), Развитие информационных технологий в системе мониторинга геофизических полей Геофизической обсерватории «Борок», *Вестник Отделения наук о Земле РАН: Электронный научно-информационный журнал*, ОИФЗ РАН, Москва, http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2005/inform-1.pdf.
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев, А. Н. Сычев (2007), Информатизация наблюдений геофизических полей на обсерватории «Борок», *Геофизические исследования*, 7, 107-129.
- Анисимов С. В., Э. М. Дмитриев, Н. К. Сычева, А. Н. Сычев, В. П. Щербаков, Ю. К. Виноградов (2008), Информационные технологии в геомагнитных измерениях на геофизической обсерватории «Борок», *Геофизические исследования*, 9, № 3, 62-76.
- Anisimov S. V., E. M. Dmitriev (2003), Aeroelectrical constituent in the database of Borok Geophysical Observatory, *Proceedings of the 12th International conference on atmospheric electricity*, Versailles, France, 693-696.
- Anisimov S. V., E. M. Dmitriev (2003), The telematic applications in measuring complex and database of Borok Geophysical Observatory *Abstracts of “New Methods of Working for Information Society Technologies Promotion to Commonwealth of Independent States” (WISTCIS) Outlook Conference “Information Society Priorities: New Prospects for European CIS Countries”*, Moscow, 12-13.
- Anisimov S. V., A. Chulliat, E. M. Dmitriev (2008), Information-measuring complex and database of mid-latitude Borok Geophysical Observatory, *Russian J. Earth Sci.*, (10), N 3, ES1007, doi:10.2205/2007ES000227.
- Chulliat A., S. V. Anisimov (2008), The Borok INTERMAGNET magnetic observatory, *Russian J. Earth Sci.*, V. 10, N 3, ES3003, doi:10.2205/2007ES000238.

С. В. АНИСИМОВ, Э. М. ДМИТРИЕВ Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок. Тел.: 8-(48547)-244-85, 8-(48547)-246-63. e-mail: svan@borok.yar.ru, eldar@borok.yar.ru