

ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
**Итоги Электронного Геофизического Года**  
3–6 июня 2009 • Переславль-Залесский, Россия

## Геоинформационные технологии геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории “Борок”

С. В. Анисимов<sup>1</sup> и Э. М. Дмитриев<sup>1</sup>

Получено 2 ноября 2009; принято 13 ноября 2009; опубликовано 2 декабря 2009.

Представлены информационные технологии, используемые в практике геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории “Борок” ИФЗ РАН. Охарактеризованы геомагнитные измерительные приборы. Описана сеть сбора и база данных геомагнитных измерений. Отражен опыт работы ГО “Борок” в международных сетях геомагнитных обсерваторий. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** магнитометрия, обсерваторские наблюдения, базы данных, информационные технологии.

**Ссылка:** Анисимов, С. В. и Э. М. Дмитриев (2009), Геоинформационные технологии геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории “Борок”, *Росс. ж. наук о Земле*, 11, RE2004, doi:10.2205/2009ES000401.

### Введение

Наблюдения геомагнитного поля дают информацию о строении, эволюции, и современном состоянии, как твердой Земли, так и ее газо-плазменных оболочек. Возмущения в геомагнитном поле связаны с процессами, как в магнитосфере, так и в атмосфере Земли. Они являются также индикаторами процессов происходящих на солнце. Наблюдения вариаций геомагнитного поля на геофизических обсерваториях в широком диапазоне частот востребованы не только для изучения этих процессов, но и для развития навигационных средств, прогноза погоды, диагностики медико-биологических проявлений солнечной активности. При этом создание баз данных геомагнитных наблюдений непосредственно на ведущих геомагнитных обсерваториях обеспечивает их оперативное наполнение, а использование Интернет технологий делает возможным оперативный доступ к полученной геомагнитной информации.

Уникальный измерительный комплекс Геофизической обсерватории (ГО) “Борок” ИФЗ РАН (58°04'N, 38°14'E) с момента ее основания в 1957 г. постоянно расширялся и модернизировался [Анисимов и Дмитриев, 2003]. Особое внимание при этом уделялось развитию геомагнитных наблюдений. На сегодняшний день к геомагнит-

ным наблюдениям, проводимым на ГО “Борок”, относятся многолетние непрерывные измерения ультранизко-частотных геомагнитных пульсаций, регистрация вариаций и главных компонент геомагнитного поля, регулярные абсолютные измерения. Ведется первичная обработка и анализ цифровых данных регистрации всех элементов геомагнитного поля. ГО “Борок” ИФЗ РАН входит в Международную сеть субавторальных магнитных станций SAMNET (с 1998 г.) и Международную сеть магнитных обсерваторий реального времени INTERMAGNET (с 2003 г.).

Все это было бы невозможным без применения на ГО “Борок” информационных технологий, коренным образом изменивших устройства и методы регистрации, обработки и хранения данных измерений (Анисимов и Дмитриев, [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2005/inform-1.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2005/inform-1.pdf); Анисимов и др., [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/4-2001/anisimov.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/anisimov.pdf)), [Анисимов и др., 2002, 2008; *Anisimov and Dmitriev*, 2003a, 2003b; *Anisimov et al.*, 2008].

### Геомагнитные наблюдения на ГО “Борок”

Геомагнитные наблюдения являются одним из наиболее развитых видов геофизических измерений. На ГО “Борок” ведутся многолетние непрерывные наблюдения главных компонент, вариаций и ультранизко-частотных пульсаций геомагнитного поля, выполняются регулярные абсолютные измерения. Обеспечивается регистрация из-

<sup>1</sup>Геофизическая обсерватория “Борок” – филиал ИФЗ им. О. Ю. Шмидта РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

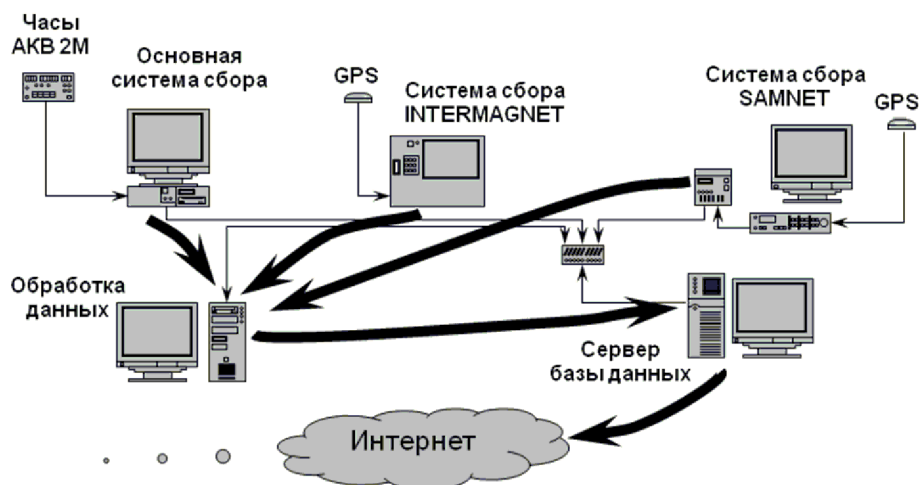


Рис. 1. Локальная сеть сбора геомагнитных данных.

меряемых геомагнитных полей в цифровом виде, в абсолютных физических величинах и с точной привязкой к единому времени.

Главные компоненты и вариации 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 или другими средствами, 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 при том же разрешении имеет динамический диапазон  $\pm 70000$  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  $\pm 2$  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, Финлян-

дии, 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.

Ультранизкочастотные пульсации геомагнитного поля регистрируются индукционными магнитометрами, разработанными в лаборатории геоэлектромагнитного мониторинга ГО “Борок” (<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 нТл/Гц<sup>1/2</sup> на частоте 1 Гц.

### Сеть сбора данных и база данных ГО “Борок”

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 “Борок” через локальную сеть сбора данных (Рис. 1), в которую входят также компьютер обработки и хранения данных и сервер базы данных.

В состав установленной в ГО “Борок” 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

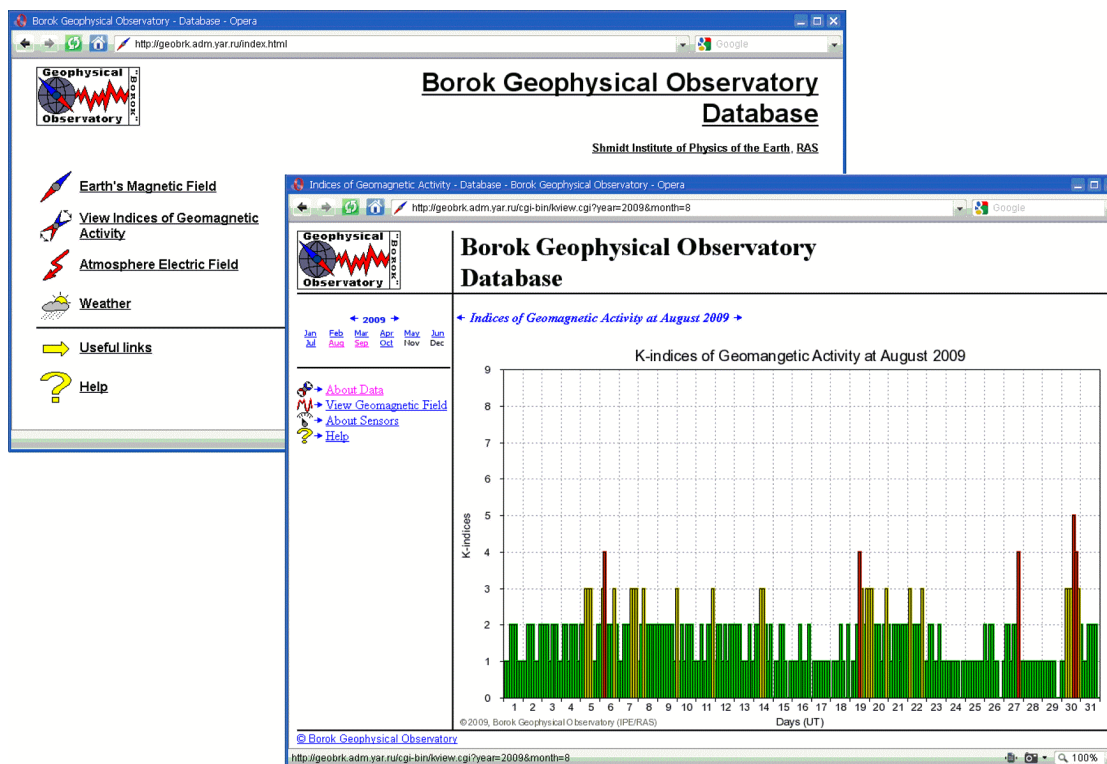


Рис. 2. Начальная страница web-сайта базы данных и страница просмотра данных.

привязки к мировому времени, необходимой при работе в сети синхронных наблюдений магнитного поля, используется устройство GPS. Данные измерений накапливаются на внешнем носителе (дискете) и раз в сутки переносятся оператором на компьютер обработки данных.

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 ГО «Борок» 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.

На компьютере обработки и хранения данных происходит форматирование, усреднение, перевод в физическую величину данных регистрации. Далее все полученные файлы данных переносятся в директории базы данных. Одновременно с обработкой формируются gif-файлы с графическим представлением данных, копируемые на сервер базы данных. На сервере располагается web-сайт, содержащий файлы с описанием и графическим представлением данных, а также интерфейсные формы для пользовательских запросов.

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://www.brk.adm.yar.ru>), лаборатории геоэлектромагнитного мониторинга (<http://www.brk.adm.yar.ru/gemm>).

С начальной страницы (Рис. 2) посетитель сайта может перейти к просмотру руководства по пользованию базой данных, правил пользования ею и разделов 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 и запрашивать данные, заполняя соответствующие формы. Запрошенные данные формируются программным обеспечением web-сайта и отсылаются пользователю по электронной почте.

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 статье рассмотрены основные итоги информатизации обсерваторских геомагнитных наблюдений, проводимых на Геофизической обсерватории “Борок” ИФЗ РАН. Описаны используемые в геомагнитных измерениях приборы, аппаратное и программное обеспечение геомагнитных наблюдений, обработки и хранения полученных данных. Отражена работа ГО “Борок” в международных сетях геомагнитных наблюдений INTERMAGNET и SAMNET. Представлена база данных обсерваторских наблюдений среднеширотных геофизических полей, разработанная на ГО “Борок”, и ее представление в Интернет.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант N 08-07-00194).

## Литература

- 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, Е. Б. Анисимова, С. С. Бакастов (2002), *Информационные технологии в системе геоэлектromагнитного мониторинга Геофизической обсерватории “Борок” РАН*, *Материалы Всероссийской конференции “Геофизика на рубеже веков”*, ОИФЗ РАН, Москва.
- 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 (2003a), *Aeroelectrical constituent in the database of Borok Geophysical Observatory*, *Proceedings of the 12th International conference on atmospheric electricity*, Versailles, France.
- Anisimov, S. V., E. M. Dmitriev (2003b), *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”*, ОИФЗ РАН, Moscow.
- Anisimov, S. V., A. Chulliat, E. Dmitriev (2008), *Information-measuring complex and database of mid-latitude Borok Geophysical Observatory*, *Russian J. Earth Sci.*, 10(3), ES1007. doi:10.2205/2007ES000227
- Chulliat, A., S. V. Anisimov (2008), *The Borok INTERMAGNET magnetic observatory*, *Russian J. Earth Sci.*, 10(3), ES3003. doi:10.2205/2007ES000238
- 
- С. В. Анисимов и Э. М. Дмитриев, Геофизическая обсерватория “Борок”, пос. Борок, Ярославская обл, Россия (svan@borok.yar.ru; eldar@borok.yar.ru)