

*Российский фонд фундаментальных исследований*

*Институт земного магнетизма, ионосферы и  
распространения радиоволн РАН*

*Амиантов А.С., Зайцев А.Н., Одинцов В.И., Петров В.Г.*

**“Вариации магнитного поля Земли”**

база цифровых данных  
магнитных обсерваторий России  
за период 1984-2000 гг.  
на CD-ROM

**(гранты РФФИ 98-07-90278, 01-05-78080)**

Москва, 2001

## Содержание

Предисловие. CD-ROM как способ распространения баз данных и элемент электронных библиотек.

Часть 1. Вариации магнитного поля Земли как информационная основа исследований окружающего космического пространства.

- 1.1. Вводные замечания.
- 1.2. Типы вариаций магнитного поля Земли.
- 1.3. Индексы магнитной активности.
- 1.4. Влияние магнитных возмущений на технологические системы на уровне Земли.
- 1.5. Источники информации о вариациях магнитного поля
- 1.6. Технологические способы использования цифровых магнитометров.
- 1.7. Перспективы и направления исследований вариаций магнитного поля.
- 1.8. Оглавление CD-ROM.

Часть 2. Руководство пользователя базой данных.

- 2.1. Содержание CD-ROM
- 2.2. Структура CD-ROM.
- 2.3. Структура базы данных и программы работы с данными
  - 2.3.1. Формат базы данных на CD-ROM
  - 2.3.2. Программа MAG\_CD.
  - 2.3.3. Опции программы MAG\_CD.EXE

Приложения:

1. Методика определения **K**-индекса
2. Данные по модернизации ЦМВС-2 (вариант ЦМВС-2000)
3. Данные по радиоканалу ЦМВС-2000
4. Глоссарий терминов, полезных при работе с данными о вариациях магнитного поля Земли.

**Аннотация.** В последние годы практически все магнитные обсерватории России перешли на цифровую регистрацию вариаций магнитного поля Земли. Вновь появился интерес к работе сети магнитных обсерваторий и использованию их данных для решения научных и прикладных задач. В связи с этим представилось актуальной задачей сделать данные магнитных наблюдений доступными для широкого круга научной общественности. Исследования по созданию цифровых баз данных в ИЗМИРАН были начаты еще в середине 80-х годов. Их результаты были положены в основу работы по объединению всех доступных данных наблюдений в магнитных обсерваториях России, начиная с 1984 года и по настоящее время, в единую базу данных. Была проделана огромная работа по первичной подготовке данных, разработке оболочки базы данных, интерфейса пользователя и т.п. Для хранения собранной базы данных был использован оптический диск (CD-ROM). До настоящего времени нет единого формата представления цифровых данных, хотя, в ряде случаев, принято использовать данные магнитных обсерваторий с 1-мин. осреднением. Отсутствие единого формата дало нам возможность использовать собственный формат хранения цифровых данных, позволивший существенно сократить объем, занимаемый базой данных на диске. Вместе с тем, реализована возможность экспорта данных в любом из форматов, принятых в системе Мировых центров данных для их хранения.

Для реализации идеи массового использования базы данных возникла необходимость размножить этот диск и сопроводить его брошюрой, содержащей краткое описание базы данных, руководство по системе управления базой данных, необходимую информацию о вариациях магнитного поля Земли, глоссарий терминов, а также примеры научных работ с использованием цифровых данных.

Использование настоящей базы данных в научных исследованиях и образовании не ограничено, и авторы будут благодарны за присылаемые ссылки по ее применению, и отписки работ.

**Наш почтовый адрес:** 142190, г. Троицк, Московской обл., ИЗМИРАН, Зайцеву А.Н.,  
электронный адрес: [zaitsev@izmiran.ru](mailto:zaitsev@izmiran.ru).

За многие годы работы в ИЗМИРАН нам приходилось консультировать широкий круг специалистов по использованию данных магнитных обсерваторий в тех или иных исследованиях, и мы с удовольствием продолжим общение по этому кругу вопросов. Мы надеемся, что издание CD-ROM послужит еще большему распространению знаний о вариациях магнитного поля Земли и их практическому применению.

Настоящая работа и ее издание стало возможным благодаря поддержке РФФИ, гранты 98-07-90278, 01-05-78080, за что авторы выражают фонду свою искреннюю признательность. Ввиду того, что этот диск является нашим первым опытом подобного издания, в нем наверняка имеются какие-то недочеты или ошибки. Авторы будут благодарны за любые пожелания или замечания по его улучшению.

*А.С. Амиантов, А.Н. Зайцев, В.И. Одинцов, В.Г. Петров*

## **Предисловие. CD-ROM как способ распространения баз данных и элемент электронных библиотек.**

**Постановка задачи.** Практически все институты РАН ведут активное освоение современных информационных технологий, без которых сегодня невозможны научные исследования. Одними из первых начали работать в этом направлении институты, ведущие исследования по планетарной геофизике, в частности по солнечно-земной физике (СЗФ). Уже сегодня здесь имеются зачатки электронных библиотек (ЭБ), основными элементами которых являются базы данных (БД) и справочно-информационные системы (ИС) (см. список веб-сайтов). Эти работы в настоящее время ведутся в ИЗМИРАН и родственных институтах по следующим направлениям:

- сбор данных регулярных наблюдений магнитно-ионосферных обсерваторий;
- создание баз данных по международным проектам в области СЗФ, включая комплексные спутниковые эксперименты типа Интербол;
- создание справочно-информационных систем, включая оперативные данные в реальном времени, доступ к которым организован по сети Интернет;
- каталоги и библиотеки компьютерных программ, стандартные модели среды, способы вычисления основных параметров космической среды, средства обработки и представления данных и т.п.

Другим аспектом этих работ является то, что выход в Интернет и быстрое накопление содержательной информации на русском языке приводит к необходимости организации электронных библиотек, справочников и энциклопедий и стимулирует создание и развитие их инфраструктуры: каталогов, поисковых систем, процедур доступа к информационным системам и базам данных "on-line". Вместе с тем, Российский Интернет является частью общемировой сети, поэтому создание электронных библиотек должно находиться в русле развития информационных систем. В качестве перспективного направления следует рассматривать создание БД российских магнитных обсерваторий, интегрированной с БД и ИС мирового уровня. Очевидно, что такая БД должна быть связана с международной системой Интермагнит ([www.intermagnet.org](http://www.intermagnet.org)), которая представляет собой обширную справочную систему и базу данных мировой сети магнитных обсерваторий, содержащую данные более 70 из них. Причем, значительная часть обсерваторий работает в режиме реального времени, с периодичностью опроса каждые 12 минут. Сеть Интернет позволяет дублировать сайты, так что доступ к системе обеспечивается через «зеркала», находящиеся сейчас в США, Канаде, Англии, Франции и Японии.

**Мотивация создания электронных библиотек по СЗФ.** Прогресс в исследованиях солнечно-земной физики в сильной мере зависит от совершенствования способов обработки и распространения информации. Информатика становится "наукой наук", так как определяет скорость обработки и распространения информации буквально во всех областях знаний и деятельности человека. Вполне естественно, что ученые тратят много сил и времени на освоение компьютерной техники и телекоммуникаций, на совершенствование методов обработки данных, обмена данными и создания баз данных в виде открытых электронных библиотек, позволяющих организовать удаленный доступ к своим "полкам". При таких условиях может быть организована любая совместная обработка этих данных в интерактивном режиме с максимально возможным применением автоматизированных методов обработки и анализа. Все большее значение приобретает развитие методов анализа данных, моделирования, искусственного интеллекта, нейронных сетей и т.п.

В известном смысле эффективность использования ИС и БД в виде открытых электронных библиотек зависит от наличия пользователей, имеющих определенную техническую подготовку и владеющих современными способами получения информации в электронных сетях. В этом случае электронные библиотеки оказываются одним из самых

простых и эффективных способов удовлетворения спроса на научную информацию, особенно для специалистов смежных научных дисциплин и/или общественных организаций типа служб прогнозов и оповещения, газет, информационных агентств, учебных организаций и т.п. В таком качестве информация по солнечно-земной физике пользуется постоянным спросом, заметно возрастающим в максимумах цикла солнечной активности. В настоящее время мы находимся в области максимума солнечной активности, который приходится на 2000–2001 год.

Учитывая наличие большого числа институтов геофизического профиля, в России имеется постоянный спрос на оперативную информацию по солнечно-земной физике [1]. Причем, закрытые информационные системы прогностического направления не могут удовлетворить этот спрос, так как не ориентированы на открытое распространение информации и имеют огромные накладные расходы. С появлением и развитием Интернета для закрытых информационных систем наступил "ледниковый период", памятный тем, что тогда вымерли динозавры. Очевидно, что в этой ситуации институты РАН имеют шанс стать общественно полезными организациями, и одним из "полезных" элементов могут быть открытые информационные системы в виде электронных библиотек. В этой связи очевидна огромная роль сети Интернет как среды реализации ЭБ. Стремительное распространение Интернет полностью революционизирует развитие информатики в наши дни. Интернет представляет собой действительно "открытую" систему, которая благодаря этому стало самой совершенной, общедоступной и самой мощной информационной системой в мире. В последнее время мы наблюдаем стремительное развитие Интернета в России - сегодня наш национальный трафик на русском языке многократно превысил трафик с Европой и США. Вместе с тем, информационные ресурсы России составляют только доли процента от ресурсов всей сети Интернет, поэтому интеграция сети на мировом уровне и одновременное создание своих ЭБ остается важной национальной задачей.

В этом плане важная роль отводится Российской академической сети Russian Space Science Internet (RSSI). Эта сеть создавалась с 1993 года как совместный проект Института космических исследований РАН и NASA для поддержки исследований в России. В настоящее время большинство ведущих институтов космического профиля и многие организации Российского космического агентства подключены к RSSI. Кроме основного канала на Годдардовский центр космических исследований в США сеть RSSI подключена по оптоволокну к главному узлу M9 сети Интернет в Москве, что дает возможность передавать почти неограниченный объем данных по сети. Однако, связь с удаленными объектами, которыми являются магнитные обсерватории, по-прежнему затруднена.

В области СЗФ сеть RSSI представляет собой главную транспортную магистраль и основу координированных экспериментов типа Интербол, в котором принимают участие ученые из 17 стран. Ученые, работающие по проекту Интербол, фактически уже пользуются всеми основными элементами электронной библиотеки: организован архив данных, ведутся телеконференции, поставлена справочная система, ведется подготовка к изданию серии CD-ROM дисков с результатами исследований и обработанными данными. Из приведенного примера с проектом Интербол следует, что по направлению СЗФ уже сделана большая работа, которая в самое ближайшее время может быть оформлена в виде национальной электронной библиотеки по СЗФ. Полезный ресурс типа каталога ЭБ уже имеется в российской части Интернет [7], и выполнен в соответствии с международными требованиями к информационным системам по направлению «космическая погода». Опыт других стран показывает, что большие объемы данных удобно размещать и хранить на оптических дисках типа CD-ROM, емкость которых быстро растет, а стоимость падает [8]. Именно эффективность и дешевизна хранения и распространения информации на CD-ROM на современном этапе сделали их основой создания и развития ЭБ. Поэтому особое внимание должно быть уделено созданию и хранению архивов данных на CD-ROM. Вместе с

тем, CD-ROM не заменяют создание централизованных электронных библиотек с базами данных на уникальных технических средствах типа оптических систем терабайтной емкости и доступом по скоростной широкополосной сети.

**Назначение CD-ROM и перспективы их использования.** Оптические диски (CD-ROM) помогают сохранить и использовать в настоящих и будущих исследованиях уникальные архивы данных, полученные в ходе различных экспериментов, накопленные за многие годы в геофизических обсерваториях, а также программы и алгоритмы обработки данных. Современные информационные системы позволяют интегрировать CD-ROM с элементами систем автоматизированного доступа к данным, в том числе, через локальные сети и Интернет. Это дает возможность решить несколько задач:

- сделать результаты геофизических наблюдений доступными для широкого круга пользователей и обеспечить всех заинтересованных пользователей оптическим диском с архивами данных;
- существенно уменьшить физический объем носителя данных (1 оптический диск эквивалентен 30-40 магнитным лентам или вмещает 30-40 томов энциклопедии) и обеспечивает не менее чем 25-летнюю гарантию сохранности архивов данных;
- существенно повысить эффективность научных исследований на стыке различных дисциплин за счет массового использования данных, полученных в смежных областях знаний.

За прошедшие годы были подготовлены первый в России архив данных магнитных обсерваторий на CD-ROM [3], диск с данными по землетрясению в Спитаке [4], готовится серия дисков по результатам эксперимента Интербол. Пользователями геофизических данных, как правило, являются ученые-исследователи фундаментальных проблем СЗФ, геофизики, медики, широкие круги пользователей-практиков, в том числе организации и министерства федерального уровня, отвечающие за работу высокотехнологичных систем, обеспечивающих безопасность страны.

Массовое распространение баз данных на CD-ROM будет стимулировать развитие работ, способствующих дальнейшему углублению исследований в области солнечно-земной физики. Одним из важных элементов дальнейших исследований является создание модельных представлений, описывающих окружающее космическое пространство, а не простое накопление данных. В связи с этим, представляется необходимым включать в электронные библиотеки результаты работ по моделям окружающей среды в наиболее доступном (по возможности) виде. В области СЗФ эту роль играют известные модели: стандартная модель ионосферы CIRA, модель главного магнитного поля Земли IGRF, модель исправленных геомагнитных координат [5] и ряд других. Очевидно, что большую пользу принесет создание справочной библиотеки исследовательских компьютерных программ прикладного назначения. В качестве примера можно привести программы расчетов геомагнитных индексов, эквивалентных токовых систем по данным наземных наблюдений, расчеты ионосферных параметров (например, МПЧ, трасс), пакет программ графического представления магнитного поля в солнечном ветре [2]. В той или иной степени такие работы будут стимулироваться доступностью исходных данных. Наличие справочной библиотеки компьютерных программ, информационно-поисковых систем и справочников-энциклопедий на CD-ROM формирует переход от научных знаний к инжинирингу, что обеспечивает большой общественный интерес к результатам научных исследований.

Важным свойством электронных библиотек является возможность анализа данных и получения подготовленных комментариев, которые могут быть реализованы в виде экспертной системы по проблемам СЗФ. Наличие открытого программного обеспечения для первичного анализа данных стимулирует пользователей к самостоятельной работе с информацией, хранимой в электронных библиотеках, и создает условия для развития пользовательского интерфейса, что само по себе представляется актуальной задачей как в

научном, так и в прикладном плане.

### **Выводы.**

Создание электронных библиотек по СЗФ и распространение элементов ЭБ в виде CD-ROM является оптимальным в организационном и финансовом отношении. Размещение CD-ROM в сети Интернет обеспечивает удаленный доступ к нему и создает возможность его регулярного обновления. Распространяя наш опыт на область СЗФ, представляется возможным решение двух задач:

- обеспечение прямого, оперативного, открытого доступа к научным данным;
- развитие общественного спроса на данные об окружающем космическом пространстве и его удовлетворение, информирование пользователей смежных специальностей по проблемам солнечно-земных связей.

Для практической реализации этих задач в сети Интернет нами разработана концепция создания портала «Магнитные бури и их эффекты в окружающей среде» [6] с открытым доступом к ЭБ, БД и другим ресурсам. Нам представляется, что в российском секторе Интернет имеются для этого все условия, и портал может быть реализован в самое ближайшее время. При этом одним из важных информационных ресурсов в его структуре должна стать кнопка: "База данных магнитных обсерваторий России на CD-ROM с удаленным доступом через Интернет". Начало этой работе положено благодаря гранту РФФИ 98-07-90278. Следующий шаг – издание настоящей брошюры с диском CD-ROM.

### **Адреса сайтов ведущих институтов и центров по солнечно-земной физике:**

<http://www.rssi.ru> - сервер российской части сети RSSI

<http://www.iki.rssi.ru> - сервер Института космических исследований РАН

<http://www.izmiran.ru> - сервер Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН

<http://www.sinp.msu.ru/sinp.php3> - Институт ядерной физики МГУ

[http://www.kolasc.net.ru/pgi\\_r](http://www.kolasc.net.ru/pgi_r) - Полярный геофизический институт КФ РАН

<http://geo.phys.spbu.ru> - Отделение геофизики физического факультета СПбГУ

<http://www.aari.nw.ru> - Институт Арктики и Антарктики Гидрометслужбы РФ

<http://ikfia.ysn.ru> - Институт космофизики и астрономии ЯФ РАН

<http://ru.iszf.irk.ru> – Институт солнечно-земной физики СО РАН

### **Литература.**

1. A.N. Zaitzev. STEP Informatics in Russia // Abstracts of 1992 STEP Symposium/5th COSPAR Colloquium, p.101, Aug. 24-28, 1992, USA.
2. K.G. Ivanov, A.F. Kharshiladze, A.N. Zaitzev. Graphical models of solar and geomagnetic data // in Proc. Int. Workshop on Artificial Intelligence Applications in Solar-Terrestrial Physics, Lund, Sweden, Sept.1993, publ.NOAA, pp.121-126, 1994.
3. A. Zaitzev, V. Odintzov, V. Petrov. BBS and CD-ROM technologies developments for solar-terrestrial physics // IZMIRAN. IAGA proc., 1995, Boulder, USA 1995 IUGG Meeting.
4. Ю.С. Тюпкин. Базы данных в области наук о Земле на оптических дисках типа CD-ROM // Вестник РФФИ, № 2, стр.36-40, 1995.
5. IGRF/DGRF Model Parameters and Corrected Geomagnetic Coordinates. - URL: <http://nssdc.gsfc.nasa.space/cgm>
6. А.Н.Зайцев, Концепция портала по направлению "Магнитные бури и их воздействие на окружающую среду, Информационное общество, 2, стр.66-68, 2000
7. A. Dmitriev, et.al. The Development of the Russian Space Weather Initiatives, Advances in Space Res., V.31, N.4, 2003, p.855-860

# Часть 1. Вариации магнитного поля Земли как информационная основа исследований окружающего космического пространства.

## 1.1. Вводные замечания.

Первые сведения о вариациях магнитного поля Земли были описаны английским ученым Гильбертом более 400 лет тому назад. Ввиду важности земного магнетизма как средства навигации эта область знания интенсивно развивалась в эпоху мореплавания и авиации. С появлением современных навигационных систем типа ЛОРАН и GPS/GLONASS интерес к изучению земного магнетизма заметно угас, а с началом космической эры акцент в исследованиях сместился в область изучения вариаций магнитного поля, служащих индикатором воздействия Солнца и солнечной активности на околоземное космическое пространство. В настоящее время в качестве наблюдательной основы служит глобальная сеть магнитных обсерваторий, которая работает непрерывно, и данные которой фиксируются в виде 1-мин. значений трех компонент магнитного поля. В качестве примера на рис.1 приведена распечатка наблюдений по обсерватории Москва за интервал магнитной бури 30.12.1999 - 01.01.2000 года.

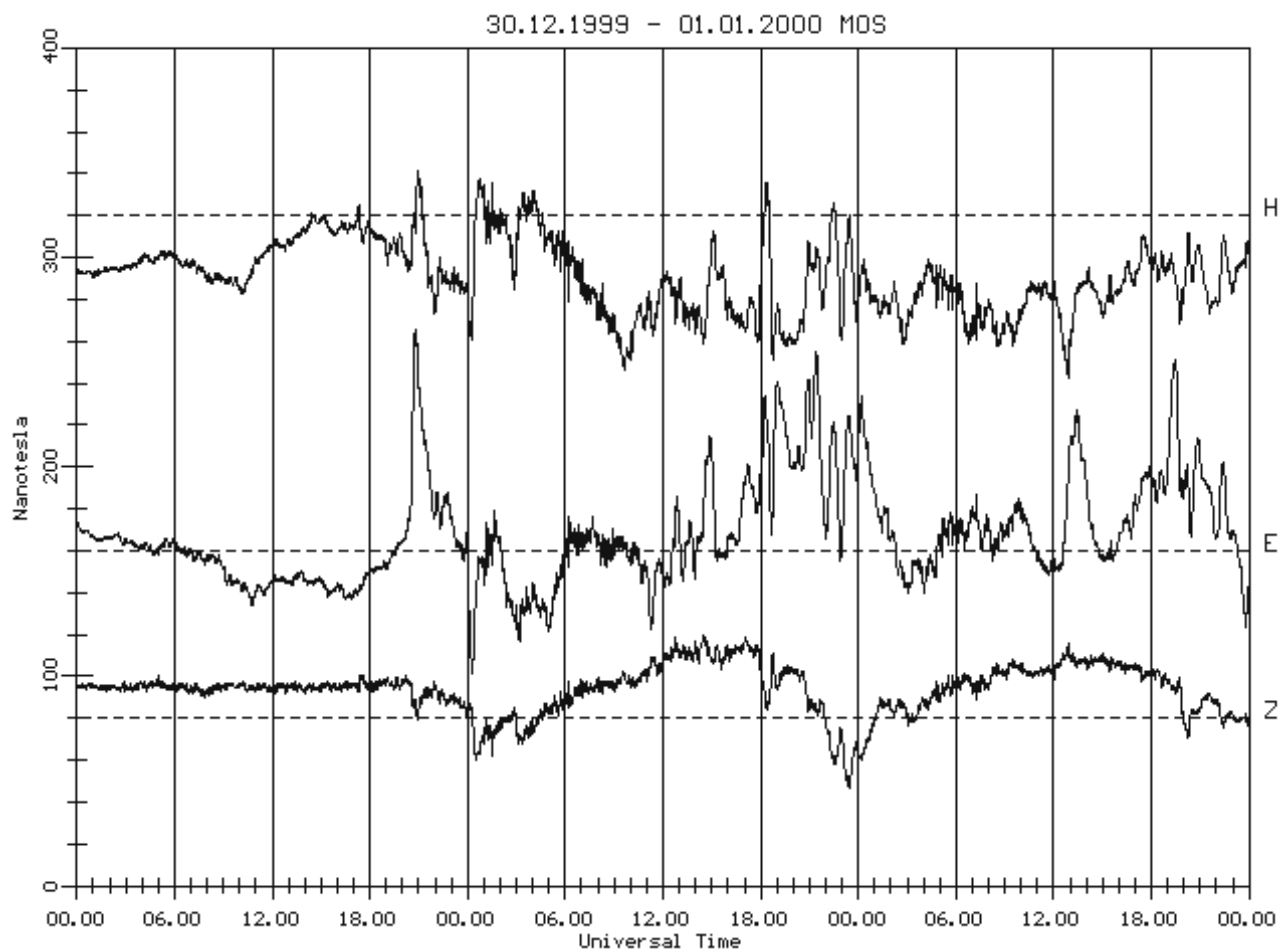


Рис. 1. Запись вариаций магнитного поля в обсерватории Москва для периода магнитной бури 30 декабря 1999 г. – 01 января 2000 г. Компоненты H, E(D), Z, чувствительность в нанотеслах, цифровая регистрация в 1-мин. формате на приборе ЦМВС-2/2000, обработка на персональном компьютере IBM-PC.

На рисунке видны характерные для магнитной бури резкие выбросы в вариациях магнитного поля и пульсации разных периодов, длящиеся по нескольким часам. Большинство обсерваторий формируют свои данные в виде открытых баз данных, доступных по сети Интернет. Около 10 лет назад реализован международный проект



«Интермагнит» (<http://www.intermagnet.org>), основной функцией которого является сбор данных магнитных обсерваторий в реальном времени. Сейчас в этом проекте участвует более 70 магнитных обсерваторий.

Из всего многообразия эффектов воздействия Солнца на Землю именно магнитные бури представляют собой наиболее доступное и информативное их проявление, позволяющее оценить состояние околоземного космического пространства. Ввиду этого сведения о магнитных бурях и сопровождающих их вариациях магнитного поля получили наиболее широкий спрос. При этом распространение данных по Интернет направлено как на поддержку и развитие научных исследований, базирующихся на сведениях о магнитных бурях, так и на информирование и обучение широкого круга пользователей в смежных областях знаний и всех интересующихся проблематикой магнитных бурь. Прогнозы о магнитных бурях озвучиваются по радио и телевидению, что, в свою очередь, стимулирует запросы от различных организаций, и общество, в широком смысле этого слова, становится способным воспринимать такую информацию.

В настоящее время достаточно широко изучены многочисленные эффекты воздействия космической среды, наиболее ярко проявляющиеся во время магнитных бурь, которые условно можно разделить на несколько классов:

- Во-первых, это спутниковые аномалии: поверхностные заряды и токи, деградация солнечных батарей, сбои электронных схем и т.п.
- Во-вторых, это радиационное воздействие на космонавтов, проникающее до верхней границы атмосферы, т.е. до уровня высот, где выполняются полеты гражданской авиации.
- В-третьих, это воздействие на ионосферу: прекращение КВ-радиосвязи, сбои в радиосистемах, ошибки в системах навигации и т.п.
- В-четвертых, это индукционные эффекты на уровне земли: экстратоки в линиях электропередач, наведенные токи в трубопроводах, наводки в трансокеанских кабелях и т.д.
- В-пятых, это воздействие на биосферу, в том числе и на человека. Хотя такое воздействие и не является катастрофой для большинства людей, но те, кто находятся в экстремальных ситуациях, кто страдает сердечной недостаточностью, психическими расстройствами могут проявить вполне заметную реакцию на магнитные бури, которая иногда становится фатальной.

Из этих общеизвестных фактов следует, что и на сегодняшнем этапе развития современного информационного общества изучение характера вариаций магнитного поля остается актуальной задачей: ведь именно сведения о вариациях магнитного поля Земли служат основой исследований окружающего космического пространства.

## **1.2. Типы вариаций магнитного поля Земли.**

Данные магнитных обсерваторий накапливаются непрерывно, и простой просмотр магнитограмм позволяет сразу выявить геомагнитные возмущения, как отклонения от некоторого своего стационарного состояния. Из многочисленных исследований геомагнитных возмущений известны их характерные признаки, в первую очередь интенсивность, продолжительность протекания и пространственное распределение. Установлено, что геомагнитные возмущения на поверхности Земли есть сумма эффектов, различных источников, представляющих собой сложные системы токов, текущих в ионосфере и в магнитосфере Земли. Структура и динамика токовых систем геомагнитных возмущений все еще недостаточно изучены, но некоторые их параметры достаточно твердо установлены. На сегодня можно принять, что переменное магнитное поле состоит из следующих частей:

$$S + L + DP + DR + DCF + DT,$$

где: **S** - регулярная часть поля, возникающая из-за волнового излучения Солнца; ее статистическая аналогия - Sq вариация: токовая система, развивающаяся на освещенной стороне Земли на высоте слоя E,  
**L** - регулярная часть поля, возникающая из-за лунных приливов в верхней атмосфере, статистически выделяется методом наложения эпох по возможно большему периоду наблюдений, также приурочена к слою E;  
**DP** - нерегулярная часть поля, возникающая из-за корпускулярного излучения Солнца, ее статистическая аналогия - Sd вариация: токи развиваются в виде электроструй в зоне полярных сияний на высотах слоя E,  
**DR** - поле кольцевого тока, существенно усиливающегося в период магнитных бурь планетарного масштаба, его аналогия - главная фаза в Dst вариации: токи развиваются во внешней части радиационных поясов Земли,  
**DCF** - нерегулярная часть поля, возникающая из-за токов на поверхности магнитосферы при обтекании ее солнечным ветром, ее статистическая аналогия - начальная фаза Dst - вариации;  
**DT** - поле токов хвоста магнитосферы, определяемое движением плазмы, статистической аналогии не имеет, наименее изученная часть вариаций.

В данной схеме остались неучтенными вариации переменного поля, обязанные своим происхождением источникам в далекой магнитосфере и токам вдоль силовых линий магнитного поля. Так как их амплитуда на поверхности Земли мала и их выделение остается нерешенной проблемой, то вопрос об их вкладе в наблюдаемые вариации представляет, в основном, теоретический интерес для специалистов по физике магнитосферы. Кроме того, есть указания на существование регулярных вариаций вследствие геометрии открытой магнитосферы. Вклад каждой из перечисленных частей поля существенно зависит от времени суток, сезона, географической и геомагнитной широты точки наблюдения, а также от состояния околоземного космического пространства. Однако, можно сказать, что части поля **S**, **DP** и **DR** являются основными.

Из-за сильной изменчивости и нерегулярности переменного магнитного поля, во многих морфологических работах, посвященных изучению этих частей поля, оперируют с их статистическими эквивалентами **Sq**, **Sd** и **Dst**. Статистический анализ дает большие ошибки, которые связаны с фильтрацией и сглаживанием данных при использовании среднечасовых значений, поэтому вопросы методики таких исследований продолжают привлекать внимание магнитологов. По этим причинам во многих случаях нагляднее и продуктивнее изучать конкретные магнитограммы по методу сопоставления графиков магнитограмм. Каждый метод не является универсальным, и только лишь комплексное их использование может привести к положительным результатам. Неограниченное доверие к статистике и излишняя математизация ведут к заметной потере физической ясности, а пренебрежение статистикой - к потере четких связей между необозримым числом изменений переменного магнитного поля.

### 1.3. Индексы магнитной активности.

Для потребителей геомагнитной информации важно не само возмущение, а те последствия, к которым оно приводит. Для качественной и количественной оценок состояния магнитного поля в обращение введены индексы магнитной активности. В настоящее время наиболее распространены планетарные индексы **Kp**, **AЕ** и **Dst**.

Индекс **Kp** характеризует активность по сети из 12 среднеширотных станций за каждый 3-х часовой интервал. Схема определения **Kp** простая – **K**-индекс по отдельным обсерваториям представляет собой условную меру амплитуды вариаций за трехчасовой интервал. **K**-индексы усредняют, и среднее значение принимают в качестве индекса **Kp**. На

рис.2 приведен пример регистрации магнитного поля за 31 июля – 01 августа 2001 года по обсерватории Москва, и здесь же представлен **K**-индекс.



Рис. 2. Пример записи вариаций магнитного поля в обсерватории Москва в формате сайта в Интернет <http://forecast.izmiran.ru>. Нижний график представляет определения **K**-индекса.

Считается, что при **K**-индексе в пределах до 3 магнитное поле мало возмущенное, при **K**-индексе от 3 до 5 магнитное поле возмущено, при **K**-индексе 6 и более - магнитная буря. В приложении 1 приведена методика определения **K**-индекса. Данные двух российских обсерваторий Москва и Иркутск представлены в сети Интернет в формате рис.2.

Индекс **Dst** характеризует развитие поля возмущений в период магнитных бурь. До самого последнего времени индекс вычислялся по сети из трех обсерваторий: Какиока (Япония), Гонолулу и Сан-Хуан (США) для каждого часа мирового времени. По этим обсерваториям горизонтальная составляющая определяет величину токов внутри магнитосферы на расстояниях в 3-5 радиусов Земли. Очевидно, что временное разрешение индекса не соответствует современным требованиям, и ведется работа по разработке улучшенного индекса **Dst**.

Индекс **AE** определяется по сети из 12 магнитных обсерваторий в зоне полярных сияний с разрешением в 1 минуту. На рис. 3 приведена схема распределения магнитных обсерваторий, по данным которых вычисляется индекс **AE**. Этот индекс характеризует интенсивность авроральных токов, так называемых «авроральных электроструй», которые представляют собой наиболее важную часть магнитных возмущений в планетарном масштабе. К сожалению, вычисление **AE**-индекса налажено с большой задержкой из-за того, что часть сети обсерваторий в российской Арктике до сих пор не оборудована современными

системами передачи данных. Но нужно помнить, что Арктика является кухней погоды не только для метеорологии, но и для магнитологов.

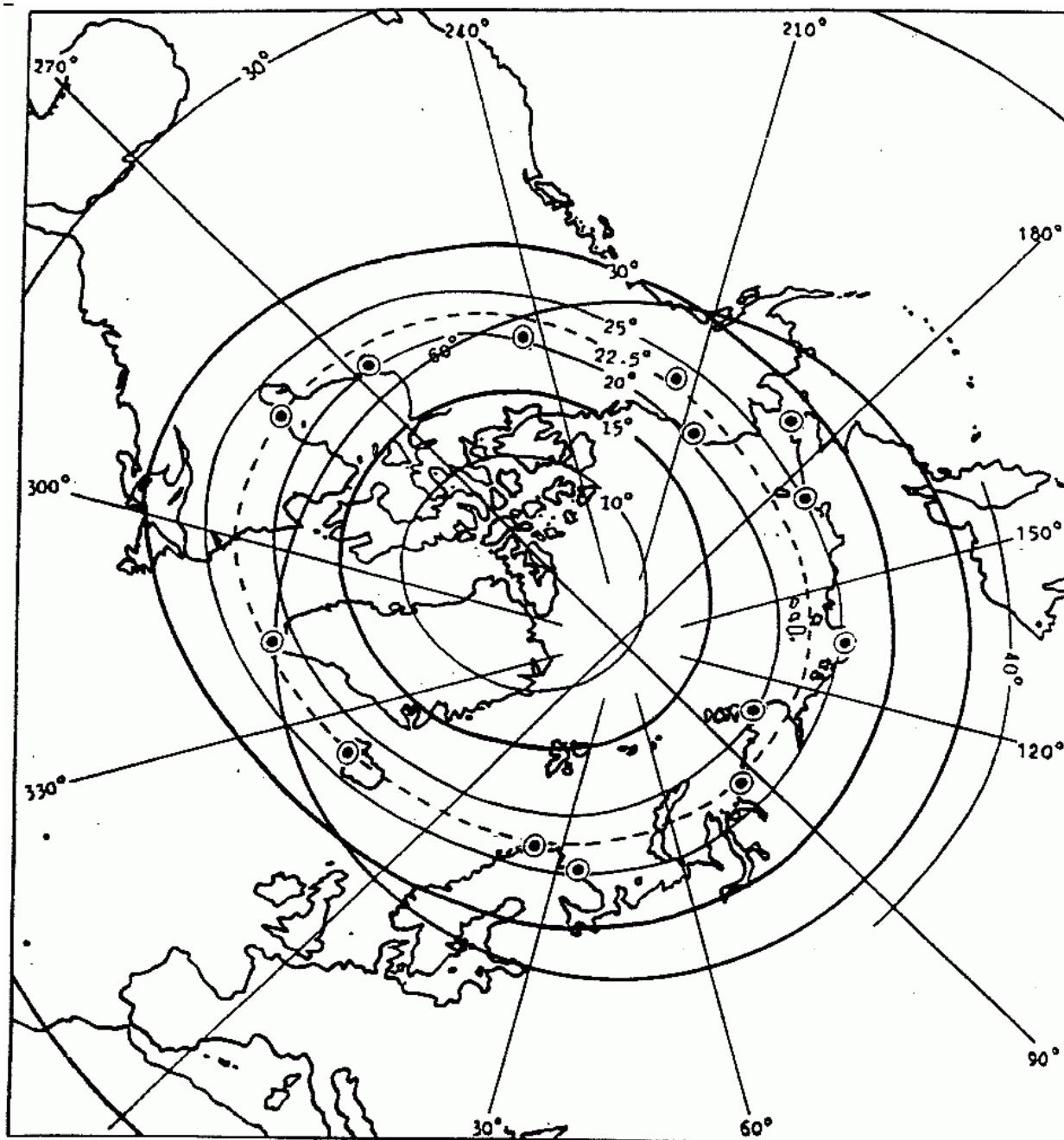


Рис. 3. Схема распределения магнитных обсерваторий в северном полушарии, по которым вычисляется AE-индекс активности авроральных электроструй.

Ведущей организацией по вычислениям индексов AE и Dst является Мировой центр данных в Японии, на сайте которого имеется вся необходимая информация по этому вопросу (<http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp>).

#### 1.4. Влияние магнитных возмущений на технологические системы на уровне Земли.

Как мы уже отмечали, одна из основных причин, по которым ведутся наблюдения вариаций магнитного поля Земли, связана с тем, что они оказывают сильное негативное воздействие на современные технологические системы. По мере освоения Севера и создания крупных технологических систем было обнаружено, что часть аварийных ситуаций определенно связана с развитием магнитных возмущений. Основное воздействие состоит в

развитии индукционных эффектов: в линиях электропередач, в продуктопроводах (газ, нефть и др.), в кабелях связи, в протяженных сигнальных системах (железные дороги и др.). Геомагнитные индукционные токи (ГИТ) наиболее явно проявляются в арктических регионах. При этом наиболее подвержены негативному влиянию силовые трансформаторы. Кроме частоты 50 гц появляются наводки других частот, которые сбивают работу регулирующих устройств. В результате происходит отключение энергетических систем. ГИТ в трубопроводах выбивают работу систем защиты от коррозии и контроля работы трубопроводов.

### **1.5. Источники информации о вариациях магнитного поля.**

Ввиду широкого спроса на магнитные данные в сети Интернет реализована система Интермагнит, которая по подписке доставляет данные в реальном времени (с задержкой в 1 час). Кроме того, имеется несколько десятков обсерваторий, которые выставляют данные также в реальном времени. Но серьезным ограничением является то, что эти сайты, как правило, на английском языке, требуют хороших линий связи, каждая обсерватория имеет свой формат представления данных. В России в Интернет свои данные выкладывают две обсерватории - Москва и Иркутск. В то же время нужно отметить, что неоднородности поля возмущений достаточно велики, так что для конкретного региона вопрос привязки глобальных данных может быть осуществлен лишь в том случае, если имеется региональная (локальная) точка наблюдений.

В качестве очевидного шага по улучшению доступа к данным о вариациях магнитного поля следует рассматривать возможность создания веб-сервера (портала) тематических данных по магнитным бурям, где собирались бы данные по магнитным обсерваториям в реальном времени (мониторинг), имелась базы данных по сети магнитных обсерваторий России, конференция для сообщества пользователей сервера с ежедневно обновляемой лентой сообщений, гипертекстовая библиотека с научными и научно-популярными (образовательными) публикациями. Первые шаги в этом направлении сделаны в ИЗМИРАН на сайте [www.izmiran.rssi.ru](http://www.izmiran.rssi.ru), где размещены данные магнитной обсерватории Москва в реальном времени и прогнозы геофизической обстановки и характеристики солнечного ветра вблизи орбиты Земли.

### **1.6. Технологические способы использования цифровых магнитометров.**

К середине 80-х годов сеть магнитных обсерваторий СССР была оборудована цифровыми магнитометрами ЦМВС-2. Всего было выпущено 53 прибора, и на некоторых точках эти приборы работают до сих пор. На рис.4 представлена карта-схема территории России и СНГ в исправленных геомагнитных координатах, из которой видно пространственное распределение обсерваторий. Видно, что сектор стран СНГ захватывает как высокие, так и средние и низкие широты. Данные сети могут быть востребованы для вычисления геомагнитных индексов. В настоящее время для ЦМВС-2 разработана новая электроника, и вариант апгрейда прибора можно заказать в ИЗМИРАН. Краткие данные по этой модернизации приведены в приложении 2. В определенных условиях практически подключить прибор по радиоканалу. Для этого разработана система трансляции данных в УКВ диапазоне при мощности передатчика менее 10 мвт, что не требует специальных разрешений на ее эксплуатацию. С учетом того, что в пределах слышимости сигнала УКВ-передатчика количество приемников данных магнитометра не лимитировано, такая схема может быть полезна при размещении в медицинских учреждениях и других организациях, где имеется потребность оперативного контроля состояния магнитного поля в реальном времени. Данные по радиоканалу приведены в приложении 3.



## **1.7. Перспективы и направления исследований вариаций магнитного поля.**

Рассматривая вопросы использования данных о вариациях магнитного поля в прикладном аспекте в целом, следует ориентироваться на решение следующих задач:

1. создание объектно-реляционной базы данных в виде открытой справочно-информационной системы по магнитным возмущениям и их эффектам в окружающем пространстве, включая возможно оценку влияния на биосферу на региональном уровне.
2. создание веб-сервера для пользователей базой данных, включающий текстовые файлы (база терминов, текущие прогнозы и т.д.), графические данные (текущие данные по данному пункту наблюдений), программы обращения к данным, представления данных и перекачки данных в режиме клиент-сервер организация форума по вопросам магнитных бурь и магнитной активности, включая конференцию пользователей, гостевую книгу, чат и список рассылки новостей.

Предложенная концепция сервера «Магнитные бури и их воздействие на окружающую среду» представляется нам как вполне реально выполнимая и позволяющая активизировать использование магнитных данных по важному научному и прикладному направлению. Открытый доступ через сервер к базе данных и ее активное использование в смежных научных областях знаний, а также широкое информирование общественности о магнитных бурях и их эффектах, позволит поднять авторитет науки и ее социальную значимость. Тем самым эта работа будет способствовать устойчивому развитию российской науки и ее общественному признанию.

## **Часть 2. Руководство пользователя базой данных.**

### **2.1. Содержание CD-ROM.**

Прилагаемый к настоящей брошюре CD-ROM «Вариации магнитного поля Земли (База данных геомагнитных обсерваторий РОССИИ 1984 - 2000 гг.)» разработан Сектором полярных геофизических исследований ИЗМИРАН на основе ранее выпущенных дисков:

1. Диск 1: «Russian Geomagnetic Data Base 1984 - 1994, Vol. 1»;
2. Диск 2: «База данных геомагнитных обсерваторий РОССИИ 1992-1999, Том 2» - результат работы по гранту РФФИ 98-07-90278 «Создание базы данных магнитных обсерваторий России на CD-ROM с удаленным доступом через Интернет»,

дополненных данными, полученными в 2000 и первой половине 2001 гг. в обсерватории Москва (<http://www.izmiran.ru/stp/polar/mosdata>) и ряде других Российских геомагнитных обсерваторий.

Основную работу по созданию CD-ROM выполнили сотрудники Сектора полярных геофизических исследований:

- А. Н. ЗАЙЦЕВ - д.ф.-м.н., зав. сектором;
- В. И. ОДИНЦОВ - к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
- В. Г. ПЕТРОВ - к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
- А. С. АМИАНТОВ - научный сотрудник;

Цифровые геомагнитные данные для размещения на CD-ROM, по нашему запросу ко всем обсерваториям России, любезно предоставили:

- М. Л. БАСАЛАЕВ - Геофизическая обсерватория МЫС ШМИДТА, ИКИР ДВО РАН;
- Х. Д. КАНОНИДИ - Геомагнитная обсерватория МОСКВА, ИЗМИРАН;
- О. А. КУСОНСКИЙ - Геомагнитная обсерватория АРТИ, Институт геофизики (ИГФ) УрО РАН;
- А. С. ПОТАПОВ - Геомагнитная обсерватория ИРКУТСК, Институт Солнечно-Земной физики (ИСЗФ) СО РАН;
- О. А. ТРОШИЧЕВ - Геомагнитные обсерватории ВОСТОК, ДИКСОН, МИРНЫЙ, МЫС ЧЕЛЮСКИН, ОСТРОВ ХЕЙССА, ТИКСИ, Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ);
- С. М. ЧЕРНЯКОВ - Геофизическая обсерватория ЛОПАРСКАЯ, Полярный геофизический институт (ПГИ) КНЦ РАН;
- А. Г. ЯХНИН - Геофизическая обсерватория ЛОВОЗЕРО, Полярный геофизический институт (ПГИ) КНЦ РАН.

Авторы при разработке CD-ROM преследовали следующие цели:

- сделать результаты наблюдений в магнитных обсерваториях легко доступными для широкого круга пользователей;
- обеспечить заинтересованных пользователей собственным оптическим диском CD-ROM с магнитными данными;
- существенно уменьшить физический объем носителя данных и обеспечить их долговременную сохранность;
- повысить эффективность научных и прикладных исследований на стыке различных дисциплин, за счет массового использования данных геомагнитных обсерваторий в смежных областях знаний;
- частично заполнить «белые пятна» в мировой сети наблюдений магнитных обсерваторий.

Первый диск был подготовлен и записан в 1995 году. Главной целью, которая ставилась при его разработке, было сохранение архива уникальных 1-минутных цифровых магнитовариационных данных, накопленных в Секторе полярных геофизических



исследований за 10 лет в ходе разработки и опытной эксплуатации Цифровых магнитовариационных станций различных модификаций в Российских обсерваториях и экспедиционных пунктах наблюдений в Арктике и Антарктиде.

На диске были представлены цифровые 1-мин. данные по проекту «Геомагнитный меридиан 145<sup>0</sup>», вариационные данные станции МИРНЫЙ (Антарктида) и обсерватории Москва. Кроме того, на диске хранились данные межпланетных и магнитосферных наблюдений на спутниках КОСМОС, ПРОГНОЗ и ФОБОС, а также среднегодовые значения главного магнитного поля Земли. Кроме того, были представлены база 1-мин. данных за февраль-декабрь 1986 г., собранная под обеспечение проекта VIKING (см. V. Petrov, A. Zaitzev, J. Runo, H. Nevanlinna, R. Pellinen. VIKING geomagnetic data base and software as a tool for research. U.S. STEP Newsletter, Vol 1, N.4, Sept. 1991, pp. 8-10.) и база 1-секундных цифровых данных за отдельные интервалы наблюдений на Карском геофизическом полигоне.

Данные второго CD-ROM (<http://magbase.rssi.ru/index.htm>) собраны, приведены к единому формату и записаны Сектором полярных геофизических исследований ИЗМИРАН в процессе работы по гранту РФФИ 98-07-90278 «Создание базы данных магнитных обсерваторий России на CD-ROM с удаленным доступом через Интернет». В результате проделанной работы удалось собрать в единую базу 1-мин. цифровые вариационные данные 16 обсерваторий и временных пунктов наблюдений за те периоды 1992 - 1999 гг., когда велась цифровая регистрация. В настоящее время сформирована объединенная база 1-мин. данных за 1984 - 2000 гг. с общей системой управления доступом к базе данных.

## 2.2. Структура CD-ROM

Каталог диска состоит из разделов:

- DATABASE      DATAPLOT
- DSTINDEX      HTML
- PAPERS        REFMAN
- RESULT        SPECTRA
- SSIMF         VOLUME01

В корневой директории диска находятся файлы: README (в кодировке Windows) - правила работы с диском; README.TXT - то же, но в кодировке DOS; START.HTM - файл, раскрывающий содержание диска. При наличии в PC, Unix или Macintosh-системе встроенного Web-браузера - откройте с его помощью файл START.HTM на CD-ROM.

В директории DATABASE находятся цифровые 1-минутные вариационные данные за период с 1984 по июнь 2001 гг. Директория состоит из поддиректорий с именами YYYY, где YYYY - обозначение года (4 цифры). Каждая из поддиректорий YYYY, в свою очередь, разбита на поддиректории YYMM, где YY - две последние цифры года, MM - две цифры месяца. Наконец, в поддиректориях YYMM хранятся собственно файлы данных с именами vYYMM.cod, где cod - IAGA-код соответствующей обсерватории или пункта наблюдений.

Для доступа к цифровым данным на CD-ROM служит программа управления базой данных "**mag\_cd.exe**", находящаяся в корне директории "DATABASE" (описание программы на английском языке – файл "**mag\_cd.txt**"). Там же находятся две программы для спектрально-временного анализа вариаций магнитного поля непосредственно из базы данных на CD-ROM (файлы "**svan\_3d.exe**" и "**svan\_mon.exe**") и инструкция по работе с ними (файлы "**svan\_mon.win**" и "**svan\_mon.dos**" в кодировках Windows и DOS соответственно). Далее по тексту следует описание структуры базы данных, описание программы "**mag\_cd.exe**" на русском языке, порядок работы с базой данных и инструкция по работе с программами для спектрально-временного анализа вариаций магнитного поля.

В директории DATAPLOT содержатся графические файлы, представляющие собой месячные магнитограммы трех компонент для каждой из представленных на диске обсерваторий за период 1988 - 2001 гг. Структура и названия поддиректорий в этой

директории аналогичны директории DATABASE. Графические файлы представлены в gif-формате и имеют имена: codYYMM.gif, где cod - код соответствующей обсерватории или пункта наблюдений, YY - две последние цифры года, MM - две цифры месяца. Эти магнитограммы можно просмотреть из браузера, выбрав действие: «Просмотр таблиц наличия данных и магнитограмм в формате месячных файлов данных».

В директориях HTML, PAPERS и RESULT находятся html-файлы, представляющие публикации, результаты работы над проектом и служебные страницы. Весь этот материал доступен из браузера после открытия страницы "start.htm".

В директории DSTINDEX содержится информация о Dst-индексах по материалам WDC-C2 KYOTO Dst index service за период с 1957 г. по июнь 2001 г. Для просмотра этой информации надо войти в директорию DSTINDEX и открыть файл index.html в любом браузере. Она также доступна со страницы "start.htm".

В директории SPECTRA содержатся графические файлы, представляющие собой месячные графики спектрально-временных характеристик вариаций магнитного поля в обсерватории Москва за период 1990 - 2001 гг.

В директории SSIMF содержатся графические файлы таблиц секторной структуры межпланетного магнитного поля, определяемой по методике, разработанной С. М. Мансуровым (эффект Свалгаарда-Мансурова), по данным наземных наблюдений вариаций магнитного поля в обсерваториях ВОСТОК (Антарктида) и РЕЗОЛЮТ-БЕЙ (Канада) за период 1957 - 2000 гг.

В директории REFMAN находятся HTML-страницы, содержащие большой объем полезной справочной информации по физике магнитосферы, Солнечно-Земной физике, базах данных и институтах соответствующего профиля по данным зарубежных сайтов. Здесь также можно найти информацию о Kp-Ap индексах за период с 1932 г. по настоящее время, представленную GeoForschungsZentrum, Adolf-Schmidt-Observatory in Niemegek.

В директории VOLUME01 содержатся данные с 1-го диска «Russian Geomagnetic Data Base 1984 - 1994, Vol. 1», не вошедшие в базу 1-мин. вариационных данных. К ним относятся:

- 1-секундные вариационные данные за отдельные интервалы наблюдений на Карском геофизическом полигоне в 1988 и 1989 гг. Они расположены в директории CMVS\_SEC в поддиректориях SEC\_1988 и SEC\_1989, и содержат данные пунктов наблюдений: Остров Белый, Мыс Каменный, Диксон, Салехард, Сабетта, Сеяха.
- Среднегодовые значения главного магнитного поля Земли в директории MAIN\_FLD. Там же находятся исходные тексты программ для их расчета на языке FORTRAN.
- Результаты наблюдений межпланетного магнитного поля на космических аппаратах КОСМОС-49, ФОБОС-2, ПРОГНОЗ-6, ПРОГНОЗ-7 и ПРОГНОЗ-9 в директории SMF. В этой директории каждому из космических аппаратов отведены отдельные поддиректории, в которых наряду с данными содержатся текстовые файлы с их описанием.
- База наземных геомагнитных данных за период работы спутника VIKING в директории VDB. Данная директория содержит файлы одноминутных данных за период февраль-декабрь 1986 г. по 28 обсерваториям. Данные хранятся в специальном MAG-формате, каждый месяц в отдельном файле. Один блок данных содержит данные за час по всем станциям. Для просмотра и выборки данных можно воспользоваться программой MAG\_CD.EXE.

В корне директории VOLUME01 находятся программы для работы с данными и описания программ и данных (на английском языке).

## 2.3. Структура базы данных и программы работы с данными.

### 2.3.1. Формат базы данных на CD-ROM

В настоящее время существуют различные форматы для хранения 1-мин. геомагнитных данных, такие как WDC-A, WDC-C, Скандинавский. Символьное представление данных во всех этих форматах обеспечивает независимость от оборудования обсерватории и типа компьютера, на котором производится обработка данных, и, следовательно, удобство обмена данными между обсерваториями. Наиболее распространенным для международного обмена данными является формат WDC-A, описание которого можно найти на CD-ROM: HTML\WDCFORM.HTM.

Для хранения базы 1-минутных геомагнитных данных на CD-ROM выбран двоичный MAG-формат, разработанный в лаборатории полярных геофизических исследований ИЗМИРАН при работе совместно с Финскими учеными над проектом VIKING и применяющийся на протяжении более двух десятков лет для организации архивов геомагнитных данных. Использование MAG-формата позволило сократить объем хранимых на диске данных примерно в три раза. База данных на CD-ROM представляет собой набор 1-месячных файлов данных, состоящих из 1-часовых блоков 1-минутных данных. Полное описание MAG-формата записи блока данных в базе данных на CD-ROM приводится в Таблице:

БАЙТ	ОБОЗНАЧ.	СОДЕРЖАНИЕ
1 – 2	NR	Длина записи в байтах (обычно 416)
3 – 6	STCOD	IAGA-код обсерватории (станции): 3 буквы, 4-я - любая
7 – 9	СMP	Порядок записи компонент в блоке данных, 3 буквы и
10		пробел (XYZ , HDZ , HEZ , где E обозначает компоненту, ортогональную к H, (подобно D), но измеряемую в нТл)
11	SC	Масштабный множитель; все значения в базе данных должны умножаться на X ( $SC=0$ X=1, $SC=1..7$ X= $2^{**}(3- SC)$ , $SC=8..11$ X= $10^{**}(10- SC)$ ), чтобы привести данные к единицам, выраженным в нТл или 0.1' (для угловых единиц)
12	SD	Источник данных: 0-цифровая запись, 1- оцифровка аналоговых магнитограмм
13	BL	Информация о базисных уровнях: 0-абсолютные значения; 1-вариационные данные (не абсолютные измерения); 2-вариации относительно среднемесячных значений спокойных дней; 3-вариации относительно спокойных среднемесячных ночных значений; 10, 11, 12, 13-то же самое, но для предварительных данных
14 – 18	FREE	Свободные (0)
19 – 20	FB	Частота среза фильтра низкой частоты, период в секундах по уровню -3 дБ (0,7 ампл.): 0-усредненные за интервал выборки; 9999-не фильтрованные; \$7FFF-неизвестна
21 – 22	SI	Интервал выборки в секундах (60 для 1-мин. данных)
23 – 24	DS	Число отсчетов в записи (60 для 1-мин. данных)
25 – 26	GNPD	Географическая коширота (расстояние от северного полюса) в 0,01 градуса
27 – 28	GLON	Географическая долгота (восточная – плюс) в 0,01 градуса
29 – 30	YY	Год (1900 – 2999)
31 – 32	MM	Месяц (1 – 12)
33 – 34	DD	День (1 – 31)
35 – 36	HH	Час (0 – 23)

37 – 38	MN	Минута (0 – 59) начала блока (0 для 1-мин. данных)
39 – 40	MV1	Среднее значение для 1-ой компоненты (обычно X или H)
41 – 42	MV2	Среднее значение для 2-ой компоненты (обычно Y или D)
43 – 44	MV3	Среднее значение для 3-ей компоненты (обычно Z)
45 – 48	BS1	Базисные значения для 1-ой компоненты (4-байтовое целое)
49 – 52	BS2	Базисные значения для 2-ой компоненты (4-байтовое целое)
53 – 56	BS3	Базисные значения для 3-ей компоненты (4-байтовое целое)
57 – 176	V1	60 значений для 1-ой компоненты
177 – 296	V2	60 значений для 2-ой компоненты
297 – 416	V3	60 значений для 3-ей компоненты

Поля 3 – 10 символные (ASCII код), остальные – двоичные байты или двух- либо четырехбайтовые целые.

Компоненты: D,I – в 0.1'; H,F,X,Y,Z – в нТл;

E – восточная магнитная компонента, ортогональная к H, – в нТл;

Отсутствующие отсчеты обозначаются числом 32767 (шестнадцатеричное - 7FFF).

Средние значения вычисляются, если в блоке отсутствует не более 10 отсчетов.

### 2.3.2. Программа MAG\_CD

MAG-формат не является машинно-независимым. Но этот недостаток легко преодолим, поскольку практически все современные компьютеры используют в качестве внутреннего представления целые двухбайтовые числа. Для работы с базой 1-минутных геомагнитных данных на IBM-PC совместимых компьютерах на CD-ROM в директории DATABASE можно найти программу MAG\_CD.EXE и запустить ее прямо с диска. Структура опций программы показана на следующей схеме:

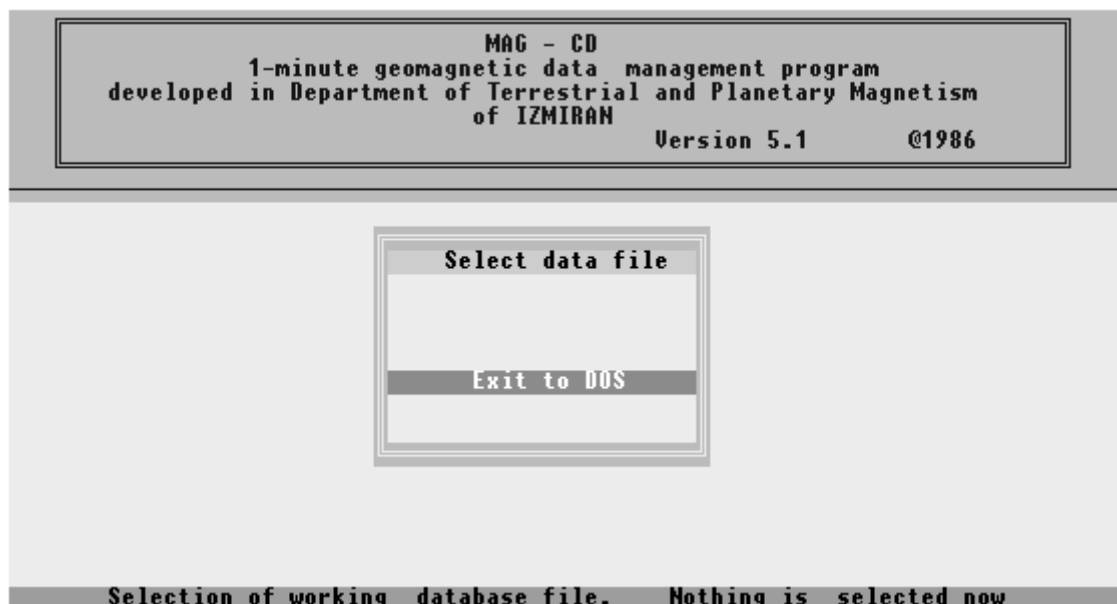
```

MAG_CD
|
|-- SELECT DATA FILE
|   Выбор рабочего файла или группы файлов из базы данных
|-- LOOK 1 STATION
|   Графическое представление данных одной из выбранных станций
|-- VIEW DATA
|   Вывод на экран до 10 графиков произвольно выбранных данных
|-- TYPE DATA
|   Вывод в табличном виде 3-х компонент 1-минутных данных
|-- QUIT
|   Окончание работы и выход из программы
|-- EXIT TO DOS
|   Выход в DOS, для возврата в MAG введите Exit
|-- MAG->WDC
|   | Преобразование двоичного MAG в ASCII WDC форматы
|   +- MAG-WDC_S
|   |   Двоичный MAG в WDC (1440 char/record)
|   +- MAG-WDC_A1
|   |   Двоичный MAG в WDC (400 char/record)
|   +- MAG-WDC_A1"
|   |   Двоичный MAG в WDC (400 char/record+CRLF)
|   +- QUIT
|   |   Выход в главное меню
|-- EXPORT
|   Запись данных в текстовый ASCII файл

```

*Для получения информации о функциях при работе программы пользуйтесь клавишей справки F1!*

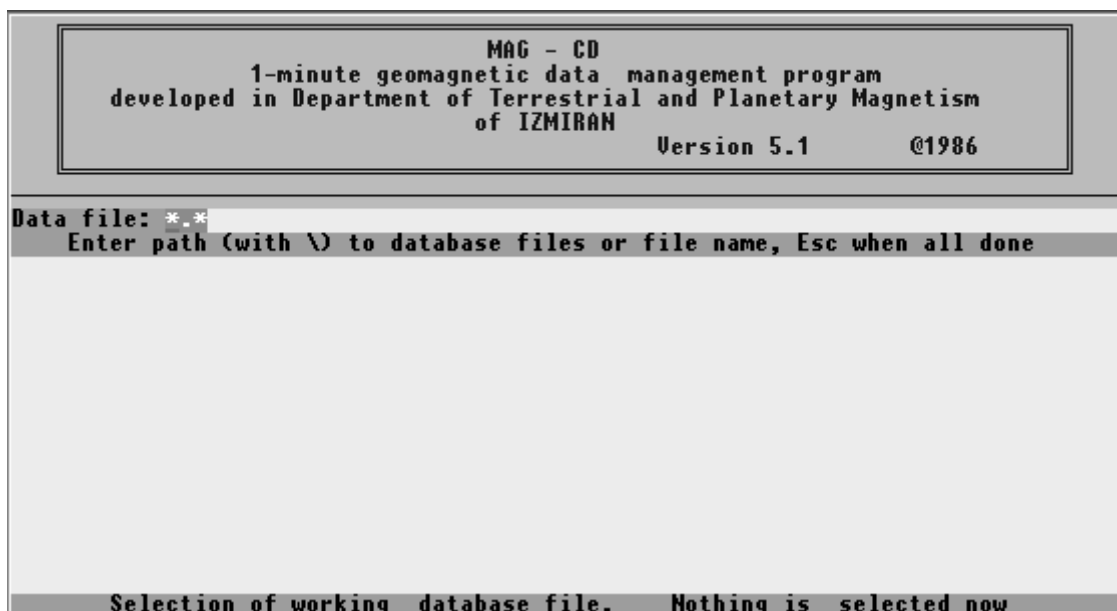
Программа для своей работы создает на жестком диске компьютера в директории для хранения временных файлов (например, C:\TEMP\) файл magparam.dat и открывает главное меню. Если такой директории на диске нет, то она будет создана. После запуска программы появляется окно следующего вида:



Перемещение между опциями в меню производится либо клавишами управления курсором (стрелки «Up», «Dn»), либо выбором заглавной буквы соответствующей опции. В нижней части экрана отображается краткое описание выбранной опции. После перемещения подсвеченного курсора в требуемую позицию нажмите клавишу «Enter».

### 2.3.3. Опции программы MAG\_CD.EXE

**Select data file** – эта опция используется для выбора рабочего файла или группы файлов. Вид окна изменяется следующим образом:



Предлагается ввести имя файла или путь к нему (оканчивающийся на «\»). Если вводится имя директории (например, DATABASE\), то открывается окно со списком всех поддиректорий. При перемещении подсвеченного курсора в нужную позицию и нажатии клавиши «Enter» происходит переход в следующую поддиректорию и т.д. Таким образом выбираются поддиректории требуемого года и месяца (например, 1999, 9904). В окне появляется полный список файлов данных всех обсерваторий, имеющих в наличии, для

выбранных года и месяца. При установке курсора на нужное имя файла и нажатии «Enter» отображается код выбранной обсерватории и предлагается ввести путь к следующему файлу. Таким образом можно выбрать несколько файлов, которые будут объединены во временную базу данных меньшего размера magbase.tmp, размещаемую во временной директории на диске компьютера. На экране это отображается следующим образом:

```

MAG - CD
1-minute geomagnetic data management program
developed in Department of Terrestrial and Planetary Magnetism
of IZMIRAN
Version 5.1 @1986

Database file C:\WINDOWS\TEMP\Magbase.tmp 2 stations:
LOZ MOS
Database start at 0hh 15 0 0 240 hours of data
Strike any key....._

Selection of working database file. Nothing is selected now
```

После выбора списка обсерваторий и нажатия клавиши «Esc» предлагается ввести время (час) и дату (день) начала временной базы данных, и ее размер (количество часов). Затем следует выход в главное меню программы, вид которого показан на рисунке.

```

MAG - CD
1-minute geomagnetic data management program
developed in Department of Terrestrial and Planetary Magnetism
of IZMIRAN
Version 5.1 @1986

Select data file
Look 1 station
View data
Type data
Quit
Exit to DOS
Mag -> wdc
eXport

Selection of data fail. C:\WINDOWS\TEMP\Magbase.tmp is selected now
```

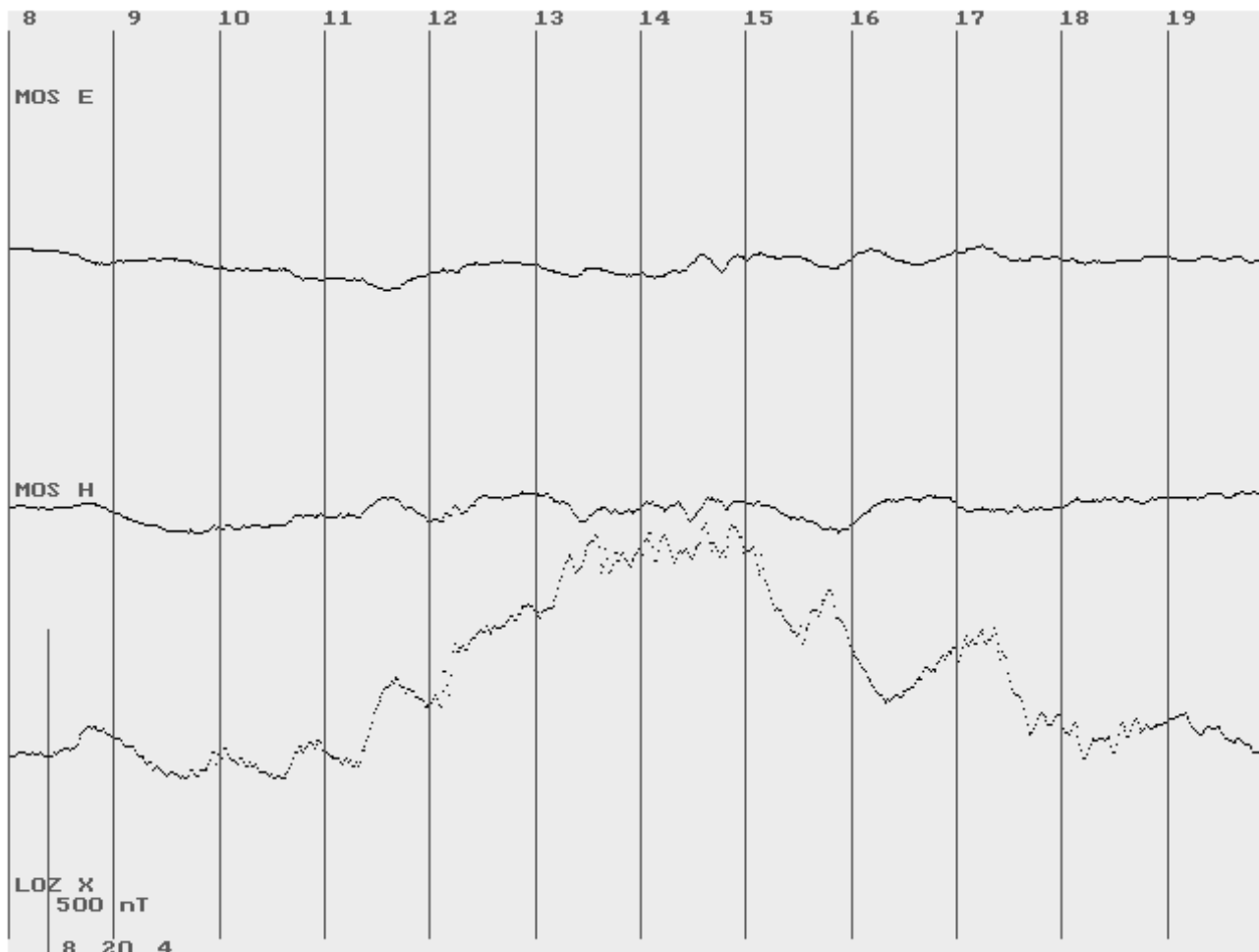
Все опции, доступные из главного меню, теперь будут применимы к созданной временной базе данных magbase.tmp. Временные файлы magparam.dat и magbase.tmp сохраняются до выбора иного списка обсерваторий и требуемого временного интервала. Некоторые опции содержат меню второго уровня, например Mag->WDC. Опция «Quit» из меню второго уровня возвращает в главное меню. То же действие производит клавиша «Esc». Нажатие клавиши «Esc» из главного меню приводит к выходу из программы.

**Look 1 station** – служит для просмотра магнитограмм выбранных обсерваторий (требуется EGA или VGA монитор). Предустановленные параметры этой опции даются в квадратных скобках. Запрос кода меняется на следующий сразу же после набора третьей буквы кода станции. Если вместо кода ввести «\*», то код и компонента будут запрошены

трижды. Таким образом обеспечивается одновременный просмотр однотипных компонент до трех разных станций. Это бывает полезно при поиске корреляций в событиях:

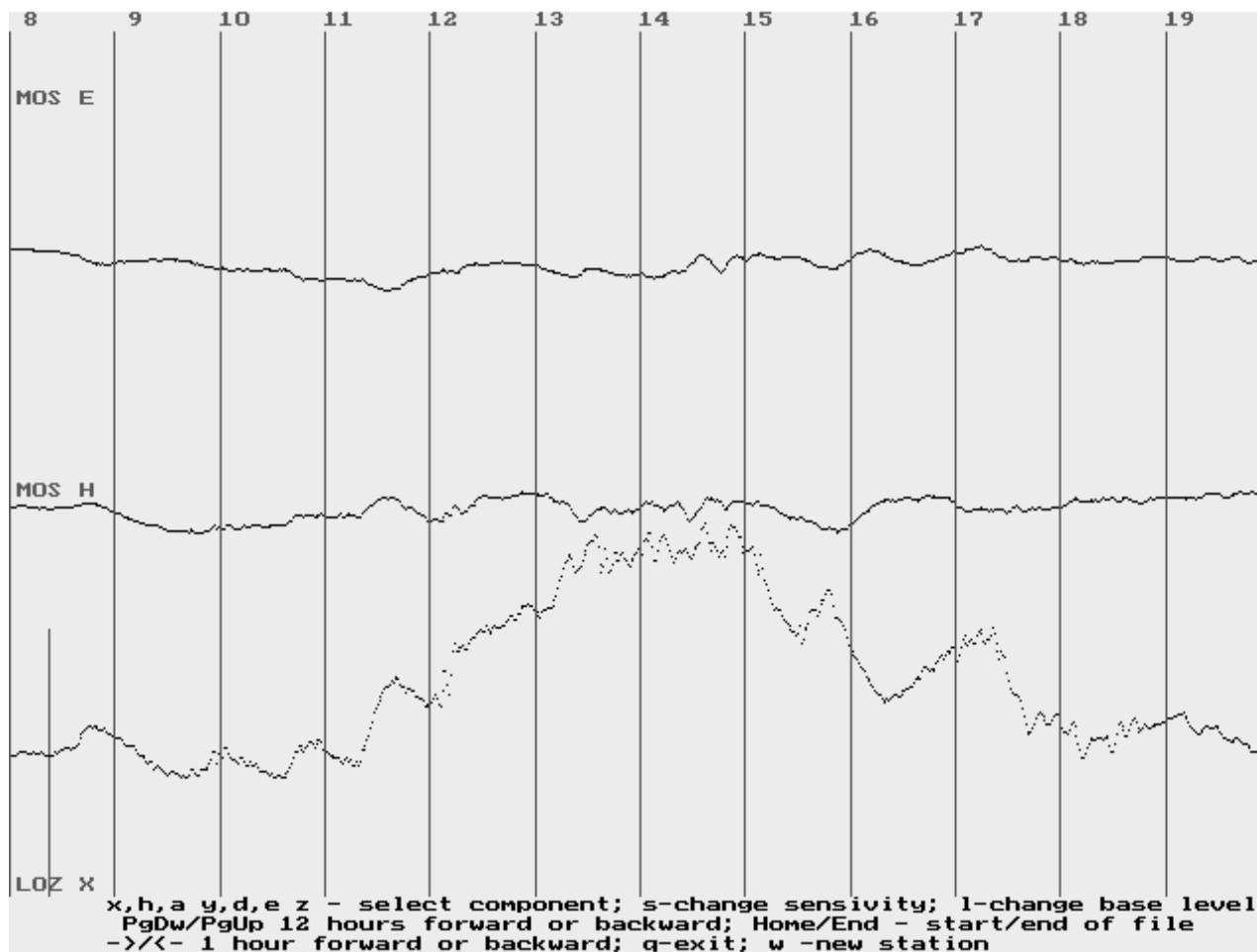
```
For help press F1
Time marks? <Y/N> [Y]
Gap marks? <Y/N> [N]
Database file C:\WINDOWS\TEMP\Magbase.tmp    2 stations:
LOZ MOS
Database start at 0hh 15 4 1999    240 hours of data
Enter station cod (3 char) or * : [LOZ] 8
No such station
Enter station cod (3 char) or * : [LOZ]
1: Cod, Componenta, LOZ %
2: Cod, Componenta, MOS %
3: Cod, Componenta, MOS Y
Date? [from the very beginning]: 15
```

Вид графика в соответствии с выбранными параметрами представлен на рисунке:



Управление режимом просмотра графика возможно следующими клавишами: «Q» или «Esc» - возврат в главное меню; «PgUp», «PgDn» - перемещение по графику с шагом 12 час., а стрелки «Left» и «Right» - с шагом 1 час; «L» - меняет базисные значения (числа, вычитаемые из вариаций магнитного поля при построении графика); «W» - просмотр другой станции из текущего набора; «S» - изменение масштаба графика на экране (единиц младшего разряда кода данных на пиксель изображения). При нажатии клавиши «F1» внизу экрана появляется

подсказка:



В режиме просмотра 12-часового графика можно выбрать одну из трех кривых для отображения с высоким разрешением клавишами: «Z» - для верхней, «Y», «D» или «E» - средней, и «X», «H» или «A» - для нижней кривой. В ответ на запрос «Time shift (0 - 2)?»: введите число часов (0, 1 или 2), на которое следует сдвинуть начало графика с высоким разрешением относительно начальной точки исходного графика (нажатие любой клавиши даст пояснение к запросу). На экране останется только одна кривая продолжительностью 10 час. 39 мин., а в левой части экрана появится крестообразный курсор. При смещении курсора вдоль кривой в правой верхней части экрана отображается время и значение магнитного поля в нТл. Если нажать клавишу «Space», то запомнятся время и значение магнитного поля под курсором. При дальнейшем перемещении курсора будет дополнительно отображаться вариация магнитного поля относительно этого значения. Повторное нажатие клавиши «Space» выключает этот режим. Переход к другой компоненте в этом режиме осуществляется клавишами «X», «Y» и «Z». Для возврата к основному режиму просмотра служат клавиши «Q» или «Esc».

**View data** – служит для вывода на график до 10 компонент из временной базы данных за любой интервал времени. Запрос «Options» включает в себя функции:

- Color(B/W)** – выбор цвета экрана (черный или белый);
- Greed** – наличие сетки на графике (здесь и далее «Y» - да; «N» - нет);
- Zeroline** – наличие нулевых (базисных) линий;
- Cmp** – обозначение компонент;
- Cod** – отображение кода обсерватории;
- Xname** – обозначение оси X;
- Yname** – обозначение оси Y;
- Yscl** – масштаб по оси Y,



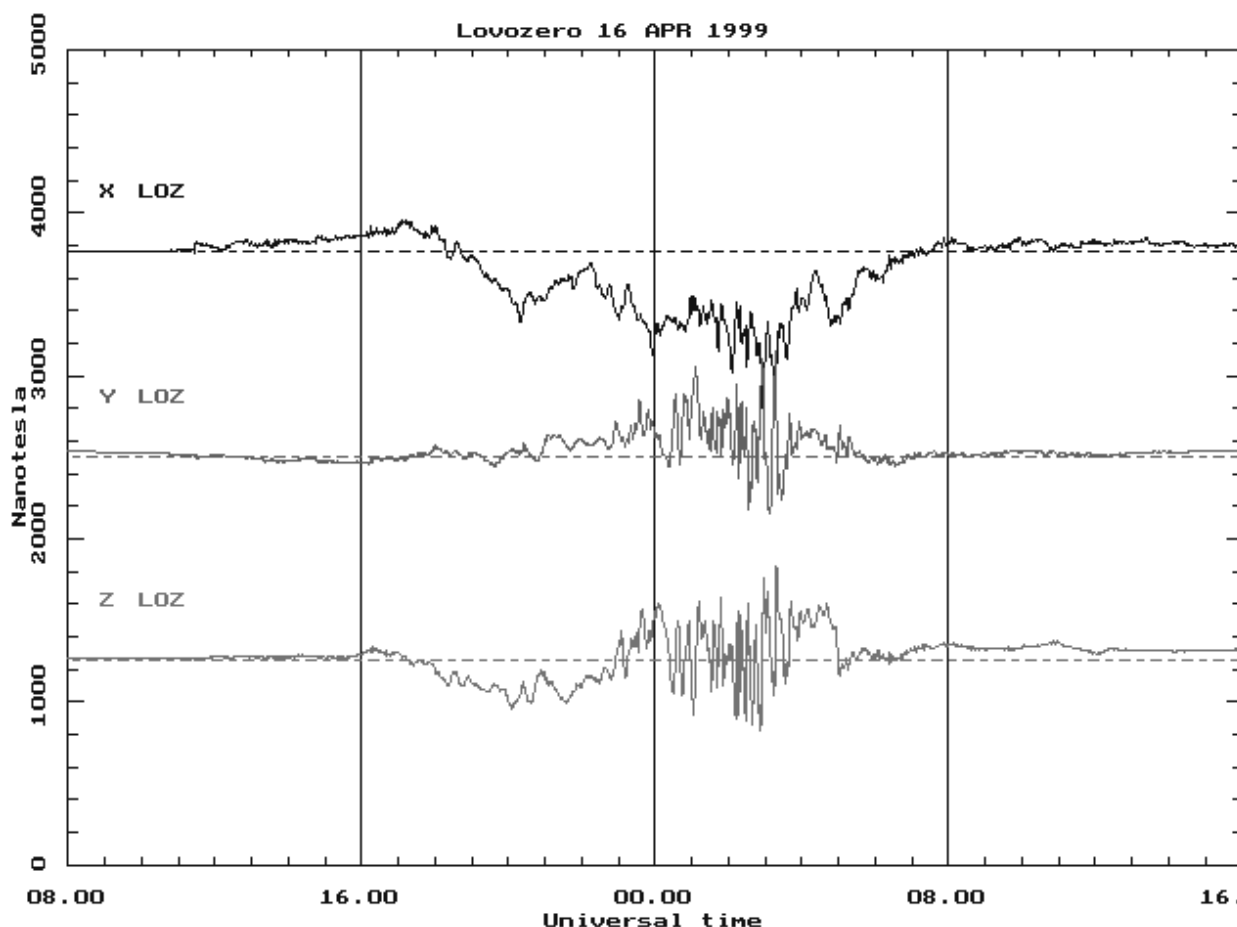
предустановленные значения которых можно видеть на следующем изображении экрана:

```
Database file C:\WINDOWS\TEMP\Magbase.tmp    2 stations:
LOZ MOS
Database start at 0hh 15 4 1999    240 hours of data

Options: W Y Y Y Y Y Y Y
Number of the plots: 3
Interval, X-size, Y-size: 32 36 25
1- Cod, Comp., Y0, E: LOZ X 18.8 20.0
2- Cod, Comp., Y0, E: LOZ Y 12.5 20.0
3- Cod, Comp., Y0, E: LOZ Z 6.3 20.0
Start hour day: 8 16
Legend: Lovozero 16 APR 1999

Enter signature for plot , press Esc to cancel
```

Смысл каждого запроса поясняет справочная строка в нижней части экрана. Для перемещения к следующей позиции внутри запроса используется клавиша «Tab». Для подтверждения запроса служит клавиша «Enter», для отмены и возврата к предыдущему запросу - «Esc». В запросе «Legend» можно ввести произвольный пояснительный текст.



На рисунке показан пример отображения магнитограммы продолжительностью 32 часа, с 08.00 UT 16 апреля по 15.59 UT 17 апреля 1999 г., характеризующей возмущенную геомагнитную обстановку в обсерватории Ловозеро.

**Type data** – опция служит для вывода в табличном виде 3-х компонент (X, Y, Z) 1-мин. данных и другой информации – данные об обсерватории, масштабный множитель, средние и базисные значения и т.п. Пример получаемой таблицы показан на рисунке:

```

Database file C:\WINDOWS\TEMP\Magbase.tmp      2 stations:
LOZ MOS
Database start at   0hh 15  4 1999      240 hours of data

10.00 16  4 1999  MOS      GNPD=3452 GLON=3731      SC=4 SD=0 BL=1 FB=0
H-MEAN=  -19.5  BASE=  130.0
-21.0 -21.0 -20.5 -21.0 -20.0 -21.0 -21.5 -20.5 -20.5 -21.5 -20.5 -19.5
-20.0 -19.5 -19.0 -19.0 -20.0 -20.0 -19.5 -20.5 -20.5 -21.0 -20.5 -20.0
-20.5 -20.5 -19.5 -20.5 -20.5 -21.0 -21.0 -19.5 -19.5 -18.5 -19.0 -19.0
-19.0 -19.5 -19.5 -19.0 -19.5 -19.0 -19.5 -17.5 -18.5 -18.5 -18.5 -18.5
-18.5 -17.5 -17.0 -18.5 -18.0 -17.5 -17.5 -18.5 -19.5 -20.0 -18.5 -18.0
E-MEAN=  -32.0  BASE=   95.0
-26.5 -27.0 -27.5 -27.5 -27.0 -28.0 -28.0 -27.5 -28.0 -29.5 -29.5 -29.5
-29.5 -29.5 -29.0 -29.5 -29.0 -30.0 -30.5 -30.0 -31.0 -31.0 -31.5 -30.0
-30.5 -31.0 -31.5 -30.5 -31.5 -32.0 -32.5 -32.0 -33.0 -33.0 -33.0 -32.5
-33.0 -33.5 -33.5 -33.5 -34.5 -34.0 -34.0 -35.0 -35.0 -34.5 -35.0 -35.5
-36.5 -36.0 -36.0 -35.0 -36.0 -36.5 -37.0 -37.5 -37.0 -37.0 -37.0 -36.5
Z-MEAN=  -19.0  BASE=   55.0
-19.5 -18.5 -18.0 -18.5 -18.5 -20.0 -21.0 -19.5 -20.5 -21.0 -18.5 -19.5
-19.5 -19.0 -20.5 -19.0 -20.0 -19.0 -19.5 -19.5 -20.5 -21.0 -21.0 -19.5
-19.5 -19.5 -18.5 -21.0 -20.5 -18.5 -18.5 -19.0 -19.5 -16.5 -18.5 -18.0
-18.5 -19.0 -19.5 -19.0 -18.0 -19.0 -20.5 -17.5 -18.5 -19.0 -19.0 -20.0
-19.5 -18.5 -18.5 -20.5 -18.5 -18.5 -18.0 -18.5 -18.0 -18.0 -18.5 -18.0
Strike PgUp, PdDw -12h step, -, <- -1 h step or Esc to quit_

```

**Mag->WDC** – для преобразования данных из двоичного MAG-формата в форматы Мировых центров данных - WDC-A и т.п. (1440 или 400 байт/блок).

**Export** – для преобразования данных за выбранные интервалы в строковый ASCII-формат, усреднения данных по заданному числу значений и записи в текстовый файл для последующего использования в прикладных программах обработки данных. ASCII-файл записывается в директорию, предназначенную для хранения временных файлов (например, "C:\TEMP\"). Если такой директории на диске нет, то она будет создана. Следует иметь в виду, что на диске "C:\\" должно быть достаточно места для создания временной директории и записи файлов, создаваемых в процессе работы с программой "MAG\_CD.EXE". Допускается указание полного пути для создаваемого ASCII-файла, (например, "D:\MAGDATA\ASCII001.DAT").

Программа MAG-CD, представленная на диске, является функционально ограниченной версией более полной программы управления базами данных MAG и предназначена для просмотра данных, записанных на CD-ROM в двоичном формате. Описание полнофункциональной версии программы можно найти на CD-ROM по адресу: HTML\MAGFUNC.HTM. Для получения полнофункциональной версии программы можно связаться с автором: *Петров В. Г.*, E-mail: [vpetrov@izmiran.ru](mailto:vpetrov@izmiran.ru)

## 2.4. Вспомогательные программы анализа временных рядов.

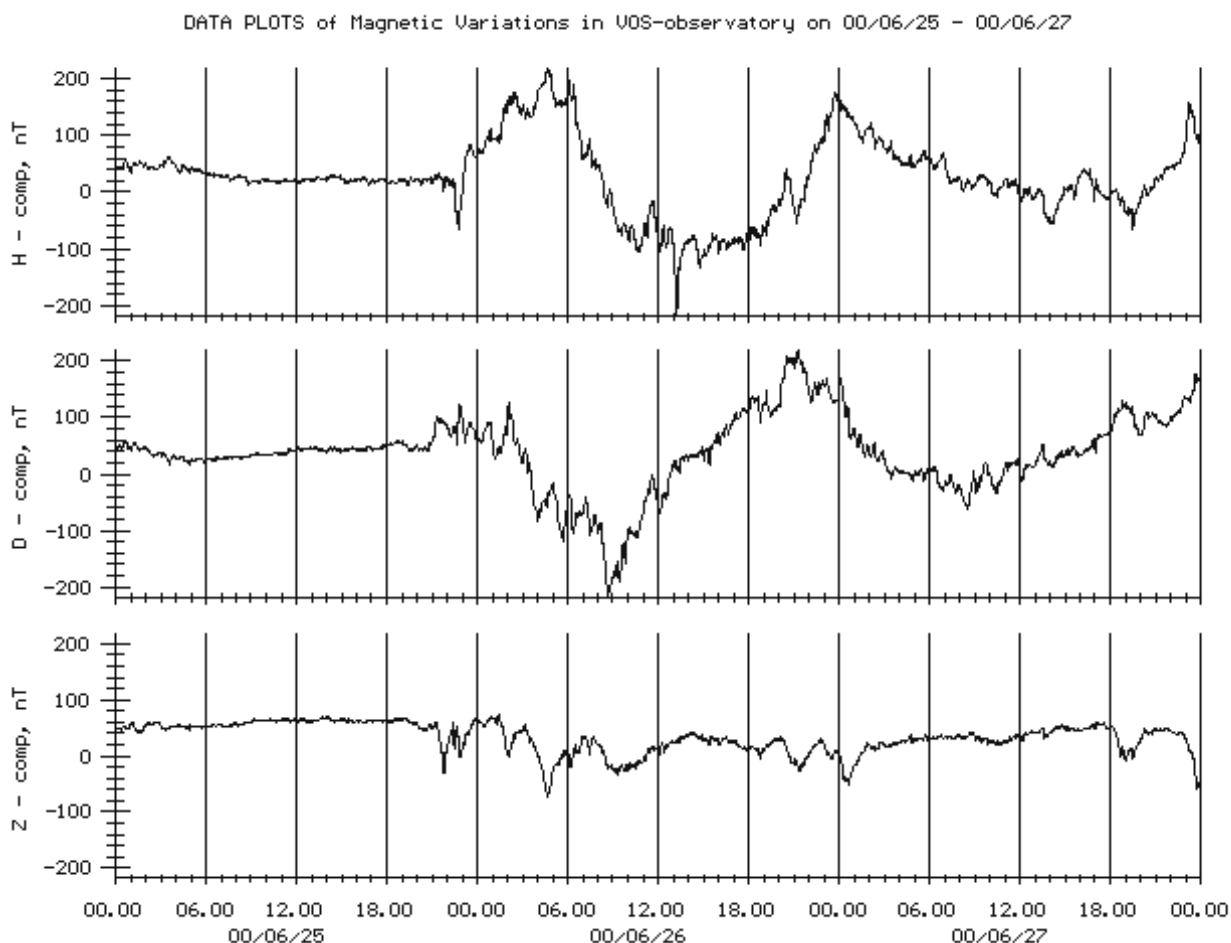
В директории DATABASE находятся две программы для спектрально-временного анализа вариаций магнитного поля непосредственно из базы данных на CD-ROM.

**Программа спектрально-временного анализа данных SVAN 3D.EXE.** Программа предназначена для графического отображения магнитограмм и динамических спектров трех компонент геомагнитного поля по данным из базы на CD-ROM за периоды времени продолжительностью 72 часа. Программа запускается с параметрами (**yymmdd CodObs Res Dir**), разделенными пробелом, где:

- **yymmdd** – год (yy), месяц (mm) и день (dd) начала выбранного 72-часового интервала, начинающегося в 00.00 UT (параметр обязательный);
- **CodObs** – IAGA-код выбранной обсерватории (по умолчанию установлен "MOS");

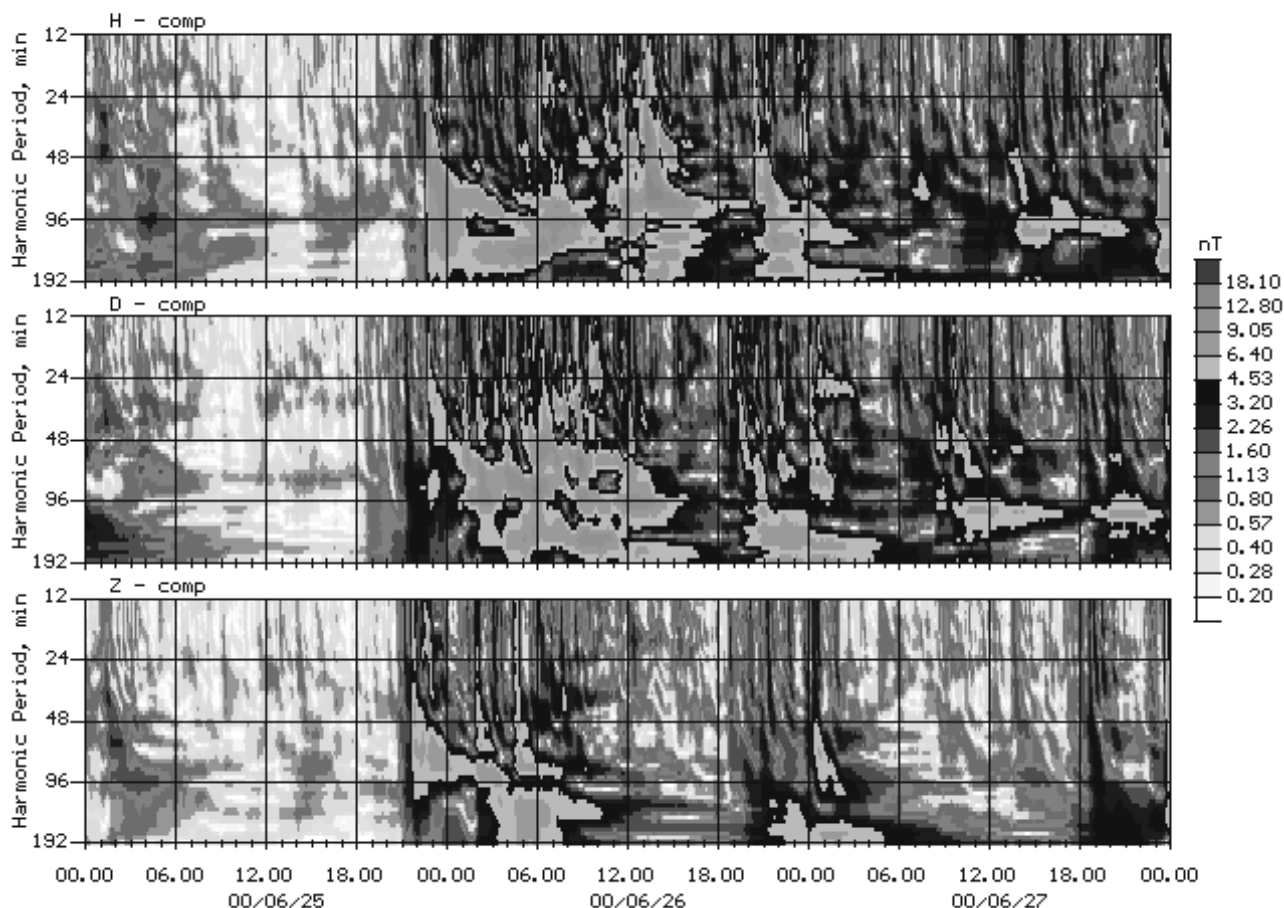
- **Res** – коэффициент изменения масштаба амплитуды динамических спектров относительно установленного по умолчанию (не обязательный, может принимать любые значения, предпочтительно из ряда 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 5 и т.п.);
- **Dir** – полный путь к директории, куда будут помещены графические файлы магнитограмм и динамических спектров. По умолчанию установлен “C:\TEMP\”. При его использовании должны быть введены все предшествующие параметры.

Например, если ввести команду вида: **SVAN\_3D.EXE 000625 VOS 2 D:\MAG\PIC\**, то по ее исполнению в директории **D:\MAG\PIC\** будут сформированы два графических файла: **VOS0625M.BMP** – магнитограмма обсерватории Восток за 25 – 27 июня 2000 г.



и **VOS0625S.BMP** – динамические спектры вариаций в обсерватории Восток за 25 – 27 июня 2000 г., загруппированные в 2 раза относительно предустановленного значения:

DYNAMIC SPECTRA of Magnetic Variations in UOS-observatory on 00/06/25 - 00/06/27

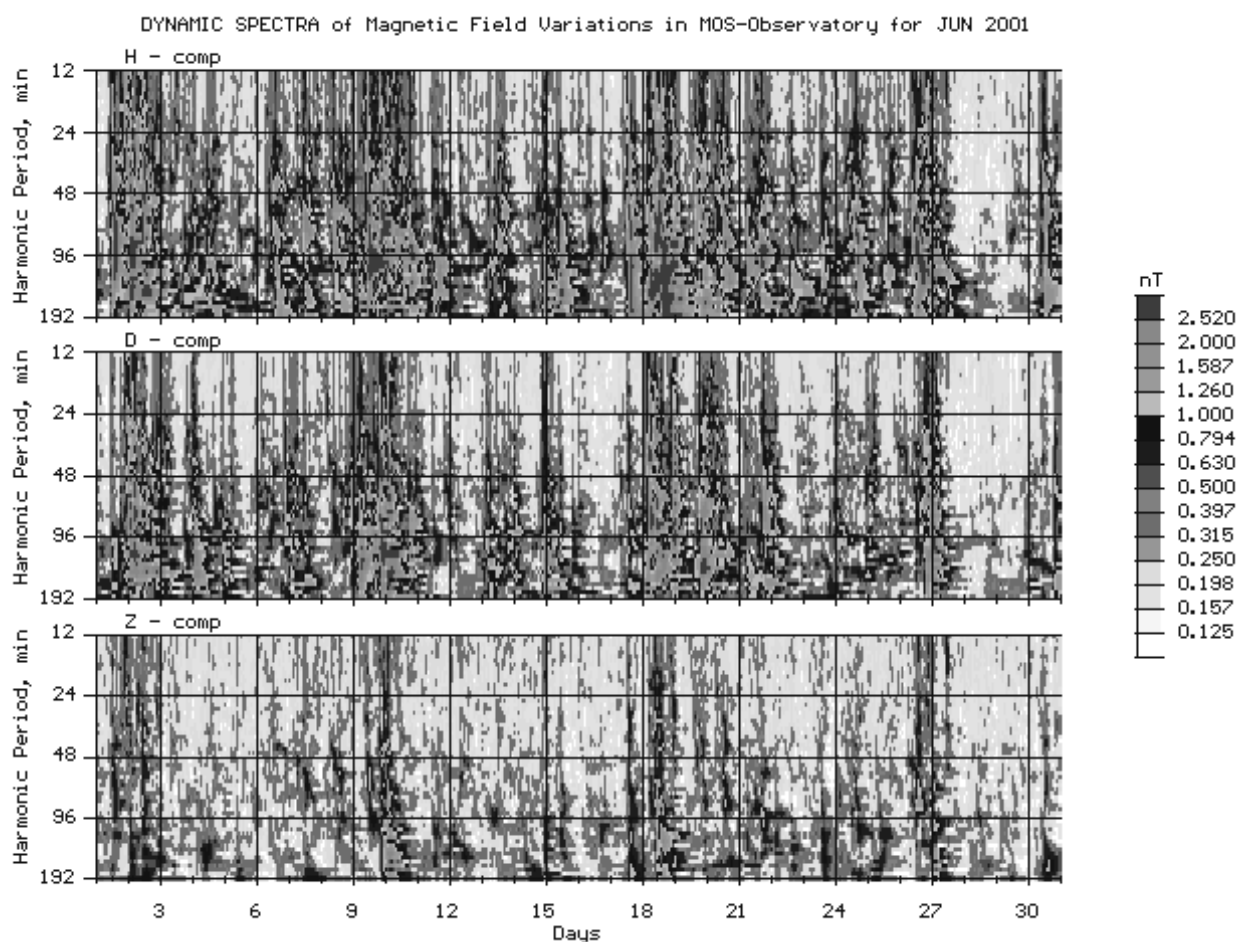


**Примечание:** Следует иметь в виду, что задаваемые в командной строке значения параметров должны соответствовать реальному положению дел – указываемая директория должна быть предварительно сформирована, а в базе данных должны быть в наличии данные указанной обсерватории за указанный интервал времени!

**Программа спектрально-временного анализа данных SVAN MON.EXE.** Программа предназначена для графического отображения динамических спектров трех компонент геомагнитного поля по данным из базы на CD\_ROM за интервал времени продолжительностью 1 месяц (графики магнитограмм можно смотреть непосредственно с CD-ROM). Программа запускается с параметрами (**yymm CodObs Res Dir**), разделенными пробелом, где:

- **yymm** – год (yy) и месяц (mm) выбранного 1-месячного интервала, начинающегося в 00.00 UT 1 числа указанных года и месяца (параметр обязательный);
- **CodObs** – IAGA-код выбранной обсерватории (по умолчанию установлен “MOS”);
- **Res** – коэффициент изменения масштаба амплитуды динамических спектров относительно установленного по умолчанию (не обязательный, может принимать любые значения, предпочтительно из ряда 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 5 и т.п.);
- **Dir** – полный путь к директории, куда будут помещены графические файлы магнитограмм и динамических спектров. По умолчанию установлен “C:\TEMP\”. При его использовании должны быть введены все предшествующие параметры.

Например, если ввести команду вида: **SVAN\_MON.EXE 0106**, то по ее исполнению в директории **C:\TEMP\** будет сформирован графический файл: **MOS0106S.BMP** – динамические спектры вариаций в обсерватории Москва за июнь 2001 г.



Текущие, регулярно обновляемые графики динамических спектров вариаций по обсерватории Москва можно найти на сайте ИЗМИРАН:

<http://www.izmiran.ru/stp/polar/mosdata>

Подробную информацию об используемом методе спектрально-временного анализа можно найти на CD-ROM в разделе «Избранные работы сотрудников Сектора полярных геофизических исследований ИЗМИРАН» (см., например, А. Н. Зайцев, В. И. Одинцов, В. В. Иванов «СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОСТОЧНОЙ И ЗАПАДНОЙ ЭЛЕКТРОСТРУЙ В ПЕРИОД МАГНИТНОЙ БУРИ 24 МАРТА 1991 г.»).

Все вопросы и предложения по использованию программ спектрально-временного анализа просим направлять **В. И. Одинцову**: E-mail: [vodin@izmiran.ru](mailto:vodin@izmiran.ru).

**Наличие цифровых 1-минутных данных геомагнитных наблюдений  
за 1983-2001 годы на CD-ROM "Вариации магнитного поля Земли"**

"-" - пропуски; "\*" - неполные; "Ш" - полные;

```

=====
1983   Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сен Окт Ноя Дек
-----
DIK                                         --* *** *-
JSH                                         -**
=====

```

```

=====
1984   Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сен Окт Ноя Дек
-----
AMD                   ШШШ* *** **-* *-* *--
CPS                                         Ш*Ш
DIK                   *** **-* **-* **-* **-* **-* *ШШШ Ш**
JSH   -** -** Ш**
TIK                                         -*Ш *-*
=====

```

```

=====
1985   Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сен Окт Ноя Дек
-----
AMD                   *** Ш** **-* *** **-* --* *** ШШШ* *** **
CPS   ШШШШ **-* *-* *-* *** *-- *-
MOS                                         --* ШШШШ ШШШ*
TIK   ШШШШ *ШШШ Ш*Ш **Ш *Ш* **Ш Ш** * ** ШШШШ ШШШ* Ш** -*Ш
=====

```

```

=====
1986   Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сен Окт Ноя Дек
-----
AMD                   ШШШ* *Ш* ШШШШ ШШШШ ШШШШ Ш*- ***Ш **Ш *-* -Ш*
CPS                   *** *Ш* ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ
DIK                   *ШШШ Ш*Ш Ш*Ш ШШШШ *ШШШ Ш*Ш ШШШШ ШШШ* ШШШШ Ш*Ш ШШШШ
KHS                                         *** *Ш* Ш**
MOS   -*Ш **-* *Ш* *Ш* -*Ш **-* -*Ш Ш*- **-* ШШШ* *ШШШ
TIK   -*Ш ШШШШ *Ш* **Ш Ш*Ш ШШШШ Ш*Ш ШШШШ ШШШШ ШШШШ ШШШШ **Ш
=====

```

```

=====
1987   Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сен Окт Ноя Дек
-----
AMD                   *** **-* --* ***Ш *** **-* **-* **-* **-* **-* **
CPS                                         ***
DIK                   -** Ш*- *- -** *** *- **Ш -*Ш --*
MIR                                         ШШШШ
MOS   Ш** -*- **-* *Ш* **-* --Ш Ш*Ш **-*
SAL                                         -** *ШШ Ш** Ш-- --*
SBT                                         --* *-
TIK   ШШШШ *ШШШ Ш*Ш Ш** ШШШ* Ш*Ш Ш*- **Ш *Ш* ШШШШ *-
=====

```

1988	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
BEY	*Ш*			_**	*Ш*	*Ш*						
СКА							_**	*Ш*	Ш*Ш	***	--*	*_*
CPS	ШШ*	Ш*_	ШШ*	***	Ш**	**Ш	Ш**	ШШШ	ШШШ	*ШШ	Ш**	Ш*Ш
DIK	*_*	**Ш	*Ш*				--*	***	***	**_		_**
MIR	*ШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	Ш**	ШШШ	Ш*Ш	ШШ*
SAL	***	*_*	***	ШШ*	*Ш*	*_*	Ш*_					
SBT			*Ш									
SEY		*Ш	*_*	*Ш*	*_*	--*	***	*Ш*	Ш**	***	***	***
TIK						--*	**Ш	ШШ*				

1989	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
BEY		*ШШ	*Ш*		--*			ШШШ	Ш*Ш	*ШШ	ШШШ	_*Ш
СКА	***	*ШШ	*Ш*	Ш**	*_*	***	Ш**	--*	ШШШ	Ш**	ШШ*	**Ш
CPS			Ш*Ш	**Ш			--*	ШШШ	ШШШ	*Ш*	ШШШ	Ш*_
DIK	Ш_*	***	*Ш*		**Ш	*Ш*	**Ш	Ш*Ш	***	***		
MIR	ШШШ	ШШШ	ШШ*	**Ш	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	Ш*Ш	ШШШ	Ш*Ш	ШШШ
SAL		_**	Ш**		Ш**	ШШШ	***	***	**_	***	***	***
SEY	Ш_*	***	*_*					***	***			
TIK		--Ш	*_*									

1990	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
BEY	*Ш*											
СКА	***	_**	***	*_*	***	Ш--						
KMS	--Ш	ШШ-										
MIR	***	***	***	*ШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	*ШШ	Ш*Ш	ШШШ	ШШШ	ШШШ
MOS					ШШШ	ШШШ	ШШШ	*Ш*	Ш*_	ШШ*	Ш*Ш	ШШШ
SAL					Ш**	ШШ*	ШШШ	***		*ШШ	Ш*Ш	
SBT								*Ш*				
SEY	***	***	*_*	--*	Ш**	*Ш*	--*	*_*	*_Ш	ШШ-	_*-	***

1991	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
СКА							***	Ш*_	*Ш*	Ш**	ШШШ	
MIR	Ш*Ш	*_*										
MOS	ШШШ	ШШШ	_*Ш	ШШШ	ШШ*	ШШ*	ШШШ	ШШШ	ШШ*	ШШШ	ШШШ	ШШШ
SEY	***	_*-	**_		_**	**_	_*Ш	*_*	***	_**	Ш**	*Ш*

1992	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
СКА	--*	ШШ*	Ш--			ШШШ	*_*	*Ш*	ШШШ	*Ш*	Ш**	*Ш*
MOS	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШШ	ШШ*	Ш*_	ШШШ	ШШШ
SEY	_*-	**_	*Ш	***	***	***	*_*			**_	_**	***

1993	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
СКА				--*	IIII*	***	-IIII	*--				
DIK	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
LOP								*IIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII
MOS	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II*II	*IIII	IIII-	IIIIII	*--	IIIIII
SEY	***	-**		--*								
VOС	*II*	***	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*		*IIII

1994	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
ARS											-*II	*II*
СКА	IIIIII	***	-*II	*IIII	-II*	*II*	***	**II	*IIII	-**	IIIIII	II**
DIK	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II*II	IIIIII	IIII*
LOP	IIIIII	II*II	IIIIII	IIIIII		*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II**	IIIIII	IIIIII
MOS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II**	--*	***	***	**-	IIIIII	IIIIII	IIIIII

1995	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
ARS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	*--		-**	*II*	IIIIII	IIII*
СКА	II*II			-IIII	II**	*II*	*IIII	***	*II*	IIIIII	*IIII	**-
CPS	IIIIII	II*II	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIII*	IIIIII	*IIII	IIIIII
DIK	***	II*II	IIII*	*--	-**	II**	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIII*	IIIIII
LOP	IIIIII	IIII*	*IIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	**II	II*II
MIR	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
MOS	IIIIII	II**	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII-			--*	IIIIII	IIIIII	IIIIII
TIK	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII
VOС	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII

1996	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
ARS	IIIIII	IIIIII	IIIIII									
СКА	***	***	-**	***	***	-**	*II*	IIII*	***	IIIIII	II**	*II*
CPS	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	*IIII	IIIIII	IIIIII
DIK	II**	-*II	II**	*IIII	IIIIII	IIIIII	II**	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIII*	IIIIII
LOP	IIIIII	IIIIII		II*II	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	*IIII	IIIIII
MIR	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*--			IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII
MOS	IIIIII	IIIIII	II*-	**II	***	IIII*	***	-*II	IIII*		*IIII	IIII*
TIK	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	II*II	IIIIII	IIIIII



1997	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
AMD	-*III	III**	III*III			IIIIII	***					
CCS	*III*	IIIIII	IIII*	***	IIII*	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIII*		III**	IIIIII
СКА	*IIII	IIIIII	*III*	*III*	*IIII	IIII*	*III*	***	*III*	*--	-*III	**III
CPS	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	II*III	*IIII	IIIIII	IIIIII
DIK	IIIIII	II*III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII
HIS	IIII*	*III*	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II*III	IIII*	**III	*IIII	IIIIII
IRT	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*III*	IIIIII	IIII*
LOP	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III*-		IIIIII	IIIIII	*III*	IIIIII
LOZ		II*III	IIIIII	**III	*IIII	II*III	IIII*	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIII*	*IIII
MIR	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
MOS	IIIIII	IIIIII	IIII*	*IIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	III*-			-*III	**III
MSK	IIIIII	IIIIII	*IIII	*IIII	II*III	II*III	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII
TIK	IIIIII	IIIIII	II*III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	**III	IIIIII	IIIIII
VOS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII

1998	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
AMD	*--	*III*	**III	IIIIII	***					IIII*	*IIII	IIIIII
CCS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II*III	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*III*	III**	*III*	*III*
СКА	***	II*III	*IIII	III**	***							
CPS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	II*III	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIII*	*IIII	II*III	*IIII
DIK	IIIIII	IIII*	IIIIII	*IIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	*III*	IIIIII	*IIII
HIS	*III*	II*III	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	II*III	IIII*	*IIII	III**	IIIIII	IIIIII
IRT	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
LOP							III*-	III-				IIIIII
LOZ	II*III	IIIIII	IIIIII	**III	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII
MIR	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	**III	IIIIII	IIIIII
MOS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*III*	*IIII	IIIIII
MSK	IIIIII	*IIII	II*III	IIIIII	*III*	II*III	*III*	IIIIII	IIII*	*IIII	IIIIII	IIIIII
TIK	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	*IIII
VOS	IIII*	II*III	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII

1999	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
CPS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIII*	**--	--**	**--		III*-	-III-	*--*	*--
LOZ	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIII*	III*-	III-	-*III	IIII*	IIIIII	IIII*	III*III
MOS	IIIIII	IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
MSK	IIIIII	IIII*	*III*	**III	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII	III*III	IIII*	*IIII

2000	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
CPS	*IIII	***	-*-	III*-								
LOZ	*IIII	II*III	*III*	*IIII	**III	IIII*	*III*	IIII*	IIIIII	III*III	**III	**--
MOS	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII
VOS			IIIIII	*IIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII	IIIIII			

2001	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
MOS	IIIIII	IIIIII	IIII*	IIIIII	IIIIII	IIIIII						

**Координаты обсерваторий и временных пунктов наблюдений, данные которых представлены на CD-ROM**

Обсерватория	Код обс.	Координаты			
		Географические		Геомагнитные (Цыганенко)	
		Широта	Вост. долгота	Широта	Вост. долгота
Амдерма	AMD	69.47	61.42	64.45	137.94
Арти	ARS	56.43	58.57	51.75	131.60
Остров Белый	BEY	73.30	70.00	67.85	146.94
Мыс Челюскин	CCS	77.72	104.28	71.29	174.99
Каменный	СКА	68.50	73.60	63.33	148.16
Мыс Шмидта	CPS	68.92	180.52	64.18	235.06
Диксон	DIK	73.54	80.56	67.89	155.74
Остров Хейса	HIS	80.62	58.05	74.68	145.06
Иркутск	IRT	52.17	104.45	46.65	176.45
Югорский Шар	JSH	69.47	61.42	64.45	137.94
Харасавей	KHS	71.13	66.83	65.90	143.28
Комсомольская	KMS	-74.10	97.47	-82.02	90.12
Лопарская	LOP	68.25	33.08	64.12	114.13
Ловозеро	LOZ	67.97	35.02	63.76	115.47
Мирный	MIR	-66.55	93.02	-77.19	121.63
Москва (вар.)	MOS	55.48	37.31	50.99	111.97
Москва (обс.)	MSK	55.48	37.31	50.99	111.97
Салехард	SAL	66.53	66.53	61.79	141.49
Сабетта	SBT	71.42	72.13	66.31	148.12
Сеяха	SEY	70.10	72.50	64.85	147.71
Тикси	TIK	71.58	129.00	65.26	196.33
Восток	VOS	-78.45	106.87	-83.33	53.65

## Определение К-индекса как индикатора возмущенности магнитного поля Земли

Регулярные суточные вариации геомагнитного поля создаются, в основном, изменениями токов в ионосфере Земли из-за изменения освещенности ионосферы Солнцем в течение суток. Нерегулярные вариации магнитного поля возникают вследствие воздействия потока солнечной плазмы (солнечного ветра) на магнитосферу Земли, изменений внутри магнитосферы и взаимодействия магнитосферы и ионосферы.

Индексы геомагнитной активности предназначены для описания вариаций магнитного поля Земли, вызванных этими нерегулярными причинами. В настоящее время наиболее распространенными являются локальные индексы **K** и **Q**, а также планетарные индексы, определяемые по сети магнитных обсерваторий, - **Kp**, **Dst** и **AE**. Вариации магнитного поля, а также индексы **Q**, **Kp**, **Dst**, и **AE** измеряются в нТл (гаммах). **Kp**, **Dst**, и **AE** индексы характеризуют амплитуду вариаций за часовые или минутные интервалы, **Q**-индекс - за 15-минутный интервал.

**K**-индекс - это квазилогарифмический (увеличивается на единицу при увеличении возмущенности приблизительно в два раза) индекс, вычисляемый по данным конкретной обсерватории за трехчасовой интервал времени. Индекс был введен Дж. Бартельсом в 1938 г. и представляет собой значения от 0 до 9 для каждого трехчасового интервала (0-3, 3-6, 6-9 и т.д.) мирового времени. Для вычисления индекса берется изменение магнитного поля по компонентам **H** и **D** за трехчасовой интервал, из него вычитается регулярная часть, определяемая по спокойным дням, и полученная величина по специальной таблице переводится в **K**-индекс.

**Вычисление К-индекса.** Рассмотрим процедуру вычисления **K**-индекса для случая наблюдений в одной точке. Исходными данными являются магнитограммы. **K**-индекс - это ранжированная амплитуда вариаций магнитного поля по горизонтальным компонентам в отклонениях от уровня спокойного магнитного поля за трехчасовой интервал по мировому времени. Возмущенность магнитного поля сильно меняется с широтой - ее максимум приходится на зону полярных сияний, поэтому шкала для определения **K**-индекса имеет разную амплитуду. Для Диксона значение амплитуды **K**-индекса «9» равно 1500 нТл, для Москвы - 550 нТл, для Сочи - 350 нТл. Таким образом, для каждой обсерватории существует своя таблица, построенная так, чтобы различные обсерватории за большой интервал времени давали в среднем одинаковые индексы.

Для обсерватории Москва эта таблица задается следующим образом:

Вариация, нТл	<5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 70	70 -120	120 - 200	200 - 330	330 - 550	>550
<b>K</b> -индекс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Так как большинство обсерваторий работают с цифровыми магнитометрами, обработка данных и вычисление **K**-индексов проводится на компьютерах почти в реальном времени. Есть нерешенные методологические вопросы определения **K**-индексов, особенно для нулевых значений. Уровень отсчета меняется день ото дня, и учесть эти изменения в компьютерном алгоритме весьма не простая задача.

### Использование К-индекса.

Определения **K**-индекса являются стандартной процедурой магнитных обсерваторий и широко распространены по сети обсерваторий, в том числе, имеющих выход в Интернет. Локальные **K**-индексы по обсерватории Москва доступны в реальном времени на сервере

ИЗМИРАН: <http://forecast.izmiran.ru>.

Смысл оперативного определения **К**-индекса состоит в том, что большинство прогнозов базируется на его использовании, в том числе и прогнозы, распространяемые ИЗМИРАН и ИПГ. Качественно состояние магнитного поля в зависимости от **К**-индекса можно приблизительно охарактеризовать следующим образом:

- К** ≤ 2 – спокойное;
- К** = 2, 3 – слабовозмущенное;
- К** = 4 – возмущенное;
- К** = 5, 6 – магнитная буря;
- К** ≥ 7 – большая магнитная буря.

Понятно, что трехчасовой индекс характеризует состояние магнитного поля в достаточно общем виде. По мере роста знаний о влиянии магнитных бурь на окружающее пространство наметился переход на индексы, определяемые за более короткие интервалы времени, вплоть до 1-мин.

Планетарный индекс **К<sub>p</sub>** вычисляется как среднее значение **К**-индексов, определенных на 13 геомагнитных обсерваториях, расположенных между 44 и 60 градусами северной и южной геомагнитных широт. Его диапазон также от 0 до 9, но, в отличие от **К**-индекса, **К<sub>p</sub>**-индекс определяется с шагом 1/3, например: 4 - означает 3 и 2/3, 4<sub>0</sub> - 4 ровно, 4+ означает 4 и 1/3

В последнее время вместо **К<sub>p</sub>**-индекса часто употребляется **А<sub>p</sub>**-индекс. **А<sub>p</sub>**-индекс определяется в единицах магнитного поля (наноТеслах) и представляет среднее значение вариации магнитного поля, соответствующее данному **К<sub>p</sub>**:

<b>К<sub>p</sub> =</b>	<b>0<sub>0</sub></b>	<b>0+</b>	<b>1-</b>	<b>1<sub>0</sub></b>	<b>1+</b>	<b>2-</b>	<b>2<sub>0</sub></b>	<b>2+</b>	<b>3-</b>	<b>3<sub>0</sub></b>	<b>3+</b>	<b>4-</b>	<b>4<sub>0</sub></b>	<b>4+</b>
<b>А<sub>p</sub> =</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>32</b>

<b>К<sub>p</sub> =</b>	<b>5-</b>	<b>5<sub>0</sub></b>	<b>5+</b>	<b>6-</b>	<b>6<sub>0</sub></b>	<b>6+</b>	<b>7-</b>	<b>7<sub>0</sub></b>	<b>7+</b>	<b>8-</b>	<b>8<sub>0</sub></b>	<b>8+</b>	<b>9-</b>	<b>9<sub>0</sub></b>
<b>А<sub>p</sub> =</b>	<b>39</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>80</b>	<b>94</b>	<b>111</b>	<b>132</b>	<b>154</b>	<b>179</b>	<b>207</b>	<b>236</b>	<b>300</b>	<b>&gt;400</b>

**А<sub>p</sub>** является линейным индексом (увеличение возмущения в несколько раз дает такое же увеличение индекса) и во многих случаях использование **А<sub>p</sub>**-индекса имеет больше физического смысла.

Планетарные **К<sub>p</sub>** и **А<sub>p</sub>** индексы имеются с 1932 г. и могут быть получены по запросу из Мирового центра данных Б2 или по FTP из Мирового Центра Данных С1.

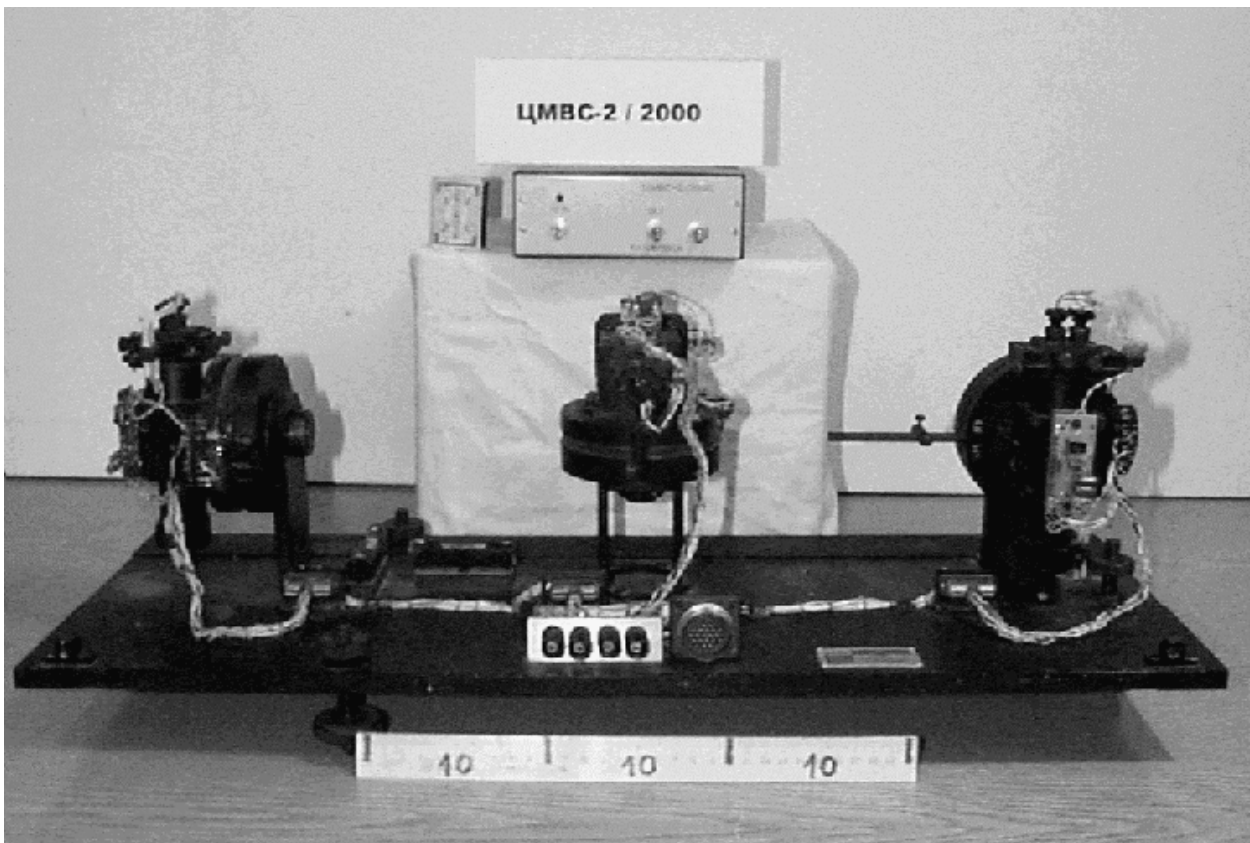
#### Литература.

1. Справочник по переменному магнитному полю СССР, под редакцией В. Афанасьевой, Гидрометиздат, Л., 1954
2. P.Hopgood, On the computer generation of geomagnetic K-indeces from digital data, J.Geomagn.Geoelectric., 38,861-871, 1986
3. K.Nowozynski, T.Ernst, J.Jankowski, Adaptive smoothing method for computer deriviation of K-indeces, Geophys.J.Int.,104, 85-93, 1991
4. J.Walker, Adaptive separation of regular and irregular magnetic activity for K-indeces, J.Atmos.Terr.Phys.49,1017-1021, 1987
5. M.Menvielle et.al., Computer productionof K-indices: review and comparison of methods, Geophys.J.Int., 123, 866-886, 1995

## ЦМВС-2/2000 - новая электроника для проверенных кварцевых вариометров

60-летие ИЗМИРАН сектор полярных геофизических исследований встречает разработкой новой версии цифровой магнитно-вариационной станции ЦМВС-2/2000 на базе серийной разработки - ЦМВС-2. В начале 80-х годов было выпущено 53 станции ЦМВС-2, которые разошлись по сети магнитных обсерваторий СССР. В настоящее время на некоторых обсерваториях эти приборы в рабочем состоянии, например в обсерватории Мыс Шмидта и на станции Мыс Каменный. Но в большинстве обсерваторий ЦМВС-2 не используются, так как электроника устарела и не имеет прямой стыковки с компьютером типа IBM-PC. За последние годы стало возможным разработать на современной элементной базе новый блок электроники для ЦМВС-2, заметно упрощающий и улучшающий работу станции. На этой странице мы приводим краткие сведения о нашей разработке и рассчитываем, что сотрудники обсерваторий, где сохранились блоки ЦМВС-2, заинтересуются нашей разработкой. Мы готовы рассмотреть любые предложения по восстановлению работы ЦМВС-2 - пишите нам почтой на адрес ИЗМИРАН или по электронной почте ([zaitsev@izmiran.ru](mailto:zaitsev@izmiran.ru)).

Станция состоит из двух основных блоков: блока кварцевых датчиков (БКД) типа ЦМВС-2 и измерительного блока (ИБ). Блок кварцевых датчиков станции и измерительный блок выполнены в виде законченных конструкций, которые связаны через соединительный кабель и могут быть разнесены на расстояние до 20 м. Общий вид ЦМВС-2/2000 приведен на фото.



На фото – общий вид цифровой магнитовариационной станции ЦМВС2.2000. Блок кварцевых датчиков (БКД) без защитного кожуха, измерительный блок (БИ) на подставке, для сравнения рядом спичечный коробок. Дополнительная информация по работе прибора на сайте: <http://www.izmiran.ru/~zaitsev>.

Схема электроники включает фотопреобразователи, с помощью которых угол поворота зеркала вариометров преобразуется в пропорциональный ему электрический ток. Предварительные усилители обеспечивают необходимое усиление сигнала. Обратная связь по току с выходов усилителей позволяет получить необходимый динамический диапазон измерения (от минус 2000 нТл до плюс 2000 нТл). Измерительный блок состоит из блока фильтрующих усилителей, коммутатора, преобразователя “напряжение-код” (АЦП), блока управления, интерфейса с компьютером и блока питания. Для преобразования напряжения в код используется 16-разрядный АЦП типа AD7701 (ANALOG DEVICES) или его полный аналог CS5501 (CRYSTAL Semiconductor Corporation).

**Технические показатели станции:** потребляемая мощность по постоянному току не более 3 Вт, при питании от сети 220 В - не более 10 Вт, блок электроники сохраняет работоспособность в диапазоне температур от 0 до + 50 град. С, блок датчиков работоспособен при температуре от — 40 до + 50 град. С. Станция обеспечивает диапазон измерений вариаций магнитной индукции  $B_x$  (H),  $B_y$  (D),  $B_z$  (Z) компонент полного вектора магнитного поля от минус 2000 до плюс 2000 нТл и напряжения по служебному каналу V1 от минус 2.5 до 2.5 вольт.

Абсолютная систематическая составляющая погрешности измерений по магнитной индукции в пределах  $\pm 10$  нТл; среднее квадратичное отклонение случайной составляющей погрешности измерений по магнитной индукции не более 0.5 нТл; цена единицы наименьшего разряда кода цифрового отсчета АЦП не более: по магнитной индукции 0.1 нТл; по напряжению 0.1 мВ, температурный дрейф нуля каждого из кварцевых магниточувствительных элементов блока кварцевых датчиков во всем диапазоне температур в пределах  $\pm 1,5$  нТл/градус.

Станция подключается к компьютеру по стыку RS-232, длина кабеля соединения до 100 м. В качестве линии связи можно использовать радиоканал - на территории ИЗМИРАН работает схема связи на базе УКВ передатчика, менее 50 мВт, с всенаправленной антенной и устойчивой связью на расстоянии не менее 500 метров. Получение осредненных минутных данных обеспечивается программным путем простым осреднением по фактическому числу отсчетов по каждому из каналов за минуту.

### *Приложение 3*

#### **Система передачи информации по радиоканалу**

Система состоит из передатчика и нескольких приемников (число не ограничено), информация с которых может быть введена в компьютер через СОМ порт.

Основные параметры системы:

- Скорость передачи - 3.25 кбит/сек
- Дальность действия - до 500 м
- Интерфейс приемника - RS232, 38400 бод

Система используется для передачи данных магнитовариационной станции ЦМВС-6.

Станция выдает информацию:

- А) в реальном времени в виде коротких кадров (2 в секунду), содержащих осредненные минутные данные и текущее время часов ЦМВС-6 (дата, час, минута, секунда);
- В) раз в сутки (в 00:00 часов) из внутренней памяти в виде суточного блока минутных данных.

Радиоканал включен постоянно, и информация передается в виде последовательного потока с двухчастотным кодированием («1» – период частоты 3.25 кГц, «0» – два периода частоты 6.5 кГц).

В приемнике информация дешифрируется и разбивается на байты для ввода в компьютер через СОМ порт. Для ввода и обработки данных используется пакет программ.

## Глоссарий терминов, полезных при работе с данными о вариациях магнитного поля Земли.

**Магнитное поле Земли.** Земля обладает собственным магнитным полем, которое называют так же геомагнитным полем. Оно непрерывно меняется, как во времени, так и в пространстве. Магнитное поле Земли можно разделить на три основных типа:

1. Главное поле – постоянное (внутреннее) магнитное поле.
2. Локальное поле, так же называемое аномальным.
3. Переменное магнитное поле, так же называемое внешним.

Источником главного магнитного поля является ядро Земли. Аномальное поле связано с намагниченностью горных пород в верхнем слое Земли, расположенных близко к поверхности. Переменное магнитное поле определяется внешними источниками и обязано своим происхождением токовым системам, развивающимся на высотах от ионосферы и до внешней границы магнитосферы.

**Постоянное магнитное поле Земли.** Постоянное поле Земли состоит из полей источников, находящихся внутри Земли (главное поле Земли), и аномальных (локальных) полей. Эти поля очень медленно (за годы и столетия) меняются со временем.

**Переменное магнитное поле Земли.** Переменное магнитное поле Земли (так же называемое внешним) определяется источниками в виде токовых систем, находящимися за пределами земной поверхности. Основным источником таких полей и их изменений, является Солнце. Энергия Солнца переносится в атмосферу Земли в виде электромагнитных волн, а также в виде корпускулярного излучения, так называемого солнечного ветра (СВ).

**Геомагнитные вариации.** Изменения магнитного поля Земли во времени в результате различных факторов, называются геомагнитными вариациями. Если магнитное поле Земли представить как разность между наблюдаемой величиной напряженности магнитного поля и средним ее значением за какой-либо длительный промежуток времени, например месяц или год, то эту разность мы и называем «геомагнитные вариации». Наблюдения показывают, что она непрерывно меняет свое значение во времени, причем такие изменения часто носят периодический характер.

**Спокойные солнечно-суточные вариации.** Спокойные солнечно-суточные вариации ( $S_q$ ), представляют собой изменения элементов земного магнетизма с периодом, равным продолжительности солнечных суток. Основная причина  $S_q$  – волновое излучение Солнца, основной механизм – генерация токов вследствие динамо эффекта в слое E ионосферы. Характерная особенность этих вариаций - зависимость их протекания от долготы: фазы колебаний того или иного элемента отличаются на разность долгот между двумя пунктами, где они измеряются. Так, если представить отклонение от средней величины какого-либо элемента, т.е. его вариацию в данной точке земной поверхности, в виде простого гармонического колебания:

$$S=S_0\sin(2\pi /T) ,$$

где,  $S_0$  - амплитуда;  $T$  - солнечные сутки;  $t$ -местное время,

то его вариация в другой точке, долгота которой отличается на  $\lambda$ , будет описываться уравнением

$$S' = S_0 \sin[2\pi (t + \lambda)/T]$$

Как показывают наблюдения, **Sq** вариация элементов земного магнетизма не остается постоянной, сам ход её в определенных пределах меняется непрерывно от дня ко дню, при этом изменению подвержены главным образом амплитуды колебаний, фазы же остаются почти неизменными. Причем колебание суточного хода каждого элемента в северном полушарии возрастает от зимних месяцев, когда склонение Солнца наименьшее ( $-23,5^\circ$ ), к летним, когда склонение Солнца наибольшее ( $+23,5^\circ$ )

**Возмущенные солнечно-суточные вариации.** Метод определения **Sq** вариаций может быть применен для вычисления возмущенных солнечно-суточных вариаций, глобальное развитие которых также контролируется солнечными сутками. Если **Sq** вариации определяют путем обработки наблюдений по 5 спокойным дням каждого месяца, то осреднение вариаций по 5 бурным дням дает **Sd** вариацию. Очевидно, что **Sd** вариация представляет собой некий усредненный образ суперпозиции многих источников возмущений, поэтому в современной физике магнитосферы исследования **Sd** вариаций не актуальны.

**Возмущенные геомагнитные вариации.** Возмущенными геомагнитными вариациями называют такие изменения магнитного поля Земли, которые имеют нерегулярный, спорадический характер. В этом случае периоды, фазы и амплитуды вариаций непрерывно меняют свое значение. Возмущенная часть вариаций магнитного поля также состоит из целого ряда вариаций, которые, накладываясь одна на другую, в сумме дают неправильные колебания всех элементов земного магнетизма около среднего значения. Некоторые из этих вариаций имеют вполне определенный период, другие меняют свой период от одного колебания к другому. Кроме того, имеются вариации непериодического характера. Поэтому возмущенные вариации также можно классифицировать по признаку периодичности: периодические, непериодические и неправильные флуктуации. К числу периодических относятся возмущенные солнечно-суточные вариации, с периодом солнечных суток и короткопериодические колебания (КПК), у которых период колеблется от долей секунд до десятков минут. Из непериодических известна аперриодическая возмущенная вариация, которая проявляется во время магнитных бурь главным образом в изменении горизонтальной составляющей, которая быстро уменьшается, затем медленно возрастает, приближаясь к своему невозмущенному уровню. Неправильные флуктуации во всех составляющих представляют основную часть магнитных возмущений и состоят из ряда следующих друг за другом изменений с различными периодами и амплитудой.

**Суббурия.** Один из главных элементов в возмущениях магнитного поля. Глобальный процесс, иницируемый на ночной стороне Земли в высоких широтах, в котором значительное количество энергии, переносимое частицами солнечного ветра в процессе взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли, попадает в авроральную атмосферу и магнитосферу. Длительность суббурии может составлять от десятков минут до единиц часов. Характерным элементом суббурии является токовая система, состоящая из авроральных электроструй и их токов растекания. В трехмерном пространстве токовая система суббурии представляет собой токи на высотах слоя E (105-115 км) вдоль овала полярных сияний и токов вдоль силовых линий, замыкающихся на токовый слой в хвосте магнитосферы.

**Магнитная буря.** Возмущение магнитного поля, фиксируемое на всей поверхности Земли и достигающее экстремальных величин по сравнению с регулярными вариациями. Основной показатель магнитной бури – Dst вариация. При амплитуде Dst вариации в пределах 50-100 нТл магнитная буря считается средней величины, при Dst 100-200 нТл – большая магнитная буря, при Dst более 200 нТл мы имеем очень большую магнитную бурю. Физика магнитной бури до сих пор представляет собой активно исследуемый предмет. Установлено, что поток



солнечной плазмы формирует внутри магнитосферы систему токов, главной частью которых являются DR-токи. Возмущения в период магнитной бури представляют собой суперпозицию практически всех известных источников токов. Dst вариация имеет три основных фазы – начальная фаза от SSC до начала понижения поля, длительностью 6-12 часов, главная фаза длительностью 3-6 часов и фаза восстановления, длительностью 20-50 часов. Магнитная буря развивается в целом за 2-3 дня.

**Внезапное начало бури.** Одним из четких признаков магнитной бури является внезапное начало SSC (Sudden Storm Commencement). На магнитограммах SSC проявляется в виде резкого увеличения магнитного поля типа изолированного импульса амплитудой до десятков нТл. Такой скачок магнитного поля вызван ударом по магнитосфере плотного потока солнечного ветра. SSC хорошо прослеживаются на всей сети магнитных обсерваторий.

**Внезапные импульсы.** В солнечном ветре наблюдаются резкие градиенты параметров, которые приводят к возникновению импульсов в земном магнитном поле. Такие резкие импульсы (sudden impulses, SI+ , SI-) могут быть разных знаков, по своим морфологическим признакам близкими к SSC. Эти импульсы могут служить средством диагностики состояния магнитосферы.

**Лунно-суточные вариации.** Кроме вариаций, контролируемых положением Солнца относительно земной поверхности, удается выделить вариации периодического характера, контролируемые положением Луны (**L**). Амплитуда этих вариаций составляет несколько нТл и на отдельных магнитограммах практически не видна, но их удается выделить, перегруппировав данные по лунному времени (лунные сутки 24 ч 50 мин 28 с. среднего солнечного времени). Основной закономерностью **L** является полусуточный характер изменения этих колебаний. Вариации **L** всех составляющих в течение лунных суток имеют два максимума и два минимума. Среднемесячный ход **L** в северном полушарии имеет вид правильной двойной волны с максимумами, приходящимися на 6 и 18 ч, и минимумами, приходящимися на 0 и 12 ч лунного времени.

**Сезонные вариации магнитной активности.** Среднемесячные величины магнитной активности, полученные путем обработки наблюдений за несколько лет, указывают на ясно выраженную сезонную зависимость. При этом их амплитуда увеличивается с ростом общей магнитной активности. Найдено, что сезонные вариации магнитной активности имеют два максимума, соответствующие периодам равноденствия, и два минимума, соответствующие периодам солнцестояния. Причиной этих вариаций является образование активных областей на Солнце, которые группируются в зонах от 10 до 30° северной и южной гелиографических широт, отсчитываемых от плоскости эклиптики. Поэтому в периоды равноденствия, когда плоскости земного и солнечного экваторов совпадают, Земля наиболее подвержена действию активных областей на Солнце.

**27-дневные вариации.** Существует тенденция к повторению увеличения геомагнитной активности через каждые 27 дней, соответствующих периоду вращения Солнца вокруг оси. Эта закономерность связана с существованием активных областей на Солнце, некоторые из которых сохраняются в течение нескольких оборотов Солнца. Соответственно, эта закономерность выявляется в магнитной активности, тогда мы имеем 27-дневную повторяемость магнитных бурь.

**11-летние вариации.** Наиболее ярко связь между солнечной активностью и магнитной активностью проявляется при сопоставлении длинных рядов наблюдений, кратных 11 летним периодам солнечной активности. Наиболее известной мерой солнечной активности является число солнечных пятен **W**. Найдено, что в годы максимального количества

солнечных пятен магнитная активность также достигает наибольшей величины, однако возрастание магнитной активности несколько запаздывает по отношению к росту солнечной, так что в среднем это запаздывание составляет один год за 11-летний период.

**Вековые вариации.** Вековыми были названы медленные вариации элементов земного магнетизма с периодами от нескольких лет и более. В отличие от суточных, сезонных, и других вариаций внешнего происхождения, вековые вариации связаны с источниками лежащими внутри земного ядра. Амплитуда вековых вариаций достигает десятков нТл/год, изменения среднегодовых значений таких элементов, названы **вековым ходом**. Вековой ход не остается величиной постоянной, меняясь от места к месту и от эпохи к эпохе. В прошлые времена, когда вопросы навигации по магнитному полю имели очень важное практическое значение, карты изолиний векового хода составлялись и/или обновлялись каждые 10-20 лет. На картах видно, что все изолинии вековых вариаций концентрируются вокруг нескольких точек. Эти точки называются центрами или фокусами векового хода. В этих центрах величина векового хода достигает максимальных значений.

**Эквивалентная токовая система.** Впервые системы эквивалентных токов были предложены С. Чепменом и использованы для расчетов распределения условных (эквивалентных) токов, которые могли создать наблюдаемое распределение горизонтального вектора геомагнитных возмущений, как если бы они текли по поверхности сферы на высоте слоя E ионосферы, окружающей Землю. В настоящее время алгоритмы расчетов эквивалентных токовых систем стали достаточно сложными и введены расчеты трехмерных токовых систем с токами вдоль силовых линий и замыканием части токов на внешних и удаленных частях магнитосферы.

**Электроструя (Электроджет).** Электроструя – плоский, струйный ток, текущий в слое E ионосферы. Такие токи обладают широтной симметрией, текут вдоль круга широты на запад или восток, поэтому различают западный и восточный электроджеты. Условия для формирования электроструй возникают в полярных областях в зоне полярных сияний, в околополюсной области и на экваторе. Соответственно, различают авроральные и экваториальные электроструи. Во время магнитных бурь электроструи могут резко менять свое положение.

Основными параметрами электроструи являются: ее направление, плотность тока  $j$  (А/м<sup>2</sup>) и сила тока  $I$  (А). Приблизительно считается, что  $j$  пропорциональна горизонтальной компоненте

$$j = k * \Delta T_z * e_n$$

вектора возмущения магнитного поля.

**Экваториальная электроструя.** Электроструя на экваторе формируется под действием динамо-механизма, движущей силой которого является солнечное волновое излучение и дрейф плазмы в скрещенных электрическом и магнитном полях. Соответственно, максимум тока достигается около местного полудня, ток течет в восточном направлении. Ширина тока составляет около 4-6 градусов по широте. Во время возмущений на экваториальную электрострую могут накладываться токи растекания от авроральных электроструй, существенно меняющие поведение экваториальной струи. Имеется сильная взаимосвязь между экваториальной электроструей и спорадическим слоем E.

**Авроральный овал.** Одним из открытий эпохи МГТ (1957-58 гг.) стало установление пространственно-временного распределения полярных сияний в виде овала, смещенного относительно магнитного полюса. От простых представлений о круговой форме распределения полярных сияний относительно магнитного полюса был совершен переход к современной физике магнитосферы. Честь открытия принадлежит О. Хорошевой, а

интенсивную разработку идей овала полярных сияний осуществили Г. Старков, Я. Фельдштейн, С-И. Акасофу и ряд других исследователей. Овал полярных сияний представляет собой область наиболее интенсивного воздействия солнечного ветра на верхнюю атмосферу Земли. Интенсивность полярных сияний наибольшая именно в овале, а за его динамикой ведутся непрерывные наблюдения с помощью спутников.

**Сезонные интервалы.** Для исследования сезонных эффектов в вариациях магнитного поля принято считать времена года следующим образом: осень - сентябрь, октябрь; зима - ноябрь, декабрь, январь, февраль; весна - март, апрель; лето - май, июнь, июль, август. Таким образом, годовые данные разбиваются на три сезона: зима, лето и равноденствие. Моменты равноденствия наступают два раза в год, в марте и сентябре, в результате вращения Земли вокруг Солнца. В эти моменты Солнце находится точно над географическим экватором. День и ночь во время равноденствия равны.

**Магнитосфера.** Область околоземного космического пространства, контролируемая магнитным полем Земли. Магнитосфера формируется в результате взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли. По форме магнитосфера представляет собой каверну с хвостом из силовых линий, среднее положение подсолнечной точки – 10 земных радиусов ( $R_e$ ), хвост магнитосферы простирается за орбиту Луны. Топология магнитосферы определяет области вторжения солнечной плазмы внутрь магнитосферы и характер токовых систем.

**Хвост магнитосферы.** Силовые линии магнитного поля Земли из околополюсных областей под действием солнечного ветра уносятся на ночную сторону и вытягиваются на сотни  $R_e$ . Под действием изменяющегося давления солнечного ветра и межпланетного поля хвост служит местом формирования потоков высыпавшихся частиц, вызывающих полярные сияния и авроральные токи.

**Магнитопауза.** Граница равенства динамического давления солнечного ветра и давления магнитного поля Земли, формирует внешнюю границу магнитосферы, место развития токов DCF. В период магнитных возмущений магнитопауза заходит за геостационарную орбиту ( $6.6 R_e$ ), при слабом солнечном ветре подсолнечная точка уходит на  $15-20 R_e$ .

**Магнитошит (magnetosheath).** Переходная область между отошедшей ударной волной в солнечном ветре и магнитопаузой. Играет важную роль в механизме передачи энергии от СВ к магнитосфере Земли. Роль магнитошита в развитии магнитных возмущений до сих пор не оценена.

**Обороты Солнца по Бартельсу.** В 30-е годы XIX века для исследования солнечных эффектов в вариациях магнитного поля Дж. Бартельсом была введена нумерация солнечных оборотов в 27 дней. Номер 1 был присвоен обороту, начавшемуся 8 февраля 1832 года. Очередной 2294 оборот начинается 11 августа 2001 года.

**Каррингтоновские обороты Солнца.** Американский астроном Каррингтон выбрал в качестве начала отсчета для регулярных исследований Солнца 9 ноября 1853 года. Этот момент является точкой отсчета оборотов Солнца с синодическим периодом длительностью в 27.2753 дня. Например, оборот № 1960 приходится на период 25 февраля – 23 марта 2000 г. Регулярные определения оборотов ведутся астрономической обсерваторией ВМФ США.

**Геомагнитные индексы.**

**Kp – индекс.** В 30-е годы Дж. Бартельс и С. Чепмен ввели K-индекс магнитной активности и его усредненное по 12 магнитным обсерваториям значение - Kp-индекс. До сих пор Kp-

индекс является наиболее широко используемым индексом и представляет собой численную характеристику степени возмущенности магнитного поля, выраженную в баллах, где каждому баллу соответствует амплитуда вариаций магнитных элементов за трехчасовой промежуток с поправкой на спокойную суточную вариацию. Пояснения по методике определения **Kp** индекса даны здесь в отдельном приложении.

**Dst-индекс.**  $D_{st}$ -индекс был предложен М. Сугиурой и С. Чепменом вначале 50-х годов как мера интенсивности кольцевого тока (DR), усиливающегося в магнитосфере взрывным образом во время магнитных бурь. По спутниковым измерениям установлено, что DR токи текут в основном во внешнем радиационном поясе на расстояниях от 2 до 7  $R_E$  (земных радиусов) от центра Земли и направлены по часовой стрелке. На земной поверхности кольцевой ток приводит к уменьшению горизонтальной составляющей магнитного поля, наибольшей в низких широтах. Вычисляется **D<sub>st</sub>**-индекс как усредненная величина возмущений, отсчитываемых от спокойного уровня по данным четырех магнитных обсерваторий: Какиока, Гонолулу, Сан-Хуан, Херманус. Строго говоря, помимо DR-токов, в  $D_{st}$ -индексе имеется вклад DCF-токов, текущих по поверхности магнитосферы и токов в хвосте магнитосферы. В спокойные периоды поля DR- и DCF- токов имеют почти сопоставимую величину, во время бурь вклад DR-токов почти на порядок больше DCF-токов.

**AE-индекс.** В 1966 году Т. Дэвисом и М. Сугиурой был введен AE-индекс как амплитудная характеристика полярных геомагнитных возмущений. Основные элементы токовой системы в высоких широтах – две авроральные электроструи, западная и восточная, текущие вдоль зоны полярных сияний. Соответственно, AE-индекс разбивается на две части – AU (экстремальное значение N-компоненты магнитного поля восточной электроструи) и AL (западной электроструи). Для периода 1957-1975 гг. AE-индекс вычислялся в 2,5-минутном формате, в настоящее время он вычисляется в 1-минутном формате. В современной физике магнитосферы AE-индекс широко используется для описания магнитосферных возмущений.

**Секторная структура межпланетного магнитного поля (СС ММП).** В околосолнечном пространстве, кроме солнечной плазмы, имеется магнитное поле солнечного происхождения, направленное преимущественно вдоль спирали от Солнца или к Солнцу, которое формирует таким образом секторную структуру ММП. Это магнитное поле играет важную роль во взаимодействии солнечного ветра с магнитосферой Земли. В 1973 году С. Мансуров и Л. Свалгард установили, что пересечение границ секторов ММП приводит к росту магнитной активности и к смене типа возмущений в полярной шапке. Знак СС ММП определяется по суточным записям вариаций магнитного поля на паре станций Восток – Резолут-Бей. Таким образом, определения секторной структуры ММП служат индексом магнитной активности.