

УДК 550.380.2

Индикаторы магнитной бури

Любимов Владимир Валерьевич, старший научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук

Аннотация. Рассмотрен способ визуализации магнитных бурь на основе использования простых и недорогих магнитометров, созданных на основе феррозондовых компонентных датчиков магнитного поля. Созданные модели приборов позволяют проводить геомагнитные исследования и эффективно использоваться для исследований в медицине и магнитобиологии.

Ключевые слова: магнитное поле, магнитные измерения, магнитные возмущения, магнитные бури, феррозондовые магнитометры, диагностические магнитометры, индикаторы магнитной бури.

ВВЕДЕНИЕ

Наши исследования [1-5], целью которых было создание надежных и недорогих приборов для обнаружения магнитной бури (МБ) и проведения локального электромагнитного мониторинга в больницах, клиниках, в зонах отдыха, в жилых и производственных помещениях, – показали принципиальную возможность применения их в условиях города с большим уровнем электромагнитных помех. Поэтому в ИЗМИРАН, начиная с середины 90-х годов, приступили к разработке и изготовлению простых, недорогих приборов, – диагностических магнитометров (ДМ) для оснащения медицинских учреждений [1, 6, 8, 10]. Эти приборы созданы на базе феррозондовых магниточувствительных датчиков (МЧД) и позволяют визуализировать процесс изменения естественного магнитного поля Земли (МПЗ) в реальном времени. В продолжении и в результате развития этих работ появился новый класс ДМ – индикаторы магнитной бури (ИМБ) [7-9, 11,12, 16].

Ниже рассматривается принцип действия и возможности некоторых созданных в ИЗМИРАН моделей ИМБ, а также приводятся их технические характеристики.

АНАЛОГОВЫЙ ИНДИКАТОР МАГНИТНОЙ БУРИ МФ-04 MAGIC

Предлагаемый ИМБ – МФ-04 MAGIC был создан в 1992 году и является одним из вариантов устройств, которые реализуют способ диагностики и визуализации интенсивности МБ, описанный в работе [6].

Конструкция и принцип работы этого ИМБ поясняется **рис.1...рис.3**.

На **рис.1** представлена блок-схема магнитоизмерительного преобразователя (МИП), созданного на основе феррозондового МЧД (а) и один из вариантов конструкции МИП (б) прямоугольной формы.

На **рис.2** показана функциональная схема ИМБ (а) и общий вид конструкции индикатора (б), – настенного или настольного блока.

На **рис.3** показан процесс фиксации, визуализации и хранения в течение суток информации о возмущенности МПЗ на индикаторных табло ИМБ (а, б) и общий вид ИМБ, конструкция МИП которого имеет цилиндрическую форму (в).

Ранее в ИЗМИРАН уже была создана конструкция ИМБ [6, 10], которая позволяла реализовать в темпе эксперимента визуализацию процесса протекания МБ. Это устройство содержало (см. **рис.2а** в работе

[6]) измеритель, расположенный на немагнитном поворотном устройстве (ПУ) и крепящейся к нему при помощи поворотного прямоугольного кольца (ППК) и немагнитных крепежных (и юстировочных) винтов. Выход этого измерителя подключался через соединительный кабель ко входу индикатора. Этот прибор достаточно экономичен, прост и удобен в эксплуатации. Он может эффективно применяться в местах, где имеется постоянно налаженная или круглосуточная дежурная служба, например, в больницах, клиниках или диспетчерских службах аэропортов. ИМБ позволяет анализировать текущее мгновенное значение амплитуды возмущенности МПЗ по каждой из измеряемых составляющих вектора магнитной индукции (ВМИ) поля Земли и последовательно фиксировать и визуализировать уровни (малая, средняя или большая) МБ в процессе ее развития в реальном времени и в любой точке Земного шара.

Однако, одним из недостатков этого ИМБ (и другой конструкции ИМБ [8]) является то, что его использование требует постоянного присутствия оператора или дежурного персонала, который должен зафиксировать во времени момент начала магнитного возмущения (МВ) или МБ, так как ИМБ визуализирует только мгновенное значение амплитуды магнитного возмущения.

Другим недостатком этой конструкции ИМБ является отсутствие информации о состоянии возмущенности МПЗ на ранней стадии развития МБ по сравнению с текущим моментом, что затрудняет возможность заранее прогнозировать процесс ее развития или принимать профилактические меры по ее предупреждению.

Для улучшения процесса прогнозирования и предупреждения МБ, анализа процесса ее развития и протекания необходимо, чтобы весь процесс (или какая-то его часть) на каком-то достаточно длительном выбранном временном интервале, был зафиксирован и визуализирован. Это необходимое условие для наглядности анализа и оценки процесса, и для оперативности принятия соответствующих решений, а также для выдачи соответствующих рекомендаций.

Известно, что протекание любого продолжительного нестационарного, случайного процесса во времени (Т), например, процесса возмущенности МПЗ или МБ, в большинстве практических случаев удобно анализировать по величине его дискретных средних значений ($\overline{B_i}$), полученных на специально выбранных

одинаковых временных интервалах (Δt_i), верхний предел которых выбирается намного меньше интервала анализируемого процесса ($T \gg \Delta t_i$), а нижний предел определяется необходимыми условиями фильтрации мешающих факторов (в нашем случае, – фильтрацией различного рода импульсных помех и шумов, а также высокочастотных вариаций МПЗ), то есть обеспечением необходимой в данном случае частоты среза цифрового фильтра.

При этом среднее значение измеряемой величины \bar{B}_i , на этом, выбранном нами, интервале Δt_i , получается за счет квантования аналогового сигнала, получения n дискретных значений измеряемой величины B_i и их осреднения на этом выбранном интервале Δt_i :

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}.$$

Если теперь процесс квантования и выбор величины необходимых временных интервалов Δt_i син-

хронизовать при помощи, например, кварцевого генератора и таймера с текущим временем измерений, то полученная картина происходящего процесса будет также синхронизирована точно в реальном (или мировом UT) времени и будет более наглядной. При этом автоматически отпадает необходимость в постоянном или круглосуточном присутствии дежурного персонала или оператора.

ИМБ МФ-04 MAGIC позволяет проводить квантование и вычисление средних значений измеряемых составляющих ВМИ на минутном или 60-ти минутном измерительном интервале Δt_i , непрерывно осуществлять процесс визуализации МВ или МБ на одном из аналоговых индикаторов (ИН2), при этом визуализация всего процесса на этом индикаторе будет осуществляться соответственно в течение 24 минут или в течение суток. Процесс регистрации и визуализации МБ на ИН2 показан на **рис.3а** и **рис.3б**. Одновременно, на другом аналоговом индикаторе ИМБ (ИН1), будет визуализироваться текущее мгновенное значение амплитуды происходящего процесса, а на третьем индикаторе (ИН3) – будет (в цифровой форме) фиксироваться текущее время измерения.

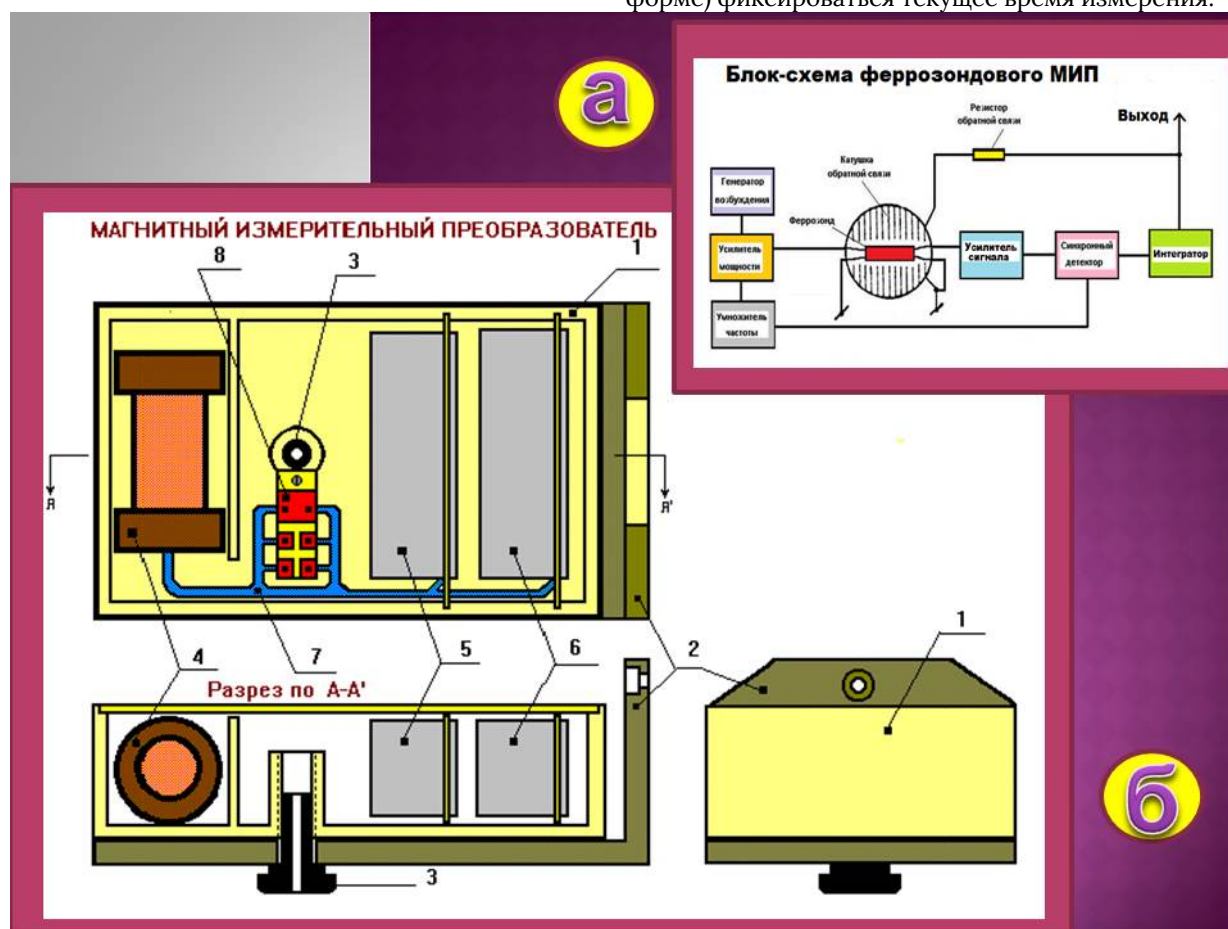


Рис.1. Блок-схема МИП на основе феррозондового МЧД (а) и конструкция МИП (б).

Главной целью разработки и создания новой конструкции ИМБ являлось – улучшение прогнозирования и предупреждения МБ, а также повышение наглядности визуализации получаемых данных, точности привязки во времени процесса развития и протекания МБ и для удобства процесса эксплуатации прибора.

Поставленная цель была достигнута тем, что во входящую в ИМБ схему индикатора, (см. **рис.2а**) содержащую источник опорного напряжения (ИОН), звуковой сигнализатор (ЗС), схему управления (СУ) и автономный блок питания (АБП), по сравнению с ранее созданными вариантами прибора, дополнительно были введены: двухполупериодный выпрямитель (ДВ), повторитель напряжения (ПН), блок компа-

раторов (БК), регистр сдвига (РС), счетчик накопитель (СЧН), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Кроме этого, в схему также были введены: мультиплексор (МП), формирователь импульсов (ФИ), генератор тактовых импульсов (ГТИ), таймер

(ТА), коммутатор (КОМ), счетчик развертки единиц часов (СЧ), первый и второй дешифраторы (ДШ), первая и вторая схемы ключей (СК), а также первый, второй и третий индикаторы (ИН).

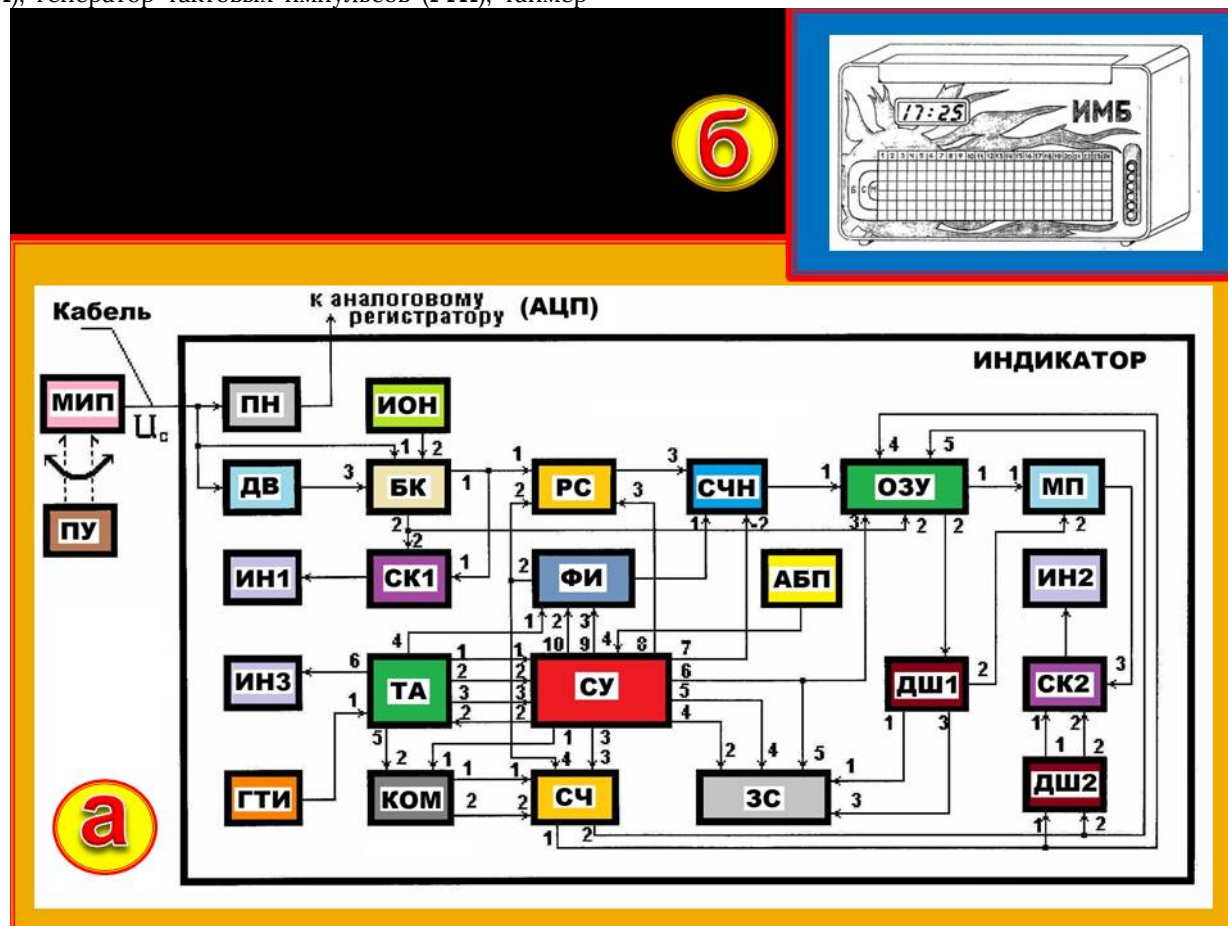


Рис.2. Функциональная схема ИМБ (а) и общий вид конструкции индикатора (б).

Блок-схема и конструкция МИП ИМБ МФ-04 показаны, соответственно на **рис.1а** и **рис.1б**. Корпус МИП выполнен из немагнитного материала – капролона. Внутри этого корпуса расположены: феррозондовый МЧД (4) и электрическая схема, выполненная на двух печатных платах (5 и 6). МИП расположен на немагнитном ПУ и крепится к нему при помощи немагнитного крепежного винта (не показан), при этом выход МИП при помощи соединительного кабеля длиной 6...10 м подключен ко входу блока индикатора. Как видно из **рис.1б**, – на корпусе блока МИП нет никаких органов управления.

Таблица 1

Номер диапазона ИМБ	Величины градаций МВ, нТл			
	Нормальное	Слабое	Среднее	Сильное
1	0...±100	±(100...140)	±(140...200)	±(200...300)
2	0...±170	±(170...230)	±(230...330)	±(330...500)
3	0...±270	±(270...370)	±(370...530)	±(530...800)
4	0...±670	±(670...930)	±(930...1300)	±(1300...2000)

МИП МФ-04 имеет четыре измерительных диапазона: ±300, ±500, ±800 и ±2000 нТл. Каждый измерительный диапазон МИП подразделяется на шесть индицируемых градаций (реперных зон), соответствующим величинам малого, среднего и сильного МВ, величины которых указаны в **табл.1**.

Конструкция блока индикатора показана на **рис.2б** и **рис.3в**. Она представляет собой выполненный из немагнитного материала прямоугольный бокс размерами 200х150х100 мм. Предусмотрено два основных варианта исполнения блока индикатора, –

настольный или настенный. Масса этого блока составляет не более 2,5 кг.

На передней панели индикатора расположены:

- индикаторное табло ИН1 («АМПЛИТУДА»), на котором индицируется мгновенное значение измеряемого МПЗ (один вертикальный столбик из шести разноцветных светодиодов);
- индикаторное табло ИН2 (матрица, собранная из 24-х вертикальных столбиков из шести разноцветных светодиодов каждый), на котором индицируется

осреднённое за 60 минут текущее значение измеренного МПЗ согласно градаций (см. **рис.3б**), указанных в **табл.1**;

- цифровое четырёхразрядное табло (ИНЗ), на котором индицируется текущее время измерений (часы-минуты).

На верхней панели блока индикатора (под крышкой) расположены (см. **рис.2б**) органы управления прибором (4 кнопки и 2 тумблера), которые предназначены для управления часами и работой ЗС. Здесь также установлена кнопка («**КОНТР**») для включения контрольного режима индикации ИН2.

На нижней панели блока индикатора МФ-04 (см. схему на **рис.2а**) расположены три разъёма: один - для подключения МИП; второй - для подключения аналогового регистратора (или АЦП, с напряжением постоянного тока на аналоговом входе $0... \pm 3$ В); третий разъём - для подключения внешнего источника питания (сетевого адаптера - **СА**) напряжением 9...12

В. Общее питание ИМБ осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, при этом потребляемая мощность, не более 20 Вт.

При помощи подключаемого к выходу блока индикатора (к выходу ПН) аналогового регистратора (или АЦП), имеется возможность круглосуточной фиксации получаемой информации о возмущенности МПЗ в реальном масштабе времени, например, используя типовой самопишущий потенциометр (как это показано на **рис.4**) или компьютер. Предусмотрена возможность индикации величины МБ при помощи включения звуковой сигнализации (ЗС).

Перед началом проведения измерений в выбранной точке (месте), по данным близлежащей МО или используя данные **Табл.1**, определяют максимально возможную величину амплитуды среднесуточной вариации магнитного склонения **D** в районе проведения работ. Например, для района г. Москвы, амплитуда суточной вариации магнитного склонения **D** по данным ЦМО МОСКВА в невозмущенные (спокойные или нормальные) в геомагнитном отношении дни, лежит в пределах от 80 до 140 нТл.

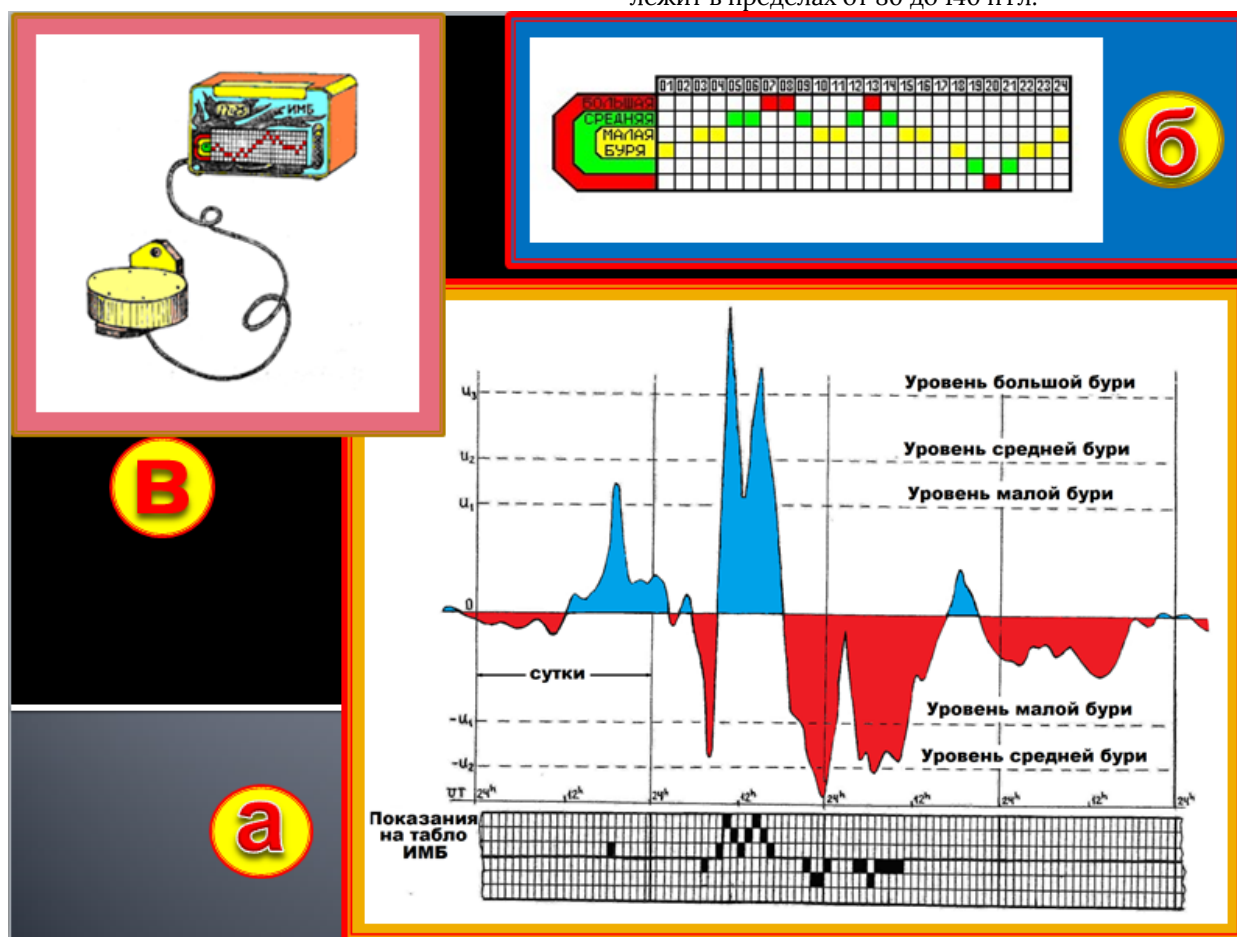


Рис.3. Процесс регистрации МБ на световом табло индикатора (а, б) и общий вид ИМБ, конструкция МИП которого имеет цилиндрическую форму (в).

Работа ИМБ осуществляется следующим образом (см. **рис.1** и **рис.2**). Перед началом проведения измерений оператор, при помощи органов управления, которые расположены на верхней панели (под крышкой) индикатора и не показаны на **рис.2б**, включает ИМБ. При этом питающее напряжение с выхода АБП поступает на все схемы индикатора. Затем устанавливается на ИНЗ текущее (или мировое **UT**) время

измерений, и далее производится установка и юстировка МИП на ПУ относительно плоскости магнитного меридиана (**ПММ**) так, как это описано в [6] и в Инструкции [7].

До начала измерений МПЗ необходимо проверить работу ИМБ в контрольном режиме работы (при нажатой кнопке «**КОНТР**»). Этот процесс осуществ-

ляется в течение 24-х минут. После проведения контроля прибора кнопка «**КОНТР**» устанавливается в отжатое состояние и далее производится режим автоматических измерений вариаций МПЗ. При этом запись усреднённой амплитуды вариаций МПЗ будет

происходить автоматически на ИН2 каждый час в течение суток. И далее процесс почасовой индикации результатов измерения будет на световой матрице смещаться последовательно каждый час слева направо (см. **рис.36**).

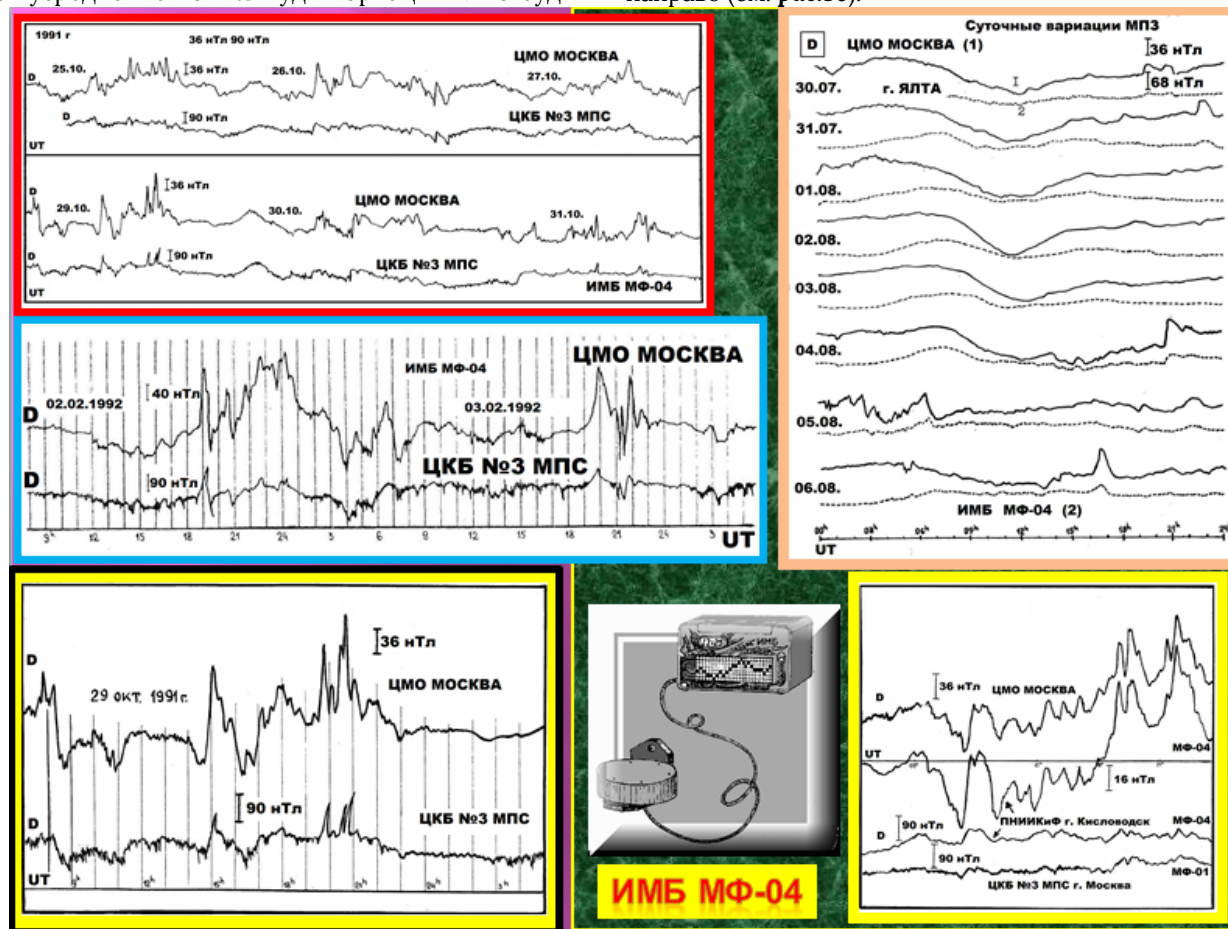


Рис.4. Примеры одно-, двух-, шести- и восьмисуточной регистрации МПЗ при помощи ИМБ, которые были установлены в клиниках различных городов в сравнении с записями ЦМО МОСКВА.

В процессе измерения МПЗ на индикаторном табло (матрице) ИН2 схемой управления ИМБ обеспечивается следующий алгоритм регистрации и визуализации данных:

- если на индикаторном табло ИН1 «АМПЛИТУДА» светятся три верхних (или нижних) светодиода (жёлтый, зелёный, красный), - то в вертикальном столбике матрицы ИН2 загорится красный верхний (или нижний) светодиод. И это будет сопровождаться ЗС высокого тона с интервалом 0,5 с;

- если на индикаторном табло ИН1 «АМПЛИТУДА» светятся два светодиода (жёлтый и зелёный), то в вертикальном столбике матрицы ИН2 загорится зелёный светодиод с сопровождением ЗС среднего тона с интервалом 0,5 с;

- если на индикаторном табло ИН1 «АМПЛИТУДА» светится только жёлтый светодиод, то в вертикальном столбике матрицы ИН2 загорится жёлтый светодиод, а звуковой сигнал при этом не выдаётся;

- если индикатор ИН1 «АМПЛИТУДА» не светится, то и все светодиоды матрицы ИН2 будут погашены.

Созданные образцы ИМБ МФ-04 MAGIC прошли лабораторные испытания в медицинских и исследовательских центрах в различных городах на территории России [3, 4, 13]. Некоторые примеры аналоговой регистрации МВ и МБ в клиниках гг. Москвы,

Кисловодска, Ялты (при помощи ИМБ) в сравнении результатами зафиксированными вариометрами в ЦМО МОСКВА (г. Троицк), представлены на **рис.4**.

ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ МАГНИТНОЙ БУРИ И РЕГИСТРАТОРЫ МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ МИКРОПРОЦЕССОРА

Прогресс в развитии технологий, материалов и микропроцессорной техники послужил тому, что в ИЗМИРАН совместно с Научно-производственной фирмой «**IMPEDANCE**» в конце 1996 года был создан новый вариант конструкции ИМБ – регистратор магнитной активности (**РМА**) **IDL-04** [9]. В этой конструкции ИМБ схема МИП осталась практически без изменений, зато схема блока индикатора была выполнена с применением микропроцессорных технологий и элементов. Общий вид блока индикации IDL-04 показан на **рис.5б**.

ИМБ IDL-04 представляет собой компактный прибор непрерывного действия, предназначенный для определения, накопления, хранения и анализа информации о МВ как естественного, так и искусственного происхождения. Прибор включает в себя МИП и блок хранения и визуализации данных (**БХВД**), которые соединены между собой кабелем длиной 10 м.

МИП представляет собой однокомпонентный (или трехкомпонентный) магнитометр, основанный на феррозондовом принципе измерения, с аналоговым выходом. МИП выполнен в виде отдельного компактного модуля (см. **рис.5а**), в прямоугольном (114x80x40 мм) или цилиндрическом (Ø140x40 мм) вариантах исполнения корпуса.

МИП располагается на немагнитном ПУ, выполненном в виде кронштейна, и имеет три измерительных диапазона (± 125 , ± 250 и ± 500 нТл), позволяющих

проводить измерения вариаций МПЗ без их дополнительной перестройки. Коэффициент преобразования МИП во всех измерительных диапазонах 2,5 мВ/нТл. Реализуемая МИП точность измерения МПЗ составляет 1 нТл. Мощность, потребляемая от источника постоянного тока, не более 0,3 Вт. Конструкция МИП реализует возможность простой и быстрой его установки, юстировки и подготовки к работе.

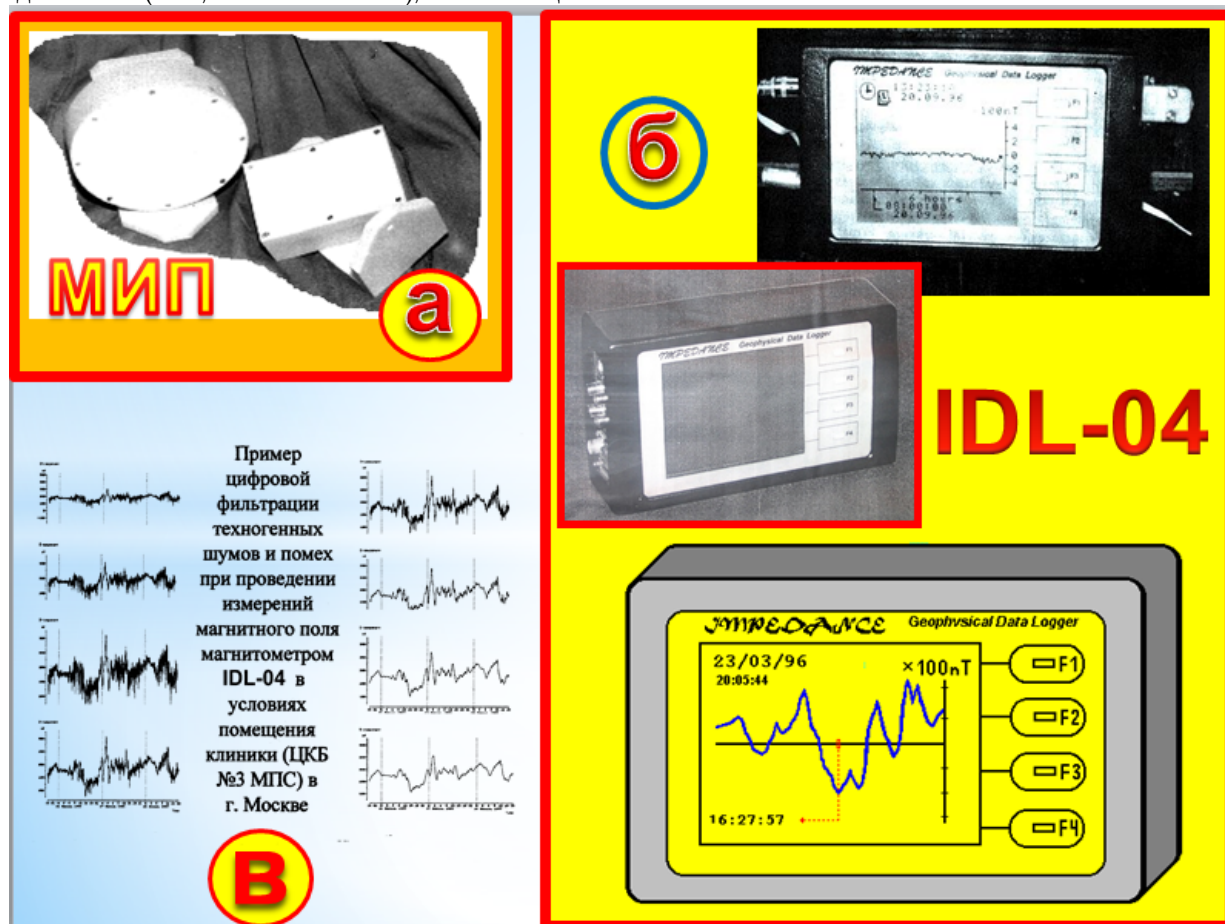


Рис.5. Общий вид конструкции двух вариантов МИП ИМБ (а) и конструкция БХВД ИМБ IDL-04 (б), а также пример реального процесса трёхсуточной регистрации и цифровой фильтрации данных полученных ИМБ (в).

БХВД построен на основе процессора 80C188ЕС и оснащен энергонезависимой памятью **Flesh**-типа для хранения данных и программ, объем которой позволяет, в зависимости от установленного режима регистрации, накапливать данные в течение 14...113 суток. Аналоговый сигнал с выхода МИП цифруется с помощью встроенного 12-разрядного АЦП. Для передачи данных в компьютер, используется интерфейс типа RS-232, который используется также для подключения принтера при изготовлении "твердой копии" данных.

Для задания режима визуализации измеренной информации, БХВД (см. **рис.5б**) оснащен четырьмя функциональными кнопками и жидкокристаллическим дисплеем, на который выводится графическая информация о текущей магнитной обстановке, ее развитие за последние 6, 12, 24 или 72 часа (трое суток).

Конструктивно БХВД выполнен в виде лабораторного прибора настольной или настенной установки.

Все электронные схемы, выполненные на двух печатных платах, расположены в металлическом корпусе с размерами 200x120x40 мм.

IDL-04 работает по заложенной в нем программе, которая позволяет оперативно устанавливать необходимые режимы работы:

- демонстрация текущих данных и индексов магнитной активности (**ИМА**);
- демонстрация хранимых данных;
- изготовление "твердой копии" хранимых данных (см. **рис.6**).

Управление ИМБ построено по принципу "меню". Меню не хранится на дисплее БХВД постоянно, его вывод активизируется после нажатия на одну из функциональных кнопок (**F1...F4**).

БХВД позволяет визуализировать измеряемое МЧД МПЗ в цифровой и аналоговой форме и реализует накопление и обработку получаемой информации с заданной дискретностью в течение продолжительного интервала времени. В приборе программно

заложена возможность осреднения получаемой информации на любом выбранном оператором временном интервале. При этом предусмотрена возможность:

- для одновременного комплексирования в реальном масштабе времени восьми измерительных аналоговых каналов (для подключения различных магнитоэлектрических датчиков, датчиков давления, влажности, температуры и т.д., имеющих электрический аналоговый выход);
- для поканального выборочного вывода измеренной информации на типовом аналоговом регистраторе (см. **рис.6**);
- для включения ЗС при МБ или при обнаружении значительного МВ.

Особенностью IDL-04 является использование оригинального алгоритма работы, который позволяет производить расчет и визуализацию ИМА на основе поиска, выявления и определения дней со спокойной геомагнитной обстановкой, проводить цифровую фильтрацию измеренных данных при работе в условиях с большим уровнем техногенных электромагнитных помех (см. **рис.5в**).

Диапазон напряжений на аналоговых входах БХВД: 0...+2,5 или $\pm 1,25$ В, при входном сопротивлении не менее 500 кОм. Скорость регистрации данных на аналоговом регистраторе: 1, 4 и 10 значений/с, а скорость передачи данных через последовательный интерфейс RS-232 в компьютер (или на принтер) – 9600 бод.

Питание ИМБ IDL-04 осуществляется от источника постоянного тока напряжением 5 В (мощность потребления не более 1 Вт) либо от СА с указанными выходными характеристиками. Диапазон рабочих температур в пределах от 10 до 40 °С. Масса прибора, включая кронштейн, не более 3 кг.

Одна из моделей ИМБ IDL-04 на протяжении нескольких лет использовалась Ю.И. Гурфинкелем при проведении научно-методических и исследовательских работ в ЦКБ №3 МПС (в г. Москва) [4, 13-15]. В качестве примера на **рис.6** представлены фрагменты регистрации МПЗ в условиях клиники в реальном времени на дисплее прибора при наличии техногенных шумов и помех (**рис.6а**), а также записи на дисплее БХВД с применением цифровой фильтрации данных (**рис.6б**).

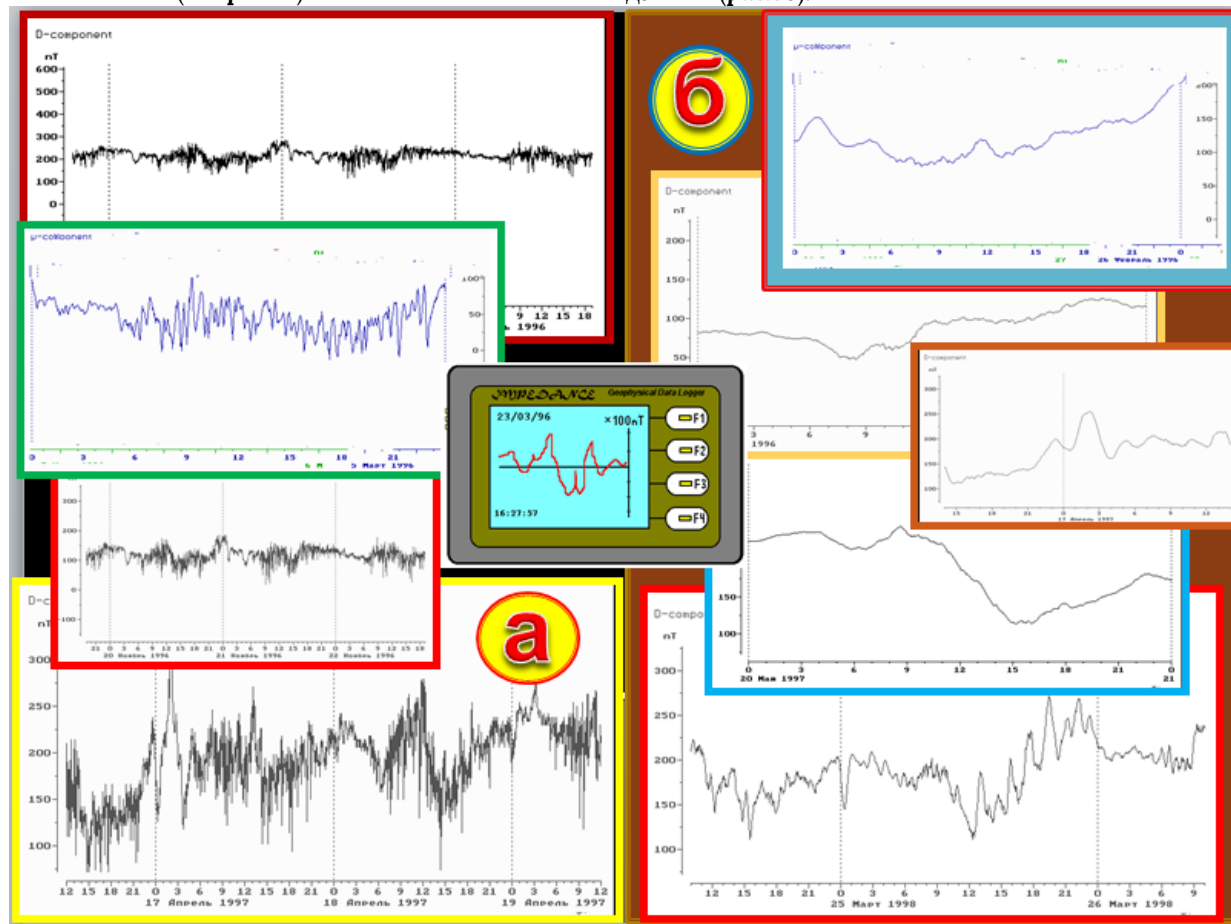


Рис.6. Примеры регистрации МПЗ в клинике г. Москвы (ЦКБ №3 МПС) при помощи ИМБ IDL-04. Одно- и трёхсуточные записи поля в реальном времени (а) и записи, полученные с применением цифровой фильтрации данных (б).

РМА IDL-04М является новым вариантом ИМБ IDL-04 [16], который имеет два измерительных канала МИП (с использованием одно- или трёхкомпонентных МЧД), что позволяет применять его (в отличие от других конструкций ИМБ) для проведения специальных научных магнитобиологических и медицинских исследований. Появляется возможность

проведения измерений в двух точках, например, в экранированных помещениях или в магнитной камере (и вне их) при исследовании воздействия гипогеомагнитных полей и вредных излучений на живые объекты и человека.

РМА выполнен на основе феррозондовых МЧД в виде переносного (настенного) лабораторного прибора и состоит из четырех основных блоков: двух МИП, – МИП-1 и МИП-2, блока измерения и накопления (БИН), соединенного с МИП-1 и МИП-2 при помощи кабелей длиной 8 м и СА.

Общий вид IDL-04М, его функциональная схема и конструкция МИП, – представлен на **рис.7**. Здесь показаны графики зарегистрированных МВ (в процессе тестирования прибора в ЦМО МОСКВА), а также вычисленные в процессе проведения измерений ИМА (К-индекс).

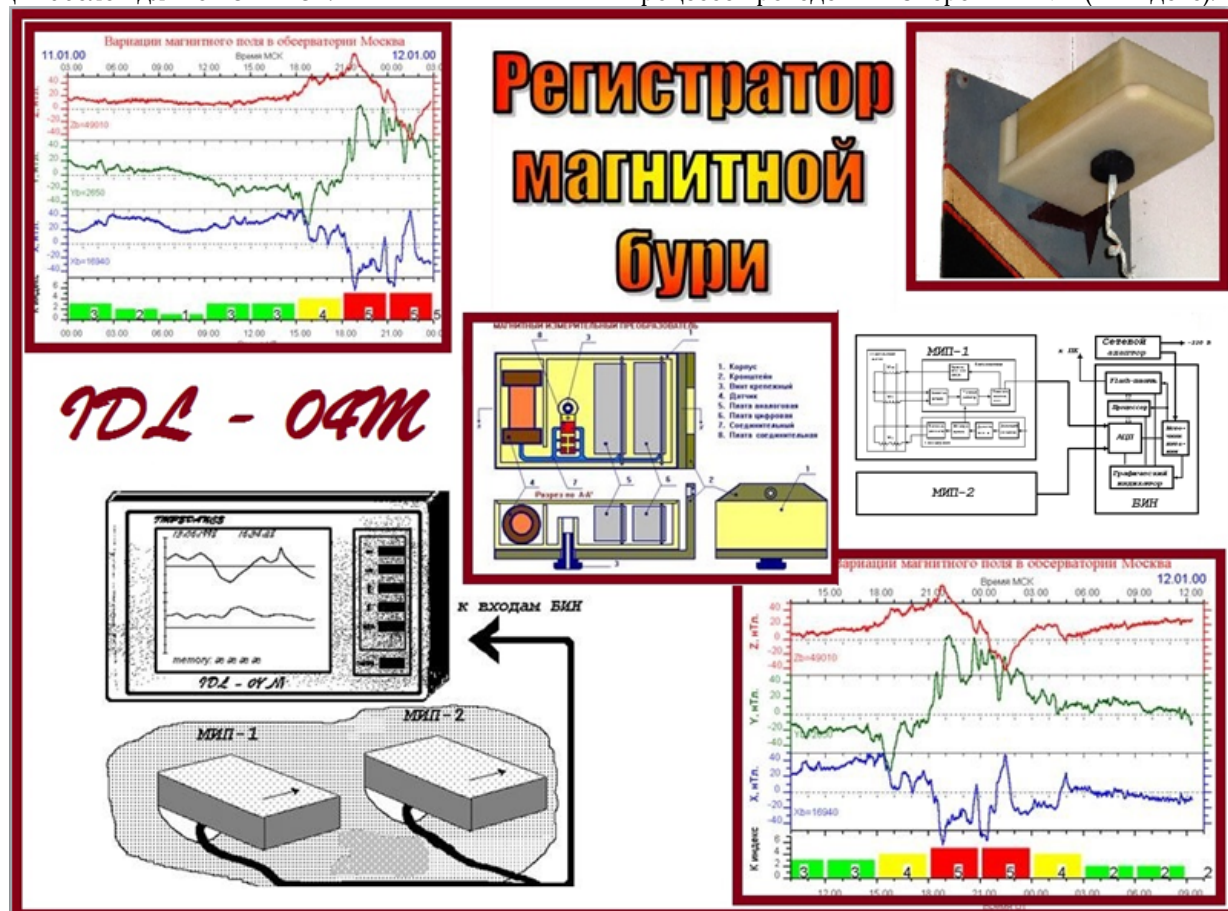


Рис.7. Общий вид двухканального РМА IDL-04М, его функциональная схема и конструкция МИП.

МИП является высокочувствительным и высокоточным магнитометрическим прибором, который имеет четыре диапазона измерения вариаций МПЗ: ± 400 , ± 500 , ± 800 и ± 1000 нТл, установка которых зависит от широтного расположения МИП. При этом реализуемая точность измерения составляет 1 нТл. Максимальная величина напряжения постоянного тока на аналоговом выходе МИП составляет $\pm 2,0$ В. Максимальная мощность потребления МИП от источника постоянного тока не более 0,3 Вт.

Схема построения МИП предусматривает возможность ручной калибровки аналогового канала и возможность поиска и индикации направления на ПММ при помощи светодиодных ИН.

Конструкция МИП показана на **рис.7**. МИП располагается на немагнитном ПУ выполненном в виде кронштейна, которое осуществляет его жесткое крепление к стене или какому-либо неподвижному и немагнитному предмету и которое позволяет осуществлять вращение МИП в горизонтальной плоскости с целью его установки и юстировки ортогонально ПММ.

Корпус МИП, имеющий прямоугольную форму с размерами 114x80x40 мм, выполнен из немагнитного материала. МИП имеет один орган управления –

встроенный внутрь корпуса малогабаритный DIP-переключатель. Масса МИП вместе с немагнитным ПУ составляет не более 0,7 кг.

Функциональная схема РМА IDL-04М показана на **рис.7**. Схема БИН, как и у предыдущей модели (IDL-04), – выполнена на базе микропроцессора и реализует все основные функции и режимы, заложенные в ней. Основной конструкцией БИН является пластмассовый корпус (размером 225x200x140 мм, масса блока – 0,4 кг), который состоит из двух панелей: передней и задней, на которых установлены все органы управления прибором и соединительные разъемы.

На передней панели БИН (см. **рис.7**) расположены:

- кнопки: «▲», «▶», «▼» и «◀», обеспечивающие перемещение по экранному меню дисплея соответственно вверх, вправо, вниз и влево;

- кнопка «ENTER» обеспечивает выполнение выбранной команды, отображенной на экранном меню дисплея;

- графический индикатор (табло), на котором измеряемая информация отображается в виде графика сигнала/время.

На задней панели БИН расположены тумблер для включения питания прибора и 4 разъема, два из которых предназначены для подключения МИП, а

остальные два, – для подключения СА (11...13 В) и компьютера.

Мощность потребления IDL-04М от источника постоянного тока составляет не более 6 Вт. МИП прибора имеет достаточно широкий рабочий температурный диапазон (от минус 30 до 45 °С), который позволяет устанавливать его вне помещения, а диапазон рабочих температур БИН находится в пределах 0...40°С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданные в период с 1992 по 2000 гг. [1, 12, 16] модели ИМБ получились малогабаритными, достаточно простыми в эксплуатации и в обслуживании. В процессе проводимых экспериментальных работ были созданы специальные компьютерные программы, позволяющие проводить фильтрацию техногенных шумов и помех, а также проводить корреляционный анализ получаемых медицинских и геофизических данных.

Накопленный опыт использования ДМ и ИМБ различных типов и конструкций в клиниках показал принципиальную возможность применения созданной магнитометрической аппаратуры в условиях с достаточно большим уровнем техногенных электромагнитных помех [2, 10-15].

Литература:

1. Любимов В.В. Малогабаритные, экономичные и дешевые компонентные вариометры для нужд науки и медицины. **Препринт** №60 (1007) М.: ИЗМИРАН, 1992. – 21 с. DOI: [10.5281/zenodo.3601520](https://doi.org/10.5281/zenodo.3601520)
2. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей (Аналитический обзор). **Препринт** №7 (1103) М.: ИЗМИРАН, 1997. – 85 с. DOI: [10.5281/zenodo.3599790](https://doi.org/10.5281/zenodo.3599790)
3. Гурфинкель Ю.И., Любимов В.В., Ораевский В.Н., Парфенова Л.М., Юрьев А.С. Влияние геомагнитных возмущений на капиллярный кровоток у больных ишемической болезнью сердца // **Биофизика**. М.: Наука, 1995. Том 40. Вып.4. С.793 – 799. DOI: [10.5281/zenodo.3722641](https://doi.org/10.5281/zenodo.3722641)
4. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: Эльф-3, 2004. – 168 с.
5. Любимов В.В., Рагульская М.В., Хабарова О.В. Влияние изменения естественного магнитного поля на биологически активные точки человека: организм человека как детектор магнитных бурь // **Медицинская физика**. М., 2005. №1(25). С.46 – 55. DOI: [10.5281/zenodo.3610550](https://doi.org/10.5281/zenodo.3610550)
6. Любимов В.В. Способ диагностики и визуализации интенсивности магнитных возмущений и созданные устройства для его реализации // **Евразийское научное объединение**. М., 2020 №9 (67). С.447-456. DOI: [10.5281/zenodo.4072052](https://doi.org/10.5281/zenodo.4072052)
7. Диагностический магнитометр – индикатор магнитной бури МФ-04 MAGIC. Инструкция по эксплуатации. Троицк: ИЗМИРАН, 1992. – 12 с. DOI: [10.5281/zenodo.4088839](https://doi.org/10.5281/zenodo.4088839)
8. Любимов В.В., Заруцкий А.А. Диагностический магнитометр – индикатор магнитной бури // **Приборы и техника эксперимента**. М.: Наука, 1996. №2. С.171.
9. Зверев А.С., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Регистратор магнитной активности // **Приборы и техника эксперимента**. М.: Наука, 1997. №1. С.168. DOI: [10.5281/zenodo.2573289](https://doi.org/10.5281/zenodo.2573289)
10. Любимов В.В. Диагностические магнитометры для проведения электромагнитного мониторинга в условиях города и современные методы и средства индивидуально-массовой визуализации его результатов. Обзор. **Препринт** №6 (1116) М.: ИЗМИРАН, 1998. – 20 с. DOI: [10.5281/zenodo.4075517](https://doi.org/10.5281/zenodo.4075517)
11. Lyubimov V.V. Instruments for the natural magnetic fields registration in the city conditions: the magnetic storm indicators // 15th International Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility (June 27-30, 2000). Abstracts. Wroclaw, 2000. Part 1. PP.379-382. DOI: [10.5281/zenodo.3719879](https://doi.org/10.5281/zenodo.3719879)
12. Любимов В.В. Обзор по магнитометрам, созданным в ИЗМИРАН. Часть 3: Приборы для медико-биологических исследований и электромагнитного мониторинга окружающей среды // **Евразийское научное объединение**. М., 2019. №6 (52). С.91-98. DOI: [10.5281/zenodo.3271160](https://doi.org/10.5281/zenodo.3271160)
13. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Использование диагностических магнитометров и индикаторов магнитной бури в клинике для электромагнитного мониторинга и в качестве информационного инструмента по выявлению магнитозависимых людей // Международная конференция "Экологическая геофизика и геохимия". Сборник материалов. Москва-Дубна: ВНИИгеосистем, 1998. С.177 – 178.
14. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Применение регистратора магнитной активности IDL-04 в условиях клиники // Международная школа-семинар -ACS'98 "Автоматизированные и компьютерные

системы в науке, технике и промышленности" (29 июня-5 июля 1998 г., Москва, МГУ). Тезисы докладов. М.: МГУ, 1998. С.160-162.

15. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Применение регистратора магнитной активности IDL-04 в условиях клиники // *Датчики и Системы* / Новые приборы. М.: «ООО СенСиДат», 2005. №.2. С.39.

DOI: 10.5281/zenodo.3661406

16. Регистратор магнитной активности IDL-04М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Троицк: ИЗМИРАН, 2000. – 11 с. **DOI: 10.5281/zenodo.4106652**