

**MATERIALS  
OF THE XVI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND  
PRACTICAL CONFERENCE**

**CONDUCT OF MODERN SCIENCE -  
2020**

November 30 - December 7, 2020

**Volume 5**

SHEFFIELD  
SCIENCE AND EDUCATION LTD  
2020

SCIENCE AND EDUCATION LTD

Registered in ENGLAND & WALES Registered Number: 08878342  
OFFICE 1, VELOCITY TOWER, 10 ST. MARY'S GATE,  
SHEFFIELD, S YORKSHIRE, ENGLAND, S1 4LR

Materials of the XVI International scientific and practical Conference  
Conduct of modern science - 2020 , November 30 - December 7, 2020 :  
Sheffield. Science and education LTD -124 p.

**Date signed for printing ,**  
For students, research workers.

Price 3 euro

ISSN 2312-2773

© Authors , 2020

© SCIENCE AND EDUCATION LTD, 2020

## PHYSICS

### Geophysics

**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*

#### **ФЕРРОЗОНДОВЫЕ ПРИБОРЫ. ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ. ЧАСТЬ 4: АНАЛИЗАТОРЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МАГНИТНЫХ МИКРОПОЛЕЙ**

**Аннотация.** Даётся описание простых диагностических магнитометров – приборов для визуализации геомагнитных возмущений и магнитных бурь, которые созданы на базе феррозондовых магниточувствительных датчиков и предназначены для использования в медицинских учреждениях и исследовательских центрах. Приборы, позволяют проводить геомагнитные исследования и эффективно использоваться для исследований в науке, медицине и магнитобиологии.

**Ключевые слова:** магнитное поле, магнитные измерения, феррозондовые магнитометры, геомагнитные возмущения, индикаторы магнитной бури, регистраторы магнитной активности

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Феррозондовый датчик представляет собой первичный магнитомодуляционный преобразователь, используемый в качестве магнитометра для преобразования магнитной индукции в электрический сигнал. Действие феррозонда основано на модуляции магнитного состояния ферромагнитного сердечника с помощью вспомогательного переменного магнитного поля (МП) [1]. Феррозонд иногда называют ферромодуляционным преобразователем, подчеркивая его принадлежность к магнитомодуляционным преобразователям. Классическая схема феррозонда включает в себя магнитопровод, обмотку возбуждения (питаемую переменным током) и

измерительную обмотку (см. схему на **рис.1** ). В настоящее время существует множество различных конструкций магнитоизмерительных преобразователей (**МИП**), которые созданы на основе феррозондовых магниточувствительных датчиков (**МЧД**) [1].

На протяжении многих лет в ИЗМИРАН проводились работы по созданию как феррозондовых МЧД, так и различных уникальных научных приборов на их основе для различного применения [2-20]. Проведённые научные исследования [3-5, 9, 11, 18] показали принципиальную возможность применения диагностических магнитометров (**ДМ**) на основе феррозондовых МЧД в качестве простых анализаторов возмущённости естественного магнитного поля (**ЕМП**) в условиях города с большим уровнем электромагнитных излучений (**ЭМИ**). В процессе этих исследований были созданы несколько моделей приборов для регистрации и анализа магнитных микрополей (на уровне единиц нТл), которые могли обнаружить (среди высокого уровня техногенных шумов, помех и ЭМИ) естественные магнитные возмущения (**МВ**).

Для медицинских учреждений (на основе феррозондовых МЧД) специально был разработан инструментарий, - индикаторы магнитной бури (**ИМБ**), - простые приборы, позволяющий проводить научные исследования в клиниках. Эти приборы в дальнейшем после апробации в клиниках [5-9] были модернизированы. С развитием современной техники и технологий, появились новые модели ДМ и ИМБ –регистраторы магнитной активности (**РМА**), которые позволяли не только регистрировать МВ, но и производить их анализ в темпе эксперимента, рассчитывать индексы магнитной активности (**ИМА**) и визуализировать процессы измерения как на встроенных графических индикаторах (**ГИ**), так и с помощью компьютеров.

Опытные образцы ряда приборов прошли клинические и лабораторные испытания в исследовательских центрах и организациях [9-12, 18, 19] . В процессе этих испытаний и проводимых экспериментальных работ сотрудниками ИЗМИРАН, при активном участии медиков, были созданы специальные компьютерные программы, позволяющие проводить корреляционный анализ получаемых медицинских и геофизических данных.

Ниже речь пойдёт о конструкции созданных в ИЗМИРАН магнитометров с высокой (на уровне 1 нТл и выше) разрешающей способностью для

исследования ЭМП, созданных на основе различных феррозондовых МЧД. Рассмотрены проекты опытных образцов малогабаритных приборов для исследования природных и техногенных ЭМП и ЭМИ.

## ФЕРРОЗОНДОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные характеристики созданных моделей ДМ, ИМБ и, созданных впоследствии с применением компьютерных технологий, РМА, - приведены в табл.1.

**Таблица 1. Некоторые технические и эксплуатационные характеристики ДМ**

| Модель прибора   | Число измер. каналов | Диапазон измерений, мкТл | Вид регистрации, индикации | Питание |          | Потребление, Вт | Применение               |
|------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|---------|----------|-----------------|--------------------------|
|                  |                      |                          |                            | ИПТ, В  | СПТ (СА) |                 |                          |
| <b>МФ-01</b>     | 1                    | $\pm(0,4;0,5;0,8; 1,2)$  | ИТ, ЗС, СП<br><br>ЗИ       | 9       | +        | 0,15            | ИМБ                      |
| <b>МФ-04</b>     | 1                    | $\pm(0,4; 0,5; 0,8; 2)$  |                            | -       | +        | <20             |                          |
| <b>МФ-05</b>     | 1                    |                          |                            | -       | (9)      | <1              |                          |
| <b>IDL-04</b>    | 1 (3)                | $\pm(0,125;0,25; 0,5)$   | ГИ, ЗС, ПР, ПК             | 5       | +        | 0,3             | РМА                      |
| <b>IDL-07</b>    | 2 (8)                | $\pm(0,125;0,25; 0,5;1)$ | ГИ, ПК                     | 5       | (5)      | 2,5             |                          |
| <b>IDL-09</b>    | 2                    | $\pm(1, 10, 100)$        |                            | 9-12    | (12)     | 1,5             |                          |
| <b>IDL-04M</b>   | 2 (6)                | $\pm(0,3; 0,5; 0,8; 1)$  | ЦТ, ПК                     | 11-13   | (12)     | <6              | МК, ГГМП, мониторинг ЭМП |
| <b>IDL-12</b>    | 2                    | $\pm 100$                |                            | 9-12    | (10)     | 1,5             |                          |
| <b>IDL-05-01</b> | 1...10               |                          | ПК                         |         | (9)      | <1              |                          |

В начале 90-х годов прошлого века в ИЗМИРАН была создана конструкция МИП для аналогового ДМ [3], которая позволяла реализовать визуализацию процесса протекания МБ в условиях локального помещения любого типа. Этот ДМ содержал (см. рис.1) измеритель (ИЗМ), расположенный на немагнитном поворотном устройстве (ПУ). Это ПУ было выполнено в виде кронштейна и обеспечивало вращение ИЗМ в горизонтальной плоскости с последующей его фиксацией в угловом растворе 360 градусов, при этом ИЗМ крепился к нему при помощи поворотного прямоугольного кольца (ППК) и немагнитных крепежных (и юстировочных) винтов (НКВ).

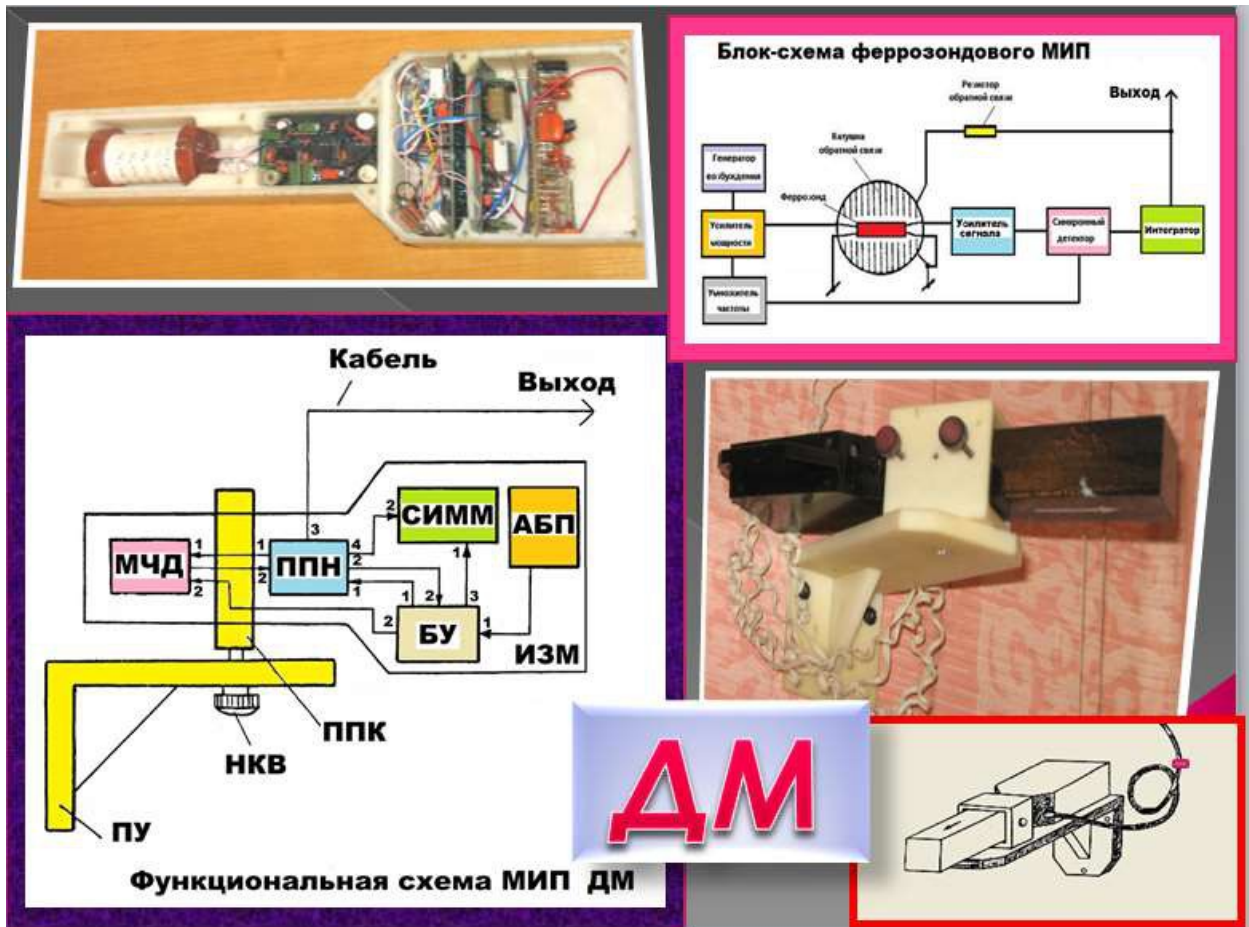
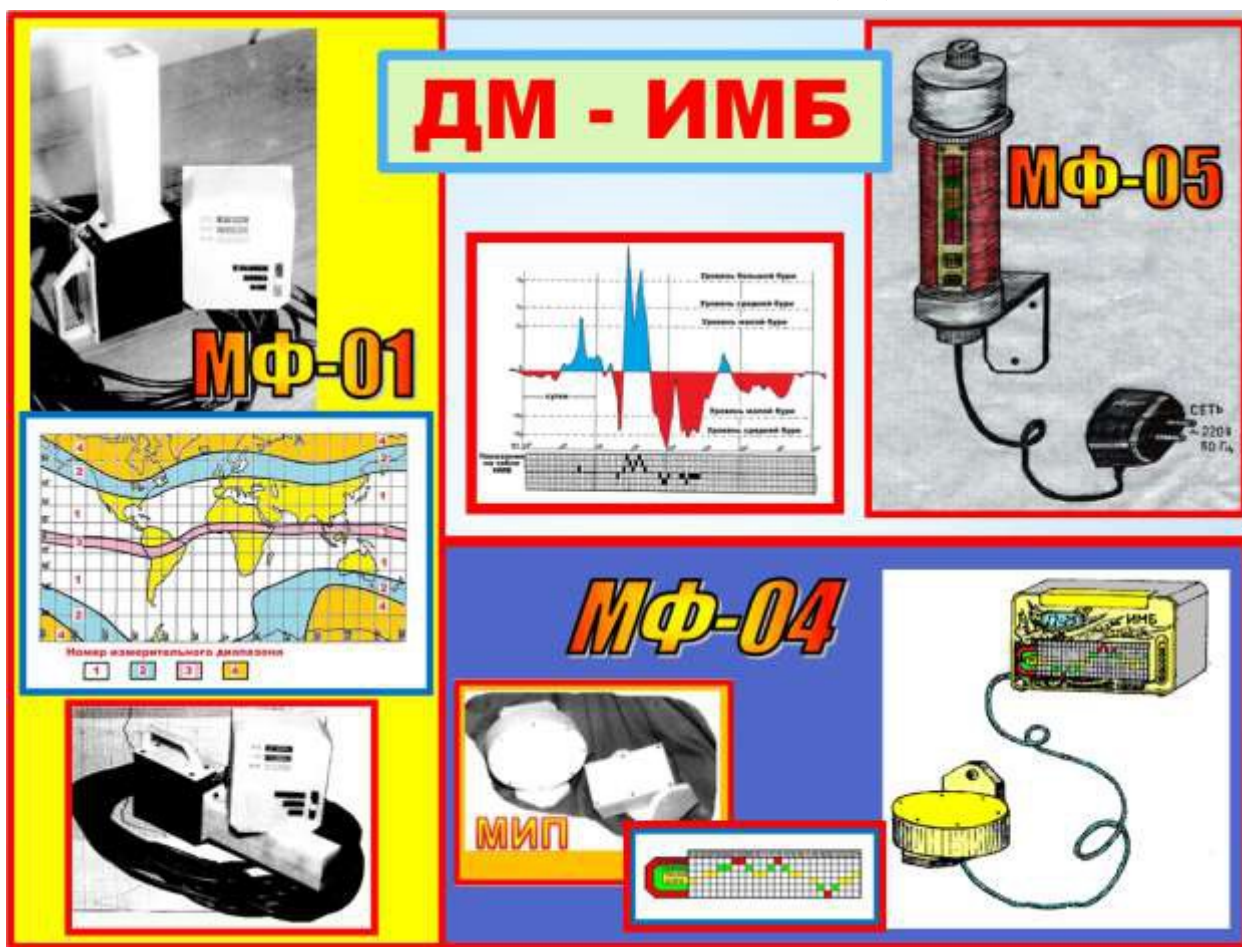


Рис.1. Общий вид ДМ и функциональные схемы феррозондового МЧД и ДМ.

Конструкция этого ДМ оказалась довольно простой, а прибор был достаточно экономичен и удобен в эксплуатации. Он мог эффективно применяться в местах, где имеется постоянно налаженная или круглосуточная дежурная служба, например, в больницах, клиниках или диспетчерских службах аэропортов. ДМ позволял оперативно анализировать текущее значение амплитуды возмущенности ЕМП в процессе развития в реальном времени и в любой точке Земного шара (см. карту на рис.2). МИП был создан на основе МЧД феррозондового типа. На базе этого МИП в дальнейшем были построены конструкции большинства из созданных в ИЗМИРАН приборов, - ДМ, ИМБ и РМА.

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ МАГНИТОМЕТР - ИНДИКАТОР МАГНИТНОЙ БУРИ модель ИМБ МФ-01** [5, 6, 19]. Высокочувствительный аналоговый прибор, предназначенный для определения и индикации амплитуды МБ в любом районе Земного шара в реальном масштабе времени. МФ -01 включает в себя два основных блока: МИП и блок измерения(БИ), соединенные между собой кабелем длиной 10...15 м. Информация об изменении интенсивности МБ, ее мгновенное значение, в течение суток отображается на шестиуровневом световом индикаторном табло (ИТ ) в БИ. Для индикации текущего МВ ДМ оснащен звуковой сигнализацией (ЗС).



**Рис.2. Конструкция и общий вид ДМ.ИМБ (МФ.01, МФ.04 и МФ.05), а также схема включения измерительных диапазонов ИМБ в зависимости от точки его установки на Земном шаре.**

**ИНДИКАТОР МАГНИТНОЙ БУРИ модель ИМБ МФ-04** [6, 12, 20].

Прибор имеет один орган управления – штипозиционный DIP-переключатель, который установлен на корпусе МИП и позволяет устанавливать необходимые значения измерительных диапазонов прибора (см. карту на рис.2).

Основные технические характеристики МФ\_01 представлены в *табл.1*, а общий вид магнитометра показан на *рис.2*. Питание прибора осуществляется от источника постоянного тока (ИПТ) напряжением 9 В или от сетевого адаптера (СА). Потребляемая мощность МИП, не более 0,15 Вт. Габаритные размеры: 250 x 80 x 40 мм (МИП) и 110 x 90 x 55 мм (БИ). Масса прибора, не более 1,2 кг.

Высокочувствительный прибор для определения и индикации амплитуды МБ в реальном масштабе времени. Прибор состоит из двух блоков: МИП и БИ, соединенных между собой кабелем длиной 6...10 м. Информация об изменении интенсивности МБ, ее мгновенное и среднее значение за 60-ти минутный интервал времени, в течение суток отображается на световом ИТ в БИ. Для индикации текущего (или мирового) времени БИ МФ\_04 оснащён встроенным таймером и цифровым табло (ЦТ). Предусмотрена возможность индикации величины МБ при помощи включения ЗС. Имеется возможность круглосуточной фиксации получаемой аналоговой информации в реальном масштабе времени при помощи типового самопишущего потенциометра (СП) или на табло персонального компьютера (ПК) при подключении его с помощью АЦП к аналоговому выходу МФ\_04. Общий вид ИБМ МФ\_04 показан на *рис. 2*, а его основные технические характеристики представлены в *табл.1*.

Конструктивно ИМБ МФ\_04 выполнен в качестве лабораторного прибора с настенным или настольным исполнением БИ. Число фиксируемых индикатором градаций МБ на ИТ прибора - 6. Напряжение постоянного тока на аналоговом выходе -  $0... \pm 3$  В. Предусмотрено питание прибора от сети переменного тока напряжением 220 В (частотой 50 Гц). Потребляемая мощность, не более 20 Вт. Масса прибора, не более 3 кг.

**ИНДИКАТОР МАГНИТНОЙ БУРИ модель ИМБ МФ\_05** [7, 10].  
Высокочувствительный прибор для определения и индикации амплитуды МБ по изменению величины магнитного склонения  $D$  в реальном масштабе времени. Прибор компактен и экономичен, что позволяет эффективно использовать его при относительно большом уровне техногенных помех и ЭМИ при работе в различных помещениях с сильно аномальным магнитным полем.

ИМБ МФ\_05 состоит из МИП с аналоговым выходом (напряжение постоянного тока на аналоговом выходе -  $0... \pm 3$  В) и запоминающего индикатора (ЗИ). МИП основан на феррозондовом принципе измерения и содержит однокомпонентный ориентируемый МЧД. ЗИ содержит



шестипороговый компаратор уровней, схему световой индикации (СИ) текущего уровня МВ и ЗС превышения уровня МВ заданных порогов (выделения стадий МБ). Прибор имеет один орган управления – встроенный в корпус малогабаритный DIP-переключатель.

Конструктивно ИМБ выполнен в виде лабораторного прибора (см. *рис.2*) с настенной установкой с помощью кронштейна. В верхней части пласмассового корпуса МФ \_05 (длина корпуса – 180 мм, внешний диаметр – 70 мм), на расстоянии 30 мм от электронных схем (на немагнитном ПУ) размещён МЧД прибора. Это ПУ позволяет вращать МЧД в горизонтальной плоскости для его установки, юстировке и фиксации относительно плоскости магнитного меридиана (ПММ).

В приборе предусмотрена возможность фиксации и визуализации максимального значения МВ при помощи СИ. Имеется возможность круглосуточной фиксации получаемой информации в реальном масштабе времени при помощи типового СП. Некоторые основные технические характеристики МФ\_05 представлены в *табл. 1*.

Питание ИМБ осуществляется от сети переменного тока при помощи СА, напряжением постоянного тока - 9 В, при этом потребляемая прибором мощность не превышает 0,5 Вт. Масса МФ\_05 (включая кронштейн), - не более 0,5 кг.

**РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ** модель **IDL-04** [8, 12, 18, 20]. РМА IDL-04 является высокочувствительным ДМ, предназначенным для измерения вариаций *D-составляющей* ВМИ поля Земли, для регистрации, хранения, обработки, анализа и представления медленноменяющейся информации. Прибор включает в себя МИП и блок измерения и накопления (**БИН**), который подключается к МИП при помощи кабеля длиной 10 м. Общий вид прибора показан на *рис.3*.

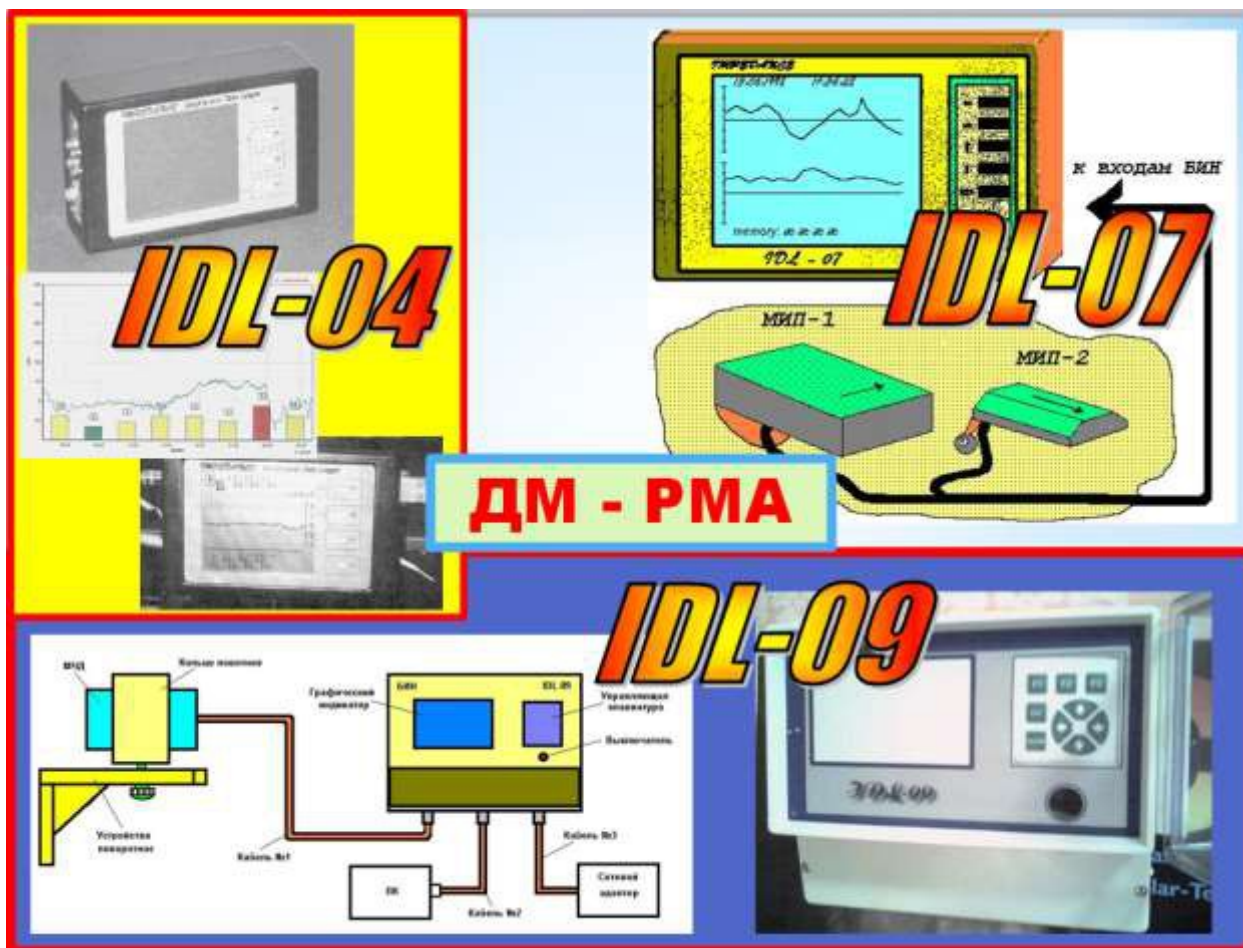


Рис.3. Конструкция и общий вид ДМ\_РМА IDL-04, IDL-07 и IDL-09.

МИП выполнен на основе однокомпонентного феррозондового МЧД и представляет собой высокоточный магнитометрический прибор. РМА имеет три измерительных диапазона (см. *табл.1*), в каждом из которых реализуется точность измерения не хуже  $\pm 1$  нТл. Встроенные в МИП органы управления позволяют проводить ручную калибровку аналогового канала и возможность поиска и индикации направления на ПММ.

МИП выполнен в виде отдельного компактного модуля в прямоугольном (114x80x40 мм) или цилиндрическом ( $\varnothing 140 \times 40$  мм) вариантах исполнения корпуса. Этот модуль устанавливается на немагнитном ПУ, выполненном в виде кронштейна. ПУ обеспечивает жесткое крепление МИП к стене или какому-либо неподвижному или немагнитному предмету. ПУ также позволяет осуществлять вращение МИП в горизонтальной плоскости с целью его установки и юстировки ортогонально ПММ.

БИН осуществляет следующие операции: визуализацию измеренных данных в реальном времени на графическом индикаторе (ГИ), передачу накопленных данных через последовательный канал связи (порт) в ПК, вывод накопленных данных в аналоговом виде (для аналогового регистратора - СП), расчет и демонстрацию К-индекса магнитной активности (см. график на *рис.2*).

РМА IDL-04 отслеживает автоматически текущие МВ, - для оповещения о зафиксированном МВ прибор снабжен ЗС.

Конструктивно БИН выполнен в виде лабораторного прибора (настойной или настенной установки) в металлическом корпусе с размерами 200x120x40 мм. Для задания режима визуализации измеренной информации, на передней панели БИН установлены четыре функциональные кнопки и ГИ, на который выводится графическая информация о текущей магнитной обстановке, ее развитие за последние 6, 12, 24 или 72 часа (трое суток).

При расчете МВ и ИМА измеренные магнитометром данные подвергаются цифровой фильтрации и анализу. 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 и ЭМИ.

Объем энергонезависимой памяти БИН (1 МБ) позволяет, в зависимости от установленного режима регистрации, накапливать данные в течение 14 - 113 суток. Цикл автоматической регистрации данных (при их осреднении) на ГИ равен 150 с. Скорость регистрации данных на аналоговом регистраторе (СП) составляет 1, 4 и 10 значений в секунду. Питание прибора осуществляется от ИПТ напряжением 5 В (или от стандартного СА), при этом ток потребления составляет не более 0,2 А.

**РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ модель IDL-07** [10, 18, 20]. РМА IDL-07 включает в себя БИН и два МИП, которые подключаются соответственно к первому и второму измерительным каналам. Остальные шесть измерительных каналов БИН могут быть использованы для подключения различных датчиков физических полей, имеющих электрический выход (температуры, давления, влажности и проч.).

Оба МИП представляют собой однокомпонентные магнитометры с отсчетной точностью 1 нТл и имеют четыре измерительных диапазона (см. *табл. 1*) каждый. В приборе реализована возможность измерения переменных магнитных полей в частотном диапазоне 0...500 Гц.

Диапазон входных напряжений встроенных 24-разрядных АЦП 0...2,5 В. Цикл регистрации 0,1...3600 с, при этом скорость регистрации данных на

аналоговом регистраторе (СП), как и у РМА IDL-04, - составляет 1, 4, 10 значений/с.

Основой конструкции БИН является пластмассовый корпус размером 220x140x230 мм (масса блока – 0,5 кг). БИН снабжен ГИ с размерами 320 x 240 точек. Габаритные размеры МИП составляют: 140 x 80 x 40 мм (МИП\_1) и 50 x 10 x 10 мм (МИП\_2).

Питание РМА осуществляется при помощи стандартного СА напряжением 5 В и может также осуществляться от внешнего ИПТ. Масса всего комплекта РМА - не более 2,5 кг. Общий вид РМА IDL-07 показан на *рис. 3*.

**РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ модель IDL-09** [16]. РМА IDL-09 является высокочувствительным компонентным магнитометром, предназначенным для измерения в реальном времени, регистрации, хранения, анализа и представления данных измерений вариаций D-составляющей ВМИ поля Земли или вариаций одной из составляющих ВМИ:  $H, Z, X, Y$ , а также для исследования полей и ЭМИ, создаваемых искусственными источниками. РМА автоматически отслеживает текущие МВ путем расчета и визуализации в реальном времени  $K$ -индекса магнитной активности. Программное обеспечение РМА предусматривает возможность расчёта и визуализации (на основе получаемых данных) кроме  $K$ -индекса и других ИМА (например,  $A, R$ , или  $Q$ ).

РМА выполнен на основе однокомпонентного феррозондового МЧД и имеет три диапазона для измерений вариаций МПЗ (см. *табл. 1*). Цикл автоматических измерений прибора лежит в пределах от 0,1 до 60 с и устанавливается программно. Объем энергонезависимой памяти для регистрации измеренных данных 1 Мбайт. Объем энергонезависимой памяти позволяет проводить непрерывные измерения с циклом 0,1 с и накапливать данные в течение 8 часов, а при использовании режима с осреднением данных на минутном измерительном интервале, - объема встроенной памяти хватает на регистрацию данных в течение более чем 200 суток. Передача накопленных данных осуществляется в ПК по последовательному протоколу RS232.

Для управления режимами работы IDL-09 и для визуализации процесса измерения на передней панели БИН установлена плёночная клавиатура и ГИ. Для громкого оповещения дежурной службы о зафиксированном МВ в приборе предусмотрен встроенный ЗС.

Напряжение питания РМА IDL-09 осуществляется от ИПТ в пределах от 9 до 12 В, при этом предусмотрена возможность питания от сети переменного тока напряжением 220 В (50 Гц) при помощи стандартного СА со стабилизированным напряжением 10 В. Мощность потребления от ИПТ не более 1,5 Вт. Основные параметры и режимы работы РМА могут быть установлены программно, при помощи внешнего ПК, в зависимости от задач пользователя.

Прибор может использоваться в помещениях любого типа и размера, в условиях МО, в полевых условиях и в качестве автономной станции.

## РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ модель IDL-04M

[10, 13] является новым вариантом РМА IDL-04 [15], который имеет два измерительных канала МИП (с возможным 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 одновременных сравнительных измерений в двух точках, например, в экранированных помещениях или в магнитной камере (МК) при исследовании воздействия гипогеомагнитных полей (ГГМП) и вредных ЭМИ на живые объекты и человека [14, 15].

РМА выполнен на основе феррозондовых МЧД, - в виде переносного (настенного или настольного) лабораторного прибора и включает в себя четыре основных блока: два МИП, БИН (соединенный с МИП.1 и МИП.2 при помощи кабелей длиной 8 м) и СА.

Общий вид IDL-04M представлен на *рис.4а*. Здесь также показаны функциональная схема прибора и графики зарегистрированных МВ (в процессе тестирования прибора в ЦМО МОСКВА), а также вычисленные в процессе проведения измерений ИМА (К-индекс).

МИП является высокочувствительным и высокоточным магнитометрическим прибором, который имеет четыре диапазона измерения вариаций МПЗ(см. *табл.1*), установка которых зависит от широтного расположения МИП(см. карту на *рис.2*). При этом реализуемая точность измерения составляет 1 нТл. Амплитуда 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.

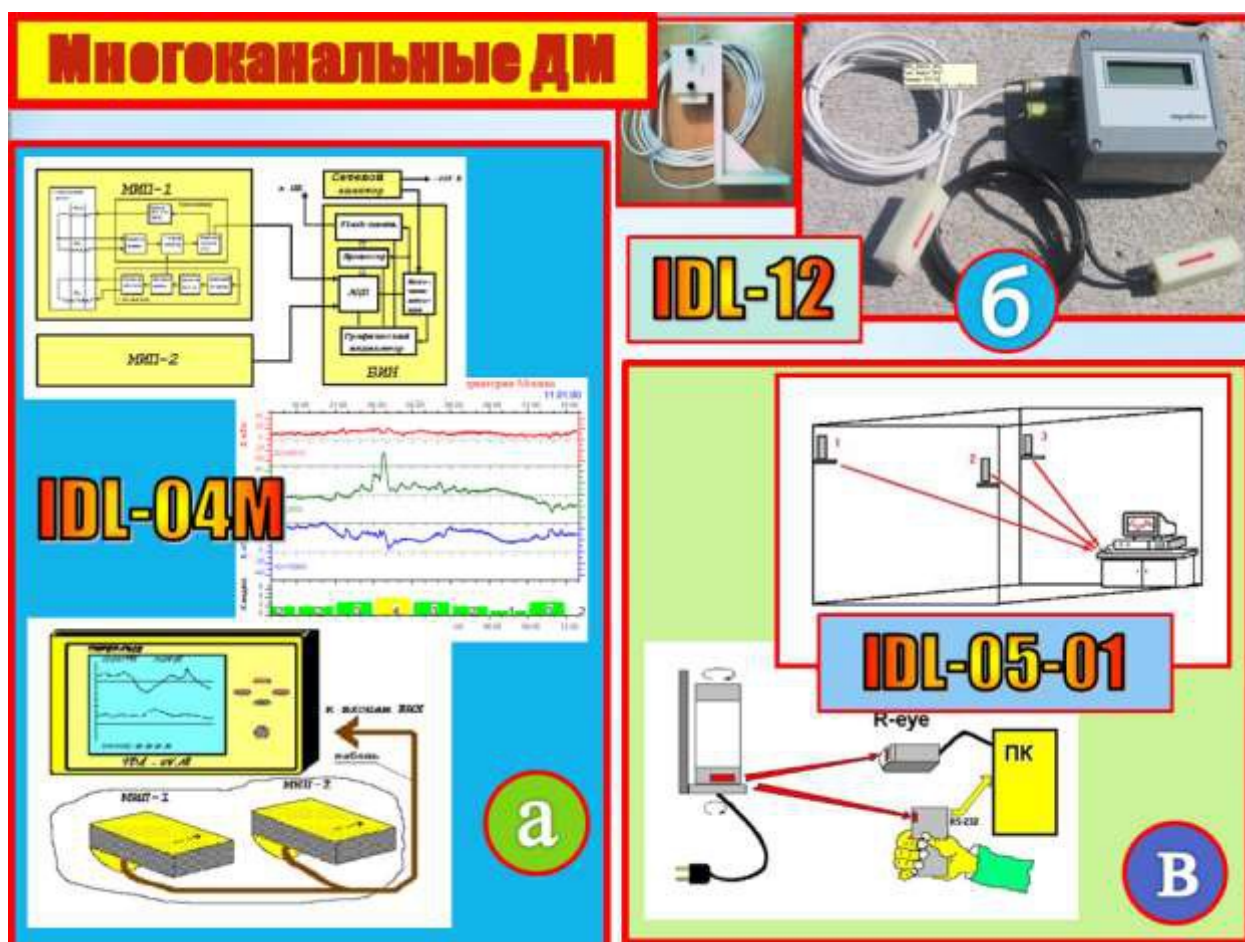


Рис.4. Общий вид многоканальных ДМ - IDL-04М (а), IDL-12 (б) и IDL-05-01 (в).

Конструкция МИП IDL-04М аналогична МИП МФ.04 и IDL\_04, включая его размеры (114x80x40 мм). Схема БИН, как и у предыдущей модели (IDL-04), - выполнена на базе микропроцессора и реализует все основные функции и режимы, заложенные в ней. Основой конструкции БИН является пластмассовый корпус (размером 225x200x140 мм), на котором установлены все органы управления прибором (функциональные кнопки), ГИ и соединительные разъемы. Масса БИН составляет 0,4 кг.

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

**МАГНИТОМЕТР ФЕРРОЗОНДОВЫЙ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ (МФД)** модель IDL-12 [17, 18] является высокочувствительным малогабаритным компонентным ДМ, предназначенным для одновременного измерения,

регистрации и представления данных измерений вариаций двух (любых) составляющей ВМИ поля Земли, а также для исследования полей и ЭМИ, создаваемых искусственными источниками. МФД IDL-12 выполнен в виде лабораторного прибора и состоит из следующих основных блоков, - БИ и двух одинаковых МИП, которые соединены с БИ при помощи кабелей длиной 1,5...2 м.

Оба МИП выполнены на основе однокомпонентного феррозондового МЧД и имеют измерительный диапазон равный  $\pm 100$  мкТл (см. *табл.1*). Цикл автоматических измерений прибора лежит в пределах от 0,1 до 60 с и устанавливается программно. Передача измеренных данных осуществляется в ПК по последовательному протоколу RS232. Общий вид МФД IDL-12 и один из вариантов установки его МЧД или МИП при помощи ПУ (для исследований, например, в МК) показан на *рис.4б*.

МФД питается от ИПТ напряжением 9...12 В, при этом предусмотрена возможность питания прибора от сети переменного тока напряжением 220 В (50 Гц) с помощью стандартного СА. Мощность потребления от ИПТ не более 1,5 Вт.

Габаритные размеры каждого МИП - 20 x 20 x 63 мм, а БИ - 100 x 100 x 50 мм. Общий вес прибора составляет 0,6 кг.

Основное назначение МФД – проведение научных исследований при работе в МК или экранированном помещении. Магнитометр IDL-12 может использоваться для оценки интенсивности МБ и степени её влияния на пациентов, находящихся в МК, а также для визуализации и контроля в реальном масштабе времени окружающей электромагнитной обстановки одновременно в одном или нескольких помещениях для определения величины и местонахождения "вредных" ЭМИ искусственного происхождения.

**РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ IDL -05-01** [10, 12] является малогабаритным, автономным прибором, предназначенным для непрерывного накопления и хранения данных об окружающей электромагнитной обстановке в условиях локального помещения. Основные технические характеристики прибора даны в *табл.1*.

Регистрация ЕМП производится со скоростью одно значение в минуту. Вывод накопленных данных производится каждый час (три часа), либо нажатием

на кнопку. Данные выводятся через последовательный интерфейс RS232 с одной из стандартных скоростей передачи.

Для трансляции данных используется инфракрасный передатчик. Емкость энергонезависимой памяти (1 Гб) позволяет сохранять накопленные данные в течение пяти дней. Заполнение памяти данных происходит "по кольцу", очередное данное затирает самое старое по времени записи.

Для приема данных от РМА используется приемник инфракрасного излучения, который подключается к ПК, при включении которого осуществляется передача данных от РМА без вмешательства пользователя. При этом на экране монитора ПК выводится сообщение о текущей электромагнитной обстановке. Кроме того, возможно (с помощью поставляемого с прибором ПО) проводить регистрацию и графическое представление всех накопленных данных с построением ИМА.

При наличии нескольких МЧД, которые расположены в различных помещениях, - для контроля и съема информации возможно использование ПК, который оборудован стандартным ИК-портом или использование специального носимого (входящего в комплект прибора) приемника информации.

В зависимости от размера исследуемого помещения и мониторинговых задач, РМА может включать от одного до 10 и более МЧД. При этом возможно использование малогабаритного феррозондового МЧД невысокой точности (не хуже 10 нТл).

РМА конструктивно выполнен в цилиндрическом корпусе установленном на немагнитном ПУ (см. *рис.4в*). Питание прибора осуществляется от ИПТ или при помощи СА напряжением 9 В. На корпусе прибора РМА установлены органы управления (кнопка), СИ для ориентировки МЧД относительно ПММ и окно инфракрасного передатчика.

Встроенный анализатор изменения ЕМП и цифровой фильтр позволяют на базе IDL-05-01 реализовать адаптивный режим измерения, режим включения ЗС и СИ при быстром изменении поля или его градиента, когда прибор используется в качестве охранного устройства. Схема установки и действия прибора показана на *рис.4в*.

При использовании малогабаритного носимого ПК или планшетного ПК в качестве накопителя информации, имеющих ИК-порт, возможно применение



нескольких МЧД для проведения регионального электромагнитного мониторинга, например, в условиях большого города. При необходимости комплект оборудования может дополняться автономным регистратором (БИН), оснащённым ГИ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период более чем в 30 лет сотрудниками ИЗМИРАН было разработано и создано в содружестве с другими организациями более 35 проектов и моделей различных приборов на основе феррозондовых МЧД [2, 3, 5, 6, 10, 14, 17, 18].

Созданные в ИЗМИРАН магнитоизмерительные приборы на основе феррозондовых МЧД различных конструкций уже нашли своё применение в магнитобиологии, а также при проведении различных медицинских научных исследований [10-12, 14, 17, 18].

С применением некоторых моделей созданных ДМ (например, МФ-01, IDL-04 и других магнитометров) в лечебных учреждениях и медицинских центрах диагностики появилась возможность выявления и внесения необходимых изменений в курс лечения больных, подверженных повышенной чувствительности к изменениям величины интенсивности МБ [8-11].

При проведении научных магнитобиологических исследований в условиях города с большим уровнем разнообразных техногенных ЭМИ и помех применение ДМ, ИМБ или РМА позволит изучать и проводить прогностическую оценку МБ, а также выделять и фиксировать техногенные ЭМИ.

### Литература

1. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы. Л.: Энергоатомиздат, 1986. - 188 с.
2. Бурцев Ю.А., Долгинов Ш.Ш., Жузгов Л.Н., Козлов А.Н. Магнитное приборостроение // Электромагнитные и плазменные процессы от Солнца до ядра Земли. М.: Наука, 1989. С.328-338.
3. Любимов В.В. Компонентные вариометры с низким потреблением энергии на базе феррозондового датчика // Исследования по проблемам главного и аномального магнитных полей Земли. М.: ИЗМИРАН, 1992. С.108 - 114. DOI: [10.5281/zenodo.3600501](https://doi.org/10.5281/zenodo.3600501)

4. Любимов В.В. ФЕРРОЗОНДОВЫЕ МАГНИТОМЕТРЫ. Вопросы разработки. Часть 1: Способ устранения температурной нестабильности компенсационной обмотки датчика. Препринт №50 (997) М.: ИЗМИРАН, 1992. - 29 с. **DOI: 10.5281/zenodo.3600632**

5. 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**

6. Любимов В.В. Феррозондовые диагностические магнитометры, созданные в ИЗМИРАН в период с 1989 по 1994 гг. (Обзор). Препринт №15 (1065) М.: ИЗМИРАН, 1994. - 19 с. **DOI: 10.5281/zenodo.3609148**

7. Любимов В.В., Заруцкий А.А. Диагностический магнитометр- индикатор магнитной бури // Приборы и техника эксперимента. М.: Наука, 1996. №2. С.171.

8. Зверев А.С., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Регистратор магнитной активности // Приборы и техника эксперимента. М.: Наука, 1997. №1. С.168.

9. 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**

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. - 30 с. **DOI 10.5281/zenodo.4075517**

11. Любимов В.В. Искусственные и естественные электромагнитные поля в окружающей человека среде и приборы для их обнаружения и фиксации. Препринт №11 (1127) Троицк: ИЗМИРАН, 1999. - 28 с. **DOI 10.5281/zenodo.3661041**

12. 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**

13. Регистратор магнитной активности IDL-04М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Троицк: ИЗМИРАН, 2000. – 11 с.

14. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Новые приборы для исследования гипогеомагнитных полей и помещений // Медицинская физика. М., 2004. №.4 (24). С.32–35.

15. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Гипогеомагнитные поля. Прибор «ГИПОМАГ» // Датчики и Системы / Конструирование и производство датчиков, приборов и систем. М.: «ООО СенСиДат», 2004. №.9. С.28-29.

16. РЕГИСТРАТОР МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ модель IDL\_09. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Троицк: ИЗМИРАН, 2006. – 19 с.

17. Любимов В.В. . Диагностические магнитометры на основе аморфных феррозондовых датчиков: реализация и проекты // Евразийский союз учёных. (ЕСУ). М., 2018. №12 (57). 3 часть. С.31-36. **DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.3.57.31-36**

18. 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.

19. 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.

20. Любимов В.В. Индикаторы магнитной бури // Евразийское научное объединение. М., 2020 №10 (68). С.119-128.