

## КВАРЦЕВЫЕ МАГНИТНЫЕ ВАРИАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ ИЗМИРАН В ПОЛЯРНЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЯХ И ИССЛЕДОВАНИЯХ

Белов Б.А., Бурцев Ю.А., Кузнецов В.Д., Любимов В.В.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк*  
**lyubimov@izmiran.ru**

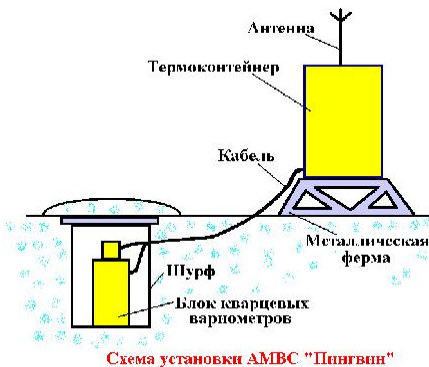
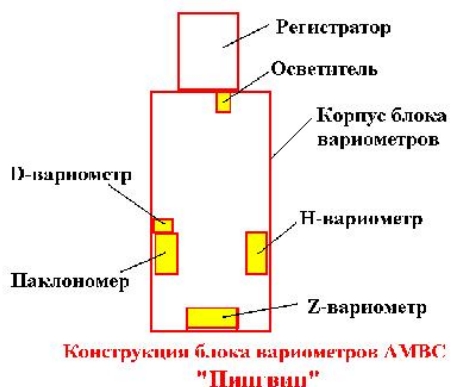
Более полувека в институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (**ИЗМИРАН**) проводятся научные исследования и работы по созданию кварцевых приборов, предназначенных для измерения магнитного поля Земли и его вариаций, для регистрации наклонов, температуры и других геофизических явлений.

Особое место в ряду этих разработок занимают приборы, предназначенные для полярных геомагнитных исследований, когда требуется обеспечение их работоспособности в тяжелых климатических условиях Арктики и Антарктиды, особенно, если аппаратура работает круглосуточно в автономном режиме.

Антарктида, благодаря своему географическому положению, является одним из тех мест на Земле, где с помощью сравнительно простых средств – регистрации геомагнитных вариаций, - может быть получена ценная информация о динамике межпланетной среды, об особенностях взаимодействия солнечной плазмы с магнитосферой и о воздействии космических полей и частиц на ионосферу и нижнюю атмосферу Земли. Однако суровые климатические условия затрудняют проведение геомагнитных исследований в Антарктиде. Организация магнитных обсерваторий там обходится дорого, а при создании автономных измерительных комплексов для Антарктиды возникают жесткие требования к надежности аппаратуры и экономичности в энергопотреблении.

Одним из первых руководителей проекта по созданию автоматических магнитовариационных станций (**АМВС**) для Антарктиды в ИЗМИРАН был известный полярный исследователь **С.М.Мансуров** [1]. Основные требования к АМВС такого типа заключались в том, чтобы она была выполнена в качестве так называемой «*измерительной платформы*», которая имела возможность регистрации в аналоговой форме (на фотопленку) не только вариаций трех компонент магнитного поля Земли, но и возможность регистрации изменения нивелировки (ориентации в пространстве) станции в двух плоскостях, изменения температуры внутри магнитного измерительного преобразователя и электронного блока, а также возможность регистрации температуры внешней окружающей среды. Кроме того, АМВС должна быть снабжена радиоприемником для обеспечения привязки получаемых данных к мировому времени по передаваемым сигналам точного времени, а также снабжена радиомаяком, предназначенным для облегчения поиска и обнаружения станции во время ее посещения обслуживающим персоналом один раз в год для замены фотопленки, на которую регистрировалась измеренная информация. В отличие от других изготовителей подобного рода приборов, в том числе и зарубежных, энергообеспечение станции осуществлялось от радиоактивного изотопного генератора.

При создании и изготовлении АМВС (в дальнейшем этот проект получил название АМВС «Пингвин») было использовано много новых, пионерских на тот период времени, технических и конструкторских решений, которые были защищены авторским свидетельством [2]. По существу, это была первая созданная в Советском Союзе автономная АМВС на основе кварцевых магнитных датчиков. Благодаря глубоко продуманным техническим решениям и высококачественным их воплощениям АМВС ИЗМИРАН успешно проработали на геофизическом полигоне Антарктиды почти 15 лет. В общей сложности в экспериментах и научных исследованиях принимало участие от 5-ти (в 1975 году) до 12-ти (в 1989 году) одновременно работающих АМВС.



Станция состоит из следующих основных блоков:

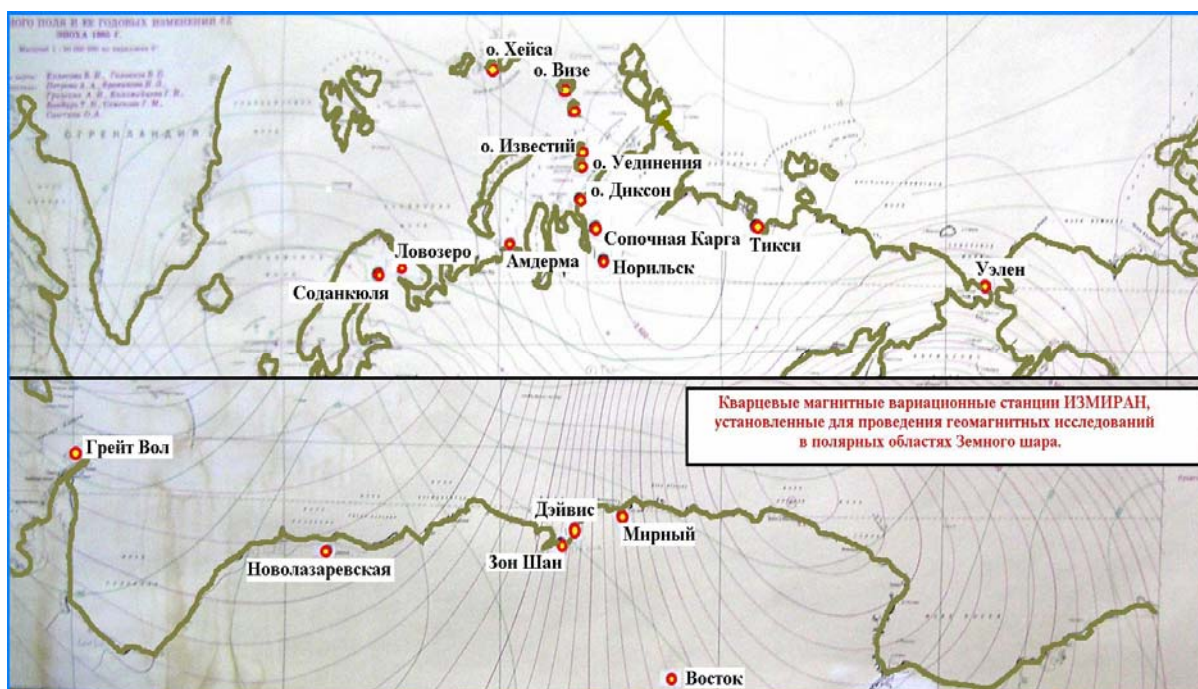
- блока кварцевых вариометров с фоторегистратором;
- электронного блока управления работой станции;
- изотопного термоэлектрогенератора (РИТЭГ).

Блок кварцевых вариометров (см. рисунок) представляет собой светонепроницаемый короб (корпус), выполненный из немагнитного материала, в котором размещены кварцевые вариометры, осветители и наклонномер. С внешней стороны с блоком вариометров прикрепляется фоторегистратор.

В отличие от магнитной вариационной станции «ИЗМИРАН-4», вариометры АМВС, кроме информации о магнитном поле, регистрируют дополнительно информацию о состоянии отдельных элементов станции и режиме ее работы в течение года. Для этой цели кварцевые вариометры снабжены дополнительными отклоняющими катушками, к которым раз в сутки (или чаще, в зависимости от заданной программы работы) на короткий промежуток времени (5 минут) подключаются источники питания или термодатчики, имеющие на выходе аналоговый сигнал. В результате на фотопленке фиксируется кратковременный *П-образный* импульс, амплитуда которого пропорциональна величине измеряемого параметра. В данной станции регистрируются раз в сутки: температура блока кварцевых датчиков, температура внутри термokonтейнера, внешняя температура и ЭДС буферных аккумуляторов. Подобным образом могут быть зарегистрированы метеорологические и другие физические параметры внешней среды, информация о которых из отдаленных и мало изученных районов, где устанавливается автономная станция, представляет определенный интерес. Дискретная регистрация дополнительной информации на магнитограмме практически не перегружает носитель записи. Для этой же цели информация о состоянии нивелировки измерительной платформы с датчиками поступает с наклонномеров на фоторегистратор также дискретно и один раз в сутки, где фиксируется в виде двух точек, ординаты которых несут информацию о величине наклона в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Регистрация наклонов измерительной платформы с датчиками позволяет при последующей обработке результатов измерений вводить поправку в дрейф нуля станции за год с точностью до 1...2 нТл.

В соответствии с необходимостью получения информации в цифровом виде с целью оперативной обработки данных и их передачей, ИЗМИРАН приступил к следующему этапу – созданию цифровых кварцевых магнитовариационных станций (*ЦМВС*). Один из первых экземпляров такой ЦМВС под названием ЦМВС «Кварц-3Е» был установлен на австралийской антарктической обсерватории «Дэвис» в 1992 г., где эта станция проработала в течение года совместно с феррозондовой станцией, принадлежащей обсерватории. По результатам этих работ и проведенных совместных исследований, которые опубликованы в [3], в дальнейшем ИЗМИРАН было выпущено еще 12 комплектов ЦМВС «Кварц-3Е», которые были размещены на обсерваториях, принадлежащих Арктическому и Антарктическому научно-исследовательскому институту (*АНИИ*) в Арктике (см. карту). МИП этих станций были подключены к системам сбора, обработки и передачи данных «Геомет» и «Георайтер», а также было выпущено 5 комплектов аналогичных ЦМВС для

обсерваторий ААНИИ в Антарктиде. По нашим сведениям все станции на обсерваториях ААНИИ работают и в настоящее время.



Одна из ЦМВС «Кварц-3Е» была изготовлена для Мичиганского университета США и установлена специалистами ИЗМИРАН в Антарктиде на обсерватории «Восток». МИП этой станции был подключен к платформе сбора данных обсерватории «Восток», при помощи которой *через американский спутник связи* информация о состоянии геомагнитного поля в течение пяти лет передавалась в Мировой Центр Данных (МЦД) США в реальном времени. Данные этой и других установленных в Антарктиде ЦМВС использовались учеными в рамках совместного проекта «Исследование высокоширотных геомагнитных явлений», осуществленного ИЗМИРАН, Мичиганским университетом и ААНИИ в период с 1995 по 2000 гг. Аналогичный эксперимент по передаче получаемых от ЦМВС данных на расстояние ИЗМИРАН осуществил в 1998 г. при участии заинтересованных организаций, в качестве которых выступили также Институт космических исследований и астрономии (ИКИР) ДВНЦ и университет в г. Киото (Япония). Эксперимент осуществлялся на базе полярной геофизической обсерватории (ПГО) «Тикси», принадлежащей ИКИР, где ИЗМИРАН установил ЦМВС «Кварц-3Е», а специалисты из Японии установили платформу сбора и передачи данных, к которой также был подключен протонный магнитометр. При помощи канала связи, осуществляемого *через японский метеорологический спутник*, данные из ПГО «Тикси» непрерывно поступали в МЦД в г. Киото. Этот канал связи и получения информации существует и по сей день, а данные ЦМВС используются для вычисления индексов магнитной активности.

На базе ЦМВС «Кварц-3Е» ИЗМИРАН совместно с Институтом геофизики АН КНР (г. Пекин) было изготовлено 5 экземпляров ЦМВС [4], два из которых были предназначены для установки и работы на китайских полярных станциях в Антарктиде – «Грейт Вол» и «Зон-Шан». Данные с этих ЦМВС в настоящее время используются учеными КНР при проведении научных исследований.

На полярной обсерватории «Соданкюля» в Финляндии в настоящее время успешно продолжают работу две ЦМВС на основе кварцевых магнитных датчиков, одна из которых изготовлена в ИЗМИРАН («Кварц-3Е»), а другая ЦМВС изготовлена польскими специалистами на базе кварцевых магнитных вариометров системы **В.Н.Боброва** (ИЗМИРАН). Данные этой обсерватории используются МЦД и участвуют в системе *Интермагнет*.

В заключение отметим, что, начиная с 80-х годов прошлого столетия, ИЗМИРАН внес огромный вклад в полярные геомагнитные исследования, создавая надежные приборы и оборудование для обеспечения этих научных исследований. Следует также отметить тот факт, что в настоящее время 18 вариационных станций ИЗМИРАН успешно продолжают нести свою вахту в условиях сурового климата Арктики и Антарктиды.

**Таблица размещения ЦМВС «Кварц-3Е»**

Номер станции	Название обсерватории	Широта	Долгота	Страна
1	Остров Хейса	80° 37'	58° 03'	Россия
2	Остров Визе	79° 18'	76° 59'	“
3	Острова Известия	75° 53'	83° 06'	“
4	Остров Уединения	75° 30'	82° 13'	“
5	Остров Диксон	73° 33'	80° 34'	“
6	Сопочная Карга	71° 55'	82° 42'	“
7	Бухта Тикси	71° 35'	129° 00'	“
8	Норильск	69° 24'	88° 06'	“
9	Остров Преображения	74° 18'	110° 16'	“
10	Ловозеро	68° 15'	33° 05'	“
11	Соданкюля	67° 22'	26° 38'	Финляндия
12	Уэлен	66° 10'	190° 10'	Россия
13	Зон Шан	-69° 24'	76° 24'	Китай
14	Мирный	-66° 33'	93° 01'	Россия
15	Дейвис	-68° 35'	77° 58'	Австралия
16	Новолазаревская	-70° 46'	11° 49'	Россия
17	Грейт Вол	-62° 12'	59° 00'	Китай
18	Восток	-78° 27'	106° 52'	Россия

### Литература

1. Бурцев Ю.А., Мансуров С.М., Тимофеев Г.А. Автономная вариационная станция для геомагнитных исследований в Антарктиде // Геомагнитное приборостроение. М.: Наука, 1977.
2. Бурцев Ю.А., Ушаков В.В., Майсурадзе П.А., Соколов В.П. Авторское свидетельство №409173. Бюллетень изобретений № 48. 1973.
3. Papitashvili V.O., Belov V.A., Burtsev Yu.A. and all. Comparison of high resolution quartz and fluxgate magnetometer data recorded at Davis. Antarctica // ANARE Res. Notes 95 edited by R.J.Morris. 1996.
4. Liu Chang Fa, Zang Ping, Liu Chujie, Wagjuyi and Zhang Weix. Geomagnetic digital recording system and observation at Beijing geomagnetic observatorycenter of China // Workshop of geomagnetic observatories data acquisition and processing. Paris. 1992.

## QUARTZ MAGNETIC VARIATION STATIONS FROM IZMIRAN IN POLAR GEOMAGNETIC OBSERVATORIES AND RESEARCHES

**Belov B.A., Burtsev B.A., Kuznetsov V.D., Lyubimov V.V.**

*Pushkov institute of terrestrial magnetism, ionosphere and radio wave propagation (IZMIRAN) of RAS, Troitsk*  
**lyubimov@izmiran.ru**

More than half-centuries in IZMIRAN will be carried out scientific researches and works on creation of quartz devices intended for measurement of a magnetic field of the Earth and his variations, for registration of inclinations, temperature and other geophysical phenomena.

The special place in a number of these development is borrowed by devices intended for polar geomagnetic researches, when the maintenance of their serviceability in heavy climatic conditions of Arctic Region and Antarctic Continent, especially is required, if the equipment works round the clock in an independent mode.

In work the results of application created, since 1975, in IZMIRAN of quartz variation stations are submitted. Structure of the developed and created devices includes automatic stations «Pingvin», which within 15 years successfully worked on geomagnetic range in severe conditions of Antarctic Continent. Simultaneously in an independent mode worked from 4 up to 12 stations.

According to necessity of reception of the information for a digital kind with the purpose of operative data processing and their transfer, IZMIRAN has begun the following stage - creation of digital quartz variation stations (DQVS). In result in the beginning of the 90-th years the first skilled copy such DQVS under the name DQVS «Quartz-3E» was created. Within 15 years till the present time the devices of such type continue successfully to be maintained on seven observatories in Antarctic Continent and on ten observatories in area of Arctic Region.

## ДВУХКОМПОНЕНТНЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГРАДИЕНТОМЕТР С МАЛОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ БАЗОЙ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Бобров В.Н., Бурцев Ю.А., Зубков Б.А., Любимов В.В.**

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк*  
**lyubimov@izmiran.ru**

Двухкомпонентный кварцевый градиентометр (**КГ**) является высокочувствительным и высокоточным магнитометрическим прибором, выполненным на основе кварцевых магнитных датчиков системы **В.Н.Боброва** и предназначен для проведения научных и геофизических исследований [1]. Прибор может использоваться в качестве высокоточного двухкомпонентного регистратора градиента магнитного поля и его вариаций по заданным координатам на жесткой измерительной базе, использоваться в качестве обсерваторского прибора с возможностью последующей передачи данных при помощи АЦП в персональный компьютер, использоваться в качестве магнитных весов, для проверки материалов *на немагнитность*, использоваться для подгонки и калибровки серийно выпускаемых изделий, использующих постоянные магниты, для общеобразовательных и специальных целей. Прибор может применяться в экспедиционных условиях при проведении комплексных геофизических измерений и геологических изысканий, для определения магнитных свойств горных пород.

Прибор предназначен для длительной непрерывной работы в помещениях любого типа и размера, в условиях обсерватории с установкой датчиков на немагнитном постаменте или специальной немагнитной подставке. При этом температура воздуха в помещении при проведении работ должна поддерживаться на уровне  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  при эпизодических