

щия, пор. параметры которых значительно отличаются от таких же утвержденных показателей однородной горной породы. С помощью такого метода вычисляется частота спектральной плотности  $f_{01}$  на длине элемента горной породы, равной  $l_1$ . После этого длина уменьшается на величину  $\Delta l$  и измеряется частота спектральной плотности  $f_{01}$  на полученной длине  $l_2 = l_1 - \Delta l$ . Используя формулу (5), находим смещение частоты  $\Delta f_0$ , по которой определяются один или несколько из интересующих параметров горной породы по ранее снятым зависимостям типа

$$R = f(\Delta f_0), \quad (6)$$

где  $R$  — интересующий физико-механический параметр, характерный для исследуемой горной породы.

Во избежание возникновения интерференционных явлений, необходимо использовать однородные по структуре образцы горных пород длиной не менее  $5\lambda_0$ .

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 6, 68—70.

УДК 550.380.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г. В. ХАЧИКЯН, С. Р. ОГАНЕСЯН

#### ОБ АБСОЛЮТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ГЕОМАГНИТОМЕТРАМИ РМР-2А

Протонные магнитометры являются эталонными измерителями абсолютных значений геомагнитного поля (ГМП), которые успешно используются в магнитометрии с 60-ых годов. Их принцип действия основывается на использовании явления свободной прецессии протонов в однородном магнитном поле (Ларморовая прецессия).

Согласно условию Лармора между частотой прецессии и напряженностью измеряемого магнитного поля существует прямопропорциональная зависимость.

В первых протонных геомагнитометрах, как правило, измерялся либо период сигнала прецессии, либо его частота. А абсолютное значение ГМП получалось после вычислений, проводимых по формуле:

$$T = \frac{f \cdot 2^{n+1}}{\gamma_p \cdot N} \cdot f_{\omega}, \quad (1)$$

где  $n$  — разрядность счетчика;

$\gamma_p = 0.267513 \pm 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ , гиромагнитная постоянная протонов рабочего вещества, которой могут быть дистиллированная вода, керосин, спирт, ацетон и т. д.;

$f_{\omega}$  — выходная частота кварцевого генератора;

$N$  — показание счетчика.

При измерении польскими протонными магнитометрами типа РМР-2А непосредственно регистрируются периоды колебаний свободной прецессии, которые рассчитываются по прилагаемой к прибору таблице значений геомагнитного поля в  $nTл$ .

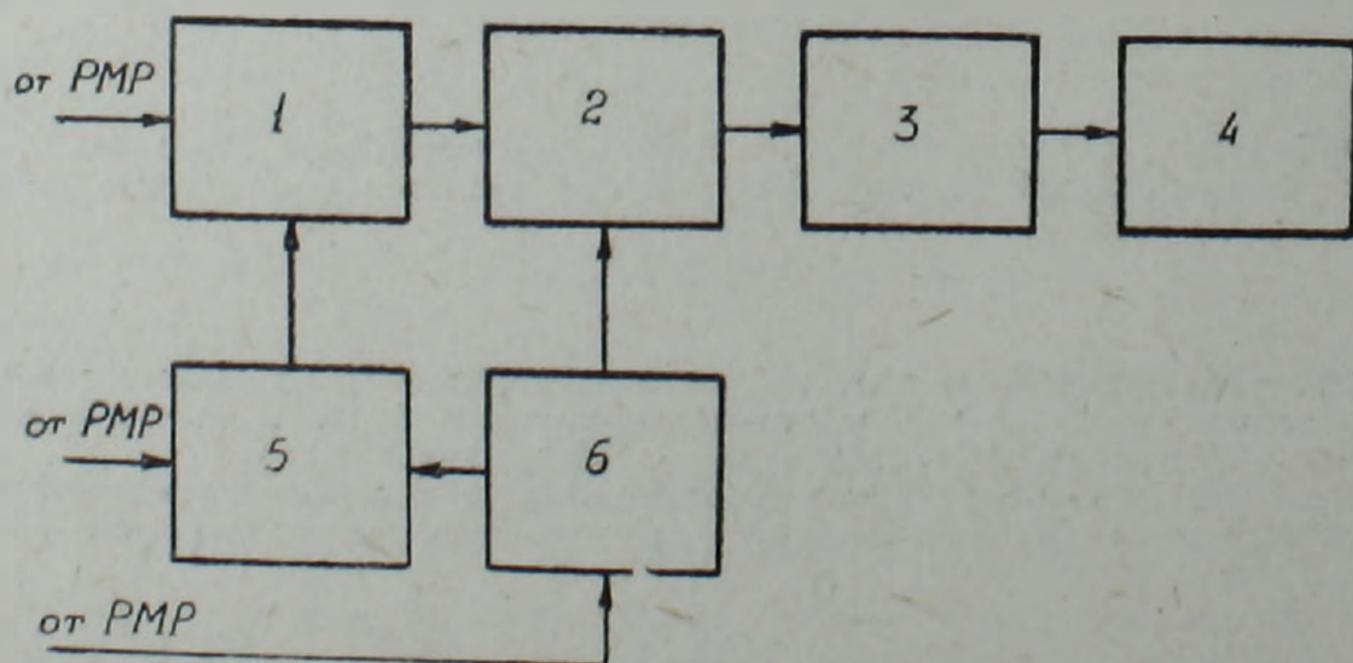


Рис. 1. Блок-схема приставки. 1—десятичный счетчик; 2—мультиплексор; 3—согласующий блок 4—микрокалькулятор; 5—блок занесения контактов; 6—блок управления.

Если измерения в небольшом количестве, то приводить показания магнитометра в значения поля нетрудно, в противном случае оно становится очень трудоемкой операцией, отнимающей много времени.

Из существующих магнитометров для стационарных наблюдений предназначен магнитометр типа МПП-1, но он очень громоздкий, вследствие чего во время профильных измерений, особенно в условиях сложнорасчлененного рельефа местности, его использование становится практически невозможным.

С 1972 года на наших геомагнитных полигонах эксплуатируются магнитометры типа РМР-2А. Но в последние годы с появлением более портативных аналогов—ММП-203 стало возможным их использование в качестве стационарной станции. При такой обстановке с режимом один цикл измерений через каждые пять минут (один отсчет измерений соответствует среднему значению от шести измеренных значений ГМП), приведение данных в значения поля с помощью таблиц стало трудоемким и неоперативным.

Чтобы обеспечить работу с магнитометром РМР-2А и сделать обработку данных, полученных с помощью этого магнитометра, более оперативным, в ИГИС АН АрмССР была разработана приставка к магнитометру для преобразования показаний магнитометра в значения геомагнитного поля. Принцип его действия заключается в следующем: в геомагнитометре РМР-2А измерение геомагнитного поля сводится к измерению длительности промежутка времени, охватывающего определенное количество ( $2^{11}$ ,  $2^{10}$  или  $2^9$ ) циклов свободной прецессии протонов. Для нахождения значений геомагнитного поля используются две таблицы, которые составлены исходя из формулы (1). В них периоды вычисляются соответственно следующим упрощенным формулам:

$$T = \frac{48102,2}{N} \cdot 10^5 \text{ мТл для диапазона } 2^{11}$$

$$T = \frac{24051,1}{N} \cdot 10^5 \text{ мТл для диапазона } 2^{10},$$

где  $N$ —показание счетчика магнитометра.

Во время работы на диапазоне  $2^9$  показание прибора приводится к соответствующему показанию на диапазоне  $2^{10}$  или  $2^{11}$ , умножая на 2 или 4.

В разработанной приставке эти вычисления производятся автоматически с помощью микрокалькулятора. Для диапазона  $2^{11}$  и  $2^{10}$  вычисление поля производится по вышеуказанным формулам, а на диапазоне  $2^9$  по формуле:

$$T = \frac{12025,5}{N} \cdot 10^5 \text{ мТл.}$$

Блок-схема приставки приведена на рис. 1. Схема работает следующим образом: во время поляризации производится обнуление десятичного счетчика и занесение в него константы в соответствии с выбранным диапазоном. Для диапазона  $2^{11}$  константа имеет значение 48102,2; для  $2^{10}$ —24051,1; для  $2^9$ —12025,5. После этого константа через мультиплексор и согласующее устройство вводится в микрокалькулятор в качестве числителя, и схема ожидает пока поляризация закончится. Затем импульсы эталонного генератора подаются в десятичный счетчик и производится параллельный счет. В конце счета содержимое десятичного счетчика через мультиплексор и согласующее устройство вводится в микрокалькулятор в качестве знаменателя, учитывая постоянную  $10^5$ , входящую во все формулы. После операции деления микрокалькулятор выдает на индикацию значение поля в мТл.

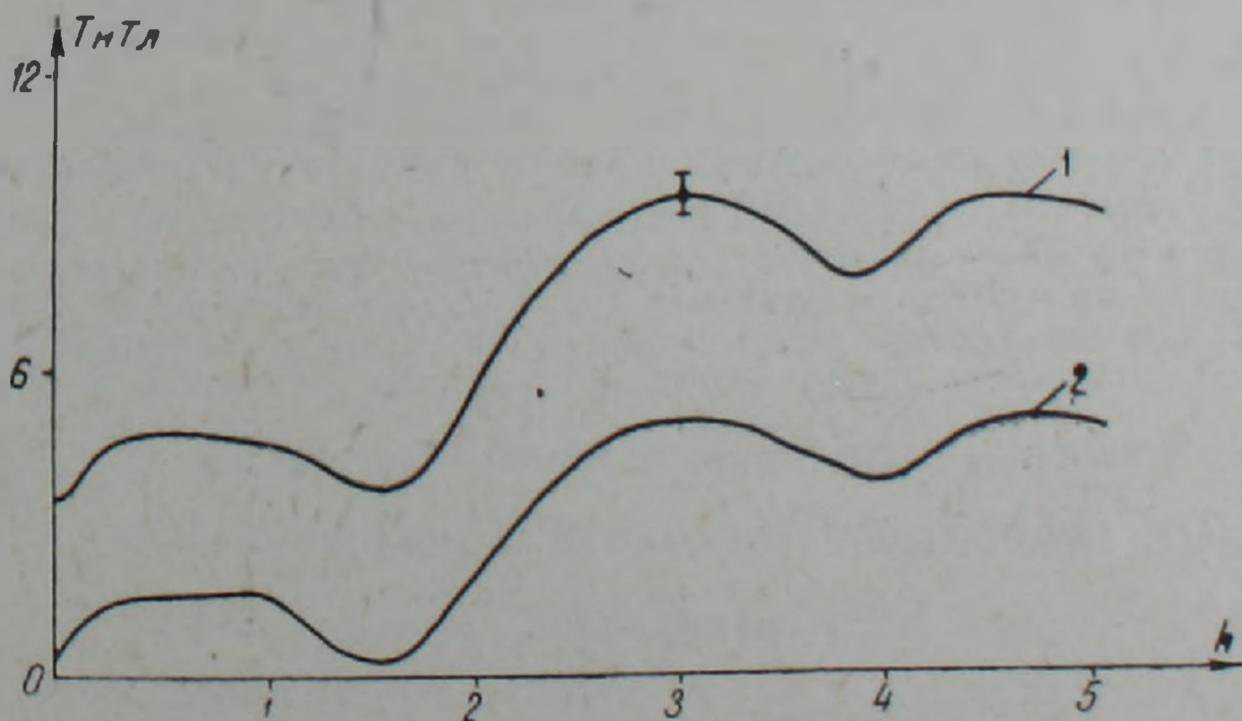


Рис. 2. Синхронная запись геомагнитного поля магнитометрами РМР-2А с приставкой (кривая 1) и без приставки (кривая 2).

Проведена сверка двух однотипных приборов РМР-2А, из которых один работал с приставкой. Результаты синхронных измерений показали, что оба прибора работают строго согласованно с чувствительностью 0,5 нТл. Кроме того прибор с приставкой имеет ряд преимуществ: во-первых, данные получаются после появления контрольной цифры на индикаторе, что свидетельствует о нормальной работе прибора; во-вторых, целая система работает с чувствительностью 0,25 нТл. При чувствительности 0,5 нТл в таблице одному и тому же значению поля могут соответствовать несколько (2—4) показаний прибора. Нам удалось избежать этого путем повышения чувствительности в приставке. Надо отметить, что это осуществлено также в приборе РМР-4, работающем с чувствительностью 0,25 нТл.

Сопоставляя полученные результаты вышеуказанных синхронных измерений (рис. 2), убеждаемся, что приставка оправдывает себя, а ее применение с приборами РМР-2А необходимо.

Испытание за два года геомагнитометра с приставкой на данном этапе удачно завершается во временной станции магнитометрических наблюдений «Кармрашен».

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полевой протонный магнитометр РМР-2А. Варшава. 1973.
2. Ротштейн А. Я., Цирель В. С. Протонные геомагнитометры. Москва, 1963.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 6, 70—73

УДК 550.34

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Р. О. АМАСЯН, Л. А. МАНУКЯН

### ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Для решения пространственных задач динамики и сейсмостойкости сооружений, помимо совершенствования расчетных динамических моделей сооружений, нужно также совершенствовать модель сейсмического возмущения, т. е. сейсмическое возмущение необходимо моделировать как многокомпонентный процесс. Существующими в настоящее время сейсмометрическими приборами можно зарегистрировать только три составляющие поступательного движения грунта при землетрясениях. Однако, полная сейсмологическая информация о землетрясениях должна заключать в себе кроме трех поступательных, еще три составляющие, которые определяют вращательное движение грунта относительно осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Инструментальные записи вращательного движения грунта до сих пор не получены, поэтому дать количественную оценку о вращательном движении грунта при землетрясениях возможно только косвенно, основываясь на записи поступательных составляющих движения грунта.

Рассмотрим малый прямоугольный элемент упругого тела грунта, который подвергается сейсмическим воздействиям и деформируется. Этот элемент можно привести в конечное положение с помощью трех следующих шагов, примененных к элементу в недеформированном теле [3].

1. На элемент накладываются деформации  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\epsilon_z$ ,  $\gamma_{xy}$ ,  $\gamma_{xz}$ ,  $\gamma_{yz}$ , из которых  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\epsilon_z$  — компоненты относительного удлинения элемента в направлениях  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\gamma_{xz}$ ,  $\gamma_{yz}$ ,  $\gamma_{xy}$  — компоненты сдвиговой деформации, и затем элемент ориентируется таким образом, чтобы направления главных деформаций не испытывали поворота.

2. Элемент переносится поступательно так, чтобы его центр занял свое конечное положение (эти перемещения можно регистрировать сейсмографами).

3. Элемент вращается вокруг центра до совпадения со своей конечной ориентацией.

Вращение на третьем шаге можно определить при заданных перемещениях  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ .

Определим вращение грунта относительно вертикальной оси  $z$ .

$$\varphi_z = 0.5 \left( \frac{\partial Y_0}{\partial x} - \frac{\partial X_0}{\partial y} \right) \quad (1)$$

Принимая, что перемещение  $X_0$  вызвано поперечной сейсмической волной, движущейся в направлении  $y$ , а перемещение  $Y_0$  вызвано поперечной волной, движущейся в направлении  $x$ , можем записать