

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.382.3

С. Р. ОГАНЕСЯН, Г. В. ХАЧИКЯН, А. О. СИМОНЯН,
К. В. ШАХМЕНЕНДЯНМАГНИТОУПРУГИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ИЗГИБЕ БАЗАЛЬТОВЫХ
БАЛОК

За последние десять лет возрос интерес к изучению локальных геомагнитных аномалий, возникающих в результате изменений упругих напряжений в земной коре [4, 6]. В связи с этим возникала необходимость изучения характерных амплитуд изменений остаточной намагниченности горных пород при давлении [1, 5]. Эксперименты выполнялись на образцах размерами порядка нескольких сантиметров, у которых зарегистрированы лишь интегральные изменения J_n . При этом авторы предполагали, что работают с однородным материалом при однородном распределении одноосных упругих напряжений. Предполагалось и однородное распределение естественной остаточной намагниченности. Однако даже при образцах малых размеров распределение упругих напряжений, а также распределение остаточной намагниченности, далеки от однородного в силу того, что образец горной породы представляет собой немагнитную матрицу с произвольным распределением ферромагнитных включений. Распределение напряжений, действующих на ферромагнитные включения, представляется достаточно сложным [2]. В силу сказанного, даже на очень малых образцах мы изучаем некоторый интегральный эффект изменения намагниченности под действием упругих напряжений. Часто в образцах горных пород одинакового состава однородность намагниченности разная, из чего следует, что должны наблюдаться существенные отличия как в амплитуде, так и в знаке изменения горизонтальной и вертикальной составляющих J_n при давлении. К этому, видимо, должно привести еще и неоднородное распределение упругих напряжений внутри образца.

При проведении натуральных (полевых) наблюдений измеряется изменение геомагнитного поля (ГМП) в дискретных точках. Кроме того, действующие упругие напряжения в земной коре не являются одноосными, т. е. они не обусловлены только сжатием или растяжением. Поэтому более точного моделирования натуральных условий можно достигнуть при изгибах горных пород, когда становится возможным возникновение растягивающих и сжимающих напряжений одинаковой величины. Таким образом, создалась возможность изучать в лабораторных условиях изменение остаточной намагниченности одновременно в областях сжатий и растяжений.

Исходя из вышесказанного, проведенный нами лабораторный эксперимент ближе к физическому моделированию изменения локальной геомагнитной аномалии (тектономагнитного эффекта), чем при изучении магнитоупругого эффекта, проводимого ранее Калашниковым, Капицей, Авчяном и Сковородкиным.

Аппаратура и методика исследований

Для исследования изменений магнитного поля массивных образцов горных пород при их изгибе использована установка, которая создана в лаборатории по изучению физических свойств горных пород ИГИС АН Арм.ССР (рис. 1).

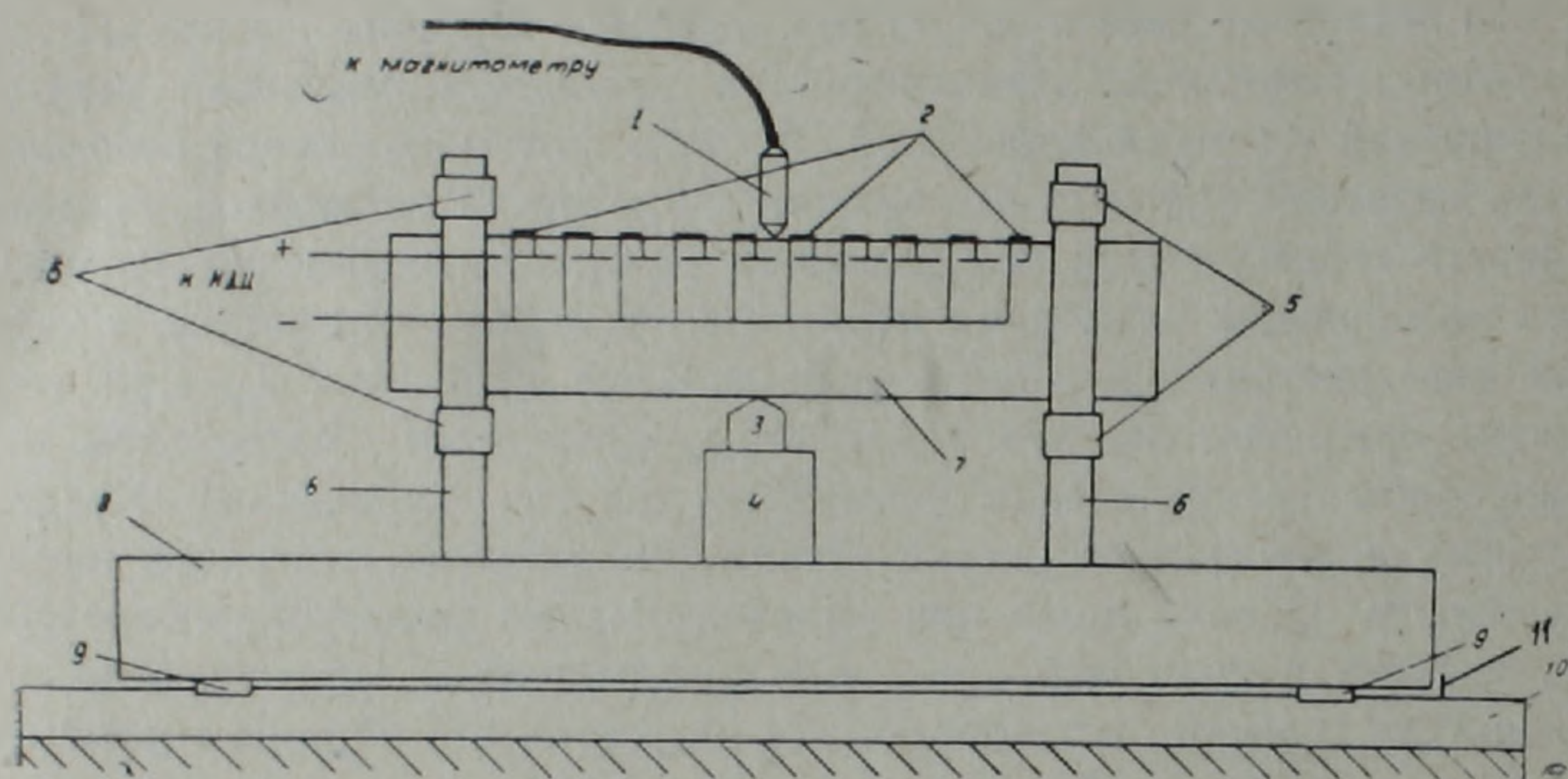


Рис. 1. Принципиальная схема изгибающей установки.

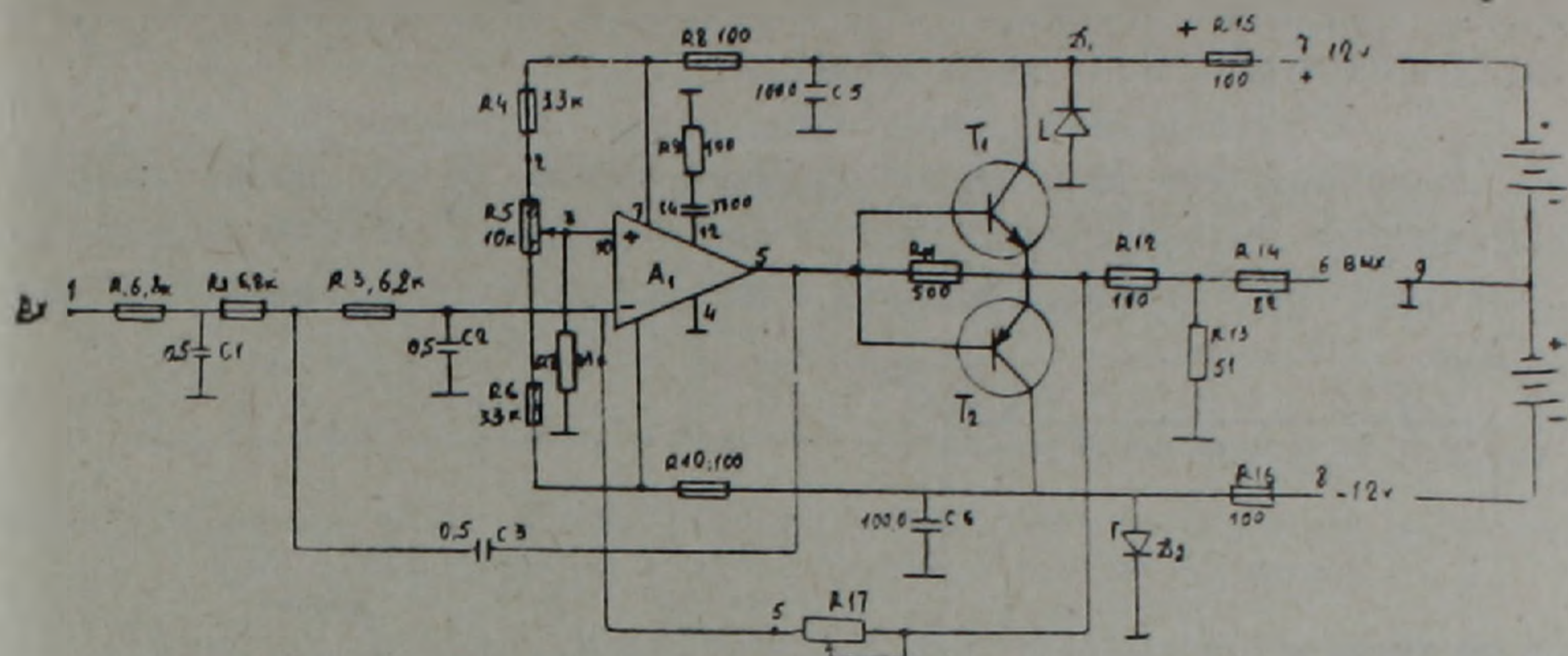
Исследовались образцы четвертичных базальтов из Аждаак-Сарисурбского лавового потока, в виде балок размерами $60 \times 10 \times 7$ см, с намагниченностью порядка 10^{-2} СГС. Балка 7 закреплялась держателями 5 изгибающей установки. Изгиб осуществляется с помощью винтового устройства 4, при поднятии пуассона 3. Держатели с образцом укреплены на станине 8 с помощью стоек 6. Вся система сидит на скользящих подушках 9, которые скользят по дюралюминиевым рельсам 10 относительно датчика феррозонда.

1. Датчик измеряет магнитное поле над образцом, или же сбоку, в зависимости от своего положения. Измерение магнитного поля в различных областях действующих напряжений осуществляется движением образца вдоль своей оси.

Деформация образца измеряется с помощью тензодатчиков 2, типа ФКПА-20-100 с цифровым выходом на приборе ИДЦ-1.

Для регистрации изменений магнитного поля порядка $5-10$ нТл в лаборатории создано согласующее устройство, с помощью которого выходной сигнал магнитометра регистрируется на бумажной ленте потенциометра ПС1-13, одновременно чувствительность повысилась до 1 нТл (рис. 2).

Согласующее устройство представляет собой активный фильтр с усилителем мощности постоянного тока. Активный фильтр построен на основе операционного усилителя К140УДА. На инверсионный вход операционного усилителя через интегрирующие звенья (1, С1 и 3С2) по-



A_1 - К140УДА1А, T_1 - МП38А, T_2 - МП41А

Z_1, Z_2 - Д814А

Рис. 2. Принципиальная схема согласующей установки.

дается исследуемый сигнал. На среднюю точку этих звеньев подается часть выходного сигнала через конденсатор С3, т. е. создается отрицательная обратная связь по переменному току. На прямой вход усилителя через делитель напряжения 4, 5, 6 подается постоянный потенциал. Сигнал с выхода операционного усилителя подается на усилитель мощности, собранный на транзисторах Т1 и Т2, который работает в двухтактном режиме. С выхода усилителя мощности сигнал снимается с делителя 12, 13 через резистор 14. С выхода усилителя мощности через регулятор 17 часть выходного сигнала подается на инверсный вход операционного усилителя, т. е. создается отрицательная обратная связь по постоянному току, чем обеспечивается устойчивая работа и регулировка коэффициента усиления.

Устройство питается от двух источников питания 12 в и —12 в со средней точкой. Для питания операционного усилителя стабилизированным напряжением применены стабилизаторы типа Д814А.

Компенсация геомагнитного поля осуществляется с помощью компенсационной катушки, которая может скомпенсировать ± 98000 нТл.

Для регулировки тока компенсационной катушки используется блок регулировки КГ-1 с добавлением в цепи магазина сопротивления с точностью определения 0,1 Ом. Вся система выбрана так, что изменению сопротивления на 0,1 Ом в компенсационной цепи соответствует изменение шкалы магнитометра на 2 нТл.

При изгибе измеряется разность $H_p - H_{оп} = \Delta H$ при $\sigma = 0$, где: H_p — значение магнитного поля образца на рядовом пункте; $H_{оп}$ — значение магнитного поля на опорном пункте; σ — напряжение.

Затем берется

$$H_p - H_{оп} = \Delta H' \quad \text{при } \sigma > 0.$$

Разность $\Delta H' - \Delta H = \delta H$ представляет изменение магнитного поля образца на рядовом пункте, обусловленное нагрузкой. Измеряя δH для любой точки заложенного нами профиля вдоль образца (расстояние между соседними точками 2 см) получают либо кривые, либо карты изменений магнитного поля образца.

Полученные результаты и их интерпретация

Известно, что при изгибе прямоугольных балок эпюра главных напряжений перерезающих сил и изгибающих моментов вдоль оси имеет вид (рис. 3) [3]. При этом максимальные напряжения наблюда-

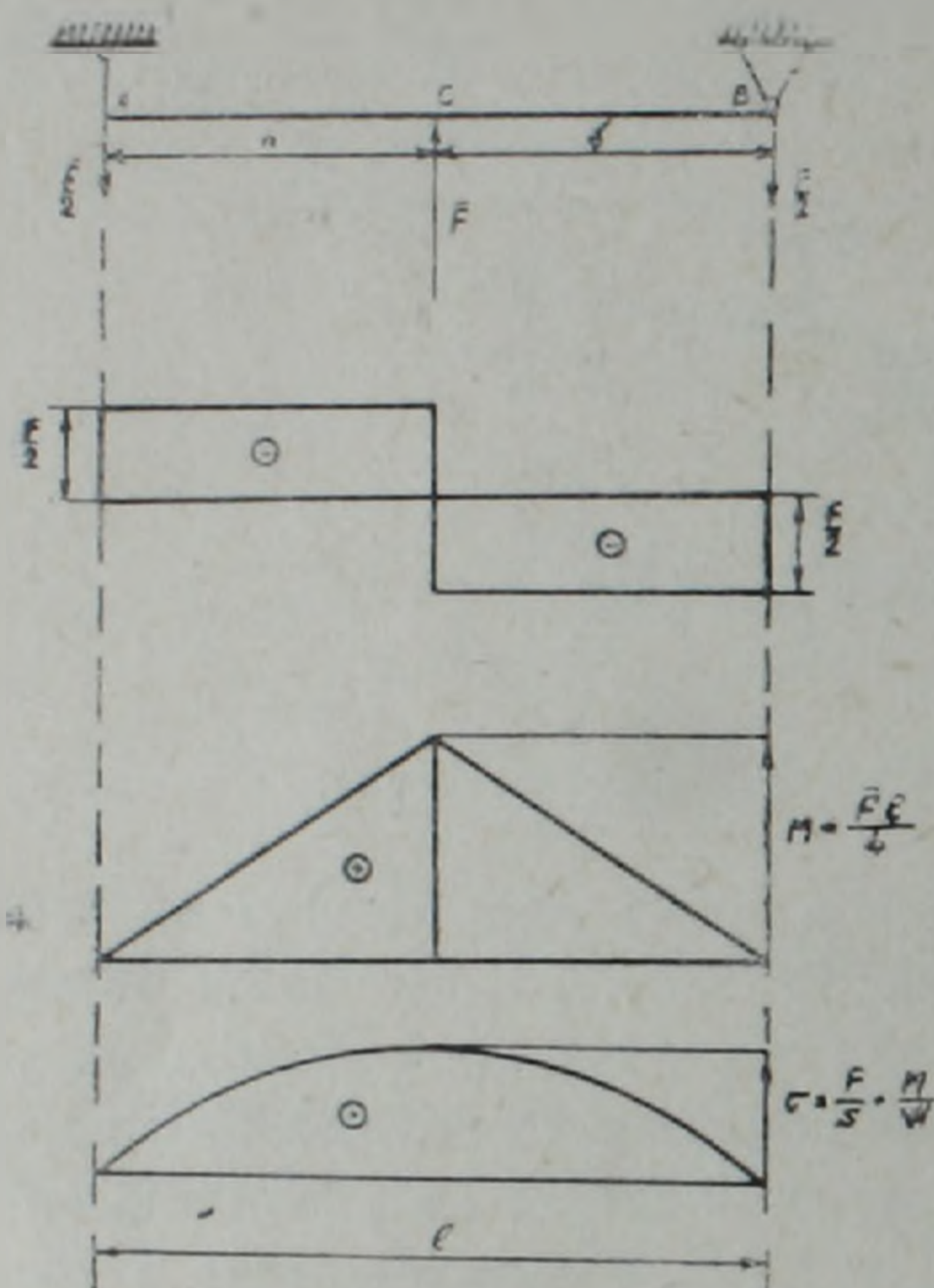


Рис. 3.

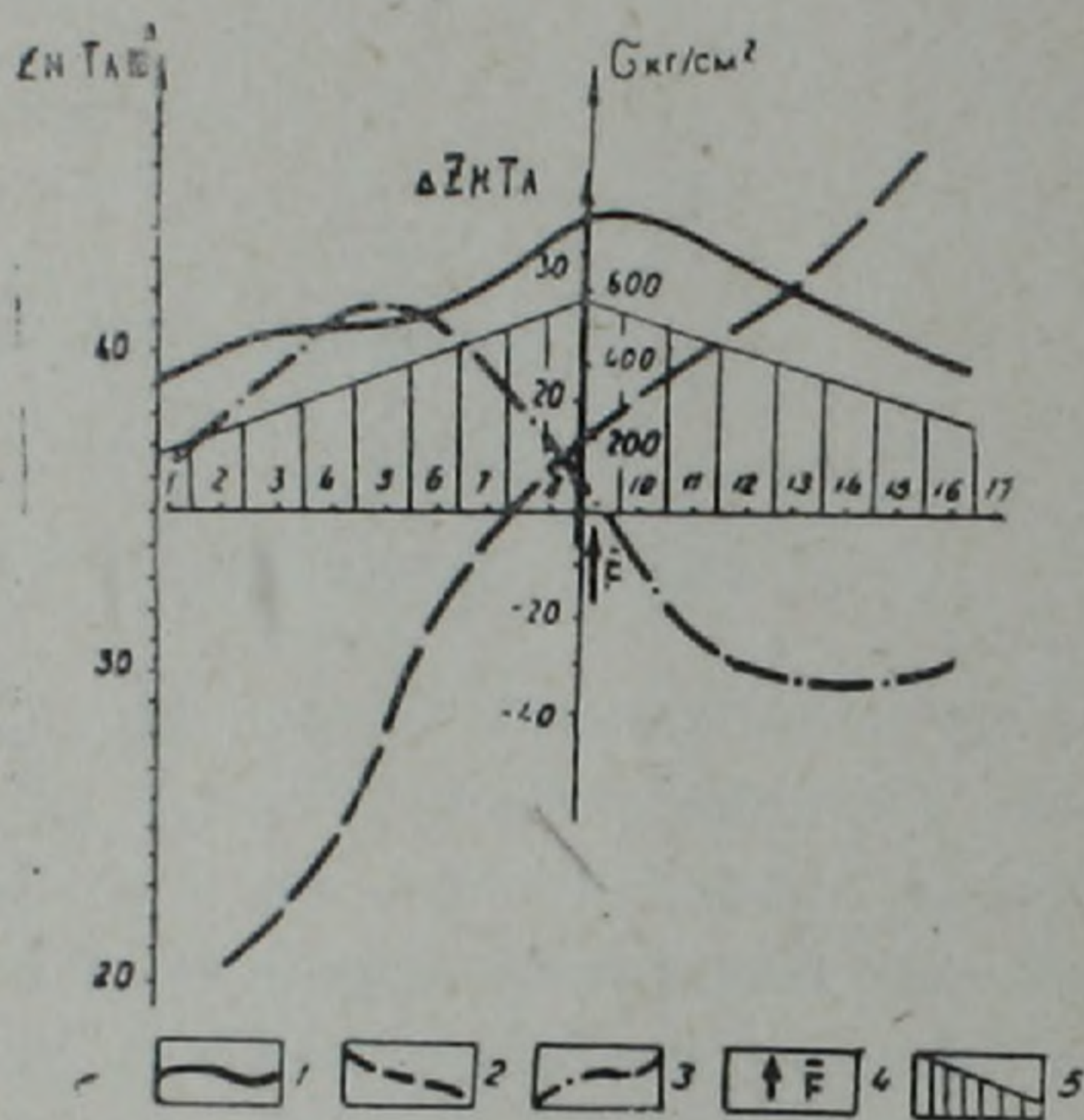


Рис. 4.

Рис. 3. Эпюры главных упругих характеристик при изгибе прямоугольных балок.

Рис. 4. Сопоставление кривых изменений упругих и магнитных характеристик горных пород при изгибе. 1. Кривая распределения упругих напряжений (экспериментальная), 2. Кривая распределения абсолютных значений магнитного поля образца, 3. Кривая распределения магнитоупругого эффекта, 4. Изгибающая сила, 5. Эпюра изгибающих моментов.

ются там, где действует поперечно изгибающая сила. Согласно этому, теоретически построена эпюра (рис. 4), которая показывает, что полученная кривая распределения напряжений не согласуется с кривой, полученной экспериментально. Это несоответствие может играть важную роль для экспериментальной оценки величины $\frac{\partial J_n}{\partial \sigma}$ и, следовательно, для оценки сейсмотектономагнитного эффекта на полигонах.

Так как магнитострикция находится в термодинамически обратной связи с явлением магнитоупругого эффекта, становится возможным получить распределение значений механических напряжений с помощью распределений значений магнитоупругого эффекта. Имея в виду это, проведен эксперимент изучения магнитоупругого эффекта при изгибе базальтовых балок с действующими напряжениями до 800—1000 кг/см².

Экспериментально определена зависимость магнитоупругого эффекта от распределения упругих напряжений методом измерения вертикальной (рис. 4) и горизонтальной (рис. 5) составляющих магнитного поля образца.

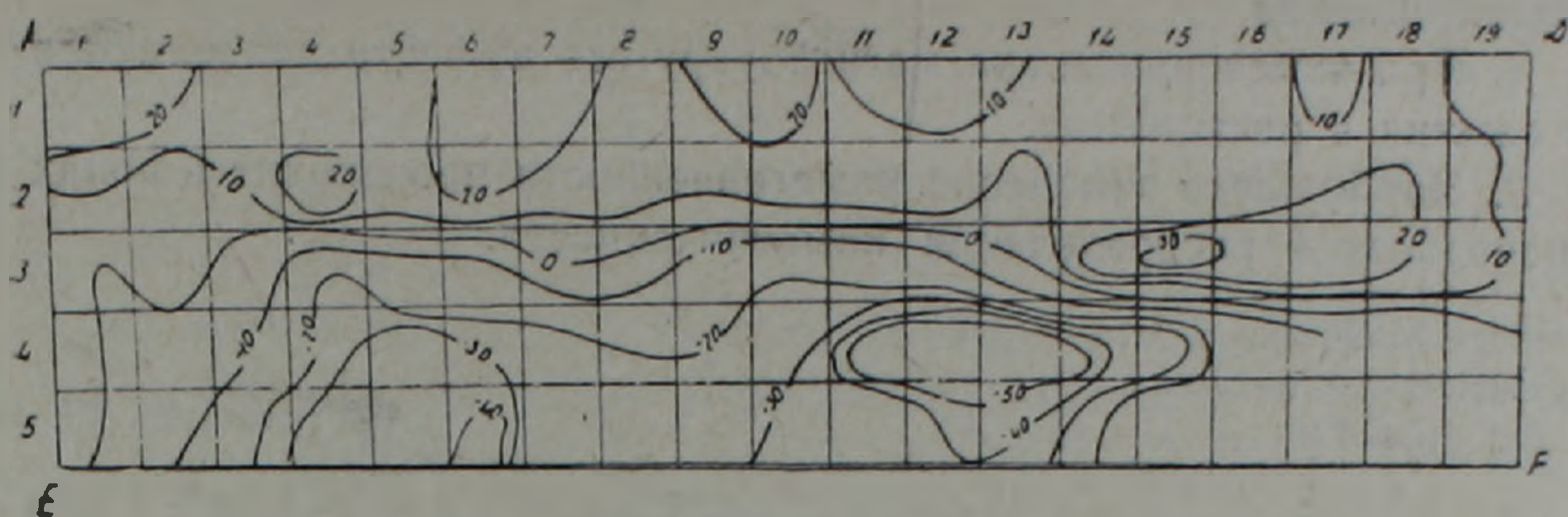


Рис. 5. Разделение областей положительных и отрицательных изменений магнитного поля образца при его изгибе (горизонтальная составляющая).

Площадная съемка горизонтальной составляющей до и после нагрузки обнаружила неоднородное распределение остаточной намагниченности (рис. 6).

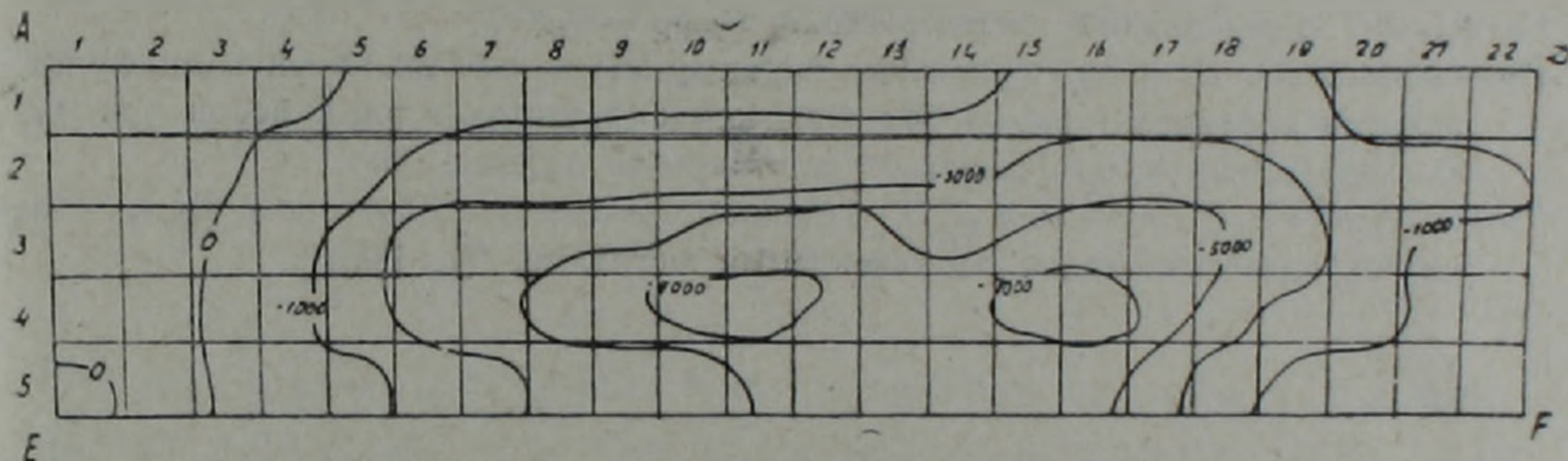


Рис. 6. Распределение значений магнитного поля образца без нагрузки (горизонтальная составляющая).

Обращение в нуль магнитоупругого эффекта на месте действия максимальных напряжений может объясняться сложным распределением действующих растягивающих напряжений вдоль оси балки.

Полученная картина изменений горизонтальной составляющей магнитного поля образца сильно дифференцирована (рис. 5). Здесь большое влияние на распределение магнитоупругого эффекта имеет неоднородность распределения остаточной намагниченности. Большие изменения магнитного поля (остаточной намагниченности) образца величиной 60—80 нТл наблюдаются вокруг неоднородностей поля.

Изменения значительны в средних частях зон растяжений и сжатий, несмотря на то, что максимальные упругие касательные напряжения действуют на поверхностях образца. В этом проявляются, видимо, краевые эффекты, которые как бы компенсируют магнитоупругий эффект (рис. 5, 6). Положительные значения эффекта располагаются в зоне растяжений, а отрицательные—в зоне сжатий. Нулевые значения эффекта располагаются в зоне упругой линии балки, где действующие напряжения равны нулю.

Проанализировав результаты, можно констатировать факт, что при изгибе возникают области положительных и отрицательных значений

магнитоупругого эффекта, с помощью которых можно разделить область сжатий, область растяжений и область нулевых изменений упругих напряжений.

Проведенный лабораторный эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1. При изменении знака магнитоупругого эффекта разделяются зоны сжатия и растяжения.

2. Наибольшее изменение намагниченности происходит в зонах неоднородностей распределения намагниченности.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН Арм.ССР

Поступила 20. VI. 1983

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авчян Г. М. Влияние всестороннего давления до 8000 кг/см^2 на различные виды остаточной намагниченности горных пород. Физика Земли, № 7, 1967.
2. Андреев А. И., Пушков А. Н. Гальваноупругий эффект в кварцитах. Геомагнетизм и аэрономия, т. IX, № 1, 1969.
3. Кинашвили Р. С. Сопротивление материалов. М., 1975.
4. Рикитаки Т. Предсказание землетрясений. Мир, 1979.
5. Сковородкин Ю. П. и др. Магнитные характеристики горных пород под действием давления и температуры. В сб.: Физические свойства горных пород при высоких термодинамических параметрах, «Наукова думка», 1971.
6. Сковородкин Ю. П., Безуглая Л. С. Тектономагнетизм и геодинамика. В сб.: Решение геофизических задач геомагнитными методами, М., 1980.