

УДК 550.340.1

Ц. Г. АКОПЯН, В. В. НАГАПЕТЯН, А. Н. ПУШКОВ, Г. В. РАССАНОВА,  
Ю. П. СКОВОРОДКИНМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ВЗРЫВАХ В РАЙОНЕ  
КАДЖАРАНСКОГО КАРЬЕРА

Магнитометрические наблюдения при искусственных взрывах в горных породах являются перспективным методом моделирования магнитных эффектов, связанных с процессами изменения напряжений в земной коре. Эти наблюдения являются промежуточным звеном между теоретическими и экспериментальными исследованиями магнитных свойств образцов горных пород под действием напряжений с одной стороны и магнитными наблюдениями в сейсмоактивных зонах—с другой.

Наблюдения вариаций геомагнитного поля при взрывах в горных породах проводились в районе Каджаранского рудника. Породы в местах проведения работ слабомагнитные ( $I_n = 10^{-6}$  СГС,  $\chi = 10^{-5} - 10^{-6}$  СГС).

Измерения вариаций велись с помощью квантовых магнитометров: квантового абсолютного магнитометра и дифференциального квантового магнитометра (макет прибора, разработанного А. И. Козловым). У дифференциального магнитометра максимальное расстояние между датчиками составляло 180 м.

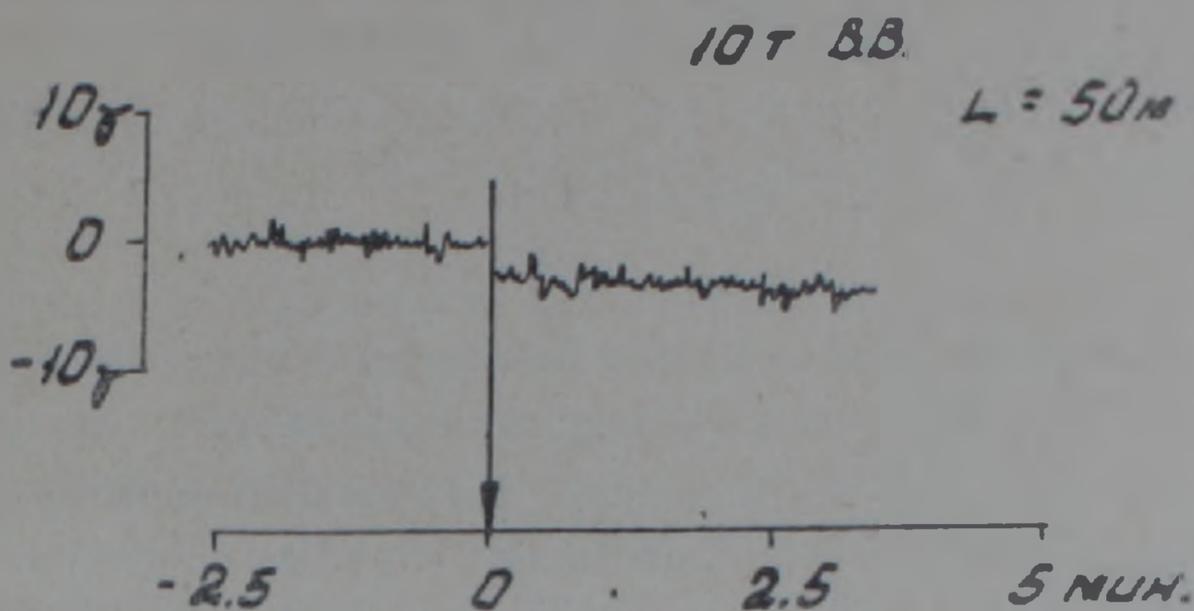
На этой базе оказалось возможным реализовать выделение полезного сигнала на фоне промышленной помехи при работе с чувствительностью 0,02 гамм/мм. Скорость измерения прибора 30 изм/сек. Мощность взрывов составляла от 15 до 40 т. ВВ. При установке датчиков на расстоянии  $L$  нескольких сот метров от эпицентра заметных изменений величины локального геомагнитного поля в момент взрыва ни одним из указанных приборов не было зарегистрировано. На более близких расстояниях были зарегистрированы необратимые изменения поля амплитудой до 2 гамм (фиг. 1) абсолютным магнитометром (расстояние 50 м) и в виде знакопеременного импульса амплитудой 0,75—обратимое изменение дифференциальным: датчики располагались по радиальной линии, ближайший—на расстоянии  $L_1 = 80$  м, дальний— $L_2 = 260$  м (фиг. 2).

Результаты лабораторных исследований показывают, что в природных условиях в общем случае должны наблюдаться обратимые и необратимые изменения намагниченности:

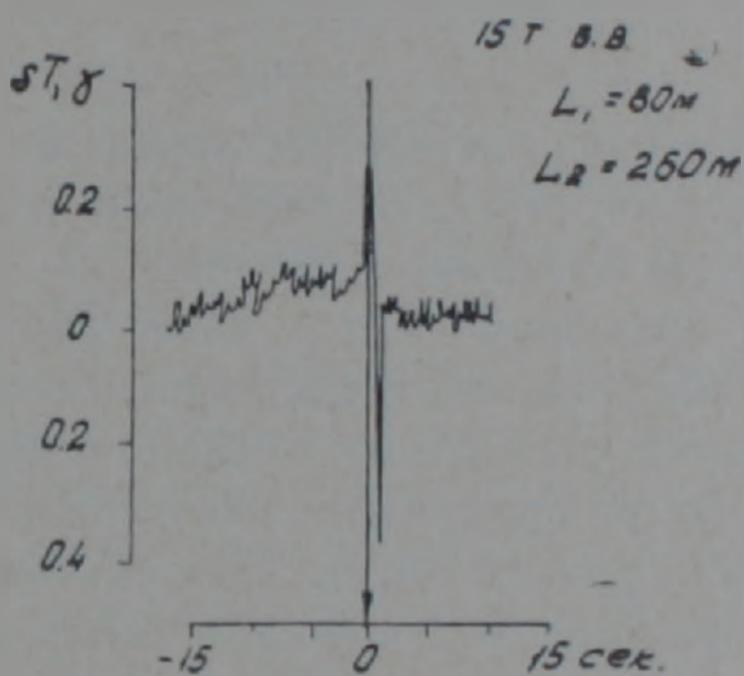
$$\Delta I(P) = \Delta I_n(P) + \Delta I_{in}(P).$$

Знак и величина этих изменений зависят от вида намагниченности, направления осей главных напряжений относительно векторов  $\vec{\gamma}, \vec{I}_n$ , тектонической предыстории породы и от ее упругих свойств. Из-за влия-

ния столь многих факторов, характер изменения намагниченности в каждом конкретном случае может быть установлен на основании экспериментальных исследований.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

К сожалению, попытка исследовать поведение намагниченности под давлением пород из зон взрыва не увенчалась успехом из-за очень малой величины магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности.

Из данных лабораторных исследований магматических пород Зап-гезурского полигона следует, что обратимые изменения, как правило, наблюдаются в интервале  $0 < P \leq 10^3 (1 - 1,5) \text{ кг/см}^2$ , т. е. в области упругого сжатия. При пластической же деформации породы должно происходить необратимое уменьшение намагниченности.

Рассмотрим качественно взрыв сосредоточенного заряда в горной породе. Известно, что при взрыве заряда в массиве породы образуется полость, содержащая продукты детонации (камуфлет), зона разрушения пород, где происходит пластическое течение и растрескивание материала, и, наконец, внешняя зона упругих деформаций. Если сосредоточенный заряд характеризовать радиусом  $r_3$ , то размеры камуфлета для горной породы будут порядка  $2 r_3$ , размеры зоны разрушений —  $15 r_3$ . Для зоны упругих деформаций можно считать, что здесь присутствуют только упругие напряжения  $P_r$ . Экспериментальные данные свидетель-

ствуют о том, что распространяющиеся при взрыве напряжения  $P$ , практически представляют собой однократный положительный импульс, который при  $R > 120 r_3$  переходит в упругую волну напряжений.

Вариацию локального магнитного поля, вызванную взрывом, можно оценить, вводя эквивалентный диполь, магнитный момент которого равен:

$$\Delta \bar{M} = \int_v \Delta \bar{I} dv.$$

В зоне пластического течения можно ожидать необратимое уменьшение намагниченности:  $\Delta \bar{M}_{\text{пл}}$ . В зоне упругих деформаций возникновение магнитного момента  $\Delta \bar{M}_y$ , в основном, обусловлено обратимыми изменениями намагниченности под действием упругих напряжений. Тогда изменение поля будет:

$$\Delta T = \frac{\Delta M_{\text{пл}}}{L^3} + \frac{\Delta M_y}{L^3},$$

где  $L$ —радиальное расстояние от центра взрыва до точки наблюдения.

Таким образом, в зависимости от расстояния  $L$  могут наблюдаться как обратимые, так и необратимые изменения  $I_n$ . Поскольку период магнитной вариации, вызванной  $\Delta M_y$ , равен скорости прохождения упругой волны (порядка 5 км/сек) и для наших случаев должен составлять 20—40 микросекунд, регистрация эффекта с помощью абсолютно-го квантового магнитометра практически невозможна из-за малой скорости измерений: время счета 0,3 секунд. Поэтому вариация за счет обратимых изменений фиксируется с помощью быстродействующего дифференциального магнитометра. Однако, скорость 30 измерений в сек является также недостаточной, т. к. эффект регистрируется практически за одно-два измерения.

Магнитные наблюдения при взрывах в горных породах подтверждают появление магнитной вариации, вызванной механическими напряжениями в горных породах. Малая амплитуда вариаций объясняется малой величиной намагниченности пород в районе взрыва.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 17.VII.1972.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Ц. Г., Нагапетян В. В., Сквородкин Ю. П. О некоторых результатах изучения магнитных свойств горных пород сейсмоактивных зон Армении при повышенных давлениях и температурах. Материалы Третьего Всесоюзного совещания 1971 г. в Киеве. «Наукова Думка», Киев, 1971.