

УДК 552.3.550.382.3(479.25)

В. В. НАГАПЕТЯН

### ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВОСПРИИМЧИВОСТИ И ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ (НА ПРИМЕРЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД АРМЯНСКОЙ ССР)

Известно, что в разрезе земной коры температура пород с глубиной повышается. В зависимости от геотермического градиента температура пород в разных областях на одинаковых глубинах будет иметь различные величины. По данным термокаротажа глубоких скважин [1] средний температурный градиент для Ленинаканского района соответствует  $2,63 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/м}$ , для Абовянского района  $3,29 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/м}$  и для Зангезурского района  $3,1 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/м}$  при ошибке измерения 10—15%. Например, для области очага Зангезурского землетрясения 1968 года температура колеблется в интервале от  $60^\circ\text{C}$  до  $300^\circ\text{C}$ . В связи с этим представляет интерес исследование обратимых изменений  $\chi(P)$  и  $\ln(P)$  при повышенных температурах.

Исследования магнитных свойств горных пород при различных давлениях и температурах выполнены на установке, состоящей из немагнитного гидравлического пресса, системы магнитометров, капнометров, системы охлаждения и нагрева [3]. Установка позволяет производить измерения начальной магнитной восприимчивости в направлении оси сжатия образца и перпендикулярно оси сжатия и измерения вертикальной и горизонтальной составляющих вектора остаточной намагниченности. Эти измерения возможно проводить в различных интервалах давлений, температур и в магнитных полях различной величины.

Цикл температурных исследований заключается в следующем: образец, нагретый до определенной температуры, предварительно выдерживается для однородного нагрева 30 мин, при этой температуре и затем подвергается испытаниям под давлением. Были выбраны для большинства случаев следующие температурные интервалы:  $20^\circ\text{C}$ ,  $150^\circ\text{C}$ ,  $300^\circ\text{C}$ .

Для исследования магнитных свойств образцов горных пород под давлением при различных температурах были выбраны районы в северной, центральной и южной Армении. Для более полной характеристики выбранных районов по магнитным свойствам отбирались образцы пород различного состава, возраста, генезиса. Исследовались образцы гранодиоритов, плагиогранитов, кварцевых диоритов, габбро, порфиритов Зангезурского района (с. Гярд); образцы андезитов, андезито-базальтов, андезито-дацитов, туффигов, туфопесчаников, габбро-диоритов,

габбро-порфиритов, порфиритов эоценового возраста из Ленинаканского района; образцы андезитов, андезито-базальтов из Гарнийского района (Центральная часть Армении). Все перечисленные районы относятся к VIII—балльной сейсмоактивной зоне [2]. Район в южной части Армении, с. Гярд входит в эпицентральную зону землетрясения 1968 года. Для исследования обратимых изменений  $\alpha(P)$  и  $J_p(P)$  образец предварительно при заданной температуре подвергался давлению до  $P_{\max} = 800 \text{ кг/см}^2$ . Затем давление снималось, измерялась величина  $J_p$  или  $\alpha$ , далее проводились измерения при возрастающей и убывающей нагрузке по схеме:  $O \rightarrow P_{\max} \rightarrow O \rightarrow P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow \dots \rightarrow P_{\max} \rightarrow \dots \rightarrow P_1 \rightarrow O$ , где  $P_1 < P_2 < \dots < P_{\max}$ . (схема 1).

На рис. 1 показан типичный пример зависимости  $\alpha(P)$  для образца аплитовидного гранита из Зангезурского района при различных температурах, исследованный по схеме 1, в процессе нагружения образца (после предварительного нагружения до  $P_{\max}$ ) при условии  $\alpha \parallel P$ .

В табл. 1 представлены значения и величины начальной магнитной восприимчивости образцов Ленинаканского и Зангезурского районов ( $\beta$ —характеризует амплитуду обратимых изменений магнитной восприимчивости):

$$\beta = \frac{1}{\alpha_0} \cdot \frac{\Delta\alpha}{\Delta P},$$

где  $\alpha_0$ —магнитная восприимчивость при  $P=0$  (после предварительного сжатия до  $P_{\max}$ );  $\Delta\alpha$ —изменение восприимчивости при увеличении давления на  $\Delta P$  при  $\Delta P = P_2 - P_1$ , где  $P_2 > P_1$ , а  $\Delta\alpha = \alpha(P_1) - \alpha(P_2)$ .

Видно, что коэффициент  $\beta$  несколько уменьшается с повышением температуры, с другой стороны, начальная магнитная восприимчивость растет. Эта закономерность выполняется для всех исследованных образцов. Поскольку абсолютная величина начальной магнитной восприимчивости может увеличиваться с ростом температуры, проведена оценка полного изменения магнитной восприимчивости при заданной температуре и давлении ответственного за величину сейсмоманнитного эффекта:  $\Delta\alpha(T) = \beta \cdot \Delta P \cdot \alpha(T)$ . Как видно из таблицы 1 (граф. 7) и рис. 2, на котором представлено изменение  $\frac{\Delta\alpha^T}{\Delta\alpha^{20^\circ\text{C}}}$  при фиксированном давлении ( $P=100 \text{ кг/см}^2$ ) и при различных температурах, величина  $\Delta\alpha$  с увеличением температуры не меняется (в пределах ошибки измерения).

Были проведены исследования естественной остаточной намагниченности от давления и температуры (исследования проведены по схеме 1).

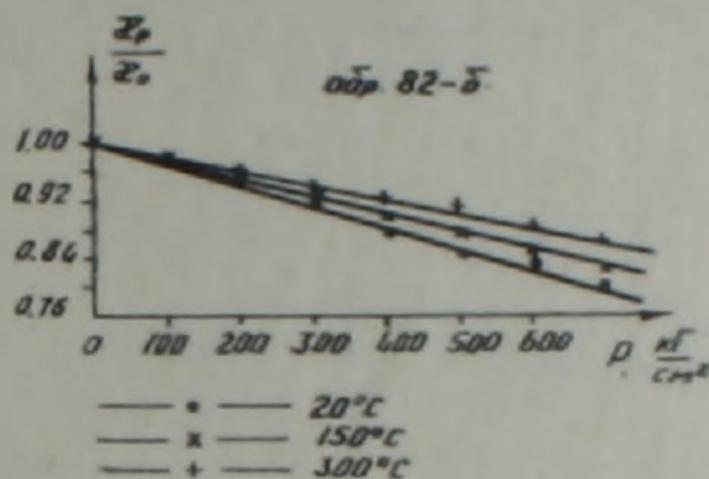


Рис. 1. Изменение восприимчивости образца (аплитовидный гранит) под давлением при различных температурах.

Рассчитана величина коэффициента  $j$ , характеризующего амплитуду обратимых изменений естественной остаточной намагниченности

$$\gamma = \frac{1}{J_n} \cdot \frac{\Delta J_n}{\Delta P},$$

где  $J_n$  — естественная остаточная намагниченность при  $P=0$  (после предварительного сжатия  $P_{\max}$ );  $\Delta J_n$  — изменение намагниченности при увеличении давления на  $\Delta P$  при  $\Delta P = P_2 - P_1$ , где  $P_2 > P_1$ , а  $\Delta J_n = J_n(P_1) - J_n(P_2)$ .

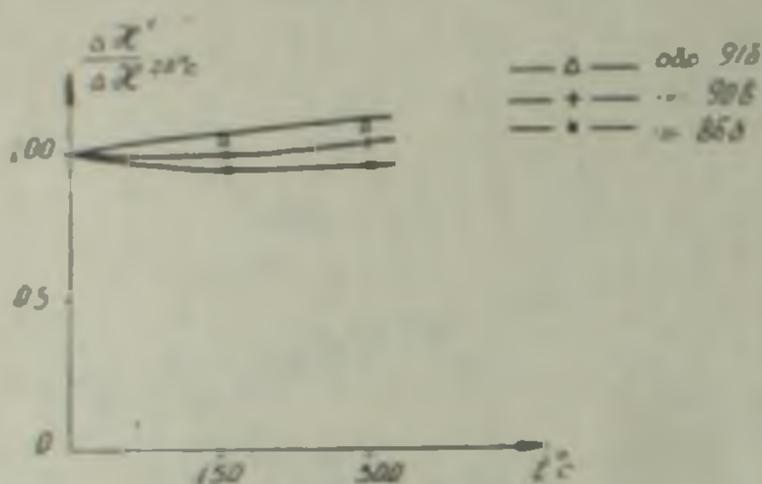


Рис. 2.

Рис. 2. Зависимость  $\frac{\Delta \chi'}{\Delta \chi'^{20^\circ\text{C}}}$  от температуры при  $100 \text{ кг/см}^2$ .

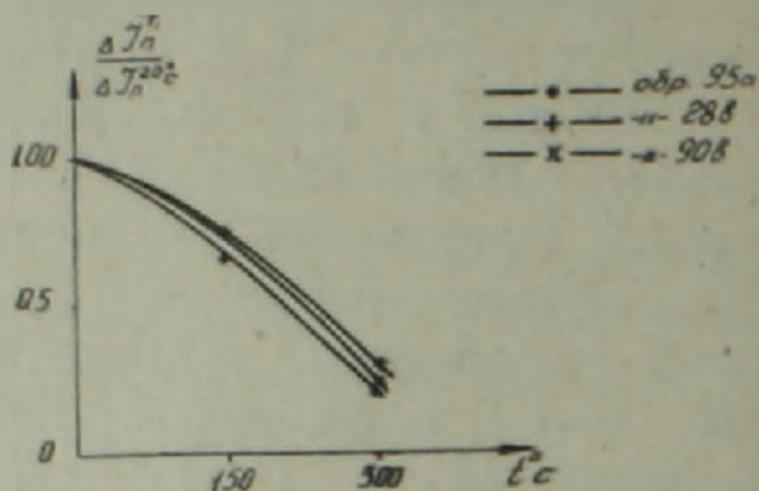


Рис. 3.

Рис. 3. Зависимость  $\frac{\Delta J_n^T}{\Delta J_n^{20^\circ\text{C}}}$  от температуры при  $100 \text{ кг/см}^2$ .

В табл. 2 представлены величины  $J_n$  и остаточной намагниченности  $J_n$  для образцов Северной Армении и Зангезурского района при различных температурах. При  $T=20^\circ\text{C}$  для исследованных образцов величина коэффициента  $j$  находится в пределах от  $1,4 \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кг}$  до  $3,7 \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кг}$ . С увеличением температуры происходит уменьшение величины коэффициента  $\gamma$ , величина  $J_n$  также уменьшается.

Следовательно, величина  $\Delta J_n$ , рассчитанная по формуле  $\Delta J_n = J_n \cdot \Delta P \cdot \Delta J_n(T)$ , как видно из этой таблицы и рис. 3, на котором пред-

ставлено изменение  $\frac{\Delta J_n^T}{\Delta J_n^{20^\circ\text{C}}}$  при фиксированном давлении ( $P = 100$

$\text{кг/см}^2$ ) у образцов габбро-порфиритов, гранодиоритов, кварцевых диоритов Лениканского и Зангезурского районов уменьшается на 30—40% при температуре  $150^\circ\text{C}$  и на 70—80% при температуре  $300^\circ\text{C}$  относительно  $\Delta J_n$  при  $20^\circ\text{C}$ .

Таким образом, проведенные лабораторные исследования начальной магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности образцов горных пород из сейсмоактивных зон Армении под давлением при различных температурах показали:

1. Амплитуда обратимого изменения индуктивной намагниченности  $\Delta I = \Delta \chi \cdot H$  при неизменном давлении практически не зависит от температуры породы, в интервале  $20 \div 300^\circ\text{C}$ . С учетом геотермического градиента для различных районов Армении, можно считать, что изменения

Таблица 1

Район отбора образцов	№№ образцов	$t$ °С	$\beta \times 10^4$ см <sup>3</sup> /кг	$\varepsilon_0 \times 10^4$ , СГС при $P=0$ после наложения $P_{max}$	$T$ °С Кюри	$\Delta \varepsilon \times 10^6$ , СГС при $\Delta P = 100$ кг/см <sup>2</sup>	Название породы	
Ленинакан	26	20	1,7	27	Ряд 525	47	Габбро-порфирит	
		150	1,6	31		50		
		300	1,5	33		50		
42а	42а	20	2,8	13	Ряд 550	36	Туфопесчаники	
		100	2,7	13		35		
		200	2,5	14		35		
Гярд	776	20	3,2	14	580	45	Плагиогранит	
		100	3,0	15		45		
		200	2,8	16		45		
		300	2,2	18		40		
	786	786	20	2,3	8	560	18	Гранодиорит
			150	1,9	9		17	
			300	1,7	10		17	
	826	826	20	3,3	13	580	43	Аплитовидный гранит
			150	2,8	14		39	
			300	2,3	15		34	
	866	866	20	1,2	12	550	14	Габбро
			150	1,0	13		13	
300			0,9	14	13			
90в	90в	20	2,8	18	560	50	Габбро-диорит	
		150	2,5	20		50		
		300	2,2	23		51		
916	916	20	3,2	10	580	32	Гранодиорит	
		150	3,1	11		34		
		300	2,8	12		34		
996	996	20	3,0	14	350	42	Кварцевый диорит	
		100	2,9	15		43		

Таблица 2

Район отбора образцов	№№ образцов	$t$ °С	$\gamma \times 10^4$ см <sup>3</sup> /кг	$I_n \times 10^4$ СГС при $P=0$ после наложения $P_{max}$	$\Delta I_n = 10^5$ СГС при $\Delta P = 100$ кг/см <sup>2</sup>	Название породы
Ленинакан	28а	20	1,7	120	20	Габбро-порфирит
		150	1,5	100	15	
		300	1,3	46	6	
Гярд	90в	20	3,7	65	24	Гранодиорит
		150	3,0	60	18	
		300	1,4	50	7	
95в	95в	20	3,5	60	21	Кварцевый диорит
		150	3,1	42	13	
		300	2,2	18	4	

индуктивной намагниченности под давлением не зависят от температуры породы до глубины 8—12 км (это соответствует температуре порядка 300°C).

2. Основной вклад в сейсмомангнитный эффект на глубине будут вносить изменения начальной магнитной восприимчивости, так как для глубинных пород эффект  $\Delta\chi$  значительно больше, чем  $\Delta J_n$ , существенно уменьшающейся при повышении температуры.

Институт геофизики и инженерной  
сейсмологии АН Армянской ССР

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Любимова Е. А., Поляк Б. Г., Смирнов С. И. и др. Обзор данных по тепловым потокам в СССР. В кн. «Тепловые потоки из коры и верхней мантии Земли». Верхняя мантия, М., 1973.
2. Карапетян Н. К., Мкртчян С. С., Паффенгольц К. Н. Сейсмическое районирование СССР. Арменин. «Наука», М., 1968.
3. Сковородкин Ю. П., Бураков К. С., Безуглая Л. С., Максудов. Установка для исследования магнитных свойств образцов горных пород при различных давлениях и температурах. Сб. «Тезисы докладов VIII конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма», ч. 2, М., 1970.