

УДК 552.32 : 550.833(479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. П. ВОЛАРОВИЧ, А. Н. НИКИТИН, В. С. БАЛАСАНЯН

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОД АРМЕНИИ

Пьезоэлектрический эффект горных пород, установленный авторами работ [3, 4], имеет большое значение при решении некоторых задач разведочной геофизики [1, 2, 5], расширяет представления о самой природе пьезоэлектричества [8], а также в комплексе с другими исследованиями при высоких термодинамических условиях дает интересные сведения о физических свойствах горных пород [9, 10].

В последнее время исследователей все более интересуют вопросы, связанные с выявлением текстур минералов и горных пород, обладающих пьезоэлектрическими свойствами [8, 12]. В связи с этим представляется интересной работа [6], в которой предложен метод определения типа симметрии пьезоэлектрических текстур. В основе этого метода лежит тот факт, что при возбуждении пьезоэффекта статическими нормальными или касательными напряжениями или продольными и поперечными волнами, распространяющимися вдоль определенных направлений в текстуре, поверхность образца будет заряжаться в соответствии с пьезоэлектрическим тензором и в каждом случае иметь индивидуальную конфигурацию электрического поля.

Эксперименты с минералами (кварц, турмалин, нефелин, содалит, сфалерит) и мономинерально-поликристаллической средой показали возможности предложенной методики для исследования симметричных свойств пьезоэлектриков. Однако не менее важно установить природу пьезоэлектрического эффекта и определить тип симметрии пьезоэлектрических текстур у многокомпонентных горных пород.

В этом смысле большой теоретический и практический интерес представляют кварцсодержащие горные породы. В данной статье изложены результаты исследований пьезоэлектрических свойств кварцсодержащих горных пород на примере гранитоидов Армении. Гранитоидные породы обладают слабой пьезоактивностью [11]. Поэтому эксперименты с гранитоидами дали возможность выяснить также эффективность предложенного метода для регистрации проявлений пьезоэффекта (зернового или текстурного) у группы горных пород, обладающих небольшой пьезоактивностью.

Для проведения экспериментов из торной породы вырезались кубики размером $35 \times 35 \times 35$ мм, на которых проводились предварительные из-

мерения пьезоэффекта по трем направлениям. Образцы вырезались не в главной, а в подвижной системе координат, поэтому пьезоэлектрический эффект на образцах проявлялся во всех трех направлениях. Измерения выполнены динамическим методом [3, 4, 7] в гармоническом и импульсном режимах. Кроме того, для образцов гранитоидов во всех трех направлениях измерялись значения скорости распространения про-

Таблица 1

Образцы №№	Грани образца	Пьезоэлектрический потенциал (мв)		Скорость продольных волн (км/сек)
		гармонический режим	импульсный режим	
10А	1	1,5	0,78	4,94
	2	1,6	0,87	4,38
	3	1,5	0,68	4,98
10Б	1	1,5	0,32	5,13
	2	2,8	0,87	4,53
	3	1,2	0,25	5,12
10В	1	1,7	0,28	4,93
	2	2,0	0,87	4,23
	3	1,3	0,27	4,88
18А	1	1,0	0,24	5,44
	2	1,5	0,26	5,33
	3	2,6	0,53	4,96
18Б	1	1,2	0,31	5,01
	2	1,2	0,55	4,81
	3	2,2	0,92	4,60
18В	1	0,9	0,53	5,48
	2	1,4	0,62	4,96
	3	2,5	0,69	4,88
19А	1	1,4	0,59	5,02
	2	1,3	0,33	5,41
	3	1,7	1,25	5,17
19Б	1	1,3	0,66	4,85
	2	1,6	0,30	5,07
	3	2,0	0,81	4,93
19В	1	1,9	0,60	5,01
	2	0,6	0,57	5,23
	3	2,1	1,02	4,80

дольных волн v_p . У трех образцов — №№ 10, 18, 19 (гранодиорит и два кварцевых диорита) был зарегистрирован пьезоэффект, превышающий предел чувствительности измерительных приборов. Результаты измерений динамических пьезомодулей и v_p представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что большинство образцов имеет четкий максимум или минимум значений пьезоэлектрического потенциала. Причем, если пьезомодуль принимает максимальное значение в одном направлении, то скорость продольных волн в этом же направлении имеет минимальное значение, что свидетельствует о преимущественной ориен-

тировке оптических и электрических осей зерен кварца в образце. Этим еще раз подтверждается, что кварцсодержащие породы имеют хорошо выраженную ориентировку зерен по форме и внутреннему строению, отвечающему тектонитам плоскостного типа [11]. Количественной же связи между интенсивностью изменения пьезоэффекта и скоростью распространения продольных волн не наблюдается. Величина пьезоэффекта образцов гранитоидов Армении равна 10^{-11} ед.СГСЭ/дин, что на три порядка ниже, чем у кристаллов кварца. С другой стороны, взятый для сравнения образец гранита с острова Валаам проявил высокую пьезоактивность, на порядок превышающую эффект указанных выше образцов гранитов.

На следующей стадии эксперимента, с учетом максимального и минимального пьезоэлектрического эффекта, из кубиков, показавших большие значения пьезоэлектрического потенциала, были изготовлены круглые цилиндрики ($l=30$ мм, $d=30$ мм), для которых измерялись угловые зависимости пьезоэффекта. Конфигурация электрического поля определялась по методике, подробно описанной в работе [7]. Кроме того для этих образцов было произведено исследование зандеровским методом и были получены диаграммы выходов оптических осей (рис. 1). На диаграмме выходов оптических осей, полученной для валаам-

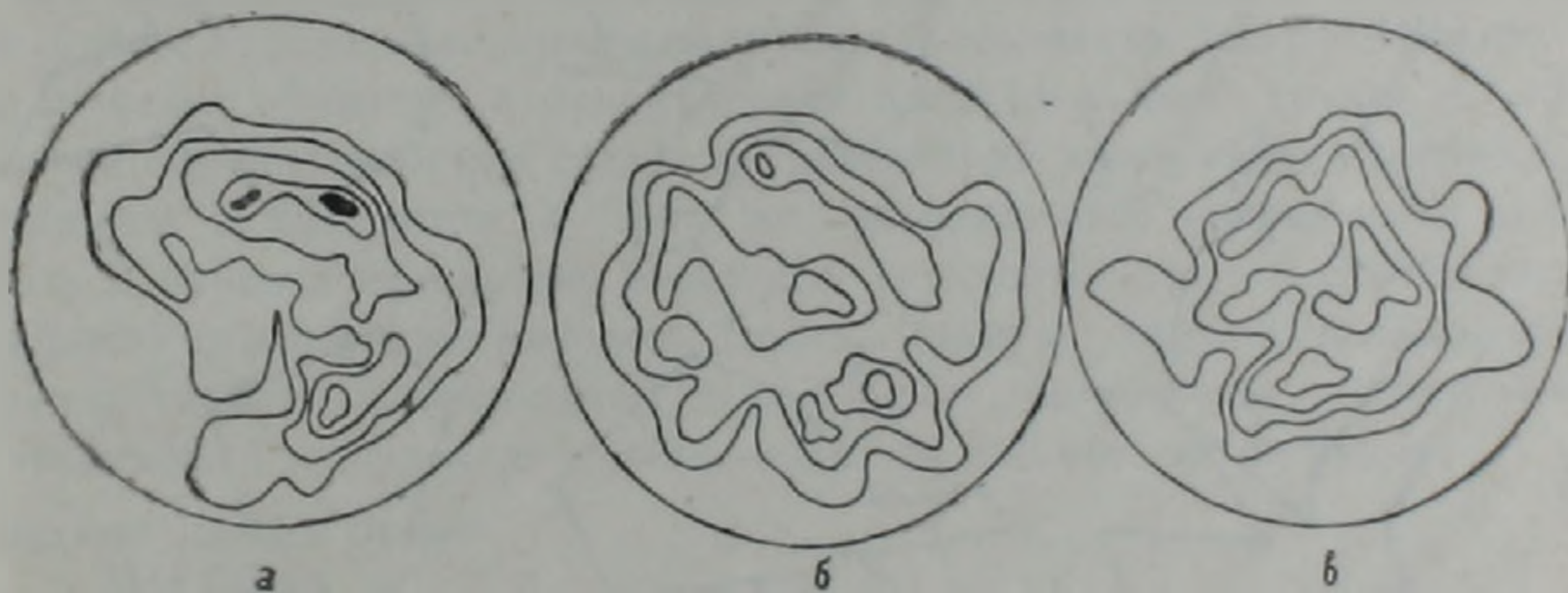


Рис. 1. Диаграммы выхода оптических осей зерен кварца для образцов: а) гранит (остров Валаам), б) гранодиорит, в) кварцевый диорит.

ского гранита, четко проявляются два максимума высокой плотности, расположенные близко друг от друга. Такую ориентировку, с известным допущением, можно рассматривать, как приближающуюся к линейной. Анализ угловых зависимостей пьезоэффекта, зарегистрированных у валаамского гранита, показал наличие шести максимумов при продольном пьезоэффекте и два максимума, характерных для диполя при поперечном. Все это свидетельствует о проявлении симметрии в упаковке кварцевых зерен, которую можно отнести к типу текстуры $m.3:m$.

Сравнение угловых зависимостей, измеренных у дискового образца в двух положениях—исходном и после поворота на 120° вокруг оси.

показывает совпадение угловых координат экспериментальных значений пьезоэффекта.

Таким образом, рассмотренные результаты подтверждают выводы о возможности существования пьезокварцевых структур в гранитах. Однако, на данном этапе, следует отметить, что они зарегистрированы не для всех образцов. Эксперименты с другими образцами гранитоидов из собранной коллекции выявили признаки пьезоэффекта, существующего за счет произвольно ориентированных отдельных зерен или локальных групп зерен, для которых проявляется общая ориентировка. В качестве примера рассмотрим результаты, полученные в экспериментах с образцом гранодиорита (№ 10). Для этого образца был проведен весь комплекс петрографических измерений. Изображенные на рис. 1

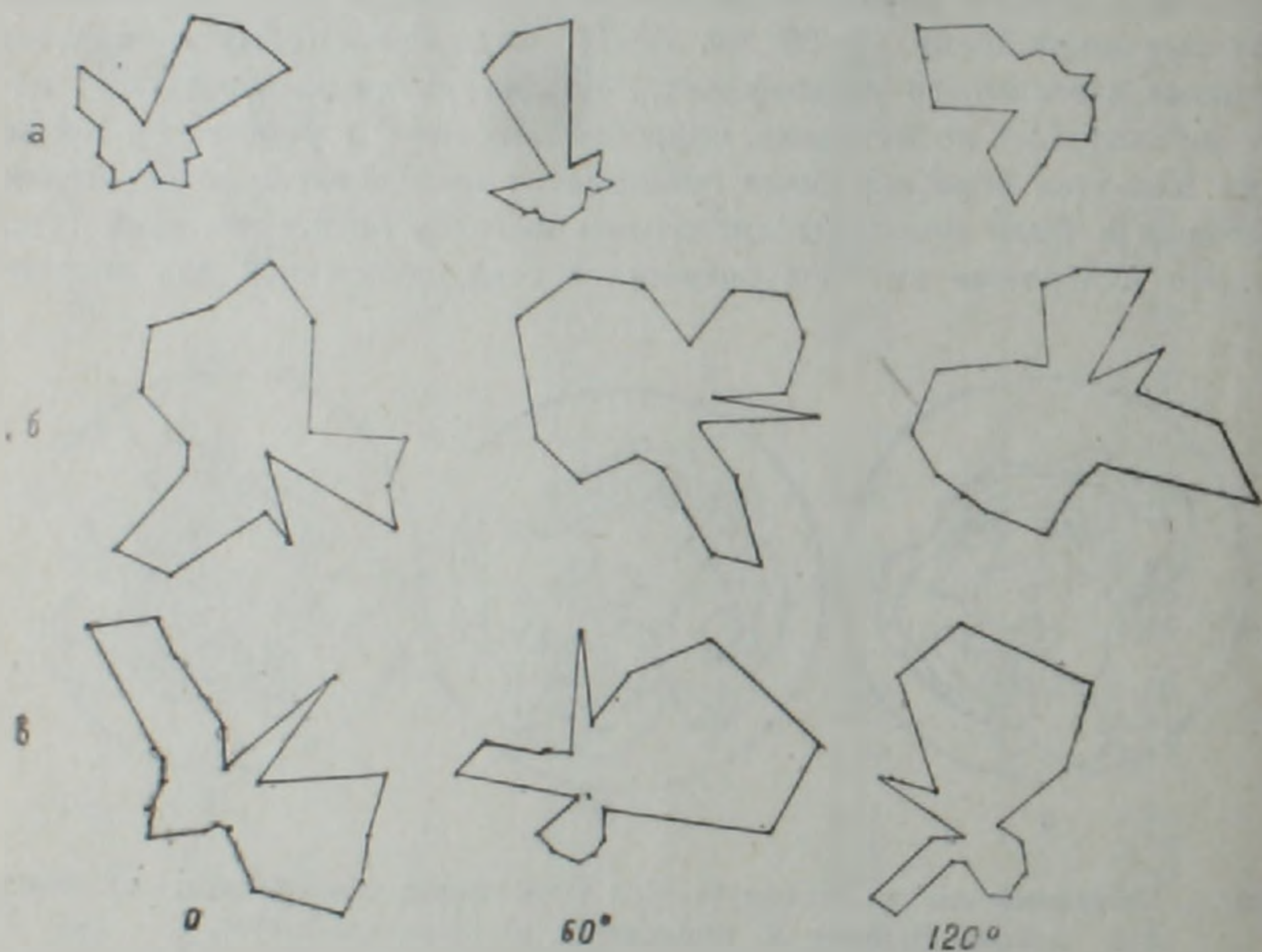


Рис. 2. Угловые зависимости пьезоэлектрического эффекта для образцов гранитоидных пород: а) гранодиорит, б) кварцевый диорит, в) кварцевый диорит.

диаграммы ориентировки оптических зерен кварца приводят к выводу об отсутствии какой-либо закономерности в распределении локализованных зон с повышенной плотностью оптических осей. Результаты регистрации угловых зависимостей пьезоэффекта для исследованных образцов представлены на рис. 2. Полученные угловые зависимости не соответствовали ни одному из известных сечений указательной поверхности пьезоэффекта, рассчитанных для известных типов пьезокварцевых текстур, и отличались наличием резких всплесков пьезоэффекта. Конфигурация электрического поля, зарегистрированного в различных

положениях образца, отличающихся поворотами на 60, 120, 180° и т. д., не изменялась, но поворачивалась вместе с образцом на такие же углы. Конфигурации угловых зависимостей пьезоэффекта и их положение совпадали только после поворота на 360°.

Таким образом, в данном случае угловые зависимости пьезоэлектрического эффекта при поворотах образца подчиняются только операции отождествления относительно оси образца и проявляются резкими асимметричными выбросами. Рассмотренные признаки пьезоэлектрического эффекта имеют аналоги с результатами, полученными при моделировании проявлений пьезоэффекта отдельных произвольно ориентированных зерен в пьезоэлектрически нейтральной среде. Подобные сопоставления результатов, полученных в экспериментах с гранитоидами и в модельных экспериментах, позволили сделать вывод, что в большинстве исследованных нами образцов гранитов пьезоэлектрический эффект проявляется за счет отдельных произвольно ориентированных зерен или зерновых скоплений кварца, разделенных между собой пьезонейтральной составляющей гранитоидов.

Таким образом, эксперименты с образцами этих гранитоидов позволили обнаружить проявления пьезоэлектрического эффекта как текстурного, так и зернового характера, разделение которых оказалось возможным на основе данных, полученных в модельных экспериментах. Касаясь результатов, полученных авторами работы [12], отметим, что по одним только измерениям величины пьезоэлектрического эффекта на кубических образцах и ориентировки оптических осей трудно с достаточной определенностью судить об ориентации зерен кварца в образцах гранитов и кварцитов. К тому же, определенные погрешности могли быть допущены вследствие известных трудностей при измерении пьезоэффекта статическим методом. Более полную картину пьезоэлектрических свойств гранитоидных пород дают результаты исследований структуры пьезоэлектрического поля динамическим методом.

Институт физики Земли

АН СССР,

Ереванский политехнический

Институт им. К. Маркса

Поступила 1 X 1980

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Воларович Г. П., Воларович М. П., Пархоменко Э. И., Русакова Е. И., Селезнева Л. Д., Соболев Г. А. Метод пьезоэлектрического эффекта—новое направление в поисково-разведочных работах. Сов. геология, № 1, 1980.
2. Воларович М. П. Пьезоэлектрический метод разведки горных пород. Сб. «Наука и Человечество», «Знание», 1975.
3. Воларович М. П., Пархоменко Э. И. Пьезоэффект горных пород. ДАН СССР, т. 90, № 2, 1954.
4. Воларович М. П., Пархоменко Э. И. Пьезоэлектрический эффект горных пород. Известия АН СССР, Физика Земли, № 3, 1955.
5. Воларович М. П., Соболев Г. А. Пьезоэлектрический метод геофизической разведки кварцевых пегматитовых жил. «Наука», 1968.
6. Воларович М. П., Никитин А. Н., Пархоменко Э. И., Русакова Е. И. Определение типа симметрии пьезоэлектрических текстур горных пород электрическим и ин-

- дукционным методом в динамическом режиме. Сб. «Физические свойства Г/П. и минералов при высоких давлениях и температурах», «Наука», 1978.
7. Никитин А. Н., Пархоменко Э. И. О точности измерения пьезоэлектрических модулей горных пород (Г/П) в динамическом режиме. Тот же сборник.
 8. Пархоменко Э. И. Явления электризации в горных породах. «Наука», 1968.
 9. Пархоменко Э. И. Электрические свойства горных пород. «Наука», 1965.
 10. Пархоменко Э. И., Галдин Н. Е. Влияние одностороннего давления на пьезоэлектрический эффект горных пород. Геофизический сб. АН УССР, 53, Киев, 1973.
 11. Пархоменко Э. И. О статическом и динамическом пьезоэлектрических модулях горных пород и их зависимость от давления. Геофизический сб. АН УССР, № 56, 1973.
 12. Tyck G. J., Stasey F. O., Starkey R. As earch for the piezoelectric effect in quartzbearing. Tectonophysics, 39, 4, 1977.