

Г. И. ШЕВЦОВ, Н. И. МИГУНОВ, Г. А. СОБОЛЕВ,
Э. В. КОЗЛОВ

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИИ

(Представлено академиком М. А. Садовским 12 VI 1975)

Известны многочисленные случаи свечения атмосферы и отдельных предметов, резкого изменения вертикального градиента электрического потенциала Земли и других электрических феноменов во время землетрясений. Попытка классификации этих явлений была сделана еще в начале века в работе С. Гали (¹). В нашей стране наиболее полные наблюдения проведены во время Ташкентского землетрясения 1966 г. (²). Для Мацуширского роя землетрясений в Японии получена серия из восьми цветных фотографий, запечатлевших различные виды свечения воздуха над поверхностью холмов за несколько секунд до ощутимых толчков и после них (³).

Природа явления пока не выяснена, и одной из возможных причин может быть электризация горных пород в процессе их деформации и разрушения. В настоящее время довольно полно изучен только один механоэлектрический эффект горных пород — пьезоэлектрический, наблюдаемый в таких широко распространенных породах, как граниты, гнейсы и кварциты (⁴). Другие известные механоэлектрические эффекты присущи малораспространенным в земной коре минералам. К ним относятся, например, эффект Степанова в галоидных минералах (⁵), сейсмоэлектрический эффект второго рода во влагонасыщенных осадочных породах (⁶).

Нами сделана попытка обнаружить механоэлектрические свойства у породообразующих минералов, относящихся к полевым шпатам. Кристаллическая решетка выбранных для исследования минералов ортоклаза и микроклина имеет центр симметрии, что исключает возможность существования в них пьезоэлектрического эффекта. Исследуемые образцы монокристалла ортоклаза размерами $20 \times 20 \times 40$ мм³ были изготовлены в форме прямоугольных параллелепипедов таким образом, что плоскости длинных граней были перпендикулярны или параллельны плоскостям совершенной спайности, т. е. плоскостям (010); непараллельность граней была не более $\pm 0,01$ мм. Поверхность образца тщательно полировали и шлифовали. В средней части длинных граней наносили измерительные электроды посредством напыления серебра в вакууме ($5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст) на вакуумном универсальном poste ВУП-2КУ4.2.

Блок-схема измерительной установки приведена на рис. 1. Приспособлением для осевого сжатия 2 образец 1 нагружали на жесткой испытательной машине SZ-10-1 вплоть до разрушения, которое наступало при напряжениях 5–25 кг/мм². При помощи тензодатчиков типа 2ФКПА-5-200ХВ в плечах симметричного моста типа МО-62 и усилителя постоянного тока типа Ф116/1 измеряли механическое напряжение σ , деформацию поверхности длинной грани ϵ_n и относительную линейную деформацию ϵ_l испытуемого образца. При измерении σ датчики располагали на станине прессы, при измерении ϵ_n — непосредственно на поверхности кристалла и при измерении ϵ_l — на упругой пластине (рис. 1). Скорость нагружения образца калибровали и контролировали по динамометру с ценой деления 20 кг. Деформация образца определялась по методике, описанной в работе (⁷). При

помощи пьезоэлектрического датчика, широкополосного усилителя типа УШ-2 и интенсиметра типа РЕ-1 регистрировали число акустических сигналов в единицу времени $\Delta N/\Delta t$, сопровождающих образование микротрещин в образце. Электрический ток i , возникающий при деформации кристалла, измерялся электрометрическим усилителем типа СП-1М. Все указанные параметры регистрировали одновременно и записывали на шлейфовом осциллографе типа Н700.

На рис. 2 приведен результат одного из экспериментов: образец ортоклаза деформировался посредством одноосного сжатия в направлении, пер-

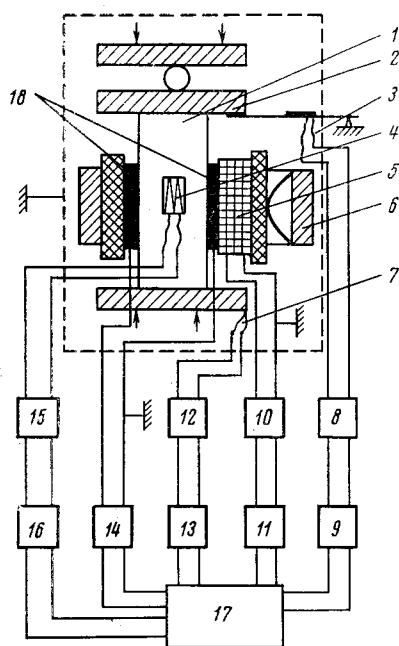


Рис. 1

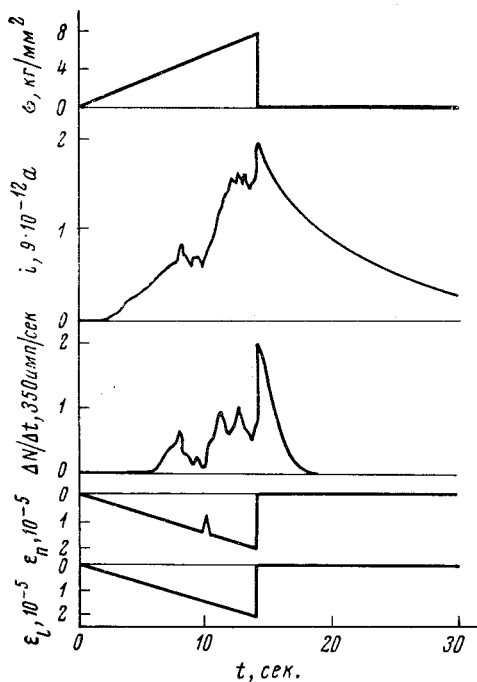


Рис. 2

Рис. 1. Структурная схема измерительной установки: 1 — образец, 2 — приспособление для осевого сжатия, 3, 4, 7 — тензодатчики, 5 — пьезодатчик, 6 — прижим пьезодатчика, 8, 12, 15 — элементы измерительного моста, 9, 13, 16 — усилители постоянного тока, 10 — широкополосный усилитель, 11 — интенсиметр, 14 — электрометрический усилитель, 17 — шлейфовый осциллограф, 18 — измерительные электроды

Рис. 2. Результаты измерений электрического тока и акустических сигналов при деформации и разрушении образца ортоклаза

пендикулярном (001). Измерительные электроды были расположены перпендикулярно (010). Видно, что ϵ_n и ϵ_l линейно возрастают с увеличением напряжения. При прохождении микротрещины под тензодатчиком происходит пикообразное изменение ϵ_n . Увеличение нагрузки вызывает появление электрического тока и акустических сигналов; значения i и $\Delta N/\Delta t$ становятся максимальными для нагрузок, близких к разрушению образцов. Резкое увеличение скорости возникновения акустических сигналов, как правило, сопровождается скачкообразным изменением тока.

Травление поверхности образца до и после эксперимента плавиковой кислотой⁽⁸⁾ не позволило обнаружить полос скольжения и сброса. Если также учесть линейное приращение ϵ_n и ϵ_l при изменении σ , то можно заключить, что в рассматриваемых экспериментах происходит квазихрупкое разрушение образцов, обусловленное образующимися микротрещинами, отчетливо видимыми на поверхности кристалла после снятия нагрузки.

Электрические измерения показывают, что заряд, возникающий на различных гранях исследуемых минералов, имеет одинаковый знак (обычно

плюс) на всей поверхности образца. При нагружении и разгружении образца полярность регистрируемого тока не изменяется.

Таким образом, рассматриваемое механоэлектрическое преобразование приводит к токопереносу с преобладающими носителями зарядов одного знака. Следовательно, электризацию исследуемых полевых шпатов нельзя объяснить механоэлектрическими процессами, приводящими к возникновению связанных зарядов.

Важно отметить, что при одинаковом механическом напряжении величина тока, регистрируемого при перпендикулярном расположении электродов относительно (010), больше, чем при параллельном; в среднем отношение величин $(di/dt)/(d\sigma/dt)$ для указанных положений электродов равно пяти. Подобное явление наблюдалось в опытах Дьюлаи — Хартли при измерении аномального увеличения удельной проводимости сжатого монокристалла хлористого натрия для различного расположения электродов относительно плоскостей спайности⁽⁹⁾. Известно⁽¹⁰⁾, что эффекты Дьюлаи — Хартли и Степанова имеют общую физическую природу и их возникновение связывают с движением дислокаций в поле механических напряжений. В нашем случае появление тока может быть обусловлено как движением дислокаций и двойникованием, так и образованием микротрещин и развитием магистральной трещины.

Итак, в результате проведенных экспериментов обнаружено возникновение электрических зарядов в процессе деформации и разрушения образцов полевых шпатов. Зарегистрированное явление может рассматриваться как предвестник разрушения породообразующих минералов и в связи с этим представляет интерес для выяснения физической природы электрических предвестников землетрясений⁽¹¹⁾ и собственного заряда Земли.

Томский инженерно-строительный институт
Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
11 VI 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ S. Galli, Bull. Soc. Seismol. Ital., № 14 (1910). ² Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г., Ташкент, Изд. ФАН, 1971. ³ I. Iasui, Report Kakioka Magnetic Observatore, Japan, № 4, 1968. ⁴ М. П. Волярович, Э. И. Пархоменко, Г. А. Соболев, ДАН, т. 128, № 3 (1959). ⁵ A. W. Stepanow, Phys. Zs. Sowiet Union, В. 4, 609 (1933). ⁶ А. Г. Иванов, ДАН, т. 24, № 1 (1939). ⁷ Б. А. Глазовский, И. Д. Пивен, Электро-тензометры сопротивления, «Энергия», 1972. ⁸ С. Амелинкс, Методы прямого наблюдения дислокаций, «Мир», 1968. ⁹ Z. Dyaloi, D. Hartly, Zs. Phys., В. 51, 5–6, 378 (1928). ¹⁰ Дж. Хирт, И. Лоре, Теория дислокаций, Атомиздат, 1972. ¹¹ Г. А. Соболев, В. Н. Морозов, Сб. Физические основания методов прогноза землетрясений, «Наука», 1970, стр. 110.