

А. Г. ИВАНОВ

**ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ПЛАСТОВ ЗЕМЛИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ
ЧЕРЕЗ НИХ УПРУГИХ ВОЛН**

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 9 V 1939)

Известны опыты использования (1, 2) для регистрации колебаний при сейсморазведке полезных ископаемых так называемого сейсмоэлектрического эффекта; при этих опытах осциллографируются изменения под действием сотрясений силы тока, введенного в землю посредством двух или нескольких электродов. Американские геофизики (1, 2) считают, что эффект этот проявляется в объеме горных пород (главным образом вблизи электродов), другие же (3) на основании лабораторных экспериментов утверждают, что сейсмоэлектрический эффект вызывается электро-механическими процессами на поверхности электродов, погруженных в раствор электролита (пластовые воды); последние явления прежде изучались акад. В. А. Кистяковским (4) и другими.

Автор настоящей статьи летом 1938 г. установил существование нового, оставшегося неизвестным до сих пор эффекта электризации горных пород при прохождении через них упругих колебаний, который по своим проявлениям и возможностям использования отличается от упомянутого выше сейсмоэлектрического эффекта с током.

Если установить на земле на некотором расстоянии друг от друга два электрода (т. н. «поляризуемых»)* и в стороне произвести взрыв, то при подходе упругой волны к области, окружающей электроды, между последними в горных породах появится переменная разность потенциалов; осциллографируя изменения разности потенциалов, можно получить запись, напоминающую обычную сейсмограмму.

Исследования автора доказали существование эффекта электризации горных пород и его отличие от сейсмоэлектрического эффекта с током. Назовем условно известный ранее сейсмоэлектрический эффект с током «эффектом I », а обнаруженный теперь эффект электризации — «эффектом E ».

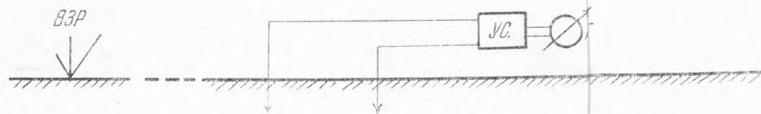
1. Опыт первый послужил для доказательства того, что изучаемый «эффект E » проявляется в объеме горных пород, а не на границе раздела электрод—земля. Рядом с электродом, ближайшим к пункту взрыва, был установлен электрический сейсмограф и произведен взрыв. Схема неоднократных опытов представлена на фиг. 1. Оказалось, что электрические колебания цепи электродов начинаются, как правило, раньше, чем в цепи сейсмографа (в нашем случае раньше на 1—2 сотых долей секунды).

На фиг. 2 представлена одна из сейсмограмм, иллюстрирующая сказанное. Буквами M обозначена кривая, соответствующая цепи электродов; марки времени (поперечные линии) нанесены через 0.01 сек. Если

* Применялись электроды, состоящие из медных трубок, установленных в пористые сосуды из специальной глины; электроды заливались насыщенным раствором медного купороса.

принять скорость продольных упругих волн в верхнем пласте $a_1 = 1000$ м/сек., а опережение первого вступления $\Delta t = 0.015$ сек., то в этом частном случае «радиус захвата» установки будет равен $\Delta t \cdot a_1 = 0.015 \cdot 10^3 = 15$ м.

Каждый раз производились контрольные наблюдения для того, чтобы убедиться в отсутствии влияния сотрясений и вспомогательных электрических цепей непосредственно на приемную аппаратуру.

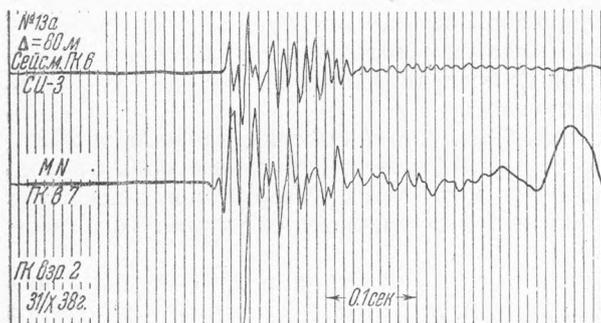


Фиг. 1.

Опыт первый с несомненностью показал, что эффект электризации происходит в объеме горных пород там, где распространяется упругая волна. С помощью же электродов вначале улавливается электромагнитное поле, бегущее впереди фронта упругой волны и убывающее с расстоянием.

Форма записи и амплитуда электризации определяются главным образом очевидно элементами упругой волны и свойствами горных пород.

II. Опыт второй. Можно было бы предположить, что изучаемый «эффект E » есть известный сейсмоэлектрический «эффект I », проявляющийся в поле



Фиг. 2.

естественных земных токов. Для выяснения этого обстоятельства автор произвел взрывы сначала с одной стороны от пары приемных электродов по линии, их соединяющей, а затем с другой стороны по той же линии. Вся остальная схема во время опытов оставлялась без изменений. Оказалось, что в этих двух случаях осциллограммы получаются в общем похожие друг на друга, но только фазы основных колебаний изменяются на 180° при переносе пункта взрыва по другую сторону от электродов. Если при взрыве справа от установки основное большое колебание направлено на записи вверх, а затем вниз, то при взрыве слева ход этой кривой обратный. Отметим, что при наблюдении известного сейсмоэлектрического «эффекта I » (с током) при таком переносе пункта взрыва, как и следует ожидать, фаза колебаний не меняется.

Таким образом опыт второй показал, что новый «эффект электризации E » отличается от известного «эффекта I ».

Помимо описанных произведенных неоднократно двух основных опытов ставились также исследования по выяснению некоторых особенностей «эффекта E » и отдельных схем его регистрации. Следует отметить, что пока не достигнута желаемая чувствительность установки (для уменьшения величины применяемых взрывов) и «эффект E » еще не исследован в других районах помимо Башкирской АССР, где ставились все опыты.

Автор статьи полагает, что электризация пластов земли при сотрясениях может быть обязана наличию в породах, как в сложной дисперсной системе с большой внутренней поверхностью, твердой и жидкой фаз, которые обуславливают комплекс электрокинетических явлений в этой системе.

В горных породах, как известно, на границах раздела твердых частиц

и пластовых вод существует так называемый двойной диффузный слой, образовавшийся благодаря адсорбции поверхностью частиц из раствора ионов определенного знака, причем одна часть этого слоя, которая обращена к жидкости, является подвижной.

Автор считает, что при упругом сжатии или разрежении изменяются в соответствующих местах толщины двойных диффузных слоев между частицами пород благодаря сближению или расхождению последних, при этом в соответствующих участках изменяется электрическая сила воздействия со стороны твердых частиц на ионы в двойном слое, и часть из них (преимущественно одного определенного знака) временно освобождается или связывается, благодаря чему меняется временно потенциал насыщающего породы электролита: возникает разность потенциалов между местами покоя и местами, где в данный момент распространяется волна. После прохождения упругой волны частицы пород возвращаются в первоначальное положение, и толщины двойных диффузных слоев становятся прежними.

Далее например можно допустить, что при распространении упругой волны будет происходить относительное смещение раствора электролита и твердых частиц (аналогичное выжиманию жидкости упругим пористым телом во время сжатия). При этом в горных породах будут возникать так называемые фильтрационные потенциалы (потенциалы течения), мгновенные значения которых по Гельмгольцу определяются скоростью относительных смещений.

Не исключена возможность, что в объяснении «эффекта E » играют роль и другие явления, проявляющиеся в жидких и твердых телах при давлении и сотрясениях.

Исследуемый «эффект E » может помочь изучению физических свойств горных пород.

Применение его к разведке полезных ископаемых (при благоприятном ходе дальнейших исследований в направлении увеличения чувствительности приемной схемы) может дать преимущества по сравнению с существующими способами. Использование «эффекта E » может позволить перейти при сейсморазведке отраженными волнами от записи колебаний в «точке» одним сейсмографом к регистрации интегрального эффекта в объеме горных пород, что избавит наблюдения от помех, вызываемых поверхностным разрыхленным слоем земли и значительно мешающих разведке в ряде районов, например в Ишимбаевском районе Башкирской АССР.

С помощью применения нескольких электродов и особого их расположения можно по сей вероятности осуществить направленный прием сейсмических колебаний.

Могут быть поставлены наблюдения с вертикальной установкой электродов с целью электризационного кароттажа буровых скважин для получения сведений о физических свойствах пород, окружающих ствол скважины. Наконец вероятно, что электрические явления, происходящие в земной коре во время землетрясений, находятся в связи с эффектом электризации.

Институт теоретической геофизики.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
11 V 1939.

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Blau a. L. Statham, USA, Pat. № 2054067 (1936). ² R. Thompson, Geophysics, № 3 (1936); M. Slotnick, Geophysics, № 3 (1936). ³ S. Thyssen, J. Hummel, O. Rülke, ZS. f. Geoph., H. 2/3 (1937); Beitr. z. Ang. G., H. 3 (1938). ⁴ В. Кистяковский, Электрохимические реакции и электродные потенциалы некоторых металлов (1910). ⁵ Л. Никитин, ДАН, № 5—6 (1934); ДАН, II, № 2 (1936).