

А. Г. ИВАНОВ

## О СЕЙСМО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ПЕРВОГО РОДА (J) В ПРИЭЛЕКТРОДНОЙ ОБЛАСТИ

(Представлено академиком В. А. Кистяковским 27 VI 1949)

### Введение

Акад. В. А. Кистяковский<sup>(1)</sup> еще в 1908 г., изучая явление изменения эдс гальванических элементов при сотрясениях, впервые использовал его для исследования электродных потенциалов. В 1912 г. он предложил наименовать эти явления мото-электрическими. В 1938 г. Ньюбери и др.<sup>(2)</sup> назвали их моторно-электрическими, не упомянув в своей работе первых исследований Кистяковского.

Сейсмо-электрические эффекты являются частным случаем мото-электрических явлений, наблюдаемых при сейсмических возмущениях непосредственно в горных породах. Нами в 1940 г. предложено разли-

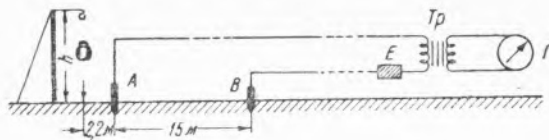


Рис. 1

чать два рода сейсмо-электрических эффектов: 1) сейсмо-электрический эффект первого рода (J) — изменение при сотрясениях силы тока, пропускаемого с помощью электродов через землю, и 2) сейсмо-электрический эффект второго рода (E) — возникновение разностей электрических потенциалов в горных породах при воздействии сейсмических колебаний; этот эффект был впервые обнаружен и исследован лишь в 1938—1940 гг. работами Геофизического института АН СССР<sup>(3)</sup>. Изучение сейсмо-электрических эффектов тесно увязано с изучением мото-электрических явлений. В этой статье приводятся данные, касающиеся сейсмо-электрических эффектов.

При изучении эффекта первого рода удалось подметить, что чувствительность к упругим колебаниям в земле областей, прилегающих к электродам разного знака, резко различна. В настоящем сообщении описано это новое явление.

### Схема наблюдений и результаты полевых опытов

Медные электроды диаметром 35 мм и длиной 400 мм были с силой вбиты в землю и включены в схему, изображенную на рис. 1.

От батареи  $E$  через них пропускался ток силой 0,36 а и с высоты до 2 м на расстоянии 2,2 м от электрода  $A$  на землю бросался груз весом 32 кг.

Под действием упругих колебаний земли происходили колебания силы тока в цепи, которые записывались коротко-периодным гальванометром Г на фотоленте осциллографа. Были приняты необходимые меры к обеспечению механической прочности контактов.

Изменением направления тока в цепи можно было по желанию придавать электроду А роль катода или анода.

Оказалось, что в условиях опыта влияние сотрясений на силу тока в области земли, прилегающей к аноду, приблизительно в 8 раз больше, чем в области катода. На рис. 2 приведены записи кривых колеба-

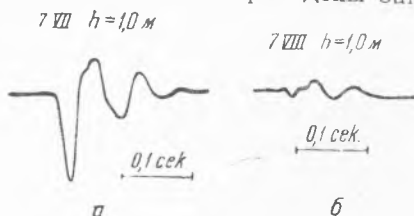


Рис. 2

ний гальванометра для первого (а) и второго (б) случаев при соблюдении прочих условий опыта строго одинаковыми. Первое отклонение гальванометра соответствует увеличению тока в цепи электродов.

Этот результат многократно проверялся при ударах на разных расстояниях от электрода как визуально, так и путем осциллографирования. Были также определены зависимости амплитуды от силы удара (при постоянной силе тока) и от силы тока в цепи (при постоянной силе удара), представленные на рис. 3 и 4.

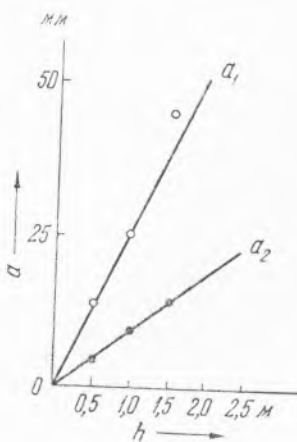


Рис. 3

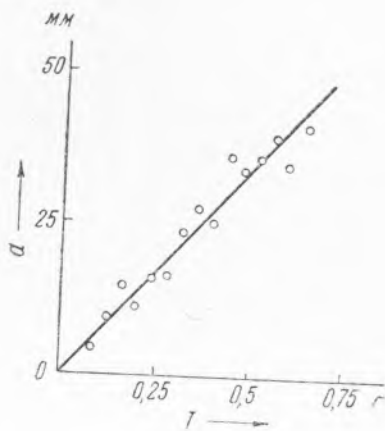


Рис. 4

### Опыты на лабораторной модели и обсуждение результатов

Явление повышенной чувствительности анода к сотрясениям при электродной области было воспроизведено на лабораторной модели из лесса средней влажности. Представлялось необходимым выяснить роль в этом явлении поверхностных процессов на самом металле электрода и процессов, происходящих непосредственно в горных породах в при-электродной области.

Можно было предположить, что в результате воздействия сотрясений происходит нарушение плохо проводящих зон, образовавшихся на самой поверхности электрода при прохождении тока.

Опыты позволили установить, что:

1. Повышенная чувствительность анода в условиях экспериментов достигает полной величины не сразу после начала пропускания тока, а спустя 20—30 сек.

2. Поверхностные процессы на самом электроде в изучаемом явлении не играют практически никакой роли.

Последнее заключение подтверждается следующим образом: когда при пропускании тока, спустя 30—40 сек. после его включения, появлялась устойчивая повышенная чувствительность положительного электрода к сотрясениям, электрод быстро вынимали из модели и тщательно в течение 2—3 сек. обдирали шкуркой со стеклом до блеска и затем опять погружали в песок на прежнее место (при этой операции ток в цепи прерывался на несколько секунд).

Оказалось, что повышенная чувствительность анода в последнем случае всегда появлялась немедленно после вторичного погружения электрода в песок. Этот опыт отчетливо доказал, что обнаруженный эффект определяется не поверхностными процессами на самом электроде, а прилегающей приэлектродной областью земли.

При ударах непосредственно по электродам (сбоку) величина отклонений гальванометра не зависела от знака электрода.

При работе использовались чисто медные электроды, потому что, например, железные электроды, как известно по данным В. А. Кистяковского и др., характеризуются значительным непостоянством электродных потенциалов.

#### О физической природе явления

Для объяснения большой чувствительности анода к упругим колебаниям приэлектродной области можно привести следующие соображения. Горные породы являются полупроводником с ионной проводимостью и представляют собой сложную дисперсную систему с большой внутренней поверхностью в порах. Прохождение электрического тока по породам верхнего слоя земной коры определяется, главным образом, наличием в порах породы электролитов со слабыми водными растворами различных солей. В этих растворах во взвешенном состоянии находятся мелкодисперсные «обломки» твердых частиц пород, которые оказываются связанными с ионами преимущественно одного определенного знака (—). При наложении электрического поля такие заряженные частицы приходят в движение по направлению течения электрического тока (катафорез). Плотность тока в приэлектродной области относительно окружающего пространства велика и поэтому там в порах породы происходит скопление этих подвижных коллоидных частиц, что приводит к «засорению» пор и уменьшает проницаемость пород. Уменьшение же проницаемости вызывает увеличение электрического сопротивления рассматриваемой области.

Заметим, что основное сопротивление заземления определяется приэлектродной областью. Например, 90% сопротивления заземления — полусферы в однородной среде — приходится на область горных пород, охватываемой только десятикратным радиусом заземленной полусферы.

Исходя из этих физических предпосылок, можно прийти к заключению, что при воздействии сотрясения на приэлектродную область земли мелкодисперсные частицы пород, скопившиеся там, «встряхиваются», и в этот момент увеличивается проницаемость пород и уменьшается электрическое сопротивление цепи с заземлением. Такое ориентировочное объяснение может быть подтверждено тем, что в 1936 г. В. А. Марининым<sup>(1)</sup> при изучении электропроводности горных пород было установлено, что с течением времени при пропускании постоянного электрического тока через образец горной породы в области анода образуется

плохо проводящий слой заметной мощности, объясняемый именно скоплением в порах породы мелкораздробленных частиц, переносимых током.

В области катода эти явления не наблюдаются, что, вероятно, объясняется преобладанием коллоидных частиц с отрицательным знаком.

Описанная особенность сейсмо-электрического эффекта первого рода в приэлектродной области представляет интерес не только при изучении сейсмо-электрических эффектов в естественных условиях и природы электрической проводимости горных пород, но может иметь также и практическое значение для разработки способов кароттажа буровых скважин с обсадными трубами.

Считаю приятным долгом поблагодарить акад. В. А. Кистяковского и чл.-корр. АН СССР Г. А. Гамбурцева за поддержку работы и инж. Н. Е. Федосеенко за участие в проведении опытов.

Поступило  
24 VI 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. А. Кистяковский, Электрохимические реакции и электродные потенциалы некоторых металлов, СПб, 1910; Zs. f. Electrochem., 14, 113 (1908). <sup>2</sup> E. Newbery and G. A. Smith, Trans. Electrochem. Soc., 73, 261 (1938). <sup>3</sup> А. Г. Иванов, Изв. АН СССР, сер. географ. и геофизич., № 5 (1940); ДАН, 24, № 1 (1939). <sup>4</sup> В. А. Маринин, Поведение горных пород в постоянном электрическом поле, Л., 1938.