

ГЕОФИЗИКА

Член-корреспондент АН СССР А. Н. ТИХОНОВ и Б. С. ЭНЕНШТЕЙН

**ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ СТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ
В ЗЕМЛЕ НА ПОЛЕВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИИ**

В начальной стадии развития электрического метода разведки на постоянном токе, когда задачи геологической разведки ограничивались небольшими глубинами, для которых максимальные разносы питающих цепей не превышали 2—3 км, данные полевых измерений полностью соответствовали требованиям существующих технических условий.

Современные задачи глубинной геологии требуют от электроразведки применения более длинных измерительных цепей, достигающих 10—20 и более километров. Опыт показал, что результаты полевых измерений принятой в практике методикой часто не отвечают требованиям технических условий. Повторные зондирования, проведенные в различных пунктах на территории СССР, показали значительные расхождения величин ρ_k по сравнению с полученными ранее в этих пунктах, достигающие при длинных питающих цепях (AB) десятков процентов. Разумеется, подобные расхождения не могут быть результатом случайных ошибок.

Цель настоящей статьи состоит в объяснении причин указанных ошибок.

1. При обычных полевых измерениях разности потенциалов используется метод компенсации. В момент измерения на гальванометр подается импульс ΔV из приемной цепи (MN) (будем называть ее «внешний импульс») и импульс ΔV из внутренней батарейки потенциометра (будем называть ее «внутренний импульс») путем одновременного замыкания в противофазе внешней и внутренней цепей. Внутренний импульс имеет всегда строго прямоугольную форму, и величина его выбирается таким образом, чтобы компенсировать внешний импульс.

2. Метод компенсации весьма осложняется, если внешний импульс непрямоуголен.

Нами были разработаны теория ⁽¹⁾, определяющая количественные и качественные стороны становления электрических полей в земле, а также аппаратура и методика исследования процессов становления в полевых условиях ⁽²⁾, при которых изменение ΔV на MN как функция времени осциллографируется.

Отличительной особенностью аппаратного комплекса является его безинерционность в диапазоне частот от 0 до 5 кгц.

На одном из участков, где производились электрические зондирования с разносами AB до 10 км, нами производилось осциллографирование ΔV на всех разносах AB и MN . В табл. 1 приведены пол-

ные времена становления ΔV в приемных цепях, снятых с полученных осциллограмм для одного из зондирований.

Таблица 1

Длина цепи AB в м	10000	8000	6000	4000	3000	2000	1400	1000
» » MN в м	2000	1000	1000	1000	500	500	500	150
Полные времена становления в сск.	0,63	0,50	0,48	0,42	0,36	0,30	0,23	0,18

На рис. 1 представлена осциллограмма ΔV , полученная для $AB = 10000$ м и $MN = 2000$ м. Фоторегистрация осциллограммы происходит на вращающемся барабане. Линия aa' представляет запись до момента включения тока в землю. В момент b происходит мгновенное (в пределах $2 \cdot 10^{-4}$ сек.) нарастание ΔV до значения b' . В момент v зайчик вышел из рамки прибора и вернулся обратно в момент v' . Мы считаем, что процесс становления закончился в момент z , начиная с которого ΔV отличается от предельного значения на 5%. Марки времени на кривой равны 0,001 сек.; (расстояние между каждыми двумя соседними просветами).

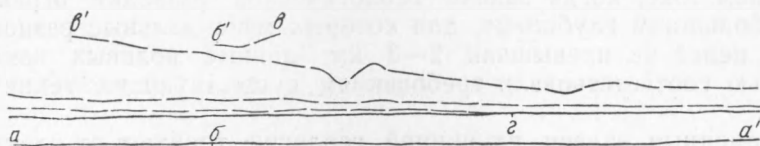


Рис. 1

Как видно из приведенной осциллограммы, нормальный ход кривой становления нарушен теллурическими токами. Следует отметить, что работы велись в зимнее время, когда искажающее влияние теллурических токов значительно меньше, чем летом и осенью.

3. Как видно из рис. 1 и табл. 1, внешний импульс на MN (ΔV) значительно отличается от прямоугольного. Это отличие увеличивается с увеличением AB .

Рассмотрим влияние непрямоугольности внешнего импульса на процесс измерения методом компенсации.

Уравнение движения гальванометра имеет вид $x'' + 2\epsilon x' + n^2 x = f(t)$, где $f(t)$ — пропорционально подаваемому напряжению. В среднем период гальванометра, стоящего в потенциометре, применяемом при электроразондировании, равен 4 сек., сопротивление рамки равно Ω . Принимая сопротивление цепи $MN = 200 \Omega$, получим $\epsilon = 5,75$ и $n = 1,57$.

Кривая IX на рис. 2 представляет движение стрелки гальванометра под действием одного внутреннего импульса ($f(t) = \text{const}$ при $t > 0$). Как показывает эта кривая, стрелка гальванометра достигает предельного значения за промежуток времени порядка 15 сек. Кружками отмечены точки, снятые экспериментально с гальванометром, замкнутым зашунтированным сопротивлением, равным 200Ω .

Кривая I на рис. 2 представляет движение стрелки гальванометра, рассчитанное для $f_1(t)$, снятой с рис. 1 и представляющей внешний импульс (при $AB = 10000$ м и $MN = 2000$ м).

Если внутренний импульс выбрать равным стационарному значению $f_1(\infty)$ (т. е. правильно провести компенсацию), то суммарный импульс $f(t)$ будет равен $f(t) = f_1(t) - f_1(\infty)$, и стрелка гальванометра не будет неподвижна в течение примерно 15 сек., а будет совершать движение, даваемое разностью кривых I и IX рис. 2.

Если провести компенсацию не для момента $t = \infty$, а например, для $t = t_i = i$ сек. ($f(t) = f_1(t) - f_1(t_i)$), то измерение нужной нам величины $f(\infty)$ будет произведено неправильно. В табл. 2 приводятся ошибки в процентах к истинному значению $\Delta V = f(\infty)$, если компенсацию проводить на i -й секунде при $i = 1, 2, 3$ и т. д.

Таблица 2

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ошибки в %	165	88	50	31	21	13	10	8	6	4	—	—	—	—	—

Кривые II—VIII представляют движения стрелки гальванометра для $f(t)$, снятых с осциллограмм для различных AB и MN (подобно кривой I). Кривая II соответствует $AB = 8000$ м, III—6000 м, IV—4000 м, V—3000 м, VI—2000 м, VII—1400 м и VIII—1000 м.

Таблица 3

Длина цепи AB в м	1000	1400	2000	3000	4000	6000	8000	10000
Ошибки в %	10	13	20	25	35	47	80	88

В табл. 3 приводятся ошибки в процентах к истинному ΔV для кривых I—IX, если компенсация производится в конце 2-й секунды.

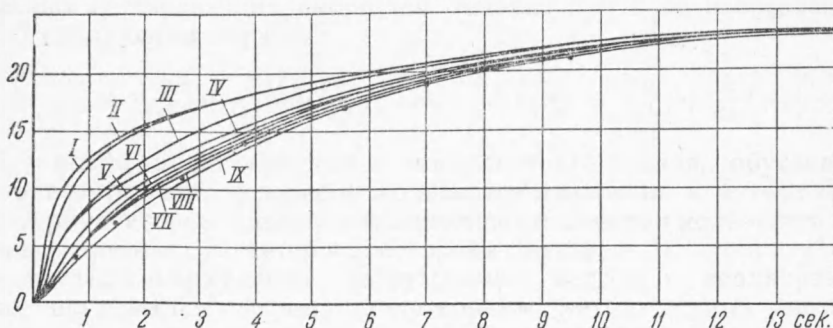


Рис. 2

Таким образом, для получения правильного отсчета необходимо производить измерение в течение ~ 10 сек., во время которых не должно вноситься каких-либо искажений как во внешний, так и во внутренний импульсы (например, появление теллурических токов в моменты, близкие к завершению компенсации, и т. д.).

4. В свете изложенных выше соображений становится понятным, что процессы становления сами по себе не могут вызывать таких больших ошибок в измерении ΔV , какие наблюдаются в практике, поскольку они являются в общем кратковременными, но в сочетании с большими инерционными свойствами применяющейся в практике аппаратуры ошибки измерения становятся весьма значительными.

Принцип компенсации дает хорошие результаты, независимо от инерционных свойств прибора, при измерении прямоугольных импульсов.

Мы считаем рациональным внести изменения в принятую методику, а именно, включать гальванометр не в момент подачи тока в землю, а с момента прекращения действия процессов становления (что занимает в нашем случае *, даже для $AB = 10000$ м, время порядка

* Измерения производились в районе с весьма низкими сопротивлениями слоев, где времена становления велики.

1 сек.). При этих условиях измерения могут проводиться практически методом компенсации по принципу первого отброса стрелки гальванометра.

Наиболее радикальным путем для устранения ошибок является переход на безинерционную аппаратуру.

Считаем необходимым выразить благодарность А. И. Дюкову и А. М. Загармистру за помощь при проведении работы.

Поступило
4 XII 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Н. Тихонов, Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 10, № 3 (1946).
² Б. С. Эненштейн, ДАН, 59, № 2 (1948).

