

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВРЕМЕННОГО РЕЖИМА ИЗМЕРЕНИЙ ВТОРОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Матевосян А.К.¹, Бабаян Г.А.²

¹ *Институт геологических наук НАН РА
0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
E-mail: arshak.matevosyan@yandex.com;*

² *Nairi-Tech ООО, E-mail: babayan.grigor@gmail.com.
Поступила в редакцию 12.12.2018г.*

В статье рассматриваются закономерности протекания поляризационных процессов в разнотипных геоэлектрических средах при внешнем электрическом воздействии дифференциальным временным режимом, предусмотренным для непосредственного измерения второй производной по логарифму времени переходной характеристики вызванной поляризации при разных конфигурациях и параметрах возбуждения. На основании комплексного анализа особенностей проявления амплитудно-временных параметров и установленных закономерностей электрохимической заряженности геоэлектрической среды, представлен способ оптимизации методики выполнения детальных электроразведочных векторных исследований при изучении хорошо поляризующихся рудных тел /объектов.

Ключевые слова: метод вызванной поляризации, временной режим измерений, переходная характеристика, амплитудно-временные параметры, рудный объект.

В практике электроразведочных работ по методу **вызванной поляризации (ВП)** применяются следующие основные временные режимы измерений (*способы возбуждения электрического поля*) (Методические указания..., 1979; Комаров, 1980; Инструкция..., 1984; Электроразведка, 1989): **одионочный прямоугольный импульс постоянного тока (ОИ), периодические однополярные (ОПИ-2) и разнополярные (РПИ-2) прямоугольные импульсы тока со скважностью 2, переменный прямоугольный ток (РПИ-1)**. В большинстве случаев поле ВП измеряют в паузах между импульсами тока. В некоторых видах аппаратуры, снабженных стабилизаторами поляризующего тока, предусмотрена и непосредственная регистрация вторичного поля во время пропускания тока.

Изучение временных характеристик вторичного (*электрохимического*) поля позволяет выделять объекты, сложенные крупнозернистыми, прожилковыми и сплошными рудами среди пород с рассеянной минерализацией, имеющих значительную поляризацию (*путем определения структурно-текстурных особенностей электропроводящих минеральных включений*). В процессе измерений получают **переходную характеристику**

тику (ПХ) ВП или непосредственно измеренную ее первую производную (точнее приращения за определенный небольшой промежуток времени) по логарифму времени (дифференциальную кажущуюся поляризуемость). Техника измерений, применяемая аппаратура и методика работ зависит от диапазона времени, в котором необходимо изучение переходной характеристики, что диктуется поставленной задачей исследований. Полная ПХ (в широком временном диапазоне) определяется по результатам наблюдений с поочередным использованием временных режимов **РПИ-2**, **ОПИ-2** и **ОИ**. Максимальное время зарядки определяется в процессе измерений и увеличивается до тех пор, пока ПХ не выйдет на асимптоту. Однако практически это далеко не всегда достигается (ввиду различных методических и технических причин) и обычно ограничиваются длительностью зарядки до нескольких часов (Методические указания..., 1979; Инструкция..., 1984). Основным интерпретируемым параметром (наряду с кажущейся поляризуемостью) является абсцисса максимума производной ПХ ВП по логарифму времени – постоянная времени T_{\max} (временной параметр, который позволяет судить об особенностях объекта исследований) (Шаповалов и др., 1976; Комаров, 1980).

подавляющая часть сегодня выпускаемых электроразведочных станций работает во временном режиме **РПИ-2** с длительностью импульсов не превышающих первых десятков секунд (на ранних и частично средних временах исследования поляризационного процесса – в достаточно ограниченном временном интервале измерений ПХ ВП), и несмотря на высокую производительность и помехозащищенность полевых измерений, в большинстве случаев не полностью соответствуют требованиям, предъявляемым при работах на хорошо поляризующихся рудных телах.

Таким образом, особую важность при работах методом ВП приобретает правильный выбор временного режима измерений.

В результате ранее проведенных исследований (Матевосян, 1985, 1987), предложены способы геоэлектроразведки (дифференциальные временные режимы измерений), позволяющие непосредственно измерять дифференциальные амплитудно-временные параметры ВП – вторую и высшие производные ПХ. При измерении **второй производной переходной характеристики (2ППХ)** ВП, относящейся к определенному моменту времени поляризационного процесса, используется временной режим, состоящий из **двух разнополярных прямоугольных импульсов** различной длительности (**ДРИ**).

В настоящей статье впервые представлены основные результаты анализа специфических особенностей проявления дифференциальных и интегральных амплитудно-временных зависимостей ВП геоэлектрической среды при внешнем электрическом возбуждении дифференциальным временным режимом **ДРИ** (при разных конфигурациях и параметрах электрического воздействия), позволяющим путем прямых (непосредственных) измерений определить **2ППХ** ВП по десятичному логарифму времени.

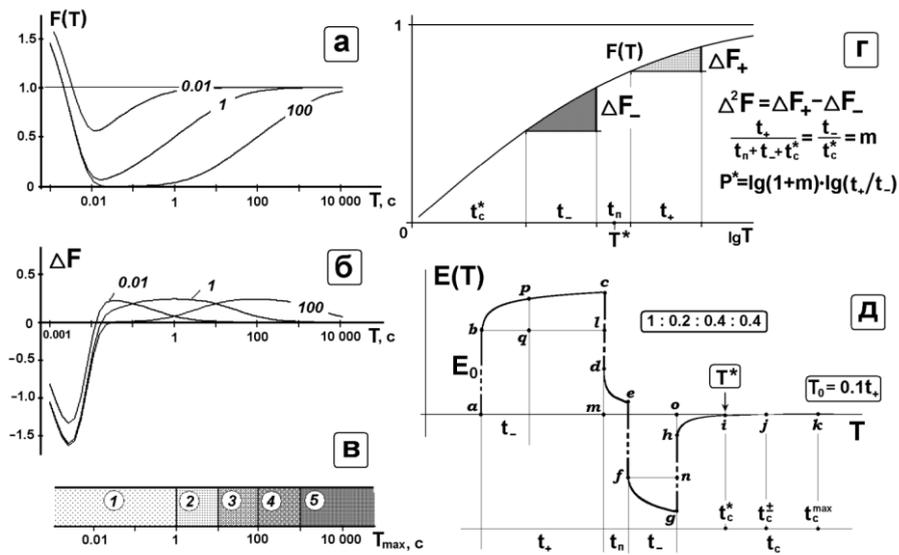


Рис.1. Характерные особенности поля вызванной поляризации.

а и б – переходные характеристики и первые производные ПХ вторичного (поляризационного и индукционного) поля по десятичному логарифму времени (шифр кривых – T_0 в секундах);

в – шкала временных интервалов T_{max} (абсцисса максимума первой производной ПХ ВП) для следующих типов пород (Методические указания ..., 1979):

- 1 – ионопроводящие горные породы;
- 2 – рассеянная мелкая электропроводящая вкрапленность;
- 3 – вкрапленные сульфидные руды;
- 4 – прожилково-вкрапленные руды;
- 5 – массивные сульфидные руды;

г – графическое пояснение второй производной ПХ ВП;

д – динамика изменения суммарной напряженности поля при измерении 2ППХ ВП временным режимом ДРИ.

ДРИ-2ППХ 01.bmp

В результате математического моделирования и численных расчетов вторичных электрических процессов поляризующейся геоэлектрической среды (с применением различных амплитудно-временных параметров) при временном режиме ДРИ сперва проанализированы основные особенности проявления **интегральных амплитудно-временных параметров (ИАВП)** ВП и выявлена высокая информативность таких исследований (путем поэтапного сопоставления с данными, полученными комплексом других режимов: **ОИ, ОПИ-2, РПИ-2 и РПИ-1**). Напомним (Матевосян, 1985, 1987), что для непосредственного измерения 2ППХ ВП в требуемый момент времени T поляризационного процесса необходимо возбуждение геоэлектрической среды двумя разнополярными прямоугольными импульсами одинаковой амплитуды, длительность которых устанавливается в зависимости от T (рис.1). При этом импульсы тока могут сразу следовать друг за другом (частный случай: временной режим ДРИ без паузы – ДРИ⁰) или через некоторое время (ДРИ – общий случай). Непосредст-

венное (*прямое*) измерение второй производной ПХ ВП осуществляются на спаде (*после второго импульса тока*) в конкретный момент времени в зависимости от выбранных параметров временного режима возбуждения поля. При допущении линейности процессов ВП (Комаров, 1980), измеряемая таким образом величина электрического поля характеризует вторую производную переходной характеристики ВП по логарифму времени (Матевосян, 1985), отнесенная к моменту

$$T^* = \sqrt{T_+ T_-} = \sqrt{(t_+ + t_n + t_- + t_c^*)(t_n + t_- + t_c^*)(t_- + t_c^*)} = \sqrt{(t_n + t_- + t_c^*)(t_- + t_c^*)} = \sqrt{(t_+ + t_n + t_- + t_c^*)t_c^*}, \quad (1)$$

где $T_+ = \sqrt{(t_+ + t_n + t_- + t_c^*)(t_n + t_- + t_c^*)}$ и $T_- = \sqrt{(t_- + t_c^*)t_c^*}$; t_+ – продолжительность первого условно положительного импульса (*импульс поляризации*) тока; t_n – пауза между импульсами тока; t_- – продолжительность второго отрицательного импульса (*импульс депольризации*) тока; t_c^* – момент времени после второго импульса тока, когда измеряется вторая производная ПХ ВП. При этом обязательно сохраняется постоянным отношение длительности зарядки к времени спада для каждого импульса: $\frac{t_+}{t_n + t_- + t_c^*} = \frac{t_-}{t_c^*} = m$. С

целью получения величины второй производной по десятичному логарифму времени полученные значения электрического поля (*разность потенциалов, соответствующая составляющая напряженности*) ВП

делят на коэффициент времени $P^* = \lg(1 + m) \lg\left(\frac{t_+}{t_-}\right)$. Для удобства реко-

мендуется представление временных параметров ДРИ в виде соотношения $t_+ : t_n : t_- : t_c^*$, в котором промежутки времени приводятся в единицах t_+ .

Основные результаты исследований проиллюстрированы на рис. 1-5. Схематически представленные на рис.1 теоретические зависимости (*переходные характеристики вторичного (поляризованного и индукционного поля) и их первые производные ПХ ВП по десятичному логарифму времени*) показывают особенности поля ВП при непосредственном измерении 2ППХ (*в частности, при режиме ДРИ с конкретными временными параметрами*). Здесь ΔF_+ и ΔF_- – приращения (*величины первой производной*) ПХ ВП к моменту T^* после положительного и отрицательного импульсов, соответственно; $\Delta^2 F = \Delta F_+ - \Delta F_-$ – второе приращение (*вторая разность/производная*) ПХ (рис.1г). Величина длительности паузы характеризуется расстоянием (*временным интервалом*) на оси абсцисс ПХ между определяемыми приращениями ΔF_+ и ΔF_- . На рис.1д приведена динамика изменения суммарной (*первичной и вторичной*) напряженности электрического поля при измерении 2ППХ ВП (*временным режимом ДРИ*) с указанием особых точек (*моментов и интервалов времени: a, b, ..., q*) за весь цикл измерений (*здесь E(T) – суммарная составляющая напряженности первичного и вторичного полей в момент времени T, в частности, составляющая вдоль приемной линии установки измерений*).

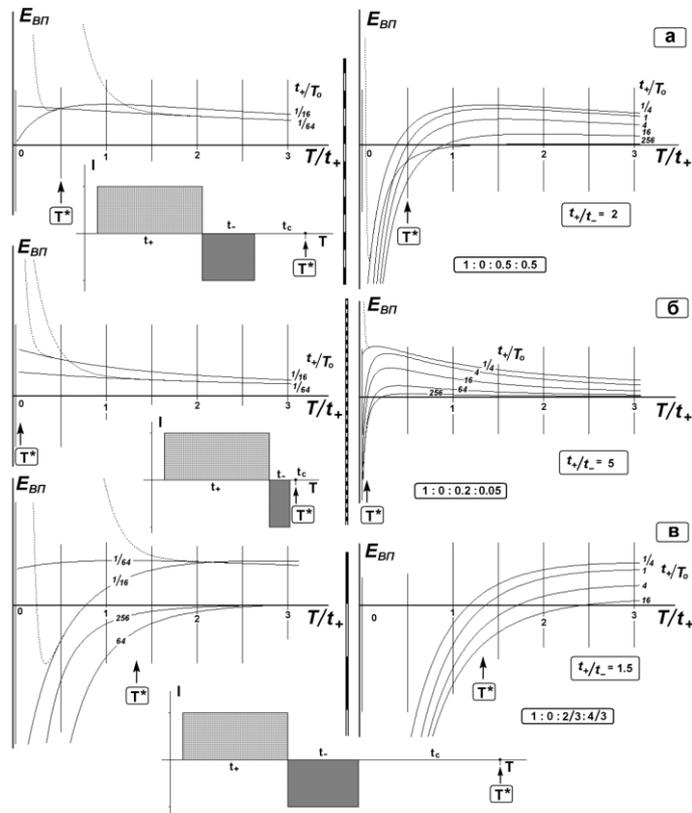


Рис.2. Кривые спада напряженности вторичного поля после отрицательного импульса при измерении 2ППХ ВП тремя (а, б и в) разными параметрами режима ДРИ⁰ в отсутствии (сплошные линии) и присутствии (пунктирные линии) индукционных процессов. На графиках стрелкой обозначен момент измерения после второго импульса (в единицах t_+), по которым определяется (вычисляется) вторая производная (T^*). Шифр кривых – t_+/T_0 . Снизу представлены эпюры силы тока возбуждаемого поля.
ДРИ-2ППХ_02.bmp

Семейства кривых спада напряженности вторичного поля при измерении 2ППХ ВП различными параметрами ДРИ⁰ представлены на рис. 2. Общей характерной особенностью этих кривых $E_{ВП}(T)$ является изменение знака (*переход через нуль*) при разрядке однородной геоэлектрической среды в момент времени T_{\pm} , непосредственно зависящего от постоянной времени T_0 (*абсцисса максимума первой производной ПХ ВП по десятичному логарифму времени*), и параметров ДРИ. При равных значениях T_0/t_+ , чем больше отношения t_+/t_- , тем резче в начале происходит спад вторичного поля, относительно раньше наблюдаются смена знака и выраженный положительный максимум $E_{ВП}(T)$, и затем относительно более быстрая разрядка среды в целом. Как следует из этих зависимостей, с уменьшением T_0/t_+ (*при одинаковых значениях прочих параметров*) изменение знака $E_{ВП}(T)$ происходит позже, что может являться эффективным индикатором для предварительной/оперативной качественной оценки

присутствия электропроводящих объектов (*рудных включений, тел*) в исследуемой геоэлектрической среде. Индукционные процессы во всех случаях практически проявляются на ранних временах (*при $t_+ \ll T_0$*) и ими можно пренебречь при определении и интерпретации ИАВП ВП.

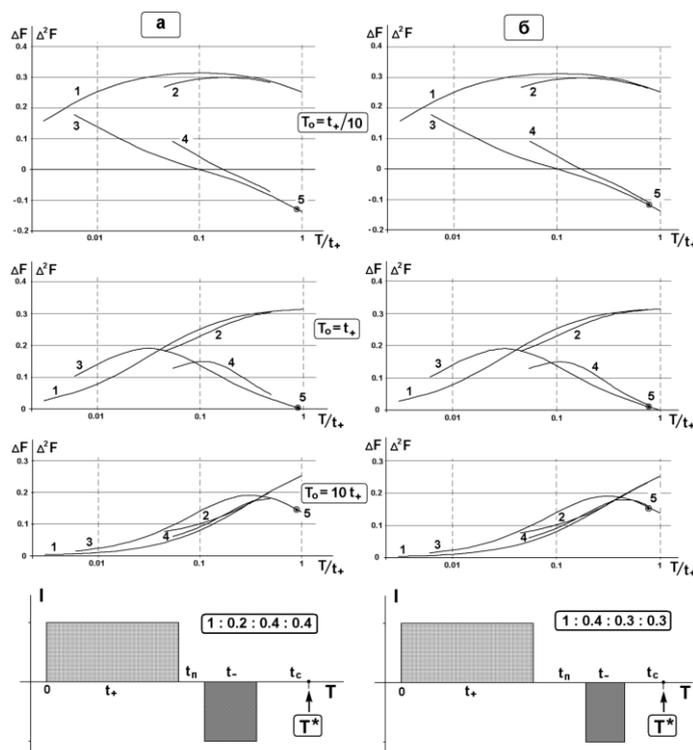


Рис.3. Теоретические кривые первой и второй (вычисленной путем численного дифференцирования первой производной) производных ПХ ВП при возбуждении электрического поля двумя различными (**а** и **б**) параметрами временного режима ДРИ.

1 – кривая первой производной, построенная по результатам измерений при пропуске положительного импульса (*в процессе зарядки*);
2 – кривая первой производной, построенная по результатам измерений в паузе между положительным и отрицательным импульсами (*по спаду*);
3 – кривая второй производной, построенная по результатам измерений при пропуске положительного импульса (*путем дифференцирования кривой 1*);
4 – кривая второй производной, построенная по результатам измерений в паузе путем численного дифференцирования кривой **2**;
5 – кружком показаны результаты непосредственного наблюдения 2ППХ ВП.
Внизу представлены эпюры силы тока при ДРИ.

ДРИ-2ППХ_03.bmp

При фиксированной величине длительности положительного импульса варьированием только длительностью отрицательного импульса (*при соблюдении соотношения $t_+/t_- > 1$*) теоретически можно получить (*непосредственно измерить*) вторую производную ПХ ВП в соответствующий момент времени T^* на спаде, согласно формуле (1). Однако на практике

оптимальным является диапазон изменения $2 \leq t_+/t_- \leq 4$, обеспечивающий повышенную достоверность измерений.

Имея результаты измерений при пропускании положительного импульса и в паузе между импульсами можно построить графики ПХ и ее производных (*первой и второй*) за определенные ограниченные интервалы времени (*в зависимости от параметров временного режима*). На рис.3 приведены такие зависимости при $t_+:t_п:t_=:t_c^*=1:0.2:0.4:0.4$ (**а**) и $t_+:t_п:t_=:t_c^*=1:0.4:0.3:0.3$ (**б**) для $T_0/t_+=0.1, 1, 10$. Следует обратить внимание, что непосредственные измерения 2ППХ в соответствующие моменты T^* хорошо согласуется с результатами полученных зависимостей путем численного дифференцирования, а также в зависимости от T_0/t_+ принимают как положительные (при $T^* < T_{max}$), так и отрицательные (при $T^* > T_{max}$) значения (*согласно методике измерения 2ППХ ВП*).

В табл.1 на конкретном примере приведены величины параметров различных конфигураций временного режима ДРИ (**а, б, в** – с паузой, **0** – без паузы), в частности показывающие характерную особенность данного режима измерений: с увеличением длительности паузы между импульсами увеличиваются значения t_+, T_+ и уменьшаются – t_-, t_c^*, T_- .

Таблица 1

Основные параметры рассматриваемых конфигураций (*при m=1*) временного режима ДРИ при непосредственном измерении 2ППХ ВП для $T^*=100c$.

| Временной режим ДРИ | $t_+ : t_п : t_ : t_c^*$ | T^*/t_+ | P^* | промежутки времени, с | | | | моменты времени, с | |
|---------------------|--------------------------|-----------|-------|-----------------------|-------|-------|---------|--------------------|-------|
| | | | | t_+ | $t_п$ | t_- | t_c^* | T_+ | T_- |
| а | 1 : 0.2 : 0.4 : 0.4 | 0,89 | 0,120 | 111,8 | 22,4 | 44,7 | 44,7 | 158.1 | 63.2 |
| б | 1 : 0.4 : 0.3 : 0.3 | 0,77 | 0,157 | 129,1 | 51,6 | 38,7 | 38,7 | 182.6 | 54.7 |
| в | 1 : 0.8 : 0.1 : 0.1 | 0,45 | 0,301 | 223,6 | 178,9 | 22,4 | 22,4 | 316.2 | 31.7 |
| 0 | 1 : 0 : 0.5 : 0.5 | 1.00 | 0,091 | 100,0 | 0,0 | 50,0 | 50,0 | 141.4 | 70.7 |

Проанализированы также специфические особенности разрядки (*на спаде*) рассматриваемой поляризуемой модели при ее возбуждении временным режимом ДРИ с разными параметрами (*при m=1*) и сопоставлены с данными при пропускании одиночного прямоугольного импульса тока. Основные результаты исследований состояния электрохимической заряженности геоэлектрической среды (Матевосян, 2011, 2014) (*на конкретных примерах*) приведены в табл.2 и проиллюстрированы на рис.4, где использованы следующие обозначения:

$E_{ВП}(T)$ – напряженность вторичного поля на спаде в момент времени T ;

$E_{ВП}(T)/E_{ВПmax}$ – величина напряженности вторичного поля в момент времени T , нормированная по значению напряженности вторичного поля после положительного импульса (*по максимальной величине вторичного поля*);

$$C_Q(T) = \left(1 - \frac{Q_c(T)}{Q_3}\right) \cdot 100\% \text{ – критерий электрохимической заряженности гео-}$$

электрической среды в момент времени Т на спаде. Здесь $Q_c(T)$ – величина ИАВП Q_c к моменту Т на спаде; Q_3 – максимальная величина ИАВП $Q_3(T)$, наблюдаемая в конце положительного импульса; $Q_c(T)/Q_3 = \Omega_Q(T)$ – ИАВП отдачи ВП по заряду на спаде в момент времени Т.

Таблица 2

Значения критерия электрохимической заряженности и нормированной напряженности поля ВП различных геоэлектрических сред (для трех значений постоянной времени T_0) при трех параметрах режима ДРИ (а, б, в) в фиксированные моменты времени Т в единицах t_+ .

| T/t ₊ | ДРИ-а | | | ДРИ-б | | | ДРИ-в | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | T ₀ =0.1t ₊ | T ₀ =t ₊ | T ₀ =10t ₊ | T ₀ =0.1t ₊ | T ₀ =t ₊ | T ₀ =10t ₊ | T ₀ =0.1t ₊ | T ₀ =t ₊ | T ₀ =10t ₊ |
| Критерий электрохимической заряженности C _Q (T), % | | | | | | | | | |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 18,1 | 35,0 | 47,0 | 23,0 | 42,3 | 55,8 | 37,0 | 59,5 | 75,0 |
| 3 | 17,0 | 32,4 | 44,6 | 20,9 | 38,7 | 52,7 | 30,4 | 52,6 | 69,6 |
| 4 | 14,4 | 29,5 | 42,3 | 17,5 | 35,0 | 49,9 | 24,5 | 46,9 | 65,4 |
| 5 | 12,4 | 27,0 | 40,4 | 14,9 | 32,0 | 47,6 | 20,4 | 42,5 | 62,1 |
| 10 | 7,1 | 19,6 | 34,2 | 8,5 | 23,0 | 40,1 | 11,2 | 30,2 | 52,0 |
| 20 | 3,9 | 13,1 | 27,9 | 4,5 | 15,3 | 32,6 | 5,9 | 19,9 | 42,1 |
| 30 | 2,6 | 9,9 | 24,2 | 3,1 | 11,6 | 28,3 | 4,0 | 15,1 | 36,5 |
| 40 | 2,0 | 8,1 | 21,7 | 2,3 | 9,4 | 25,3 | 3,0 | 12,2 | 32,6 |
| 50 | 1,6 | 6,8 | 19,7 | 1,9 | 7,9 | 23,0 | 2,4 | 10,2 | 29,7 |
| 60 | 1,4 | 5,9 | 18,2 | 1,6 | 6,8 | 21,3 | 2,0 | 8,8 | 27,4 |
| 70 | 1,2 | 5,2 | 16,9 | 1,4 | 6,0 | 19,8 | 1,8 | 7,8 | 25,5 |
| 80 | 1,0 | 4,6 | 15,9 | 1,2 | 5,4 | 18,5 | 1,5 | 6,9 | 23,9 |
| 90 | 0,9 | 4,2 | 14,9 | 1,1 | 4,9 | 17,5 | 1,4 | 6,3 | 22,5 |
| 100 | 0,8 | 3,8 | 14,1 | 1,0 | 4,4 | 16,5 | 1,2 | 5,7 | 21,3 |
| Отношение напряженностей E _{ВП} (T)/E _{ВПmax} , % | | | | | | | | | |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | -1,9 | 0,1 | 8,4 | -2,3 | 0,4 | 11,7 | -3,1 | 2,5 | 24,4 |
| 3 | 1,1 | 4,0 | 10,4 | 1,6 | 5,1 | 13,1 | 3,0 | 8,4 | 20,2 |
| 4 | 1,0 | 3,4 | 8,7 | 1,2 | 4,2 | 10,7 | 2,0 | 6,2 | 15,5 |
| 5 | 0,7 | 2,8 | 7,3 | 0,9 | 3,4 | 8,9 | 1,4 | 4,8 | 12,4 |
| 10 | 0,3 | 1,3 | 3,9 | 0,3 | 1,5 | 4,6 | 0,4 | 2,1 | 6,1 |
| 20 | 0,1 | 0,5 | 1,9 | 0,1 | 0,6 | 2,3 | 0,1 | 0,8 | 3,0 |
| 30 | 0,0 | 0,3 | 1,3 | 0,0 | 0,3 | 1,5 | 0,1 | 0,5 | 1,9 |
| 40 | 0,0 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,2 | 1,1 | 0,0 | 0,3 | 1,4 |
| 50 | 0,0 | 0,1 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,2 | 1,1 |
| 60 | 0,0 | 0,1 | 0,6 | 0,0 | 0,1 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,9 |
| 70 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,6 | 0,0 | 0,1 | 0,7 |
| 80 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,6 |
| 90 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,5 |
| 100 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,5 |

Здесь T – время с начала (включения) положительного импульса (цикла измерений); $T=t_+$ – момент выключения (конец) положительного импульса (максимальная (полная) зарядка среды при каждом данном режиме ДРИ); $T=2t_+$ – момент измерения 2ППХ ВП; $E_{ВПmax}$ – напряженность поля ВП в конце положительного импульса (в начале паузы между импульсами – максимальная поляризация среды при данном цикле измерений).

В табл.2 приведены значения критерия электрохимической заряженности $C_Q(T)$ и нормированной напряженности поля ВП $E_{ВП}(T)/E_{ВПmax}$ разнотипных ($T_0=0.1, 1$ и $10t_+$) геоэлектрических моделей в фиксированные моменты времени ($1 \leq T/t_+ \leq 100$) при разных (а, б, в) параметрах временного режима ДРИ. Здесь T – время с начала положительного импульса (цикла измерений); $T=t_+$ – конец положительного импульса (момент полной максимальной электрохимической зарядки среды при каждом данном режиме ДРИ); $T=2t_+$ – момент измерения 2ППХ ВП. Нетрудно заметить, что с увеличением паузы между импульсами (с обязательным соблюдением условия $m=1$) наблюдается синхронное увеличение значений $C_Q(T)$ и $E_{ВП}(T)/E_{ВПmax}$.

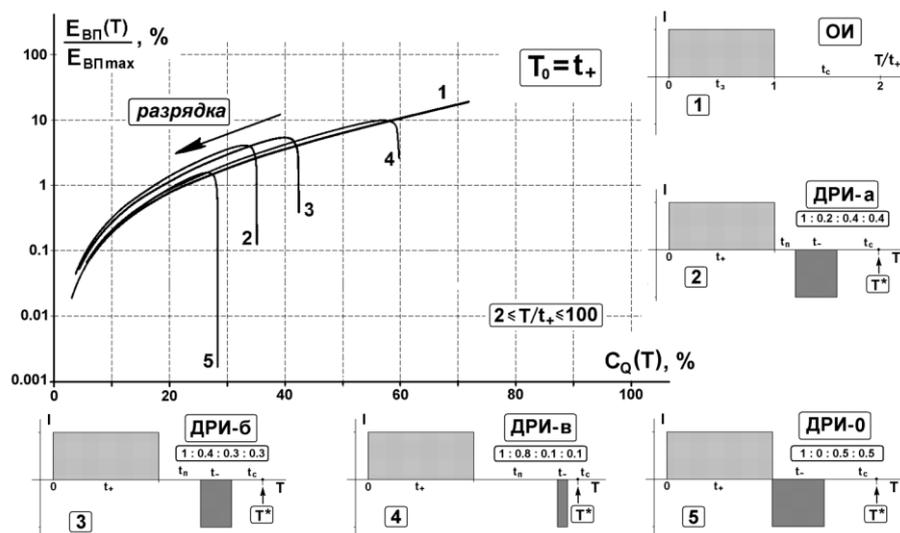


Рис. 4. Временные зависимости изменения нормированной напряженности вторичного электрического поля и критерия электрохимической заряженности геоэлектрической среды в интервале $2 \leq T/t_+ \leq 100$ на спаде при различных (ОИ и ДРИ) временных режимах возбуждения внешнего поля однородной изотропной геоэлектрической среды с $T_0=t_+$. Стрелкой показано направление изменения представленных зависимостей во времени.

[ДРИ-2ППХ_04.bmp](#)

Изображенные на рис.4 временные зависимости изменения нормированной напряженности ВП $E_{ВП}(T)/E_{ВПmax}$ и критерия электрохимической заряженности геоэлектрической среды $C_Q(T)$ наглядно характеризуют ее поляризованное состояние на спаде (начиная с момента измерения 2ППХ

ВП – T^* , когда напряженность поля практически равна нулю: при $t_+ \approx T_{\max}$ происходит смена знака $E_{\text{ВП}}(T)$ при разных параметрах и конфигурациях ДРИ. Здесь также основной общей закономерностью является проявление неадекватности между измеряемыми параметрами вторичного электрического поля и состоянием заряженности или разряженности среды, установленной ранее при режиме ОИ (Матевосян, 2014). Данное обстоятельство особенно контрастно сказывается при длительном спаде: так, при $E_{\text{ВП}}(T)/E_{\text{ВПmax}} \approx 1\%$ (когда согласно методике и действующим инструкциям измерения поля ВП считается, что исследуемая среда пришла в исходное состояние, т.е. практически полностью разрядилась) – $C_Q(T) \approx 20\%$, а при $E_{\text{ВП}}(T)/E_{\text{ВПmax}}(T) \approx 0.1\%$ – $C_Q(T) \approx 5\%$ (рис.4). Напомним, что продолжительность разрядки существенным образом зависит от T_{\max} исследуемой геоэлектрической среды (Матевосян, 2014) и, основываясь на представленных результатах математического моделирования, оценочно можно считать, что для обеспечения требуемой точности/ воспроизводимости последующего цикла измерений дифференциальными режимом ДРИ, она должна превышать не менее, чем на два порядка длительность положительного импульса.

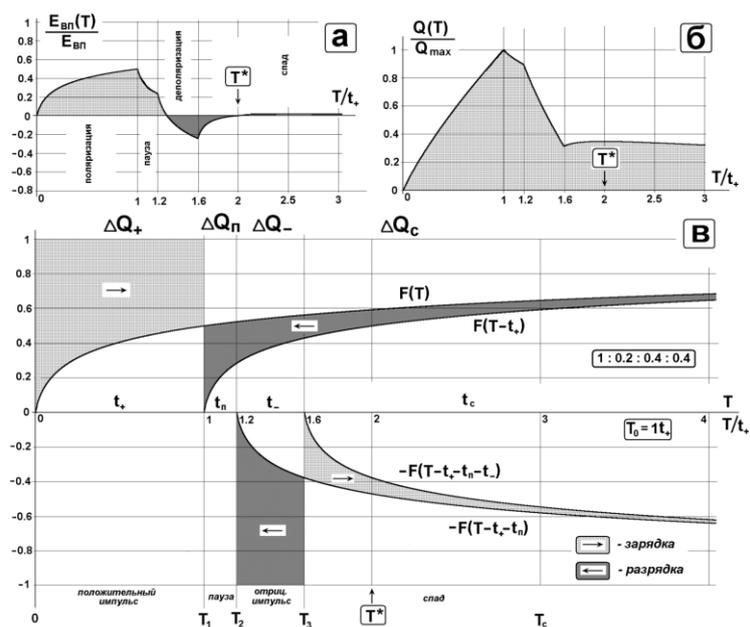


Рис.5. Временные зависимости изменения вторичного электрического поля при ДРИ-а на протяжении всего цикла измерений при $T_0 = t_+$.

- а** – нормированной напряженности поляризационного поля;
- б** – ИАВП ВП по заряду, нормированный по его максимальной величине (в момент T_1);
- в** – поясняющая диаграмма ИАВП по заряду – горизонтальные стрелки условно показывают процессы зарядки и разрядки геоэлектрической среды за определенные интервалы времени.

ДРИ-2ШХ_05.bmp

Приведенные на рис.5 временные зависимости геоэлектрической среды/ модели на примере режима **ДРИ-а** в течение всего цикла измерений при разных T_0/t_+ отражают особенности изменения вторичного электрического поля (*основных характеристик: напряженности поляризованного поля и интегрального амплитудно-временного параметра по заряду*) (Матевосян, 2011), по которым можно наглядно представить весь поляризационный (*электрохимический*) процесс. На первый взгляд предлагаемый полный цикл достаточно сложных измерений и вычислений дифференциальным режимом **ДРИ** легко прослеживается по динамике его протекания, что безусловно является необходимым и очень важным обстоятельством при интерпретации данных и их более достоверном геолого-геофизическом истолковании.

В заключение отметим, что выполнение лабораторных исследований временным режимом **ДРИ** с произвольными конфигурациями и параметрами предусмотрено в многоцелевом аппаратно-программном измерителе «*VectorGeo*» (Матевосян, Бабаян, 2018), благодаря встроенному в него маломощному генератору прямоугольных импульсов стабилизированного тока (*модернизированный вариант*). В настоящее время созданы необходимые (*теоретические, методические и основные технические*) предпосылки для оптимизации методики электроразведочных (*экспериментальных – лабораторных, натурных и полевых*) векторных исследований, включая с применением данного способа внешнего электрического воздействия.

Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН Армении в рамках научного проекта № **15Т-1Е418**.

Литература

- Инструкция по электроразведке. 1984. Л.: Недра, 352 с.
- Комаров В.А.** 1980. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 391 с.
- Матевосян А.К.** 1985. Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство СССР №1179243, Б.И. №34.
- Матевосян А.К.** 1987. Способ измерения высших производных переходной характеристики вызванной поляризации. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, №1, с.59-63.
- Матевосян А.К.** 2011. Определение полных интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации по результатам векторных измерений. Доклады НАН Армении, 111, №2, с.157-163.
- Матевосян А.К.** 2014. Критерий электрохимической заряженности геоэлектрической среды. Доклады НАН Армении, 114, №1, с.33-43.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2018. Многофункциональная измерительная электроразведочная аппаратура «*VectorGeo*». Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 71, №1, с.42-49.
- Методические указания по применению электроразведочной станции СВП-74. 1979, Л., НПО "Геофизика", 141с.
- Шаповалов О.М., Черныш В.Ю., Кузьмичев В.В.** 1976. Метод производной ВП и его практическое применение. "Методы разведочной геофизики", Л., НПО "Геофизика", вып. 26, с.86-95.
- Электроразведка. 1989. Справочник геофизика. М., Недра, в двух книгах – 438 с.378.

**ՕՊՏԻՄԱԼ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԱՆՑՈՒՄԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻ
ԵՐԿՐՈՐԴ ԱԾԱՆՑՑԱԼԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄՈՎ
ՉԱՓՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ**

Մաթևոսյան Ա.Կ., Բաբայան Գ.Ա.

Ամփոփում

Հոդվածում դիտարկվում են տարրաբնույթ երկրաէլեկտրական մոդելներում ընթացող բևեռացման գործընթացների օրինաչափությունները, արտաքին էլեկտրական դիֆերենցիալ ժամանակային ռեժիմով ազդման դեպքում, որը նախատեսված է գրգռման տարբեր ձևերի և չափանիշների դեպքում հարուցված բևեռացման անցումային բնութագրի երկրորդ կարգի ածանցյալի անմիջական չափման համար: Հիմնվելով հարուցված բևեռացման ամպլիտուդա-ժամանակային բնութագրերի առանձնահատկությունների և երկրաէլեկտրական միջավայրի էլեկտրաքիմիական լիցքավորվածության օրինաչափության համալիր վերլուծության վրա, ներկայացված են այդպիսի էլեկտրահետախուզական հետազոտությունների կատարման մեթոդիկայի օպտիմալացման հիմնական ուղիները:

**SELECTION OF MEASUREMENTS TIME MODE OPTIMAL
PARAMETERS OF SECOND DERIVATIVE TRANSITIONAL
CHARACTERISTICS OF INDUCED POLARIZATION**

Matevosyan A.K., Babayan G.A.

Abstract

The article discusses the patterns of the polarization processes flowing in different types geoelectric models under external electrical influence by the differential time mode, intended for direct measurements of the transitional characteristic second derivative of induced polarization at different configurations and parameters of the excitation.

On the basis of the complex analysis of the characteristics of the amplitude-time parameters of IP and the established regularities of the electrochemical charging of the geoelectrical medium, are presented the main ways of the optimizing methods for performing such electrical prospecting studies.