

**ПРОЯВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ
ПАРАМЕТРОВ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ
ПЕРИОДИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
СРЕДЫ ОДНОПОЛЯРНЫМИ ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ
ИМПУЛЬСАМИ ТОКА**

© 2013 г. А.К. Матевосян

*Институт геологических наук НАН РА
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,
E-mail: arshak.matevosyan@yandex.ru
Поступила в редакцию 14.06.2013г.*

В статье на основании математического моделирования и численных расчетов для поляризующейся геоэлектрической модели представлен анализ поведения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при периодическом однополярно-импульсном изменении внешнего электрического поля. Выявленные закономерности проявления отмеченных параметров вторичного электрического поля создают необходимые предпосылки для объективной оценки возможностей и повышения эффективности электроразведочных исследований при решении различных прикладных геолого-геофизических задач.

В практике электроразведочных работ по методу вызванной поляризации (ВП) применяются следующие основные временные режимы измерений (Методические указания..., 1979; Комаров, 1980; Инструкция..., 1984; Электроразведка, 1989):

- одиночные прямоугольные импульсы постоянного тока (ОИ);
- периодические однополярные прямоугольные импульсы тока со скважностью 2 (ОПИ-2, при котором пауза между импульсами равна длительности импульсов);
- периодические разнополярные прямоугольные импульсы тока со скважностью 2 (РПИ-2);
- периодические разнополярные прямоугольные импульсы тока со скважностью 1 (РПИ-1, при котором переключение полярности производится без пауз – переменный “прямоугольный” ток).

В большинстве случаев поле вызванной поляризации измеряют в паузах между импульсами тока. В некоторых видах аппаратуры, снабженных стабилизаторами поляризующего тока, предусмотрена и прямая регистрация вторичного электрического поля во время пропускания тока.

Целью этой статьи является выявление закономерностей проявления вторичного электрического поля при исследованиях геоэлектрической среды методом ВП периодическими однополярными прямоугольными импульсами тока: изучение временных зависимостей поля ВП при пропускании тока и на спаде в процессе всего цикла измерений, а также анализ поведения интегральных амплитудно-временных параметров

(ИАВП) ВП (Матевосян, 2001¹) при таком временном режиме измерений. Настоящая статья является логическим продолжением работы (Матевосян, 2013), в которой представлено поведение ИАВП ВП при непрерывном разнополярном (знакопеременном) и однополярном периодическом изменении внешнего электрического поля.

В связи с этим особый интерес представляет рассмотрение возбуждения геоэлектрической среды однополярными периодическими прямоугольными импульсами тока со скважностью 2 (ОПИ-2) благодаря своей повышенной помехозащищенности измерений по сравнению с одиночными прямоугольными импульсами. Путем математического моделирования и численных расчетов вторичных электрических процессов поляризующейся геоэлектрической среды проанализированы основные особенности проявления ИАВП ВП и эффективность таких электрометрических исследований методом вызванной поляризации при данном временном режиме измерений.

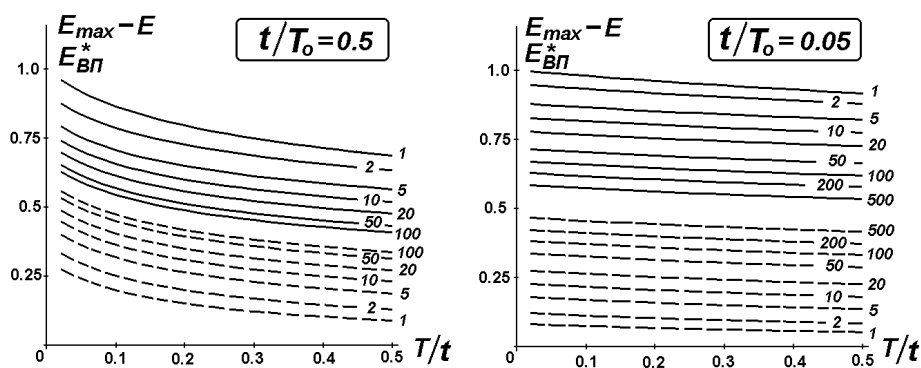


Рис. 1. Совмещенные графики временных зависимостей параметров вторичного поля $E_{\max} - E(T)$ при пропускании тока (сплошные линии) и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ на спаде (пунктирные линии) нормированные по величине $E_{\max} - E_0$ за различные периоды (шифр кривых) однополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля.

Представленные на рис.1 теоретические зависимости иллюстрируют динамику изменения параметров напряженности вторичного электрического поля при пропускании тока (в импульсе) и на спаде (в паузе) за различные периоды t для двух значений абсциссы максимума производной переходной характеристики ВП по десятичному логарифму времени T_0 (в частности, при $t=0.05$ с и $T_0=0.1$; 1с, характеризующих ранние поляризационные процессы). Здесь E_0 – напряженность первичного электрического поля. Сопоставляя рассматриваемые параметры: временные изменения разности асимптотического ($E_{\max} - E_{\text{ВП}}^*$ – первичного и вторичного при предельной длительности возбуждения поля) и полного ($E(T) - E_{\text{ВП}}^*(T)$ – первичного и вторичного в момент времени T) $E_{\max} - E(T)$ в импульсе, с $E_{\text{ВП}}^*(T)$ в паузе за конкретный период, можно представить, как с увеличением длительности возбуждения электрического поля происходит сближение

значений указанных параметров, т.е. происходит “адаптация” геоэлектрической среды к периодически изменяющемуся внешнему воздействию – постепенный (достаточно продолжительный) переход ионопроводящей геоэлектрической среды в новое динамическое равновесное состояние. В итоге, при длительности возбуждения поля значительно превышающей T_0 (когда достигается установившийся динамический режим – насыщение процесса поляризации среды) и линейности ВП (ЛВП) приведенные кривые практически сливаются. Следует здесь особо подчеркнуть, что монотонное сближение и слияние отмеченных кривых характерно только при соблюдении ЛВП, в противном случае – при нелинейности вторичных процессов (НВП), слияние рассматриваемых зависимостей на протяжении всего временного интервала не происходит. Иными словами, при длительности возбуждения электрического поля значительно превышающей T_0 (на несколько порядков) за взятый конкретный период и при соблюдении линейности ВП, величина $E_{\max}-E(T)-E_{\text{ВП}}^*(T)$ практически постоянна и приближается к нулю.

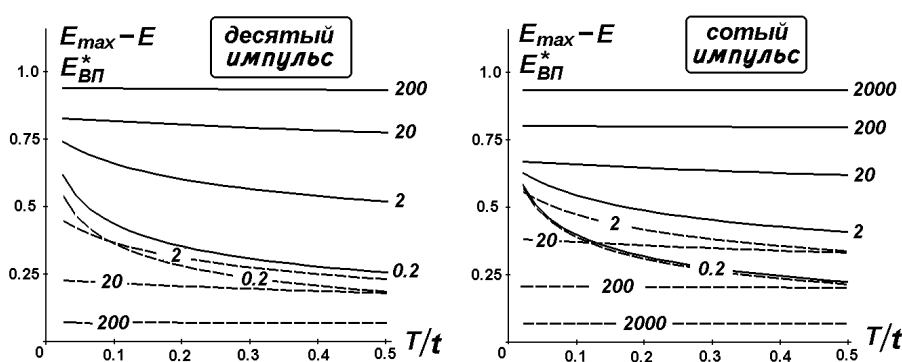


Рис. 2. Совмещенные графики временных зависимостей параметров вторичного поля $E_{\max}-E(T)$ при пропускании тока (сплошные линии) и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ на спаде (пунктирные линии) нормированные по величине $E_{\max}-E_0$ во время десятого и сотого периодов (шифр кривых T_0/t) однополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля.

Приведенные на рис. 2 изменения этих же параметров напряженности вторичного электрического поля получены за два фиксированных промежутка времени – десятый и сотый периоды, при различных значениях T_0 , характеризующего наблюдаемые структурно-текстурные особенности геоэлектрической среды (Методические указания..., 1979; Комаров, 1980; Электроразведка, 1989) в широком временном диапазоне изменения этого параметра (в частности, при $t=0.05\text{с}$ от $T_0=0.01$ до 10, 100с). Так, как следует из рис. 2, за конкретный произвольный период при $T_0=0.01$ и 0.1с кривые, характеризующие изменение напряженности вторичного электрического поля $E_{\max}-E(T)$ и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ со временем T , монотонно убывают. С увеличением T_0 рассматриваемые временные зависимости постепенно выпрямляются (почти параллельны оси абсцисс), что связано тем обстоя-

тельством, что за такой относительно малый наблюдаемый временной интервал ($0.5T/t$) при больших значениях T_0 проследить изменение вторичного поля за время одного периода практически невозможно. На рис. 2 можно заметить, как с увеличением продолжительности внешнего электрического воздействия на среду в 10 раз (соответственно десятый и сотый периоды) при относительно больших значениях T_0 (в частности, $T_0=1$ и 10 с при $t=0.05$ с) параметры $E_{\max}-E(T)$ и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ изменяются почти идентично.

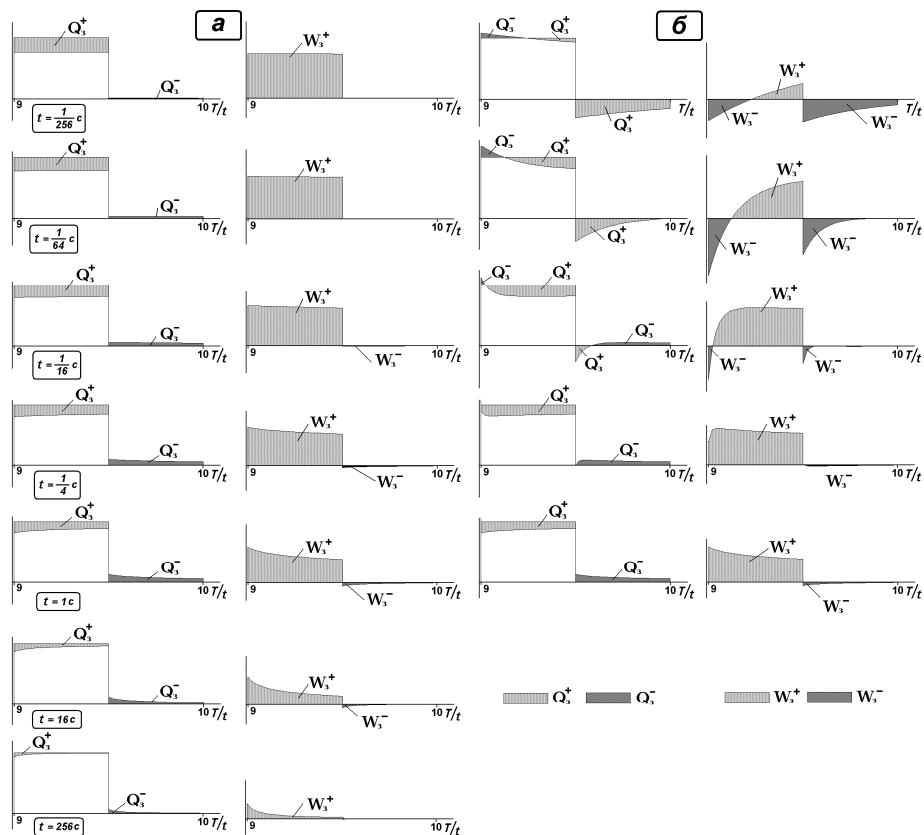


Рис. 3. Графическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период однополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля различной частоты при отсутствии (а) и в присутствии (б) индукционных процессов.

На рис. 3а,б показаны ИАВП ВП Q_3 и W_3 (Матевосян, 2001²) за десятый период при различных величинах периода колебаний t (нормированных по величине времени T_0) однополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля при отсутствии (рис.3а) и в присутствии (рис.3б) индукционных процессов (при $t_0=0.003$ с – абсцисса максимума первой производной переходной характеристики индукционного поля по десятичному логарифму времени и $m=2$ – амплитудный коэффициент (Матевосян, 2011).

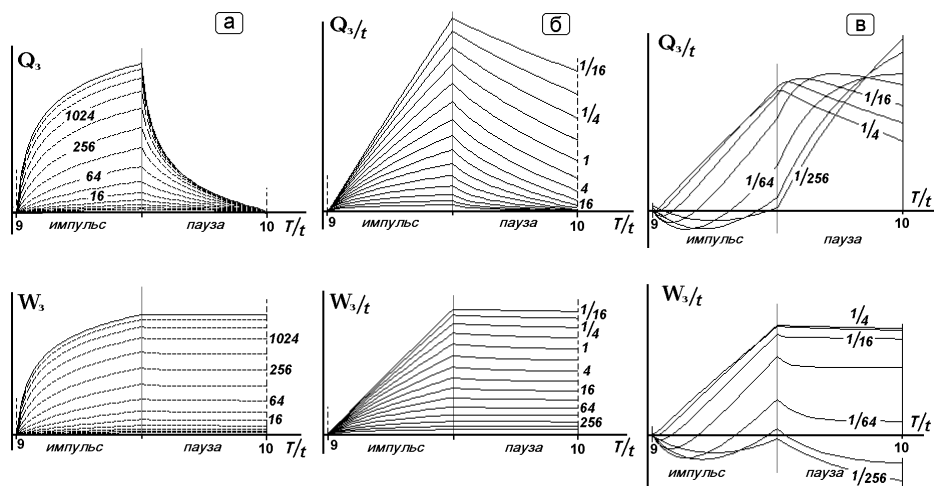


Рис. 4. Динамика изменения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период однополярного прямоугольно-импульсного тока (а), при их нормировании по периоду колебаний (б) и в присутствии индукционных процессов при малых величинах периода возбуждения (в). Шифр кривых – t/T_0 .

На рис. 4 представлены временные зависимости проявления интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 , а также Q_3/t и W_3/t (нормированных по величине времени воздействия – периода t) при ОПИ-2 за десятый период. С целью сопоставления изменения рассматриваемых параметров при различных t шкала времени (абсцисс) представлена отношением T/t (нормирована по величине периода колебаний).

Анализ приведенных зависимостей позволяет установить следующее:

- с увеличением периода t наблюдается увеличение амплитуды значений Q_3 , связанная с возрастанием вторичных поляризационных процессов за конкретный период: количеством переносимых зарядов в исследуемой геоэлектрической среде;
- величина нормированного параметра Q_3/t , в отличие от Q_3 , за рассматриваемый временной интервал (десятый период) с увеличением t уменьшается, что указывает на относительное уменьшение количества перемещаемых зарядов в единицу времени;
- судя по кривым Q_3 и Q_3/t , в начале и конце десятого периода ($T/t=9$ и 10) при малых величинах периодов (до $t/T_0 < 16$) наблюдается резко выраженное неустановившееся состояние поляризации, однако с увеличением t происходит постепенно убывающая поляризация среды в единицу времени, а при $t/T_0 \geq 16$ со значительным уменьшением количества переносимых зарядов в единицу времени практически достигается динамическое квазинасыщенное состояние поляризации среды;
- с увеличением t (с уменьшением частоты тока) за рассматриваемый период наблюдаются монотонное увеличение значений W_3

в импульсе и почти квазипостоянные (незначительное убывание) его проявления в паузе, связанные с расходом энергии на поляризационные процессы при пропускании тока и его практическом отсутствии на спаде;

- нормированный параметр W_3/t , в отличие от W_3 , за данный временной промежуток (десятый период) уменьшается с увеличением периода t , что свидетельствует об относительном уменьшении энергетических затрат в единицу времени на поляризацию среды.

Таким образом, при однополярном периодически импульсном возбуждении электрического поля выбор эффективного временного режима для обнаружения и исследования конкретного геологического объекта напрямую зависит от продолжительности пропускания тока (длительности зарядки), и не от периода колебаний. Поскольку такое периодическое возбуждение электрического поля при ОПИ-2 в два раза слабее одиночного импульса постоянного тока той же интенсивности (амплитуды) и продолжительности (Матевосян, 2001²), то для достоверного выявления и детального исследования хорошо поляризующихся массивных рудных тел (с учетом разбраковки ложных аномалий, связанных с вкрапленным оруженением) требуется более продолжительное пропускание электрического тока – на протяжении от нескольких десятков минут до нескольких часов. И не случайно, что такой способ внешнего электрического воздействия на практике не считается наиболее оптимальным при исследовании жильковых и массивных рудных объектов, однако в некоторых случаях не исключается, что при наличии соответствующей измерительной аппаратуры можно обеспечить требуемую высокую надежность, помехозащищенность и информативность полевых измерений.

ЛИТЕРАТУРА

- Инструкция по электроразведке. Л.: Недра, 1984, 352 с.
- Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980, 391 с.
- Матевосян А.К. Интегральные амплитудно-временные параметры вызванной поляризации. Доклады НАН Армении, 2001¹, 101, № 1, с. 76-83.
- Матевосян А.К. Определение эквивалентного электрического воздействия по интегральным амплитудно-временным параметрам вызванной поляризации. Доклады НАН Армении, 2001², 101, № 2, с. 150-157.
- Матевосян А.К. Особенности проявления интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации в присутствии индукционных процессов. Доклады НАН Армении, 2011, 111, № 3, с. 280-287.
- Матевосян А.К. Особенности интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при непрерывном периодическом изменении внешнего электрического воздействия. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2013, 66, № 1, с. 48-55.
- Методические указания по применению электроразведочной станции СВП-74. – Л.И. Иоффе, В.А. Комаров, Г.Н. Михайлов, Л.С. Хлопонина, А.А. Смирнов. Ленинград: НПО "Геофизика", 1979, 141 с.
- Электроразведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1989, в двух книгах – 438 с. 378 с.

*Рецензенты О.П. Сергеев, К.М. Ермохин.
ЗАО "Теллур СПб"*

ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ
ԱՄՊԼԻՏՈՒԴԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԻ
ԱՌԱՋՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀՈՍԱՆՔԻ
ՄԵԿԲԵՎԵՐԱՆԻ ՈՒՂՂԱՆԿՅՈՒՆ ԻՄՊՈՒԼՍՆԵՐՈՎ
ԵՐԿՐԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ԳՐԳՈՄԱՆ
ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ամփոփում

Հոդվածում բնեռացող երկրաէլեկտրական մոդելի համար կատարված մաթեմատիկական մոդելավորման և թվային հաշվարկներ հիման վրա ներկայացված է հարուցված բնեռացման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների վարքը պարբերական մեկբևեռանի իմպուլսային արտաքին էլեկտրական դաշտի փոփոխման դեպքում: Նշված երկրորդական էլեկտրական դաշտի չափանիշների արտահայտման պարզաբանված օրինաչափությունները ստեղծում են անհրաժեշտ նախադրյալներ տարբեր երկրաբանական իրավիճակներում արդյունավետ էլեկտրախուզական ուսումնասիրություններ կատարելու համար:

MANIFESTATION OF THE INTEGRAL AMPLITUDE-TIME PARAMETERS
OF THE INDUCED POLARIZATION UNDER THE PERIODIC
EXCITEMENT OF THE GEOELECTRICAL MEDIUM WITH DIRECT
CURRENT IMPULSES

A.K. Matevosyan

Abstract

This article presents an analysis of the behavior of the integral amplitude-time parameters of the induced polarization under periodic unipolar impulses of direct current of the external electric field based on the results of the mathematical modeling and the numerical calculations for the polarized geoelectrical model.

The revealed regularities of the manifestation of the noted parameters of the secondary electric field create the prerequisites for the objective estimation of the capabilities and for increased efficiency of the electrical prospecting in the solution of diverse geological and geophysical tasks.