

**ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫЗВАННОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННОМ ПРЯМОУГОЛЬНО-
ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

© 2013 г. А.К. Матевосян

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

Поступила в редакцию 14.06.2013 г.

На основании проведенных математического моделирования и численных расчетов для поляризующейся геоэлектрической модели представлен анализ поведения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при периодическом разнополярно-импульсном изменении внешнего электрического поля и переменном прямоугольном токе. Выявленные новые закономерности проявления параметров вторичного электрического поля создают необходимые предпосылки для объективной оценки возможностей и повышения эффективности электроразведочных исследований на стадии поисковых работ при исследовании рудных областей, а также при геокартировании, инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических, археологических изысканиях.

Настоящая статья является продолжением работ (Матевосян, 2013¹; Матевосян, 2013²), в которых представлено поведение **интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации (ИАВП ВП)** при непрерывном и однополярно-импульсном периодических изменениях внешнего электрического поля.

Целью настоящей статьи является выявление закономерностей проявления вторичного электрического поля при исследованиях геоэлектрической среды методом ВП периодическими разнополярными прямоугольными импульсами тока и прямоугольным переменным током: изучение временных зависимостей поля ВП в процессе всего цикла измерений, а также анализ поведения ИАВП ВП (Матевосян, 2001¹) при этих временных режимах измерений. Путем математического моделирования и численных расчетов вторичных электрических процессов поляризующейся геоэлектрической среды проанализированы основные особенности проявления ИАВП ВП и оценена информативность таких электрометрических исследований. Следует особо отметить, что несомненно большой интерес представляет рассмотрение возбуждения геоэлектрической среды разнополярными периодическими прямоугольными импульсами тока благодаря своей повышенной помехозащищенности измерений по сравнению с временным режимом, состоящим из однополярных периодических прямоугольных импульсов. На практике часто используется такой временной режим со скважностью 2 (**РПИ-2**, при котором пауза между

импульсами равна длительности импульсов). Сперва проанализируем особенности проявления вторичного электрического поля при таком режиме измерений.

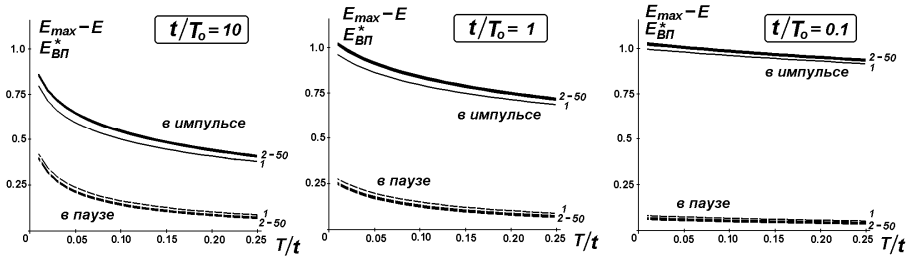


Рис.1. Совмещенные графики временных зависимостей параметров вторичного поля $E_{\max} - E(T)$ при пропускании тока (сплошные линии) и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ на спаде (пунктирные линии) нормированные по величине $E_{\max} - E_0$ за различные периоды (цифры кривых) разнополярного прямоугольно-импульсного 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 трех значений абсциссы максимума производной переходной характеристики ВП по десятичному логарифму времени T_0 (в частности, при $t=1\text{с}$ и $T_0=0.1, 1\text{с}$ и 10с , характеризующих ранние поляризационные процессы). Здесь E_0 – напряженность первичного электрического поля. Сопоставляя рассматриваемые параметры: временные изменения разности напряженностей асимптотического ($E_{\max}$ – суммарная напряженность первичного и вторичного полей при предельной длительности возбуждения) и полного ($E(T)$ – суммарная напряженность первичного и вторичного полей в момент времени T) $E_{\max} - E(T)$ в импульсе, с напряженностью вторичного поля $E_{\text{ВП}}^*(T)$ в паузе за конкретный период, можно представить, как уже с первых периодов возбуждения геоэлектрическая среда переходит в квазиравновесное динамическое состояние. В итоге, при соблюдении **линейности процессов ВП (ЛВП)** независимо от величины соотношения t/T_0 , приведенные кривые, практически не изменяются. Иными словами, при разнополярно-импульсном периодическом изменении внешнего электрического поля величина $E_{\max} - E(T) - E_{\text{ВП}}^*(T)$ практически сразу постоянна и независимо от длительности возбуждения поля и величины временного T_0 , характеризующего наблюдаемые структурно-текстурные особенности геоэлектрической среды (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989), отличается от нуля (в отличие от **однополярного прямоугольно-импульсного возбуждения (ОПИ)** электрического поля) (Матевосян, 2013²).

Как следует из рис.1, за какой-то определенный конкретный период кривые, характеризующие изменение напряженности вторичного электрического поля $E_{\max} - E(T)$ и $E_{\text{ВП}}^*(T)$ со временем T , идентично монотонно

убывают. С увеличением T_0 , рассматриваемые временные зависимости постепенно выпрямляются (становятся почти параллельными оси абсцисс). Это связано с тем обстоятельством, что за такой относительно малый наблюдаемый временной интервал ($0.25T/t$) при больших значениях T_0 проследить уменьшение вторичного поля за время одного периода практически невозможно.

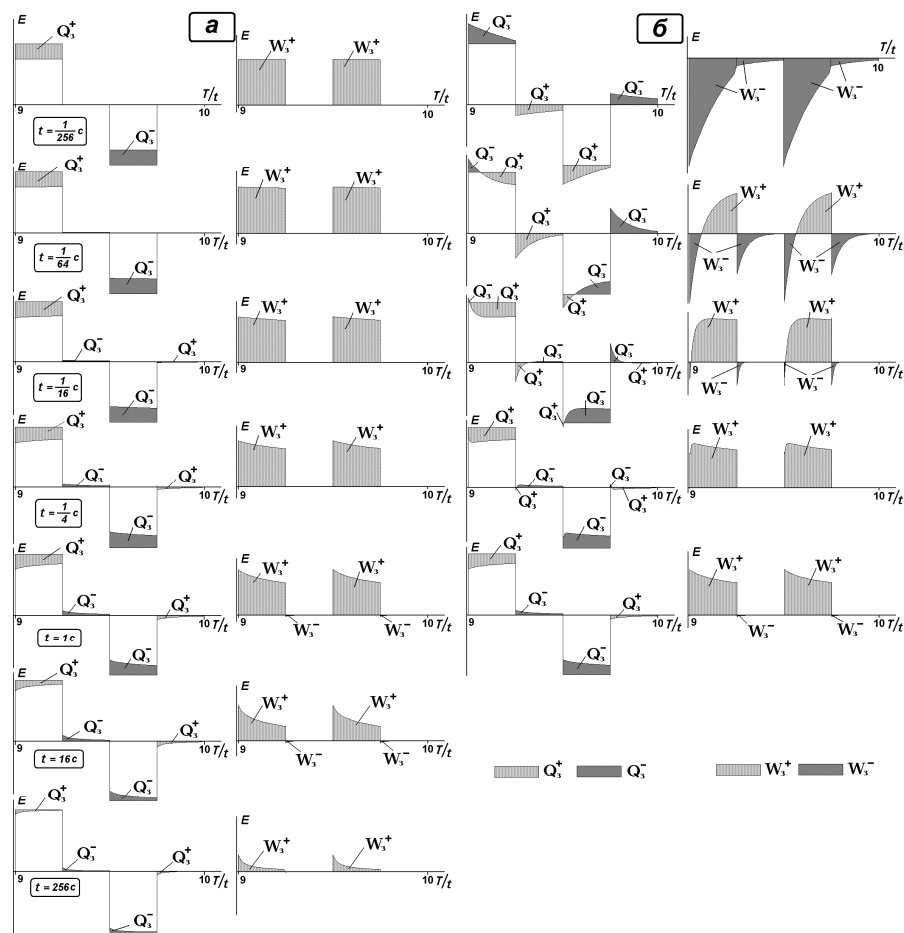


Рис.2. Графическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период разнополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля различной частоты при отсутствии (а) и в присутствии (б) индукционных процессов.

На рис. 2 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) разнополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля при отсутствии (рис. 2а) и при наличии (рис. 2б) индукционных процессов (при $t_0=0.003c$ – абсцисса максимума первой производной переходной характеристики индукционного поля по десятич-

ному логарифму времени и $m=2$ – амплитудный коэффициент (Матевосян, 2011)). На рис. 3 представлены временные зависимости проявления ИАВП ВП Q_3 и W_3 , а также Q_3/t и W_3/t (нормированных по величине времени воздействия – периода t) при РПИ-2 за десятый период (при установившемся динамическом режиме). С целью сопоставления изменения рассматриваемых параметров при различных t шкала времени (абсцисс) представлена отношением T/t (нормирована по величине периода колебаний).

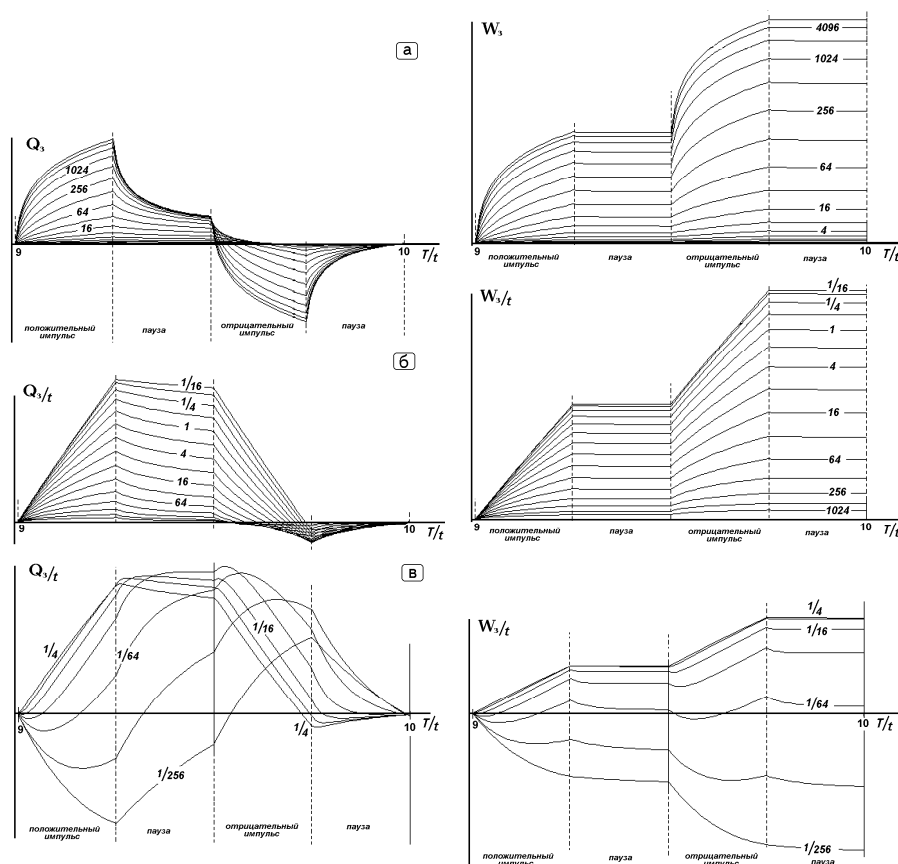


Рис.3. Динамика изменения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период разнополярного прямоугольно-импульсного возбуждения электрического поля (а), при их нормировании по периоду колебаний (б) и в присутствии индукционных процессов при малых величинах периода возбуждения (в). Шифр кривых – t/T_0 .

Анализ приведенных зависимостей позволяет установить следующее:

- с увеличением периода t наблюдается увеличение амплитуды значений Q_3 , связанное с возрастанием вторичных поляризационных процессов в исследуемой геоэлектрической среде за конкретный период: количеством переносимых зарядов при одном и обратном

направлениях внешнего электрического воздействия как в импульсе, так и в паузе;

- 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 под воздействием внешнего электрического поля;
- судя по кривым Q_3 и Q_3/t , в начале и конце десятого периода ($T/t=9$ и 10) наблюдается квазиустановившееся состояние поляризации, и с увеличением t происходит относительно постепенно убывающая поляризация среды со значительным уменьшением количества переносимых зарядов в единицу времени (*приблизительное равенство переносимых зарядов при одном и обратном направлениях приложенного электрического поля*);
- с увеличением t (*с уменьшением частоты тока*) за рассматриваемый период наблюдается монотонное увеличение значений W_3 в импульсе и почти квазипостоянное (*незначительное убывание*) его проявления в паузе, связанные с расходом энергии на поляризационные процессы при пропускании тока и его практическим отсутствием на спаде;
- нормированный параметр W_3/t , в отличие от W_3 , уменьшается с увеличением t , тем самым указывая на уменьшение энергетических затрат в единицу времени на поляризационные процессы.

Здесь следует отметить, что при РПИ выбор эффективного временного режима для обнаружения и исследования конкретного геологического объекта практически зависит от длительности импульсов тока, а не от продолжительности возбуждения поля (*общей длительности зарядки*), в отличие от ОПИ. Интенсивность вторичного электрического поля при таком периодическом возбуждении электрического поля в режиме РПИ-2 слабее, чем при ОПИ-2 той же амплитуды, частоты и продолжительности (Электроразведка, 1989; Матевосян, 2001; Матевосян, 2013²).

Теперь представим результаты аналогичных исследований в случае возбуждения электрического поля периодическим переменным прямоугольным током – временным режимом, находящим все большее применение в электроразведочной практике. На рис. 4 приведено графическое представление ИАВП ВП Q_3 и W_3 (Матевосян, 2001²) за десятый период при различных величинах t (*нормированных по величине времени T_0*) переменного прямоугольно-импульсного электрического тока при отсутствии (рис. 4а) и в присутствии (рис. 4б) индукционных процессов (при $t_0=0.003$ с и $m=2$). Временные зависимости проявления параметров Q_3 и W_3 за десятый период, а также нормированных по периоду колебаний параметров Q_3/t и W_3/t для различных значений t представлены на рис. 5.

В результате анализа особенностей и характера проявления приведенных кривых можно констатировать:

- с увеличением периода t наблюдается увеличение амплитуды зна-

чений Q_3 , связанная с возрастанием вторичных поляризационных процессов в исследуемой геоэлектрической среде за конкретный период: количеством переносимых зарядов при одном и обратном направлениях внешнего электрического воздействия;

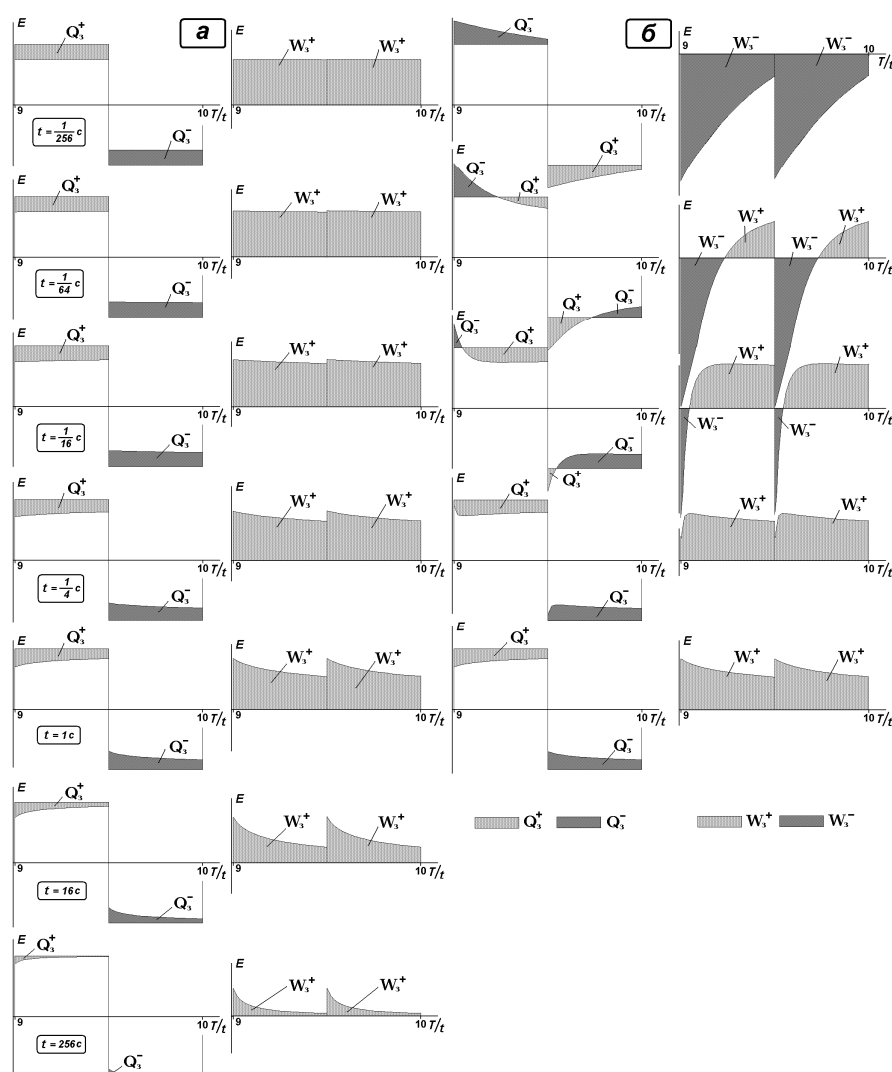


Рис.4. Графическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период при возбуждении поля переменным прямоугольным током различной частоты при отсутствии (а) и в присутствии (б) индукционных процессов.

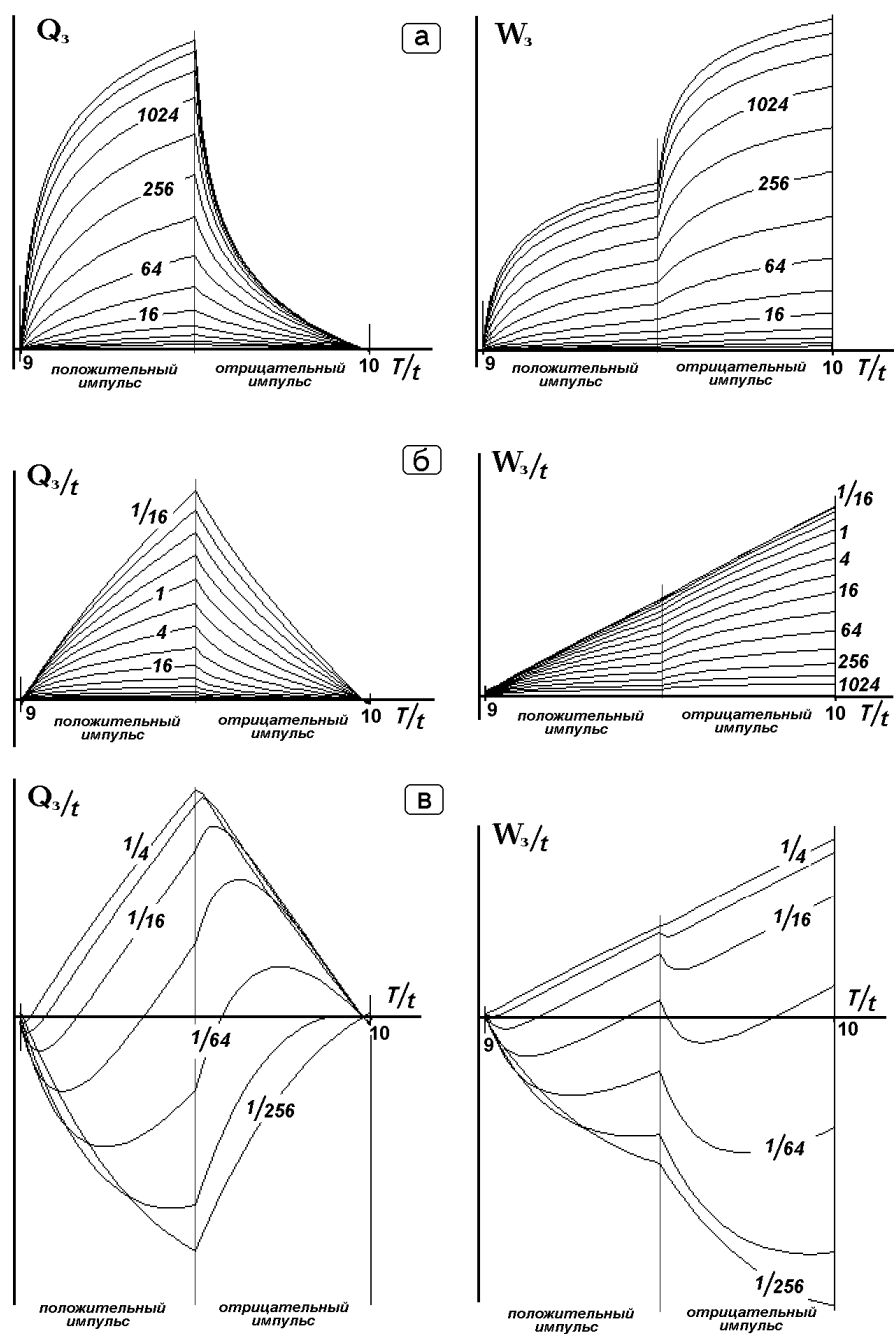


Рис.5. Динамика изменения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период при возбуждении поля переменным прямоугольным током различной частоты (а), и при их нормировании по периоду колебаний (б) и в присутствии индукционных процессов при малых величинах периода возбуждения (в). Шифр кривых – t/T_0 .

- 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) наблюдается квазиустановившееся состояние поляризации, и с увеличением t происходит относительно постепенно убывающая поляризация среды со значительным уменьшением количества переносимых зарядов в единицу времени (*приблизительное равенство переносимых зарядов при одном и обратном направлениях приложенного электрического поля*);
- за весь рассматриваемый период с увеличением t наблюдается монотонное увеличение значений W_3 при одном и обратном направлениях приложенного электрического поля, свидетельствующее о практически одинаковом расходе энергии в геоэлектрической среде на поляризационные процессы;
- нормированный параметр W_3/t , в отличие от W_3 , уменьшается с увеличением t на протяжении всего рассматриваемого периода, тем самым указывая на уменьшение энергетических затрат в единицу времени на поляризационные процессы в геоэлектрической среде.

Таким образом, при разнополярном периодически импульсном возбуждении электрического поля выбор эффективного временного режима для обнаружения и исследования конкретного геологического объекта практически зависит от длительности импульсов тока, а не от продолжительности возбуждения поля (*общей длительности зарядки*). Интенсивность вторичного электрического поля при таком периодическом возбуждении электрического поля в режиме РПИ-2 слабее, чем при ОПИ-2 той же амплитуды, частоты и продолжительности. На практике такой способ внешнего электрического воздействия считается достаточно эффективным (*высоко помехозащищенным, информативным, производительным и дешевым*) на стадии поисковых работ при исследовании рудных областей (*для выявления областей с вкрапленными электропроводящими минералами*), а также при геокартировании, инженерно-геологических, гидро-геологических, геоэкологических, археологических изысканиях. Установленные в настоящей статье закономерности проявления ИАВП при возбуждении геоэлектрической среды периодическими разнополярными прямоугольными импульсами тока и прямоугольным переменным током в комплексе с фазовыми измерениями (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989), позволят достаточно успешно проводить их совместное истолкование с общепринятым определением дифференциальных временных параметров в процессе обработки результатов исследований методом ВП.

ЛИТЕРАТУРА

- 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, 2013¹, 66, №1, с. 48-55.
- Матевосян А.К.** Проявление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при периодическом возбуждении геоэлектрической среды однополярными прямоугольными импульсами тока. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2013², 66, № 2-3, с.40-46.
- Электроразведка.** Справочник геофизика. М.: Недра, 1989, в двух книгах – 438 с, 378 с.

Рецензент Аветисян С.

ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ
ԱՄՊԼԻՏՈՒԴՆԱԺԱՄՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՂ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՆՇԱՆԱՓՈՒ ՀՈՍԱՆՔԻ
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 նշանափոխ իմպուլսային արտաքին էլեկտրական դաշտի գրգռման դեպքում: Երկրորդական էլեկտրական դաշտի չափանիշների արտահայտման հայտնաբերված նոր օրինաչափությունները ստեղծում են անհրաժեշտ նախադրյալներ արդյունավետ էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրություններ կատարելու հանքային գոտիներում որոնման աշխատանքների փուլում:

**FEATURES CHARACTERIZING THE INTEGRAL AMPLITUDE-
TIME CRITERIA OF THE INDUCED POLARIZATION IN THE CASE
OF PERIODIC EXCITATION OF THE GEOELECTRICAL MEDIUM
WITH RECTANGULAR PULSES OF THE ALTERNATING CURRENT**

A.K. Matevosyan

Abstract

Based on the mathematical modeling and numerical calculations for the polarized geoelectrical model, this article presents an analysis of the behavior of integral amplitude-time parameters of the induced polarization in case of excitation of the external periodic alternating pulsed electrical field. The revealed new manifestation regularities of the parameters of secondary electric field create necessary prerequisites for efficient realization of the electrical prospecting surveys at the stage of exploration within mining zones.