

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

© 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 22.12.2012 г.*

С целью исследования поведения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации (ВП) при непрерывном периодическом изменении внешнего электрического поля выполнены математическое моделирование и численные расчеты для поляризующейся геоэлектрической модели при разнополярном (переменном) и однополярном возбуждении. Выявленные закономерности проявления отмеченных параметров вторичного электрического поля создают необходимые предпосылки для выполнения эффективных (в комплексе с фазовыми измерениями и гистерезисом ВП) электроразведочных исследований рудных и нерудных объектов.

Исследования как геоэлектрической среды, так и образцов горных пород и руд методом вызванной поляризации (ВП) проводятся с использованием различных временных режимов измерений, а обработка и интерпретация результатов наблюдений в подавляющем большинстве случаев сводится к получению дифференциальных параметров переходного процесса вторичного электрического поля (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989). Несмотря на повышенную разрешающую способность и информативность дифференциальных параметров (в частности, определяемых при измерениях первой и второй производных переходной характеристики (ПХ) ВП, они полностью (в целом) не характеризуют весь исследуемый поляризационный (геоэлектрохимический) процесс, происходящий в геологической среде под воздействием электрического поля.

В статье (Матевосян, 2001¹) предложены обобщенные характеристики процессов ВП – интегральные амплитудно-временные параметры (ИАВП), основанные на данных регистрации поля как при пропускании электрического тока, так и после его выключения и характеризующие отдачу поляризационных процессов по заряду (количеству электричества), энергии и напряжению. Способ оценки электрического воздействия при произвольном импульсе тока по отклику интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации рассмотрен в (Матевосян, 2001²). В указанных статьях показано, что ИАВП характеризуют отдачу поляризационных процессов по заряду, энергии и напряжению. Напомним, что под отдачей вызванной поляризации по заряду $\square_Q$ принято отношение величины кажущегося заряда, полученного во время спада, к величине кажущегося заряда в процессе пропускания тока. Аналогичным образом сфор-

мулированы и понятия отдачи вызванной поляризации по энергии $\square_w$ и напряжению $\square_u$. На примерах электрических импульсов различной формы оценено воздействие индукционных (электродинамических) процессов на закономерности проявления ИАВП ВП (Матевосян, 2011²). В результате проведенных теоретических исследований и численных расчетов установлено, что влияние электродинамических процессов на результаты исследований методом ВП уменьшается как с увеличением времени зарядки, так и с монотонным изменением интенсивности возбуждаемого электрического поля. В статье (Матевосян, 2011¹) предложены полные интегральные амплитудно-временные параметры ВП, определяемые при векторной съемке (Матевосян, 2002). Приводится их сопоставление с аналогичными параметрами, вычисляемыми при исследованиях геоэлектрической среды одной приемной линией в пункте наблюдений. Обоснована необходимость проведения унифицированных комплексных векторных электроразведочных исследований для получения достоверного и полноценного (высокоинформативного) экспериментального материала с целью дальнейшей более однозначной пространственно-временной интерпретации электроразведочных данных.

В данной статье проанализировано поведение ИАВП ВП геоэлектрической среды при непрерывном периодическом изменении внешнего электрического поля.

С этой целью выполнены математическое моделирование и численные расчеты для однородной изотропной поляризуемой среды с временными параметрами $T_0=1\text{с}$ и $t_0=0.003\text{с}$ – абсциссы максимумов первых производных переходных характеристик (постоянные времени) поляризационного (геоэлектрхимического) и индукционного полей по десятичному логарифму времени соответственно при коэффициентах $B=\sqrt{1000}$ и $m=2$ (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989; Матевосян, 2011²) и поляризуемостью – $\square=1/3$. При расчетах ПХ поляризационное поле задавалось в виде логарифмической зависимости, а индукционное – экспоненциальной. Целесообразность такой аппроксимации переходной характеристики вторичного поля связана с возможностью эффективного сопоставления полученных данных с результатами ранее нами выполненных расчетов. Отметим, что для решения поставленной задачи выбор какой-либо определенной аппроксимации переходной характеристики (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989) не существен.

На рис.1 представлены интегральные амплитудно-временные параметры Q_3 и W_3 за десятый период при различных величинах периода колебаний t (нормированных по величине времени T_0 – абсцисса максимума первой производной переходной характеристики (ПХ) ВП по десятичному логарифму времени) синусоидального электрического тока $I(T)=I_0\sin(2\square T/t)$ при отсутствии и в присутствии индукционных процессов на поверхности однородной изотропной геоэлектрической среды. Здесь ось ординат E – напряженность электрического поля. На рис. 2 представлены временные зависимости проявления ИАВП ВП Q_3 и W_3

при синусоидальном возбуждении поля за десятый период, а также Q_3/t и W_3/t (нормированных по величине продолжительности воздействия – периода колебаний t) при различных значениях t . С целью сопоставления особенностей изменения рассматриваемых параметров при различных величинах t шкала времени (абсцисс) представлена в нормированном виде: T/t .

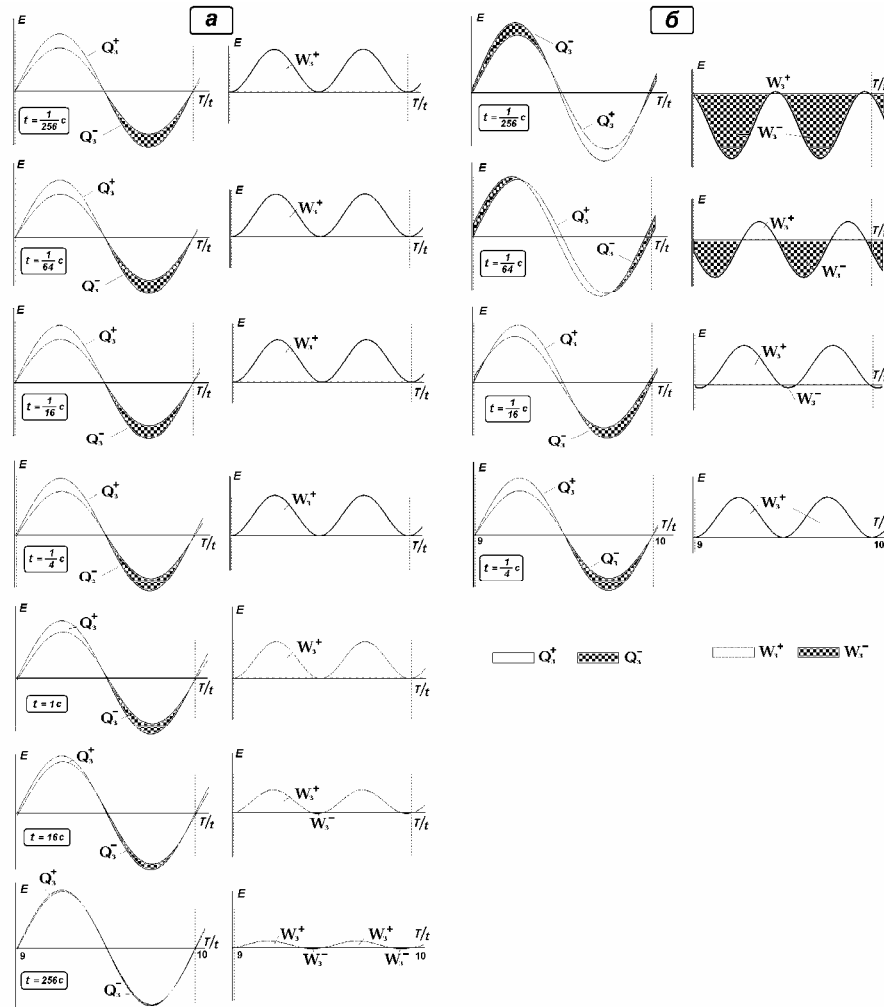


Рис.1. Графическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период синусоидального (непрерывного разнополярного) возбуждения электрического поля различной частоты при отсутствии (а) и в присутствии (б) индукционных процессов.

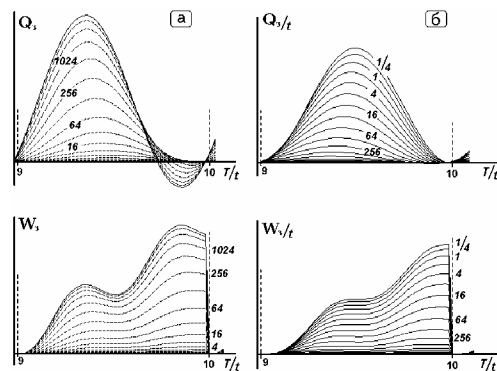


Рис. 2. Динамика изменения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период синусоидального возбуждения электрического поля (а) и при их нормировании по периоду колебаний (б).
Шифр кривых – t (в секундах).

Анализ приведенных зависимостей позволяет установить следующее:

- с увеличением t наблюдается не только увеличение амплитуды значений Q_3 , но и проявляется выраженная увеличивающаяся асимметрия и появление “отрицательных поверхностей” Q_3^- , связанных с возрастанием вторичных поляризационных процессов: количеством переносимых зарядов при одном и обратном направлениях внешнего электрического воздействия;
- нормированный параметр Q_3/t , в отличие от Q_3 , за рассматриваемый временной интервал уменьшается с увеличением t , что указывает на относительное уменьшение количества перемещаемых зарядов в единицу времени;
- с изменением t величины Q_3 и Q_3/t в начале и конце десятого периода (при $T/t=9$ и 10) практически не изменяются и близки к нулю, что свидетельствует об квазиустановившемся динамическом состоянии вторичного электрического поля (что не наблюдается при первых периодах синусоидального возбуждения) и приблизительно равенстве переносимых зарядов при одном и противоположном направлениях внешнего воздействия за данный период;
- с увеличением t наблюдаются увеличение амплитуды и волнообразное (с двумя максимумами, что свидетельствует о появлении “отрицательных поверхностей” – W_3^- , связанных с возрастанием вторичных поляризационных процессов) изменение значений W_3 за представленный период, характеризующие расход энергии на поляризацию среды (при линейности ВП – на перенос зарядов);
- 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.

Таким образом, наиболее эффективным временным режимом при синусоидальном внешнем электрическом воздействии (при котором наблюдается максимальное проявление поляризационных процессов) может являться при периоде колебаний почти на порядок выше T_0 (рис. 2). Поскольку хорошо поляризующиеся массивные рудные объекты характеризуются большими значениями T_0 (100 и более секунд), то для их достоверного обнаружения и исследования частота тока не должна превышать 1мГц. Очевидно, что такой способ достаточно продолжительного внешнего электрического воздействия не может являться оптимальным при проведении электроразведочных работ. Однако, с другой стороны, при исследовании нерудных объектов (в частности, при инженерно-геологических, гидрогеологических, сейсмопрогностических, археологических изысканиях) такой временной режим может являться весьма эффективным, поскольку кратковременное периодическое возбуждение и многократное измерение электрических параметров существенно повышает не только производительность полевых работ, но и надежность и помехозащищенность измерений.

Исходя из представленных выводов об эффективности гармонического электрического возбуждения геоэлектрической среды, вытекает определенный интерес рассмотрения случая непрерывного однополярного периодического характера изменения внешнего воздействия. На рис. 3 приведено графическое представление ИАВП ВП Q_3 и W_3 за десятый период при различных величинах t выпрямленного синусоидального электрического тока $I(T)=I_0 \sin(2\pi T/t)$ при отсутствии (рис. 3а) и в присутствии (рис. 3б) индукционных процессов. Временные зависимости проявле-

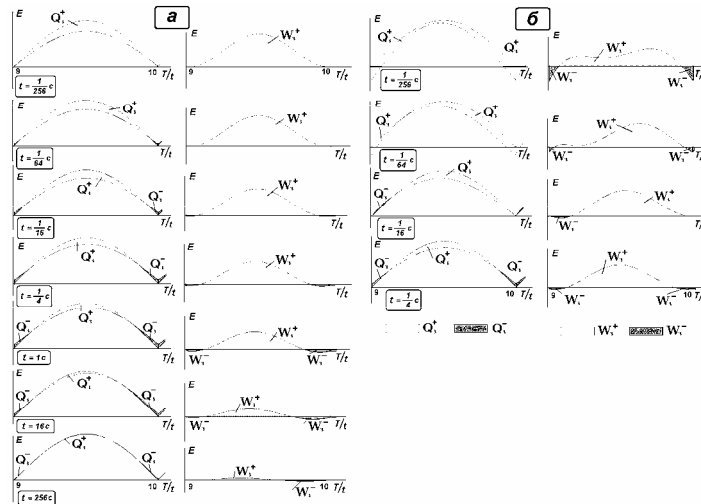


Рис. 3. Графическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период непрерывного однополярного

возбуждения электрического поля различной частоты при отсутствии (а) и в присутствии (б) индукционных процессов.

ния интегральных амплитудно-временных параметров ВП Q_3 и W_3 , а также Q_3/t и W_3/t для различных t при отсутствии индукционных процессов представлены на рис. 4. Анализ особенностей и характера проявления приведенных кривых позволяет установить следующее:

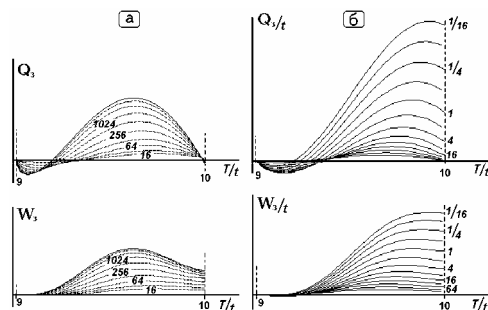


Рис. 4. Динамика проявления изменения интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации Q_3 и W_3 за десятый период непрерывного однополярного возбуждения электрического поля (а) и при их нормировании по периоду колебаний (б). Шифр кривых – t (в секундах).

- амплитуда значений Q_3 за рассматриваемый промежуток времени увеличивается с увеличением t и при этом проявляется постепенное смещение кривых и появление областей Q_3^- , что свидетельствует о возрастании вторичных поляризационных процессов в геоэлектрической среде;
- значения нормированного параметра Q_3/t , в отличие от Q_3 , за данный временной интервал уменьшаются с увеличением периода t , 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 неустановившееся состояние поляризации, однако, с увеличением t происходит постепенно убывающая поляризация среды, а при $t/T_0 \geq 16$ со значительным уменьшением количества переносимых зарядов в единицу времени практически достигается квазинасыщенное состояние поляризации среды;
- с увеличением t за рассматриваемый период наблюдаются монотонное увеличение значений W_3 с дальнейшей стабилизацией (с одним максимумом) и спадом, связанные с расходом энергии на протекающие поляризационные процессы;
- нормированный параметр W_3/t , в отличие от W_3 , за данный временной промежуток уменьшается с увеличением периода t , что свидетельствует об относительном уменьшении энергетических затрат в единицу времени на поляризацию среды.

Таким образом, при однополярном периодическом возбуждении электрического поля выбор эффективного временного режима для обнаруже-

ния и исследования конкретного геологического объекта напрямую зависит от продолжительности пропускания тока (длительности зарядки), а не от периода колебаний, как при вышерассмотренном разнополярном (синусоидальном) способе воздействия. Поскольку такое периодическое возбуждение электрического поля почти в два раза слабее одиночного импульса постоянного тока одинаковой (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 оруденением) требуется более продолжительное пропускание электрического тока – на протяжении от нескольких десятков минут до нескольких часов. Естественно, такой способ внешнего электрического воздействия не может считаться оптимальным (высоко информативным, производительным и дешевым) при исследовании рудных объектов, однако при соответствующих технических характеристиках измерительной аппаратуры можно обеспечить требуемую надежность, помехозащищенность и информативность измерений.

Резюмируя представленное, можно сказать, что выявленные закономерности проявления интегральных амплитудно-временных параметров вторичного электрического поля при непрерывном разнополярном и однополярном периодическом возбуждении в комплексе с гистерезисом ВП (Матевосян, 2012) и фазовыми измерениями (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989) создают необходимые предпосылки для выполнения эффективных электроразведочных исследований различных геологических объектов.

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.** К вопросу изучения особенностей проявления системы параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2002, LV, № 1-3, с. 54-58.
- Матевосян А.К.** Определение полных интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации по результатам векторных измерений. Доклады НАН Армении, 2011¹, 111, № 2, с. 157-163.
- Матевосян А.К.** Особенности проявления интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации в присутствии индукционных процессов. Доклады НАН Армении, 2011², 111, № 3, с. 280-287.
- Матевосян А.К.** Специфические особенности гистерезиса вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2012, 65, № 1-2, с. 27-35.
- Электроразведка.** Справочник геофизика. М.: Недра, 1989, в двух книгах – 438 с., 378 с.

Рецензент Р.С. Минасян

**ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼ
ԱՄՊԼԻՏՈՒԴԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԻ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱՐՏԱՔԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԱՆԸՆԴՀԱՏ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽՄԱՆ
ԴԵՊՔՈՒՄ**

Ա.Կ. Մաթևոսյան

Ամփոփում

Արտաքին էլեկտրական ազդեցության հարմոնիք փոփոխման դեպքում հարուցված բևեռացման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների վարքը հետազոտելու նպատակով կատարված են տեսական ուսումնասիրություններ և թվային հաշվարկներ բևեռացող երկրաէլեկտրական մոդելի համար:

Նշված երկրորդական էլեկտրական դաշտի չափանիշների արտահայտման պարզաբանված օրինաչափությունները ստեղծում են անհրաժեշտ ու բավարար նախադրյալներ տարբեր երկրաբանական իրավիճակներում արդյունավետ էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրություններ կատարելու:

**FEATURES OF INTEGRAL AMPLITUDE-TIME PARAMETERS
OF INDUCED POLARIZATION UNDER PERIODIC REGULAR
CHANGE OF EXTERNAL ELECTRIC INFLUENCE**

A.K. Matevosyan

Abstract

To study the behavior of integral amplitude-time parameters of the induced polarization (IP) under harmonic change of the external electric field, the mathematical modeling and numerical calculations are carried out for the geoelectrical model under periodic regular excitation.

The revealed regularities of manifestation of the mentioned secondary electric field parameters create the prerequisites for efficient realization of electrical prospecting (in complex with the phase measurements and the IP hysteresis) of ore and non-metallic objects.