

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ВРЕМЕННОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫЗВАННОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ВРЕМЕННЫМ
РЕЖИМОМ ИЗМЕРЕНИЙ**

А.К. Матевосян¹, Г.А. Бабаян²

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

² *Nairi-Tech ООО, E-mail: babayan.grigor@gmail.com.
Поступила в редакцию 24.02.2021*

В статье рассмотрен усовершенствованный способ исследований методом вызванной поляризации с использованием дифференциального временного режима измерений, позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов. В результате теоретических и экспериментальных работ предложен новый временной показатель, надежно идентифицирующий присутствие электропроводящих веществ\минералов, образующих прожилково-вкрапленные и массивные рудные объекты в изучаемой геоэлектрической среде. Проведенные исследования вносят определенный вклад в методику бесконтактных геоэлектрохимических изысканий при оценке вещественного состава электропроводящих хорошо поляризующихся объектов, что представляется особенно важным при оперативной экспресс-диагностике рудных геологических тел.

Ключевые слова: электроразведка, вызванная поляризация, нелинейные электрохимические процессы, амплитудно-временные зависимости, временной режим измерений, рудный объект, вещественный состав.

В предыдущей статье (Матевосян и Бабаян, 2019) рассмотрены закономерности протекания вторичных поляризационных (*геоэлектрохимических*) процессов в разнотипных геоэлектрических средах при электрическом воздействии дифференциальным временным режимом **2РИ** (*или ДРИ – двумя разнополярированными прямоугольными импульсами различной длительности*), предусмотренным для непосредственного измерения второй производной по логарифму времени **переходной характеристики (ПХ) вызванной поляризации (ВП)** (Матевосян, 1985, 2003²), при разных конфигурациях и параметрах возбуждения внешнего поля. Дополнительная информация, полученная в результате таких измерений является эффективным индикатором для оперативной оценки местоположения T_{\max} на временной оси ПХ, по которой на стадии детальных работ (*при расшифровке локальных аномалий*) можно судить о присутствии руд-

ных объектов. Здесь T_{\max} – определяемая по результатам измерений постоянная времени: абсцисса максимума производной переходной характеристики ВП по логарифму времени (*временной параметр, по которому судят об особенностях электропроводящего поляризующегося объекта исследований*) (Шаповалов и др., 1976; Комаров, 1980). Следует особо подчеркнуть, что параметр T_{\max} для реальной (*неоднородной по электрическим свойствам*) геологической среды, как и параметры кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости, является кажущимся и также зависит не только от пространственного распределения электрических (*включая временные характеристики вторичного электрического поля*) свойств среды, но и от примененной установки измерений. В случае идеальной однородной изотропной геоэлектрической среды все значения вышеотмеченных параметров соответствуют истинным (*включая $T_{\max}=T_0$*). Как, в частности, показано в (Матевосян, 2017¹, 2017²) при изучении локального рудного тела при площадной векторной съемке с фиксированной питающей линией, величина T_{\max} широко варьирует в зависимости от взаиморасположения хорошо поляризующегося объекта и размеров, ориентировки приемной линии (*в пределах аномальной области по мере удаления от рудного объекта ПХ ВП может быть настолько изменена от привычной амплитудно-временной зависимости, что практически не поддается количественной интерпретации и в лучшем случае можно составить приблизительное качественное представление*). Следовательно, корректнее T_{\max} называть **кажущейся постоянной времени**. Поскольку переходная характеристика ВП также является кажущейся (*фиктивной*) временной зависимостью, то при интерпретации различных амплитудно-временных параметров/зависимостей и окончательном геологическом истолковании электроразведочных материалов следует учесть специфические особенности конфигурации примененной установки измерений.

В данной статье предложен способ электроразведочных исследований методом ВП (*бесконтактным геоэлектрохимическим путем*) с использованием дифференциального временного режима измерений 2РИ, позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов, с целью оперативного предварительного выяснения вещественного состава электропроводящих хорошо поляризующихся объектов, что особенно важно при экспресс-диагностике рудных геологических тел.

В настоящее время теоретические исследования (*включая математическое моделирование и численные расчеты*) протекания нелинейных поляризационных (*электрохимических*) процессов в неоднородной геоэлектрической среде сопряжены с существенными непреодолимыми объективными трудностями. В связи с этим, решение поставленной задачи нами видится в проведении физического моделирования, некоторые результаты которого представлены ниже. Ввиду специфики выполнения физического моделирования и особой сложности решения поставленной задачи (*изучение комплекса амплитудно-временных зависимостей и пара-*

метров напряженности вторичного поляризованного поля на поверхности модели неоднородной геоэлектрической среды) авторы стремились максимально упростить реализацию экспериментальных исследований с одновременным повышением точности измерений (*тем самым повысить однозначность конечных результатов*).

Выбор исследуемой геоэлектрической модели основывался на результатах всестороннего анализа известных опытно-методических подходов при проведении электроразведочных работ методом ВП (Комаров, 1980; Электроразведка, 1989), в результате чего:

- в качестве “рудного объекта” был выбран графит, поскольку является хорошо поляризуемым химически нейтральным веществом, что непосредственно способствует повышению надежности и воспроизводства измерений (*минимизация протекания разнообразных необратимых электрохимических реакций при подготовке и возбуждении исследуемой геоэлектрической модели внешним электрическим полем – определяющее условие для достижения стабильной электрохимически поляризуемой модели, имитирующей рудный объект*), а также ярко выраженным проявлением **нелинейности ВП (НВП)**;
- изучалась двухкомпонентная геоэлектрическая модель, состоящая из графитового “рудного объекта”, погруженного в водный раствор (*электрически однородная неполяризуемая вмещающая среда*), которая при относительно высоком уровне внешнего электрического воздействия проявляется достаточно стабильными нелинейными поляризационными характеристиками;
- путем подбора размеров и количества стандартных графитовых стержней при создании комбинированного (*конструктивно легко варьируемого*) поляризуемого объекта и использования водного раствора с соответствующей электропроводностью, нетрудно достигался требуемый диапазона изменения основного временного показателя T_{\max} над локальным “рудным объектом” геоэлектрической модели (*что особенно важно для правильного выбора конфигурации и параметров дифференциального временного режима ЗРИ* (Матевосян и Бабаян, 2019));
- в связи с возможностью быстрого и несложного полного возврата лабораторной установки в исходное состояние и создания новой геоэлектрической модели для проведения последующего цикла измерений (*оперативного обновления первоначального состояния без ущерба качеству решения поставленной задачи*) достигалась повышенная производительность экспериментальных работ.

Физическое моделирование выполнялось в многофункциональной векторной лабораторной электролитической установке (Матевосян, 2003¹), в центральной части которой создавалось однородное электрическое поле во вмещающей ионопроводящей среде (*в электролите*), куда погружалась

графитовая модель, представляющая собой связку графитовых стержней и имитирующая локальный электропроводящий хорошо поляризующийся рудный объект. Величина плотности силы тока внешнего поля, создаваемого двумя противоположными токовыми электродами, устанавливалась (*изменялась*) в диапазоне от 0.6 до 16 мкА/см², что осуществлялось предварительной подготовкой электролита с соответствующим удельным электрическим сопротивлением, уровнем электролита (*величиной поперечного сечения рабочей части лабораторной установки*) и регулировалась величиной силы пропускаемого тока. Синхронная регистрация электрического поля на поверхности исследуемой геоэлектрической среды (*включая аномальную область и нормальное поле*) выполнялась приемной электропроводной криволинейной лабораторной установкой, состоящей из системы неполяризуемых электродов, ориентированной по направлению вектора плотности тока над графитовой моделью.

Измерения проводились многоканальной аппаратурой «*VectorGeo*» (Матевосян и Бабаян, 2018) с использованием внешнего генератора (*стабилизированного постоянного и низкочастотного переменного тока*) и двух мультиметров для продолжительного непрерывного наблюдения и контроля за различными дополнительными физико-химическими параметрами всего лабораторного комплекса (*свойствами\ характеристиками исследуемой геоэлектрической модели и стабильности электролитической установки в процессе основных измерений и возврата всей системы в исходное первоначальное состояние – зачастую в течение более 10 часов*), включая регистрацию (*с требуемой графической фиксацией и цифровой записью*) уровня искажающих температурных изменений и техногенных низкочастотных электромагнитных помех.

На рис.1 представлены результаты лабораторных исследований методом ВП дифференциальным временным режимом 2РИ (1:1/3:1/3:1/3) при $t_+ = 120c$ (*т.е. 120:40:40:40 в секундах*) на примере вышеописанной геоэлектрической модели. Здесь, по оси ординат приведены значения напряженности (*точнее, составляющей напряженности вдоль приемной линии, в частности x- или y-составляющей при векторной съемке* (Матевосян, 2003²) вторичного поляризованного (электрохимического) поля на протяжении всего цикла, нормированные по максимальной величине напряженности вторичного поля, наблюдаемой в конце первого импульса (*или в начале паузы между импульсами*) в момент T_1 ;

t_c^\pm – время на спаде после второго импульса тока при 2РИ, когда наблюдается (*регистрируется или вычисляется*) изменение направления (*смена знака*) поля ВП;

T^* – вычисляемый момент времени на переходной характеристике при непосредственном измерении **второй производной переходной характеристики (2ППХ)** ВП на спаде (*после второго импульса тока*) в момент времени t_c^* , зависящий только от конфигурации и параметров примененного дифференциального временного режима 2РИ (Матевосян, 1985; Матевосян и Бабаян, 2019);

t_c^* – время на спаде после второго импульса тока (вычисляется по параметрам режима 2РИ), когда непосредственно измеряется 2ППХ и соответствует моменту T^* на переходной характеристике.

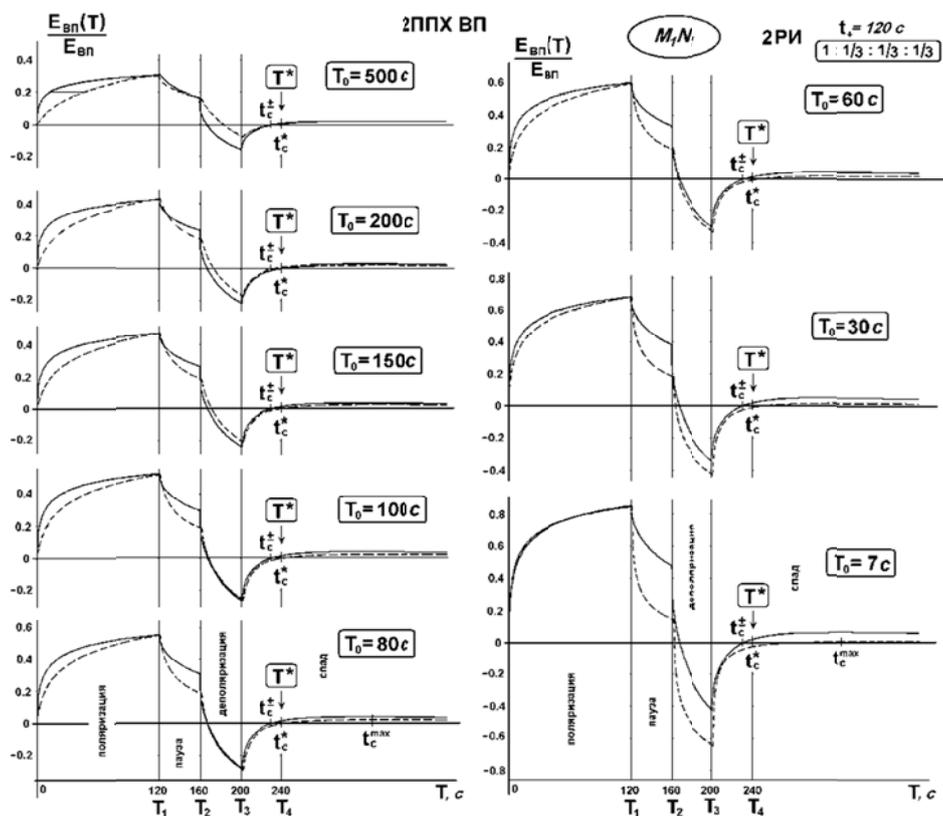


Рис.1. Пример вариантов аппроксимации экспериментальной временной зависимости изменения нормированной напряженности вторичного поляризованного поля на протяжении всего цикла измерений (сплошная кривая) теоретическими кривыми с разными величинами T_0 (пунктирная).

В процессе интерпретации экспериментальных данных получены необходимые теоретические кривые изменения напряженности (поляризованного) поля на протяжении всего цикла измерений при различных величинах постоянной времени T_0 (аппроксимируя ПХ логарифмической функцией при $V=34$ или интегралом вероятности – (Комаров, 1980), и сопоставлены с полученной эмпирической кривой. Как следует из рисунка, несмотря на достигнутую высокую точность (несколько процентов) для подобных лабораторных электроразведочных измерений, не удалось подобрать требуемую, достаточно близкую к экспериментальной, теоретическую кривую, что однозначно указывает на выраженное проявление нелинейных электрохимических процессов.

На рис.2 приведены результаты расчетов при подборе амплитудно-временных параметров теоретических ПХ ВП по отдельным характерным

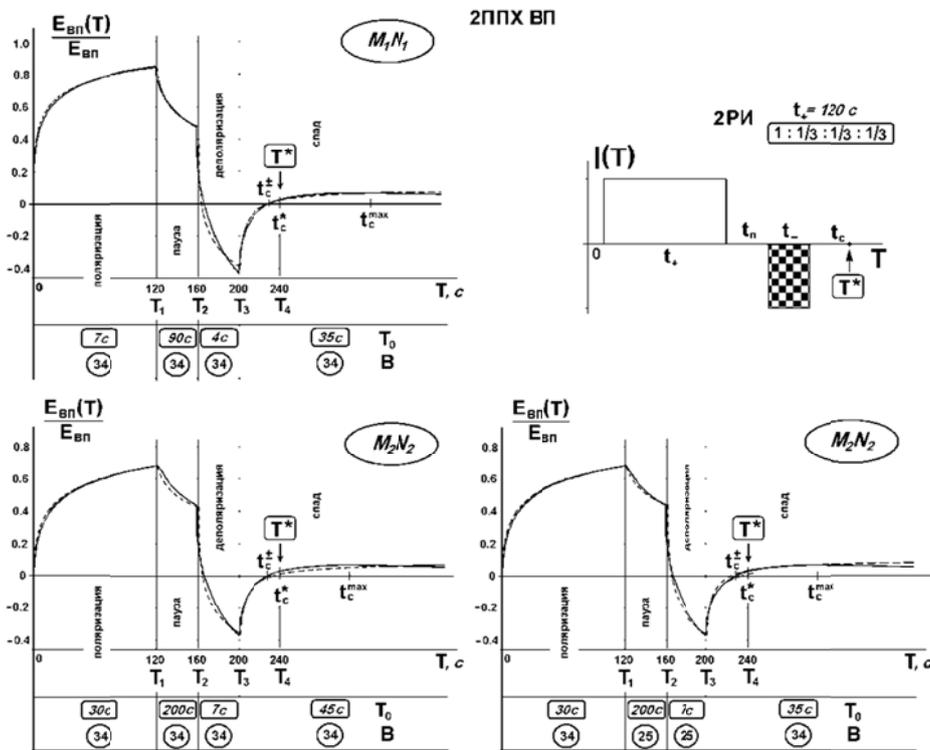


Рис.2. Варианты подбора амплитудно-временных параметров теоретических ПХ ВП по отдельным временным интервалам (пунктирная кривая) в процессе аппроксимации экспериментальной зависимости нормированной напряженности вторичного поляризованного поля на протяжении всего цикла измерений (сплошная кривая).

временным интервалам (поляризация, пауза, деполяризация, спад) режима 2РИ с целью минимизации отклонения от экспериментальной кривой (значения постоянной времени T_0 и коэффициента B при использовании логарифмической зависимости (Комаров, 1980) приведены на рисунке). Сопоставление данных, синхронно полученных разными приемными линиями (M_1N_1 и M_2N_2), несмотря на очевидное сходство полученных графиков при аппроксимации эмпирической кривой, указывает на значительные параметрические (количественные) различия, существенно превышающие точность экспериментов, что подтверждает присутствие нелинейности процессов ВП. Однако, несмотря на это обстоятельство, согласно проведенным многократным лабораторным измерениям при различных параметрах режима 2РИ (при 12-16 мкА/см² – в области уверенного проявления нелинейности ВП исследуемой модели), прослеживается устойчивая эмпирическая закономерность: практическое постоянство отношения t^{\pm}/t_c^* – изменяющееся в достаточно малом диапазоне от 0.68 до 0.71, что соответствует $T_{\max}=370-430c$. Обратим особое внимание, что такие высокие значения T_{\max} при аппроксимации эмпирической кривой теоретическими зависимостями не наблюдаются ни при одном временном

интервале на протяжении всего цикла измерений (рис. 2). Аналогичными экспериментами при малых величинах плотности силы тока (порядка 1 мкА/см^2), когда существенно уменьшается проявление нелинейных процессов ВП (Комаров, 1980, 1994), практически также фиксируется вышеотмеченный диапазон изменения t^{\pm}/t^*_c . Однако, в этом случае, при аппроксимации результатов экспериментальных работ теоретическими кривыми, сопоставляемые кривые (в пределах точности измерений) более совместимы, интервал значений наблюдаемой постоянной времени значительно выше ($T_{\text{max}}=320-400\text{с}$) и их, с некоторым приближением, можно представить одной обобщенной временной зависимостью (теоретической ПХ) за весь цикл измерений.

Обратим внимание на полученные значения T_0 при поляризации и деполяризации (рис. 2): во всех случаях при положительном импульсе подобранная постоянная времени больше, чем при отрицательном. При дифференциальном режиме 2РИ это обстоятельство отражает проявление выявленной эмпирической закономерности: во-первых, нелинейные процессы ВП отчетливее наблюдаются на относительно ранних временах переходного процесса (в начале каждого импульса); и во-вторых, при деполяризации проявляются интенсивнее, чем во время поляризации. Такое проявление поля можно объяснить самим феноменом вызванной поляризации: при пропускании постоянного импульса тока через систему возбуждения (токовые электроды) установки измерений, в результате неравномерной объемной поляризации неоднородной геоэлектрической среды непрерывно происходит динамическое не пропорционально-синхронное перераспределение зарядов (сложное пространственно-временное изменение величины и направления поляризуемого поля): уменьшение в области хорошо проводящего поляризуемого электропроводящего объекта (в "рудном теле", которому присущи резко выраженные амплитудно-временные характеристики НВП), и наоборот, увеличение в ионопроводящей среде (во "вмещающей породах", характеризующихся слабым проявлением или практически отсутствием НВП). В итоге, в импульсе (при поляризации и деполяризации в режиме 2РИ) со временем происходит постепенное убывание нелинейных электрохимических процессов во всей исследуемой геоэлектрической среде в целом. С учетом этого, если разложить измеренное поле ВП во время поляризации и деполяризации на линейную и нелинейную составляющие, то можно с достаточной достоверностью заключить, что при 2РИ на спаде наблюдается вычитание (почти полная взаимная компенсация, тем более при используемых больших значениях t_+) нелинейной составляющей вторичного поляризованного поля, в результате чего практически проявляется (измеряется) разность линейных составляющих от каждого импульса. Этот важный вывод, позволяет объяснить выше отмеченное эмпирическое хорошо фиксируемое постоянство отношения t^{\pm}/t^*_c (особенно при соизмеримости t^{\pm}_c и t^*_c) независимо от интенсивности внешнего электрического воздействия (силы тока в импульсе). Иными словами, при 2РИ параметр t^{\pm}/t^*_c практически не зависит

от процессов НВП в исследуемой среде и характеризует проявление линейных поляризационных явлений, что позволяет уверенно (с достаточной точностью) оценить величину T_{\max} , наблюдаемую при линейности ВП (при малых величинах плотности тока), используемую при толковании экспериментального материала. В результате проведенных многочисленных разнопараметровых измерений 2ППХ в области проявления НВП (при больших значениях плотности тока) установлено, что кривая спада в области T^* (при выборе оптимального режима 2РИ: конфигурации и параметров (Матевосян и Бабаян, 2019)) практически лишена нелинейной составляющей ВП.

Таким образом, при аппроксимации эмпирической кривой, полученной на протяжении всего цикла, с целью получения значений T_{\max} близких при соблюдении линейности ВП следует достичь хорошей совместимости сопоставляемых зависимостей на спаде в отмеченной временной области. Поскольку на протяжении всего цикла измерений при НВП эмпирической кривой характерны заниженные значения T_{\max} , то полученный вывод имеет непосредственное отношение к повышению надежности электро-разведочных исследований при оценке вещественного состава рудного объекта. Кроме этого, отклонения экспериментальной зависимости от теоретической кривой качественно и количественно характеризуют проявление НВП на протяжении всего цикла. Так, на рис.1 при $T_0=500c$ (при которой теоретическая кривая близка к экспериментальной при малых величинах плотности тока: при линейности ВП) на спаде наблюдается хорошая совместимость кривых, в паузе – умеренная (уверенно регистрируемое определенное расхождение), а при поляризации и деполяризации (при пропусках тока) – ярко выраженные расхождения (полная несовместимость) сравниваемых кривых, характер и величина которых отражают особенности протекания нелинейных поляризационных процессов. Иначе, при НВП процессы поляризации и деполяризации среды в режиме 2РИ протекают в состоянии «сверхнапряжения» («в форсированных условиях») в результате чего только на спаде среда переходит в относительно естественное состояние динамического разряда («спокойного» – что характерно линейной ВП), и то через определенное время после второго (отрицательного) импульса тока.

На рис.3 представлены теоретические зависимости изменения T_0/T^* от нормированной величины времени перехода значения напряженности вторичного поляризационного поля через нуль (смена знака) на спаде (после отрицательного импульса) t_c^\pm/t_c^* , построенные в полулогарифмическом масштабе, для разных конфигураций дифференциального режима 2РИ при линейности процессов ВП. Характерной особенностью этих зависимостей является соблюдение равенства $T_0=T^*$ при $t_c^\pm=t_c^*$ независимо от конфигурации и параметров режима 2РИ. Как следует из рис.3 меж-ду соотношениями T_{\max}/T^* и t_c^\pm/t_c^* наблюдается обратно про

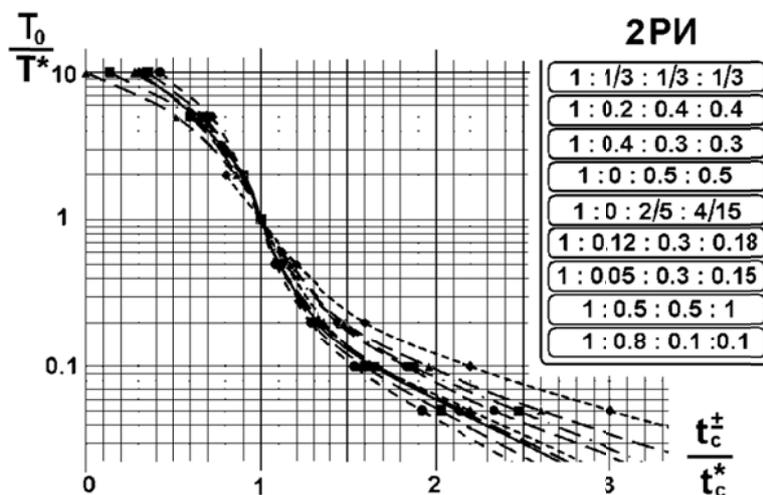


Рис.3. Семейство теоретических кривых изменения T_0/T^* от нормированной величины времени перехода значения напряженности вторичного поляризованного поля через нуль на спаде t_c^\pm/t_c^* , для разных конфигураций дифференциального режима 2РИ при линейности процессов ВП.

порциональная зависимость. Аналогичная картина наблюдается и в процессе синхронных измерений с применением электроразведочной косы (с использованием фиксированной питающей линии и многоканальными синхронными измерениями приемными линиями, расположенными на разных расстояниях от центра модели рудного объекта). Отклонение эмпирической кривой от теоретической зависимости при заданной величине T_0 (затемненная область – рис. 1, $T_0=500c$ и также определенной по величине t_c^\pm/t_c^* , рис.3) позволяет проследить присутствие нелинейных процессов на протяжении всего цикла измерений. Предпочтительный диапазон $0.1 < T_{\max}/T^* < 7$ или $0.4 < t_c^\pm/t_c^* < 1.5$, при котором можно фиксировать достаточно надежные (качественные) результаты измерений. В случае необходимости получения более достоверных экспериментальных данных за пределами указанных диапазонов целесообразно проведение дополнительных измерений при новом выборе параметров режима 2РИ (в частности, путем изменения длительности всего цикла измерений с соблюдением равенства величин используемых временных соотношений). Здесь, также следует особо подчеркнуть, что при $T_{\max} \gg T^*$ (в выраженных аномальных областях, к тому же в присутствии интенсивного противоположно направленного индукционного вторичного поля на ранних временах (до 20-50 мс) после второго импульса) быстрая смена знака поляризованного вторичного поля на спаде может надежно не фиксироваться (Матевосян и Бабаян, 2019). В этом случае величину T_{\max} можно оценить по времени проявления t_c^{\max} (рис.2) – время на спаде после второго импульса тока при 2РИ, когда наблюдается (регистрируется или вычисляется) максимальная величина вторичного поляризованного поля. Очевидно, что на спаде время t_c^\pm точнее определяется (четче фиксируется),

чем t_c^{\max} . Здесь, можно использовать теоретические зависимости T_{\max}/T^* от величины t_c^{\max}/t_c^* , которые аналогичным образом несложно получить для требуемых конфигураций и параметров режима 2РИ. Однако, во всех случаях, для количественных оценок всегда предпочтительнее такой подбор параметров режима 2РИ, когда T_{\max} не превышает T^* в 5-7 раз.

В процессе экспериментальных исследований методом ВП в режиме 2РИ также установлены следующие закономерности проявления нелинейности:

- наблюдается различие эмпирических переходных характеристик, полученных путем непосредственного измерения при пропускании постоянного тока (*при зарядке*) и построенных по результатам измерений вторичного поля на спаде (*после прямоугольного импульса разной длительности*) (Комаров, 1980). Это несоответствие отчетливо проявлялось не только при вычислении различных амплитудно-временных характеристик для режима 2РИ с использованием эмпирических данных условно принятого единичного (*в нашем случае, обычно длительностью 10с*) импульса (*согласно принципу суперпозиции электрического поля*) с последующим сопоставлением с результатами непосредственных измерений (*при соблюдении неизменными всех остальных экспериментальных условий*), но и при сравнении с эмпирическими данными при возбуждении среды одиночным прямоугольным импульсом со значительно большей кратной продолжительностью (*до 10 и более раз*).
- кажущийся временной параметр T_{\max} зависит и от величины и от направления вектора плотности тока вблизи хорошо поляризуемого рудного объекта: в области проявления НВП с увеличением силы тока в питающей линии установки измерений в большинстве случаев наблюдалось смещение T_{\max} по временной оси ПХ в сторону малых значений с высоковероятным изменением форм и величин различных амплитудно-временных характеристик вторичного поляризованного поля.

Таким образом, можно заключить, что с применением вкратце описанной методологии опытно-методического исследований, удалось усовершенствовать способ геоэлектроразведки методом вызванной поляризации с использованием дифференциального временного режима 2РИ, существенно повысить точность и производительность измерений, значительно упростить проведение большого объема разнообразных опытов, выполнить их рациональную систематизацию и интерпретацию, что в целом положительно сказалось на эффективности лабораторных работ.

В процессе экспериментальных исследований выявлен новый временной показатель (*присущий дифференциальному временному режиму 2РИ и зависящий от его предварительно выбранной конфигурации и параметров*), позволяющий дополнительно составить представление о характере нелинейных поляризационных процессов и надежно идентифицировать в

изучаемой геоэлектрической среде присутствие электропроводящих веществ минералов, образующих прожилково-вкрапленные и массивные рудные объекты. Это позволяет при достаточно простом оперативном способе измерений (*расшифровке рудных аномалий с применением временного режима ДРИ даже без паузы между импульсами*) (Матевосян, 2017¹, 2017²; Матевосян и Бабаян, 2019) легко приспособить доступную, серийно выпускаемую электроразведочную измерительную аппаратуру (*в частности, и даже сегодня широко используемый знаменитый советский автокомпенсатор АЭ-72*) или обычный современный цифровой мультиметр (*с погрешностью измерений порядка 0.1мВ и дискретностью замеров 2-3 в секунду*) в комплексе с практически любым (*подходящим по мощности*) стабилизированным источником постоянного тока ручным управлением полярностью и длительностью импульсов (*при возбуждении импульсов с точностью порядка 0.5с – погрешность реализации режима ДРИ не превышает 1%, что вполне применимо для такого рода сложных электроразведочных измерений*).

Проведенные исследования вносят определенный вклад в методику бесконтактных геоэлектроразведочных изысканий (Инструкция, 1984; Комаров, 1980, 1994; Рысс, 1983; Электроразведка, 1989; Путиков, 2008) при оценочном определении вещественного состава электропроводящих хорошо поляризуемых объектов, что представляется особенно важным при экспресс-диагностике рудных геологических тел. Следует также отметить, что данный способ имеет определенную геоэкологическую составляющую: минимизация применения мощного искусственного электромагнитного воздействия на окружающую среду при решении электроразведочных задач.

Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке МОНКС Армении в рамках научного проекта №15Т-1Е418. Авторы выражают глубокую благодарность Гегаму Бабаяну и Геворку Касарджяну (*“Nairi-Tech”*) за неоценимую помощь при модернизации аппаратно-программного комплекса *«VectorGeo»*, а также Нарине Гюрджян, принявшей участие в лабораторных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- Инструкция по электроразведке. 1984. Л., Недра, 352 с.
Комаров В.А. 1980. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 391 с.
Комаров В.А. 1994. Геоэлектроразведка. Изд. СПб ун-та, 136 с.
Матевосян А.К. 1985. Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство СССР №1179243, Б.И. №34.
Матевосян А.К. 2003¹. Крестовая лабораторная установка и методика исследования удельного электрического сопротивления и поляризуемости образцов. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, LVI, №3, с.63-65.
Матевосян А.К. 2003². Разработка теоретических основ методики векторной съемки. Автореф. доктор. дисс.. Ереван, ИГН НАН РА.
Матевосян А.К. 2017¹. Основные направления оптимизации площадных детальных исследований методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №1, с.10-23.

- Матевосян А.К.** 2017². Оперативный способ расшифровки локальных аномалий от рудных объектов методом вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 70, №2, с.34-49.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2018. Многофункциональная измерительная электроразведочная аппаратура «*VectorGeo*». Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 71, №1, с.42-49.
- Матевосян А.К., Бабаян Г.А.** 2019. Выбор оптимальных параметров временного режима измерений второй производной переходной характеристики вызванной поляризации. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 72, №3, с.60-71.
- Путиков О.Ф.** 2008. Основы теории нелинейных геоэлектрхимических методов поисков и разведки. СПбГГИ, 534с.
- Рыс Ю.С.** 1983. Геоэлектрхимические методы разведки. Л., Недра, 255с.
- 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 с.

**ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇ
ՂԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ԶԱՓՄԱՆ ՌԵԺԻՄՈՎ ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ
ՈՉԳԾՍՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԺԱՄԱՆԱԿ**

Ա.Կ. Մաթևոսյան, Գ.Ա. Բաբայան

Ամփոփում

Հոդվածում դիտարկվում է կատարելագործված եղանակ՝ հարուցված բևեռացման մեթոդով ուսումնասիրությունների դիֆերենցիալ ժամանակային ռեժիմով չափման միջոցով, որը թույլ է տալիս լրացուցիչ պատկերացում կազմել ոչզծային բևեռացման պրոցեսների բնույթի մասին: Տեսական և փորձարարական աշխատանքների արդյունքում առաջարկվում է նոր ժամանակային ցուցանիշ, որը թույլ է տալիս ուսումնասիրվող երկրաէլեկտրական միջավայրում վստահաբար տարբերակել հանքային օբյեկտներ կազմող էլեկտրոնահաղորդիչ նյութերի/միներալների առկայությունը: Իրականացված ուսումնասիրությունները որոշակի ներդրում ունեն էլեկտրոնահաղորդիչ լավ բևեռացվող օբյեկտների նյութական կազմի գնահատման ժամանակ ոչկոնտակտային երկրաէլեկտրաքիմիական հետազոտությունների մեթոդաբանության մեջ, ինչը հատկապես կարևոր է հանքային երկրաբանական մարմինների էքսպրես-դիագնոստիկայի համար:

EFFECTIVE TIME INDICATOR IN STUDY OF NONLINEAR PROCESSES OF INDUCED POLARIZATION BY DIFFERENTIAL TIME-MODE MEASUREMENTS

A.K. Matevosyan, G.A. Babayan

Abstract

The article discusses an improved method of research by inducing polarization using a differential time-mode measurements, which makes it possible to additionally gain an idea of the nature of nonlinear polarization processes. As a result of theoretical and experimental works, a new time indicator was proposed that reliably identifies the presence of electrically conductive substances / minerals that form vein-disseminated and massive ore objects in the geo-electric medium under study. The studies carried out make a certain contribution to the methodology of non-contact geo-electrochemical surveys when assessing the material composition of electrically conductive well-polarized objects, which is especially important in operational express diagnostics of ore geological bodies.