Известия НАН РА, Науки о Земле, 2016, 69, № 2, 41-50

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ОТ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИСУТСТВИИ ВЫСОКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ФОНА ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ПОЛЯ

© 2016 г.А.К. Матевосян

Институт геологических наук НАН РА 0019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения, E-mail: arshak.matevosyan@yandex.com Поступила в редакцию 12.03.2015 г.

В настоящей статье в результате проведенного математического моделирования площадной векторной съемки методом вызванной поляризации на поверхности неоднородной хорошо поляризующейся геоэлектрической среды показана принципиальная возможность выявления локального рудного оруденения на фоне пиритизированных вмещающих пород.

Определение вещественного состава рудных тел геоэлектрохимическими методами является одной из актуальных прикладных задач электроразведки (Инструкция..., 1984; Электроразведка, 1989). Особый интерес представляет обнаружение и исследование прожилково-вкрапленного или массивного рудного объекта (в частности, локального сульфидного тела) в присутствии мелкой вкрапленности электронопроводящих минералов во вмещающих пород (*региональной пиритизации*) (Методические указания..., 1979). В настоящее время решение такой задачи связано с определенными трудностями, поскольку и вмещающая среда и объект исследований характеризуются высокими значениями амплитудно-временных параметров вторичного электрического поля. С другой стороны, проведенные рядом ученых теоретические и экспериментальные (как полевые, так и лабораторные) исследования показали, что массивным рудным объектам присущи относительно более поздние времена протекания поляризационных процессов (Комаров, 1980; Методические рекомендации ..., 1989).

С целью изучения характера проявления и оценки возможности разделения наложенных аномалий поля вызванной поляризации (ВП) от хорошо поляризующихся геологических объектов при площадной векторной съемке установкой срединного градиента (*геоэлектрокартировании*), проведено математическое моделирование распределения вторичного векторного электрического поля на поверхности геоэлектрической среды с локальными хорошо поляризующимися сферическими телами.

На рис.1 представлена растровая карта вектора напряженности первичного электрического поля E_0 (а) и карта изолиний полного кажущегося сопротивления ρ_S (Матевосян, 2002) (б) на поверхности рассматриваемых геоэлектрических поляризующихся моделей A и B; (в) – планшет векторной съемки с растановкой питающих электродов установки срединного градиента на поверхности геоэлектрической среды с локальным хорошо



Рис. 1. Растровая карта вектора напряженности первичного электрического поля \mathbf{E}_{0} (**a**) и карта изолиний полного кажущегося сопротивления ρ_{S} (**б**) на поверхности рассматриваемых геоэлектрических моделей **A** и **Б**; (**в**) - планшет векторной съемки с расстановкой питающих электродов установки срединного градиента *AB* на поверхности геоэлектрической среды с локальным хорошо проводящим и поляризующимся сферическим телом **2**, расположенным в области большей сферической неоднородности **1** с менее дифференцированными электрическими свойствами от вмещающей однородной среды.

проводящим и поляризующимся сферическим телом, расположенным в большей сферической области с менее контрастными электрическими свойствами от вмещающей однородной изотропной среды. При численных расчетах принимались следующие значения параметров: $\rho_0=1000 OM \cdot M$, $\rho_1 = 500 O_{M \cdot M}$, $\rho_2 = 100 O_{M \cdot M}$ – удельное электрическое сопротивление; $\eta_0 = 0.02$, η_1 =0.20, η_2 =0.50 (геоэлектрическая модель A) и η_2 =0.99 (модель Б) – поляризуемость; $T_{00}=0.1c$, $T_{01}=10c$, $T_{02}=1000c$ – абсцисса максимума первой производной ПХ ВП по десятичному логарифму времени; $B_0=B_1=B_2=\sqrt{1000}$ – параметр, характеризующий форму (крутизну) ПХ; А(200м, 300м) и В(700м, 300м) – координаты питающих электродов; МN=10м – разнос приемных электродов; (460*м*, 320*м*, -70*м*) и 60*м*, (430*м*, 290*м*, -12*м*) и 10*м* – координаты и радиусы сферических тел; планшет съемки (340÷560*м* × 200÷400*м*). Здесь индексами обозначены параметры: 0 – для слабой поляризующейся вмещающей среды; 1 – большой электрической неоднородности сферической имитирующей региональную вкрапленную пиритизированную формы,

область; 2 – локальной электрической сферической неоднородности, представляющей, соответственно, сульфидное прожилковое (или массивное) рудное оруденение. Рассмотренные модели А и Б отличаются только величиной поляризуемости локальной неоднородности. При численных расчетах параметров электрических полей, ввиду отсутствия точных аналитических решений, пользовались приблизительными выражениями, в которых аномальные части в соответствующих уравнениях отдельно взятых для неоднородностей 1 и 2 суммировались. Такое приближение не учитывает взаимного влияние электрических неоднородностей на результирующее поле, однако для выбранных пространственных и электрических параметрах геоэлектрических моделей нетрудно оценить, что величина погрешности при таком допущении невелика и для достижение поставленной цели вполне обеспечивает требуемую точность вычислений (математического моделирования).

На векторном поле E_0 (рис.1а) (светлые области характеризуются малыми величинами модуля вектора) сферическая неоднородность 1 практически не проявляется, а локальная неоднородность 2 – характеризуется незначительным отклонением направления и уменьшением модуля вектора первичного поля. На карте ρ_S (рис. 16) хорошо прослеживаются обе неоднородности, с изменением рассматриваемого параметра в интервале 215÷1125*Ом*·м. Отметим, что значения ρ_S превышающие величину удельного электрического вмещающей среды, приурочены к флангам аномалии от хорошо проводящей локальной неоднородности 1. Кстати, эта карта является хорошим наглядным примером известного в электроразведке положения (*суждения*), заключающегося в том, что кажущееся сопротивление неоднородной среды может быть больше максимальных значений удельного электрического сопротивления геоэлектрических объектов, слагающих исследуемую среду.

Растровые карты вектора напряженности вторичного поля при пропускании тока $\mathbf{E}_{BII}(T)$ (*светлые области характеризуются относительно высокими значениями модуля вектора*) и карты изолиний полной кажущейся поляризуемости $\eta_s(T)$ (Матевосян, 2002) на поверхности геоэлектрической модели **A** для шести моментов времени: **a** – T=0.1c, **б** – T=1c, **в** – T=10c, **г** – T=100c, **д** – T=1000c, **е** – T=10000c, приведены на рис. 2 и 3. Соответственно рисункам 2 и 3, на рис.4 и 5 представлены растровые карты приращения вектора напряженности вторичного поля при пропускании тока $\Delta E_{BII}(T)$ и карты изолиний приращения (*первой производной в логарифмическом масштабе времени*) полной кажущейся поляризуемости $\Delta \eta_s(T)$ модели **A** для пяти интервалов времени: **a** – ΔT =0.1÷1*c*, **б** – ΔT =1°0*c*, **в** – ΔT =10°, **г** – ΔT =100÷1000*c*, **д** – ΔT =1000÷10000*c* – в логарифмическом масштабе за равные отрезки времени. Аналогичные карты построены и для модели **Б**, но как и ожидалось качественно

43



Рис. 2. Растровые карты вектора напряженности вторичного поля при пропускании тока $E_{BII}(T)$ на поверхности геоэлектрической модели **A** для различных моментов времени: **a** – T=0.1c, **б** – T=1c, **в** – T=10c, **г** – T=100c, **д** – T=1000c, **е** – T=1000c,



Рис. 3. Карты изолиний полной кажущейся поляризуемости $\eta_S(T)$ при исследовании геоэлектрической модели **A** для различных моментов времени: **a** – T=0.1c, **б** – T=1c, **в** – T=10c, **г** – T=100c, **д** – T=1000c, **е** – T=1000c,



Рис. 4. Растровые карты приращения вектора напряженности вторичного поля при пропускании тока $\Delta E_{BIIS}(T)$ на поверхности геоэлектрической модели **A** за различные интервалы времени: **a** – ΔT =0.1÷1c, **б** – ΔT =1÷10c, **в** – ΔT =10÷100c, **г** – ΔT =100÷1000c, **д** – ΔT =1000÷10000c.



Рис. 5. Карты изолиний приращения полной кажущейся поляризуемости $\Delta \eta_S(T)$ при исследовании геоэлектрической модели **A** за различные интервалы времени: **a** – ΔT =0.1÷1c, **б** – ΔT =1÷10c, **в** – ΔT =10÷100c, **г** – ΔT =100÷1000c, **д** – ΔT =1000÷10000c.

получены достаточно схожие картины (*поэтому в настоящей статье не представлены*). Однако по интенсивности проявления аномальных областей

исследованные модели значительно отличаются, что в частности отражено в таблице.

Таблица

Диапазоны изменений величины полной кажущейся поляризуемости $\eta_s(T)$ в различные моменты времени на поверхностях геоэлектрических моделей **A** и **Б**.

	Экстремальные значения полной кажущейся поляризуемости			
Момент	$\eta_s(T)$			
времени Т,	в пределах исследуемого планшета съемки			
с	модель А		модель Б	
	минимальные	максимальные	минимальные	максимальные
0.1	0.004	0.010	0.004	0.010
1	0.014	0.034	0.014	0.034
10	0.013	0.097	0.013	0.113
100	0.009	0.236	0.009	0.349
1000	0.006	0.446	0.003	0.906
10000	0.004	0.695	0.001	2.187*

 превышение η_S(T) единицы связано с нормированием вторичного электрического поля по величине первичного.

Совместный анализ и интерпретация представленного графического материала позволяет сделать следующие выводы.

- На ранних временах (T=0.1, 1c) на исследуемой территории в целом наблюдаются фоновые значения кажущейся поляризуемости η_S(T) - не превышающие нескольких процентов, при этом ориентировка векторов **Е**_{ВПS}(T=0.1*c*) более отклонена от нормального поля над вторым локальным телом, чем при T=1c, что связано с влиянием его повышенной электропроводности, и при ЭТОМ проявляется относительно низкими величинами модуля вектора вторичного поля. Поскольку это наблюдается в пределах фоновых значений вмещающей среды, то на практике выделение неоднородности 2 в рассматриваемом временном интервале не представляется возможным. Следует заметить, что в этом временном интервале при площадных поисковых работах (геокартировании) в основном используется временной режим измерений ВП РПИ-2 (путем возбуждения среды разнополярными прямоугольными импульсами тока со скважностью 2 и длительностью импульсов до 10 с).
- На временах (T=10, 100c) в поляризационном поле хорошо выделяется региональная неоднородность 1 с величинами кажущейся поляризуемости η_S(T), достигающими до 10 и 16% (соответственно) над ее центром и с характерными минимальными значениями по обеим сторонам по направлению приложенного электрического поля. Тело 1 хорошо проявляться и в векторном поле, как изменением направления, так и увеличением модуля Евпs. Начиная с T=100c неоднородность 2 (рудный объект) постепеннно выделяться слабой локальной

положительной аномалией $\eta_s(T)$, достигающей до 24% над ее центром. Однако и в этом временном интервале уверенно выявить его не представляется возможным (это связано с определенными трудностями – требуется специальная статистическая обработка данных, учитывающая не только особенности геоэлектрической среды, но и модификацию и размеры установки измерений).

- На поздних временах (Т=1000, 10000с) региональная (мешающая) • неоднородность 1 в поляризационном поле практически не меняется (тем самым достигла своих предельных значений поляризации). Над неоднородностью 2 наблюдается существенное увеличение площади и контрастности аномалии n_s(T), достигающими до 45 и 70% (соответственно) и с характерными минимальными значениями (приближающимися к нулю) по обеим сторонам от центра в направлении приложенного электрического поля. Искомое тело 2 хорошо проявляться и в векторном поле, как изменением направления, так и резким увеличением относительной величины модуля Евия. Здесь следует напомнить, что при исследовании переходного процесса в данном временном интервале на стадии детальных работ возбуждения среды производятся импульсами постоянного тока с длительностью до часов. С целью повышения помехозащищенности нескольких измерений можно рекомендовать использование интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации (Матевосян, 2011; Матевосян, 2013).
- Рассмотрение дифференциальных параметров (зависимостей) позволяет в определенной степени исключить проявление "отрицательных" (ниже фоновых значений) аномалий от хорошо поляризующейся неоднородности 1 и отчетливее оконтурить искомый объект 2, который контрастно наблюдается на последнем интервале времени. Это обстоятельство позволяет их также рекомендовать на стадии детальных электроразведочных работ, повышая эффективность исследований, значительным образом исключая или снижая вероятность присутствия ложных аномалий.

Таким образом, можно резюмировать, что для успешного решения поставленной задачи требуется разработка новых и усовершенствование известных способов на стадии детальных исследований методом ВП с применением, как эффективных систем возбуждения и регистрации электрических полей, так и оптимальных временных режимов измерений.

ЛИТЕРАТУРА

Инструкция по электроразведке. Л., Недра, 1984, 352 с.

Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 1980, 391с.

- 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, 2011, 111, №2, с.157-163.

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, 2013, 66, №2-3, с.40-46.

Методические рекомендации по применению точечных зондирований для построения геоэлектрического разреза. Ленинград: НПО "РудГеофизика", 1989, 64с.

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, 141с.

Электроразведка. Справочник геофизика. М., Недра, 1989, в двух книгах – 438с., 378с.

Рецензент Р. Григорян

ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՏԵՂԱՅԻՆ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԲԱՐՁՐ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԴԱՇՏԻ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ՖՈՆԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՄԲ

Ա.Կ.Մաթևոսյան

Ամփոփում

Այս հոդվածում, անհամասեռ լավ բևեռացող երկրաէյեկտրական միջավայրի մակերեսի վրա հարուցված բեևռացման եղանակով վեկտորական հանույթի մաթեմատիկական մոդելավորման արդյունքում, ցույց է տրված պիրիտիզացված ներփակող ապարների ֆոնի վրա տեղական հանքայնացման բացահայտան հիմնական հնարավորությունը։

LOCAL ANOMALY FEATURES CAUSED BY ORE OBJECTS IN THE PRESENCE OF HIGH REGIONAL BACKGROUND OF THE POLARIZED FIELD K. Matevosyan

Abstract

As a result of mathematical modeling of the vector survey by induced polarization method on the surface of an inhomogeneous good polarizable geoelectrical medium, this article demonstrates the principal possibility of identifying the local ore mineralization on the background of the pyritized accommodating rocks.