

5. Идельсон Н.И. Способ наименьших квадратов и теория математической обработки наблюдений. - М.: Геодезиздат, 1947. - 356 с.

6. Пруткина М.И., Шашкин В.Л. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 168 с.

УДК 550.83

С.С.Сысков, В.Е.Петряев

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ В СПОСОБЕ КАРТИРОВАНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПОРОД

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом разработано несколько способов картирования анизотропных пластов. Базовым аналогом всех этих способов является способ прослеживания изолиний потенциала в поле точечного источника тока, расположенного на поверхности анизотропного пласта. Этот способ дает наиболее надежную оценку простираемости слоистости по сравнению с другими модификациями, однако является весьма трудоемким и малопроизводительным. В Уральском горном институте (Редозубов, Сысков и др.) в 70-е годы разработано несколько способов картирования анизотропных образований, отличающихся сравнительно высокой производительностью и малой чувствительностью к различным геоэлектрическим неоднородностям [4]. Одной из таких методик является способ картирования анизотропных пластов с использованием крестообразной установки, состоящей из центрального и двух пар концевых электродов, расположенных симметрично относительно центрального электрода вдоль профиля наблюдений и поперек него [1].

В этом способе производят поочередное измерение разности потенциалов между электродами в поле тока, пропускаемого между удаленным электродом и центральным электродом крестообразной установки. По результатам измерений вычисляют коэффициент анизотропии пласта и оценивают его простираемость, совпадающее с осью наибольшей электропроводности.

Величина разносов установки в способе не рассматривается, но имеется в виду, что она должна быть достаточной для того, чтобы обеспечить картирование анизотропных пород под наносами. На практике для выполнения этого требования приходится подбирать размер установки опытным путем и в отдельных случаях выполнять работы с установками, радиус которых превышает сотни метров. В то же время размер установки не должен значительно (в два и более раз) превышать мощность картируемых анизотропных пластов, иначе не будет достигнута необходимая детальность съемки.

Между тем имеются предпосылки для решения задачи картирования, основанные на дополнительном материале, полученном путем измерений ВЭЗ с двумя взаимно перпендикулярными ориентировками. Замечено, что при выполнении круговых зондирований с осевой градиент-установкой (КВЭЗ) над разрезом анизотропных пород, перекрытых слоем изотропных образований, диаграммы  $\rho_k$  при линиях АВ недостаточной длины ориентированы своей большой осью вкрест простираемости слоистости и лишь при разносах АВ, значительно превышающих мощность электропроводных изотропных наносов  $h$ , ориентировка большой оси диаграммы  $\rho_k$  совпадает с простираемостью слоистости (рассланцевания). В этом случае имеет место инверсия диаграмм  $\rho_k$ . Соответственно, при построении кривых  $\rho_{kn}$  и  $\rho_{kt}$  «крестовых» ВЭЗ до определенного разноса  $g=r_0$  продольное кажущееся сопротивление  $\rho_{kt}$  меньше поперечного  $\rho_{kn}$ , а при  $g>r_0$  графики  $\rho_k$  меняются местами, т.е.  $\rho_{kt}>\rho_{kn}$  (рис.1). Описанная особенность была физически объяснена В.Н.Дахновым [3], а позднее исследована и подтверждена теоретически в работе [2].

На основании расчетов по формулам, приведенным в [2], авторами настоящей работы получена зависимость  $P=f(r/r_0)=(\lambda_k-1)/(\lambda-1)$ , представленная на рис.2,а. Здесь  $\lambda$  и  $\lambda_k$  - коэффициенты истинной и кажущейся анизотропии электропроводности пород соответственно. Зная размер установки  $r$ , оценив  $\lambda_k$  при измерениях по основному способу и определив по данным «крестовых» ВЭЗ разнос  $r_0$ , при котором  $\rho_{kn}=\rho_{kt}$ , с помощью указанной зависимости нетрудно определить значение коэффициента анизотропии, исправленное за влияние перекрывающих анизотропный пласт наносов. При построении номограммы было принято значение  $\mu > 5$ .

Кроме этого, можно получить дополнительную информацию о геоэлектрическом разрезе, а именно: оценить мощность изотропных электропроводных наносов, перекрывающих анизотропный пласт.

Для оценки мощности изотропного слоя наносов необходимо использовать исправленное значение коэффициента анизотропии  $\lambda$  и определить соотношение удельных сопротивлений анизотропного основания разреза ( $\rho_{m2}$ ) и изотропного слоя наносов ( $\rho_1$ ), то есть вычислить  $\mu=\rho_{m2}/\rho_1$ . Для этого следует воспользоваться кривой зондирования  $\rho_{kt}$  (ориентировка ВЭЗ вдоль слоистости), поскольку начальная ее асимптота имеет значение  $\rho_1$ , а конечная -  $\rho_{m2}$ . Затем с помощью зависимости  $r_0/h=f(\mu)$ , приведенной на рис.2,б, можно оценить мощность изотропного верхнего слоя  $h$ .

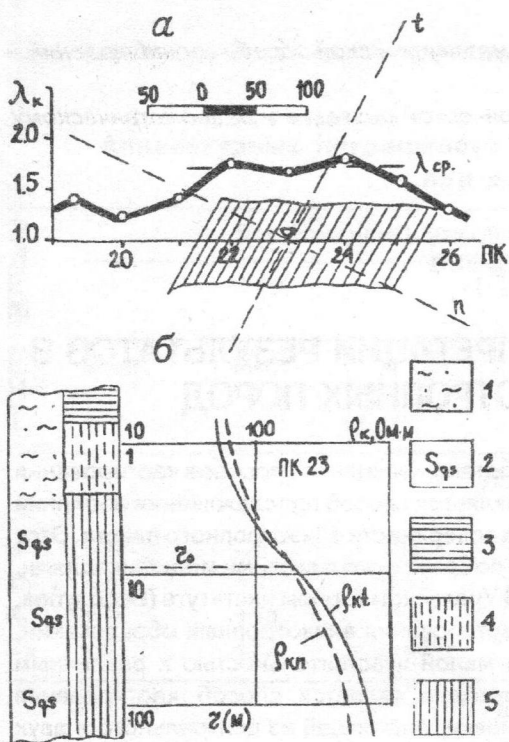


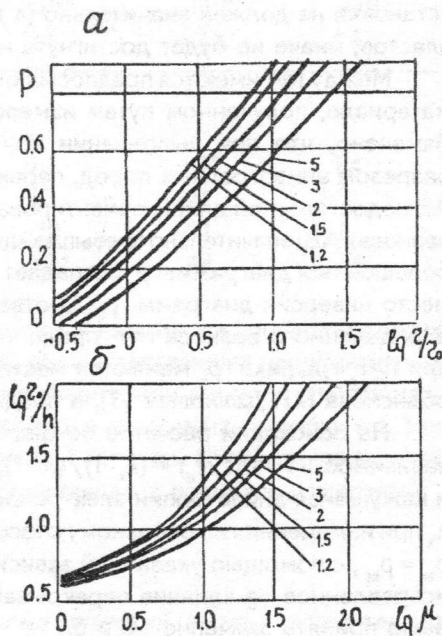
Рис.1. Результаты профильных измерений  $\lambda_k$  способом картирования анизотропных пород (а) и данные ВЭЗ с двумя ориентировками установки (б) на одном из среднеуральских медноколчеданных месторождений.

Литологический разрез: 1 - глины, суглинки, супеси; 2 - сланцы кварц-серицитового состава. Результаты интерпретации ВЭЗ: 3, 4 -  $\rho_k = 52$  Омм; 5 -  $\rho_k = 610$  Омм. Результаты интерпретации по номограмме (рис.2,б): 3 - изотропные породы; 4, 5 - анизотропные породы,  $\lambda = 2,1$

Следует заметить, что значение мощности электропроводного верхнего слоя, полученное с помощью упомянутой номограммы, будет меньше, чем мощность первого слоя  $h_{взз}$ , полученная при интерпретации кривой  $\rho_{kt}=f(r)$ . Дело в том, что  $h_{взз}$  включает в себя не только изотропный электропроводный слой наносов мощностью  $h$ , но и структурную кору выветривания пласта, сохранившую его анизотропию, но обладающую значительно меньшим удельным сопротивлением по сравнению с неизменными коренными породами.

Описанный подход был применен на территории одного из среднеуральских месторождений, в пределах которой развиты сланцы кварц-серицитового состава. На нескольких профилях при картировании

Рис. 2 Номограммы для оценки истинного коэффициента анизотропии  $\lambda$  подстилающей среды (а) и мощности верхнего изотропного слоя наносов (б). Параметр кривых  $\lambda$



анизотропных пород с установкой, размер которой составлял 50 м, была закартирована зона анизотропных пород мощностью 150-220 м. На профиле 10 (см.рис. 1,а) мощность пласта составила около 210 м; среднее значение коэффициента анизотропии в пределах пласта принято равным  $\lambda_k = 1.67$ .

На ПК 23 этого профиля выполнены измерения «крестового» ВЭЗ (см.рис.1), по которым определены параметры разреза:  $\rho_1 = 52$  Омм;  $h_{взз} = 2.5$  м;  $\rho_{m2} = 610$  Омм. Разнос установки  $r_0$ , при котором  $\rho_{kt} = \rho_{kn}$ , оказался равным 9.5 м.

По соотношению сопротивлений  $\mu = \rho_{m2} / \rho_1 = 11.7$  и отношению  $r/r_0 = 5.3$  с помощью номограммы



на рис.2,а методом последовательных приближений было определено исправленное значение коэффициента анизотропии  $\lambda = 1 + (\lambda_k - 1) / P = 2.10$ . Далее по номограмме, приведенной на рис.2,б, по значениям  $\mu = 11.7$  ( $\lg \mu = 1.07$ ) и  $\lambda = 2.10$  было найдено значение  $\lg (r_0/h) = 1.1$ , соответствующее мощности верхнего изотропного электропроводного слоя  $h = 0.75$  м.

Таким образом, в пределах верхнего электропроводного слоя, мощность которого по данным ВЭЗ определена равной 2.5 м, изотропная часть имеет мощность 0.75 м. Ниже ее располагается анизотропная кора выветривания сланцев мощностью 1.75 м, характеризующаяся примерно таким же удельным сопротивлением, что и верхний изотропный слой, но в то же время сохранившая анизотропию электропроводности нижележащего высокоомного основания сланцевой зоны.

Из рассмотренного примера следует, что при камеральной обработке результатов картирования анизотропных пластов необходимо учитывать влияние слоя электропроводных наносов. Это можно осуществить с помощью описанных выше номограмм, располагая данными КВЭЗ в пределах анизотропного пласта. Кроме того, результаты КВЭЗ и сведения об анизотропии пластов могут быть успешно использованы для изучения особенностей строения верхней части геоэлектрического разреза.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. N930189. Способ картирования горных пород /Редозубов А.А., Сысков С.С., Коврижных П.Н., Миронов В.В., Минцев А.И., от 3.11.80.
2. Бреднев И.И., Сысков С.С. Поле точечного источника в присутствии анизотропной вертикально-слоистой среды, перекрытой слоем изотропных образований //Геофизические методы поисков и разведки: Межвуз.науч.темат.сб. - Вып.3. - Свердловск: Изд.УПИ, 1976. - С.26-34.
3. Дахнов В.Н. Электрическая разведка нефтяных и газовых скважин. - М.-Л.: Гостоптехиздат, 1951.- 428 с.
4. Редозубов А.А., Сысков С.С. Методическое руководство по картированию анизотропных пород электроразведкой /Свердловский горный институт. - Свердловск, 1988. - 101 с. (Деп. в ВИНТИ 10.04.89., N2272-B89).