

Геология

УДК 550.835

Д.А. ХАЧАТРЯН, В.Д. ХАЧАТРЯН

ИЗУЧЕНИЕ И УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ
 НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КРУГОВЫХ
 ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

На основе результатов ранее выполненных работ [1,2] и математического моделирования подтверждаются причины расхождений значений ρ_k , полученных при переходе приемной линии от малых к большим размерам и постоянстве полуразносов питающей линии, связанных с наличием поверхностных неоднородностей в области приемных электродов. В этом случае искажающее влияние поверхностных неоднородностей устраняется путем параллельных смещений отрезков кривых вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). При определении господствующего направления пористости, трещиноватости и закарстованности пород методом кругового электрического зондирования построенные полярные диаграммы, полученные с помощью параллельных смещений отрезков кривой ВЭЗ, приводят к противоречивости результатов. Во избежание ошибок рекомендуется построение полярных диаграмм нормированных значений $\rho_k/\rho_k^{нач}$ единой кривой ВЭЗ, полученной с помощью параллельных перемещений отрезков кривой ВЭЗ.

При проведении работ методом вертикального электрического зондирования полученные кривые часто бывают искажены. Одним из типов искажений является аномальное расхождение значений ρ_k в области перекрывающей части отрезков кривых ВЭЗ, вследствие перехода от малых приемных линий к большим (рис.1). При работах же круговым вертикальным зондированием (КВЗ) часто одна или несколько кривых ВЭЗ, полученных на одной точке при различных азимутах питающих линий, имеют аналогичные искажения. Зависимость величины расхождения ρ_k в точках перекрытий от азимута установки отмечалась нами в [1].

Иногда значения ρ_k , полученные различными приемными линиями, отличаются друг от друга в два и более раз. Проведенные нами полевые исследования по линии, соединяющей приемные электроды, показали, что большие расхождения значения ρ_k в области перекрытия связаны с неоднородностью первого геоэлектрического слоя по удельному электрическому сопротивлению. Исследования проводились электропрофилированием, симметричной установкой, исследующей первый геоэлектрический слой, $AB/2=8,0м$, $MN=1,0м$, и измерением сопротивления приемной цепи (рис.16). Исходя из соображений, что при детализации кривых ВЭЗ параллельность отрезков сохраняется (рис.1а), для интерпретации кривых ВЭЗ, имеющих параллельные расхождения отрезков, отрезки кривой ВЭЗ сдвинулись относительно оси ρ_k с сохранением

параллельности осей. При этом полученные кривые ВЭЗ параллельны друг другу (рис.1в). Такие смещенные кривые, наблюдаемые по площади исследования при магнитотеллурических зондированиях у кривых, полученных вкрест простирания пород, известны под названием эффекта "S" [3,4].

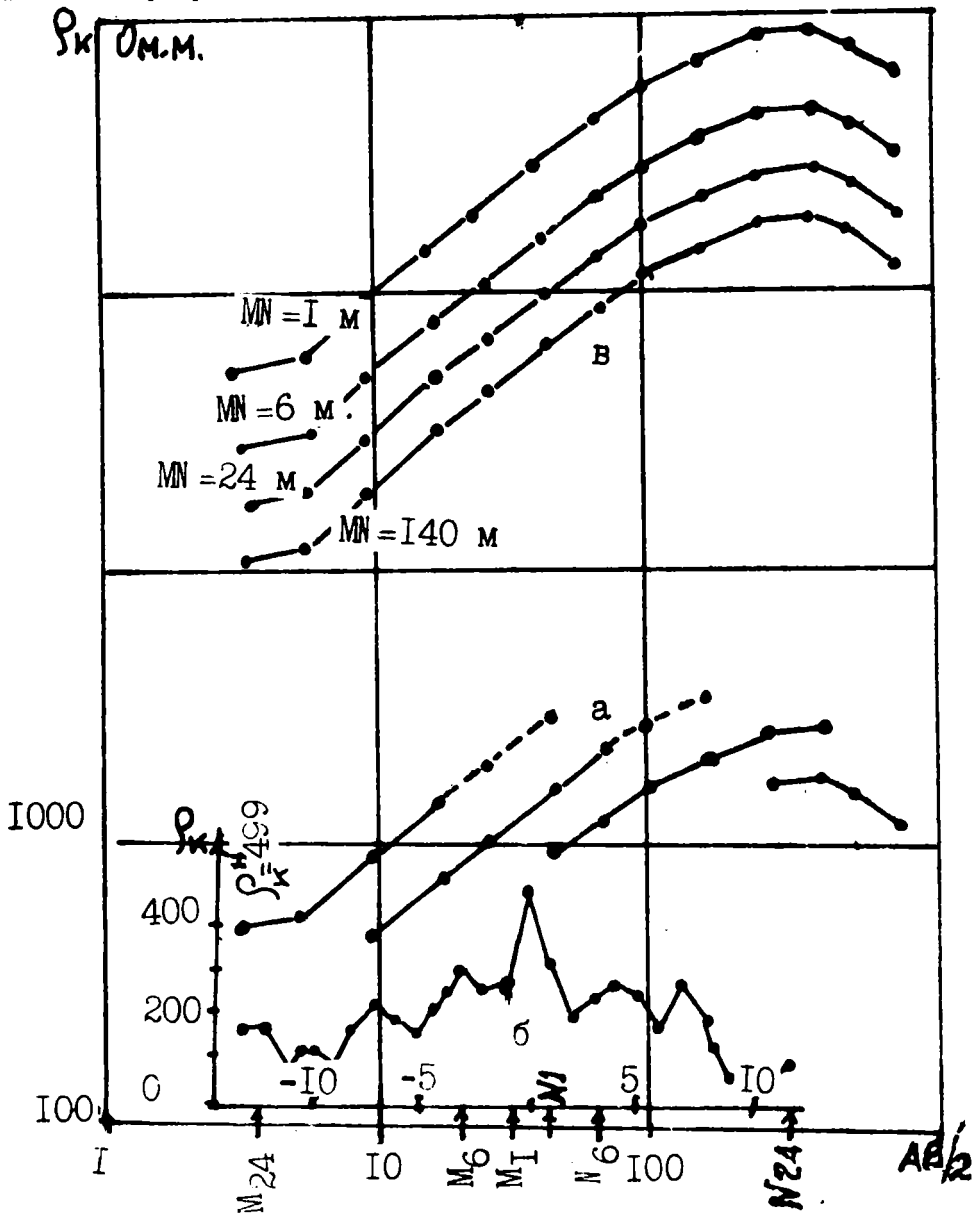


Рис.1. Кривая ВЭЗ с аномальными расхождениями значений ρ_a в точках перекрытия (а), графики электропрофиллирования, полученные в области приемных линий (б) и кривые ВЭЗ, полученные параллельным перемещением отрезков (в).

Для подтверждения того, что причинами расхождения значения ρ_a в области перекрытий являются поверхностные неоднородности, было выполнено математическое моделирование методом конечных разностей.

Основой для математического моделирования служили кривая ВЭЗ №28 и данные электропрофиллирования, приведенные в работе [1] (рис.1).

Для получения параметров геоэлектрического разреза кривая ВЭЗ интерпретировалась на персональном компьютере IBM по методике, предложенной Куфудом О.,—методом линейной фильтрации. Программа адаптирована В.А. Шевниным с использованием фильтра Е.Ш. Абрамова [4]. Перед интерпретацией отрезки кривой ВЭЗ смещались до получения единой кривой (рис.1в). Из параллельных кривых интерпретировалась кривая, находящаяся на уровне отрезка кривой, полученной с $MN=140м$. Кривая интерпретировалась как соответствующая трехслойному и четырехслойному разрезам. В обоих случаях достигнутая точность интерпретации составляет 6,4%. Результаты интерпретации приведены ниже: при трехслойном разрезе— $\rho_1=103,7 Ом\cdot м$, $\rho_2=3480,0 Ом\cdot м$, $\rho_3=132,0 Ом\cdot м$, $h_1=5,5 м$, $h_2=90,6 м$; при четырехслойном разрезе: $\rho_1=100,4 Ом\cdot м$, $\rho_2=928,9 Ом\cdot м$, $\rho_3=4051,5 Ом\cdot м$, $\rho_4=1248,3 Ом\cdot м$, $h_1=4,7 м$, $h_2=9,1 м$ и $h_3=62,1 м$.

Из графика электропрофилеирования (рис.1б) были выбраны значения изменения удельного электрического сопротивления поверхностных неоднородностей в пределах заземления приемных электродов $MN=1,0 м$, $MN=6,0 м$. В первом случае— $400,0 Ом\cdot м$, во втором— $200,0 Ом\cdot м$. Вертикальная мощность неоднородностей (h_n)— $1,0$ и $3,0 м$, а мощность первого слоя (h_1)— $5,5 м$ (трехслойный вариант модели геоэлектрического разреза).

Модель геоэлектрического разреза, служащая основой для математического моделирования, представлена на рис.2.

Моделирование (по просьбе автора) проведено сотрудником лаборатории электроразведки геологического факультета МГУ И.Н. Модиным.

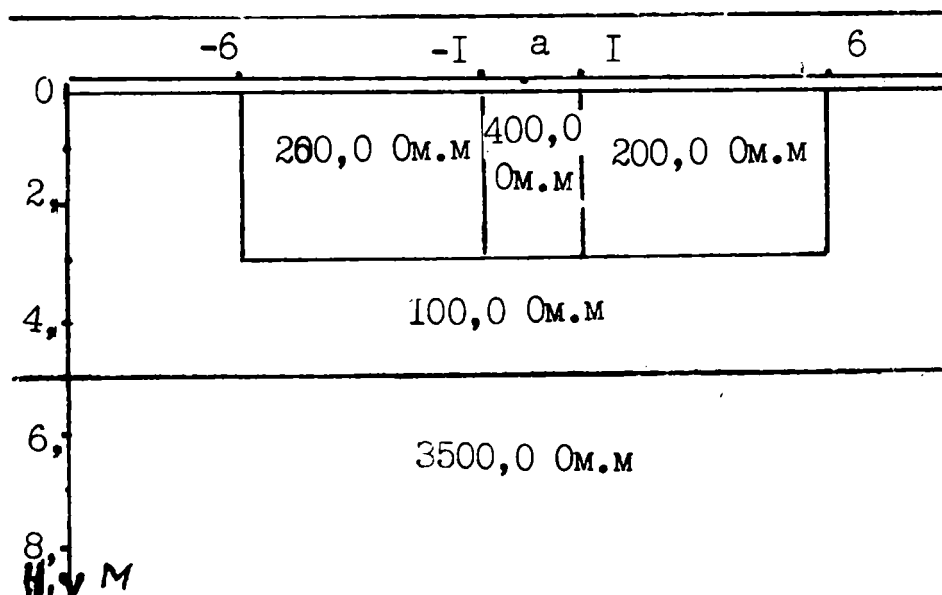


Рис.2. Схематическая модель верхней части геоэлектрического разреза с поверхностными неоднородностями, служившая основой для математического моделирования (-1,1 и -6,6-места заземлений $MN=1 м$ и $MN=6 м$, a —горизонтальная мощность).

Результаты расчета ρ_k представлены в табл.1, а кривые ВЭЗ—на рис.3.

Как видим, неоднородность первого слоя по удельному электрическому сопротивлению приводит к появлению расхождения значений ρ_k в области перекрытий. Нет сомнений, что изменением вертикальной

Значения ρ_k метода ВЭЗ, полученные с помощью математического моделирования, при наличии поверхностных неоднородностей

| AB/2 | MN | Значение ρ_k | ρ_k MN=140м | Значения ρ_k математического моделирования | | |
|------|------|-------------------|---------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| | | | | $h_H = 3,$ $a = 2$ | $h_H = 1,$ $a = 2$ | $h_H = 1,$ $a = 0,6$ |
| 3 | 1 | 470 | 110 | 326 | 195 | 191 |
| 5 | 1 | 502 | 120 | 359 | 214 | 213 |
| 9 | 1 | 768 | 180 | 517 | 335 | 335 |
| 9 | 6 | 425 | - | 351 | 258 | 251 |
| 15 | 1 | 1190 | - | 801 | 523 | 523 |
| 15 | 6 | 663 | 300 | 553 | 408 | 398 |
| 25 | 6 | 984 | 420 | 853 | 621 | 604 |
| 40 | 6 | 1411 | 605 | 1218 | 902 | 878 |
| 40 | 24 | 860 | - | 910 | 807 | 804 |
| 65 | 6 | 2015 | - | 1661 | 1219 | 1187 |
| 65 | 24 | 1241 | 820 | 1265 | 1112 | 1107 |
| 100 | 24 | 1688 | 1130 | 1596 | 1381 | 1375 |
| 150 | 24 | 2130 | 1490 | 1744 | 1561 | 1554 |
| 225 | 24 | 2520 | 1780 | 1644 | 1446 | 1439 |
| 225 | 140 | 1770 | - | - | - | - |
| 340 | 140 | 2800 | 1900 | - | - | - |
| 340 | 140x | 1890 | - | - | - | - |
| 500 | 140 | 1627 | 1610 | - | - | - |
| 750 | 140 | 1200 | 1200 | - | - | - |

мощности и удельного электрического сопротивления неоднородности в первом слое можно достигнуть совпадения значений полевых и расчетных значений ρ_k . Таким образом, при помощи результатов математического моделирования с использованием описанных выше полевых исследований можно определить геометрические размеры и удельное сопротивление поверхностных неоднородностей, что немаловажно при решении инженерно-геологических задач. Отметим также, что расчеты, выполненные И.И. Крейнсом [5], показали, что параллельные аномальные расхождения могут получаться при наличии вертикальных контактов электрически неоднородных горизонтов, если электроды одной приемной линии будут находиться на разных сторонах контакта.

Как видим, вопрос интерпретации кривых ВЭЗ с аномальными расхождениями значений ρ_k решается путем параллельных смещений отрезков кривой [1,2]. В качестве основного отрезка рекомендуется брать отрезок, полученный с большой приемной линией, или учитывать значения кажущегося электрического сопротивления характерных точек, такие, как значения ρ_k начального разноса, $\rho_{k_{max}}$ и т.д. близлежащих точек зондирования.

При изучении господствующего направления трещиноватости, пористости, вакарстованности методом КВЗ, когда азимут разносов изменяется в точке исследования, неоднородности по удельному электрическому сопротивлению могут находиться в пределах как малых, так и средних и больших приемных линий. При этом при одних азимутах влияние окажется ничтожным или малым. Поэтому при круговом зондировании параллельные смещения без достоверного обоснования могут привести к ошибочным результатам. В связи с этим рассмотрим кривые одной КВЗ (рис.4), полученные на участке Мармашен г.Кумайри. Работы были проведены с целью выяснения инженерно-геологических условий зоны бедствия, охваченной Спитакским землетрясением в 1988 г. в декабре. Отметим, что изучаемый разрез представляет собой чередующиеся глинистые, глино-песчанистые озерно-речного происхожде-

ния образования [6]. Как видно из кривых ВЭЗ, отдельные расхождения значений ρ_{κ} в области перекрытий доходят до 80% и более.

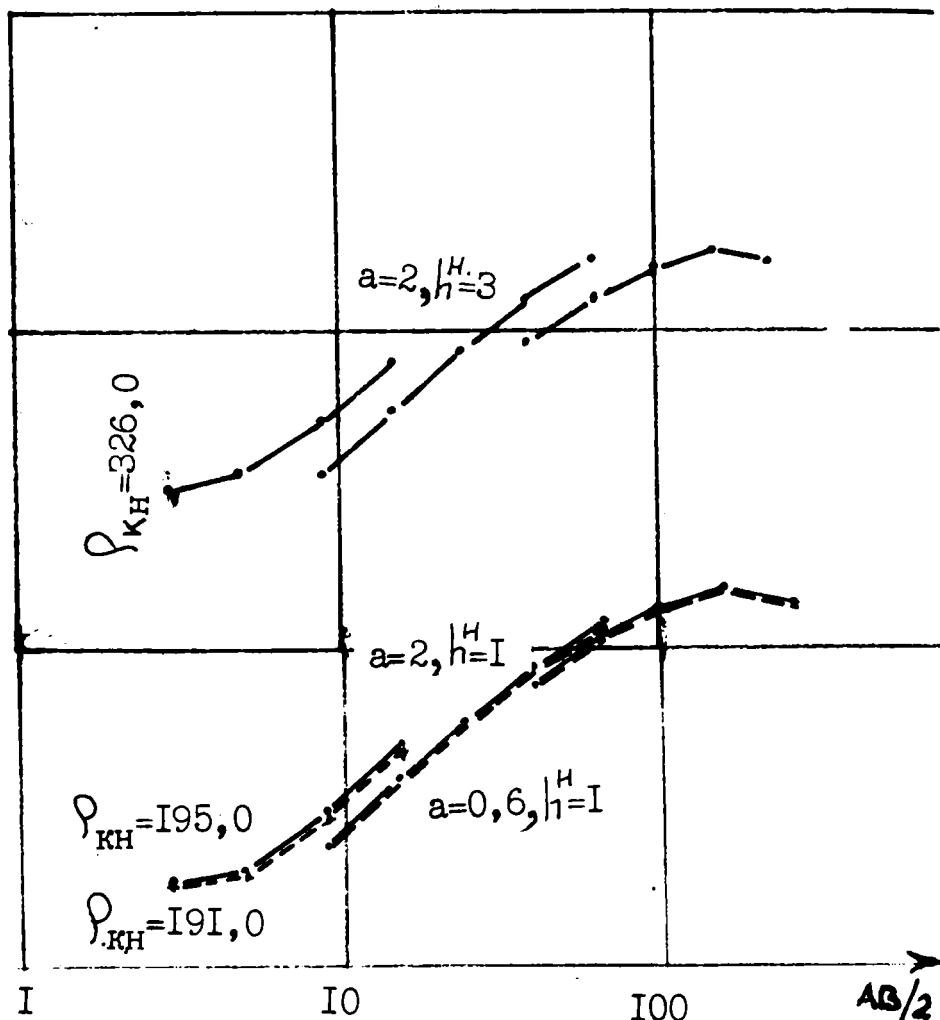


Рис.3. Теоретические кривые ВЭЗ, полученные с помощью математического моделирования.

Круговые диаграммы, построенные с помощью параллельных смещенных отрезков на уровнях ρ_{κ} , полученные с помощью приемных линий $M_1N_1=1м$ и $M_2N_2=6м$, соответственно приведены на рис.5а и 5б. Как видно из табл.2 и полярных диаграмм, они отличаются друг от друга. Господствующее направление пористости в первом случае является СВ-ЮЗ, а во втором, когда отрезки кривой смещены относительно отрезка $M_2N_2=6м$, для верхней части разреза азимут господствующего направления пористости изменяется В-З, С-Ю и СЗ-ЮВ, а для нижней—СВ-ЮЗ. (табл.2). Какой из этих направлений пористости соответствует господствующему направлению глинисто-супесчаных образований естественного залегания—требуется уточнить.

Чтобы избежать подобных произвольных подходов к построению полярных диаграмм, необходимо построить полярные диаграммы отношений ρ_{κ} —значений кажущегося электрического сопротивления единой кривой ВЭЗ, полученной в результате смещения отрезков к значению кажущегося сопротивления первого разности ρ_{κ}/ρ_{KH} .

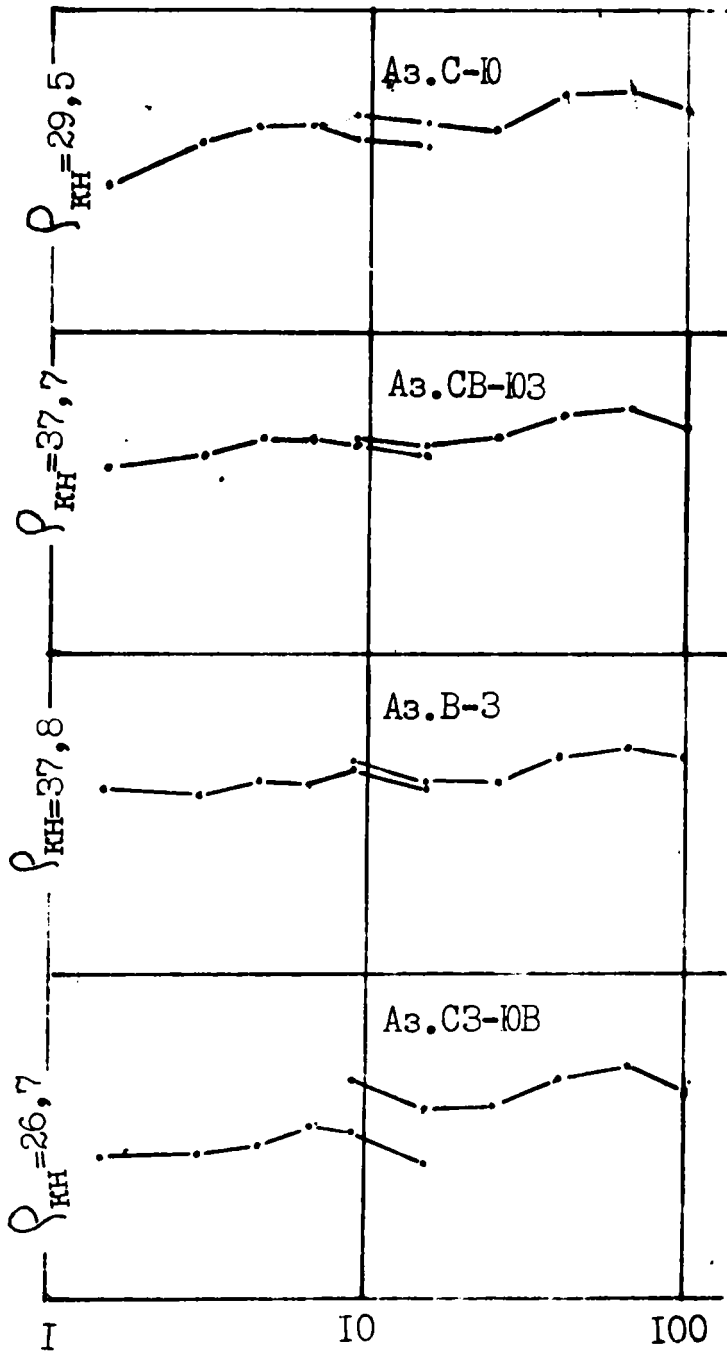


Рис.4. Кривые кругового электрического зондирования, полученные на участке Мармашен г.Кумайри (Республика Армения).

Таблица 2

ρ_k КВЗ, приведенные значения ρ_k к $MN=1м$ и $MN=6м$, $\rho_k/\rho_{кн}$ и азимут господствующего направления пористости

| | | Значения ρ_k | | | | | | | | | |
|-------|------|---|------|-------|------|-------|------|-------|-------------|--------|--|
| | | Значения ρ_k , приведен. к $MN=1м$ | | | | | | | | | |
| АВ/2 | С-В | СВ-ЮЗ | В-З | СВ-ЮЗ | С-Ю | СВ-ЮЗ | В-З | СЗ-ЮВ | λ_k | азимут | |
| 1,5 | 29,5 | 37,7 | 37,8 | 26,7 | 29,5 | 37,7 | 37,8 | 26,7 | 1,41 | СВ-ЮЗ | |
| 3,0 | 40,2 | 40,9 | 36,5 | 28,4 | 40,2 | 40,9 | 36,5 | 28,4 | 1,44 | СВ-ЮЗ | |
| 4,5 | 46,1 | 45,9 | 41,2 | 30,0 | 46,1 | 45,9 | 41,2 | 30,0 | 1,54 | С-Ю | |
| 6,0 | 45,4 | 45,9 | 39,1 | 35,0 | 45,4 | 45,9 | 39,1 | 35,0 | 1,31 | СВ-ЮЗ | |
| 9,0 | 42,3 | 44,2 | 43,9 | 33,5 | 42,3 | 44,2 | 43,9 | 33,5 | 1,32 | СВ-ЮЗ | |
| 9,0 | 48,4 | 46,4 | 46,4 | 48,8 | | | | | | | |
| 15,0 | 39,3 | 42,4 | 38,8 | 26,6 | 39,3 | 42,4 | 38,8 | 26,6 | 1,59 | СВ-ЮЗ | |
| 15,0 | 46,4 | 45,2 | 41,0 | 40,0 | | | | | | | |
| 25,0 | 44,3 | 48,3 | 40,9 | 40,7 | 38,1 | 45,6 | 38,7 | 27,5 | 1,66 | СВ-ЮЗ | |
| 40,0 | 55,1 | 57,2 | 49,6 | 49,6 | 47,4 | 54,11 | 46,9 | 33,5 | 1,62 | СВ-ЮЗ | |
| 65,0 | 59,2 | 60,6 | 52,1 | 54,4 | 50,9 | 57,3 | 49,3 | 36,7 | 1,56 | СВ-ЮЗ | |
| 100,0 | 50,5 | 53,4 | 48,9 | 44,2 | 43,4 | 50,5 | 46,2 | 29,8 | 1,69 | СВ-ЮЗ | |

| | | Значения ρ_k , приведен. к $MN=6м$ | | | | | | | | | | Нормированные значения $\rho_k/\rho_{кн}$ | |
|-------|------|---|------|-------|-------------|--------|-------|-------|------|-------|-------------|---|--|
| АВ/2 | С-Ю | СВ-ЮЗ | В-З | СЗ-ЮВ | λ_k | азимут | С-Ю | СВ-ЮЗ | В-З | СЗ-ЮЗ | λ_k | азимут | |
| 1,5 | 34,3 | 39,9 | 40,0 | 39,5 | 1,17 | В-З | 1,36 | 1,08 | 0,97 | 1,06 | 1,41 | С-Ю | |
| 3,0 | 46,7 | 43,3 | 38,6 | 42,0 | 1,21 | С-Ю | 1,563 | 1,22 | 1,09 | 1,11 | 1,44 | С-Ю | |
| 4,5 | 53,6 | 48,6 | 43,5 | 44,0 | 1,23 | С-Ю | 1,54 | 1,22 | 1,03 | 1,31 | 1,49 | С-Ю | |
| 6,0 | 52,8 | 48,6 | 41,3 | 51,8 | 1,05 | СЗ-ЮВ | | | | | | | |
| 9,0 | 48,4 | 46,4 | 46,4 | 48,8 | 1,05 | СЗ-ЮВ | 1,42 | 1,16 | 1,16 | 1,24 | 1,22 | С-Ю | |
| 15,0 | 46,4 | 45,2 | 41,0 | 40,0 | 1,16 | С-Ю | 1,34 | 1,13 | 1,03 | 1,01 | 1,34 | С-Ю | |
| 15,0 | 44,3 | 48,3 | 40,9 | 40,7 | 1,19 | СВ-ЮЗ | 1,29 | 1,21 | 1,02 | 1,03 | 1,26 | С-Ю | |
| 40,0 | 55,1 | 57,2 | 49,6 | 49,6 | 1,15 | СВ-ЮЗ | 1,61 | 1,43 | 1,24 | 1,26 | 1,3 | С-Ю | |
| 65,0 | 59,2 | 60,6 | 52,1 | 54,4 | 1,16 | СВ-ЮЗ | 1,72 | 1,52 | 1,3 | 1,37 | 1,33 | С-Ю | |
| 100,0 | 50,5 | 53,4 | 48,9 | 44,2 | 1,21 | СВ-ЮЗ | 1,47 | 1,34 | 1,22 | 1,12 | 1,31 | С-Ю | |

Как видно из табл.2 и полярных диаграмм (рис.5в), значения ρ_k/ρ_{KH} (независимо от того, относительно какого отрезка получена единая кривая) остаются постоянными. Постоянными остаются и значения коэффициента кажущейся анизотропии (λ_k), рассчитанные как отношение максимального значения ρ_k/ρ_{KH} к минимальному для данного разности KBЗ.

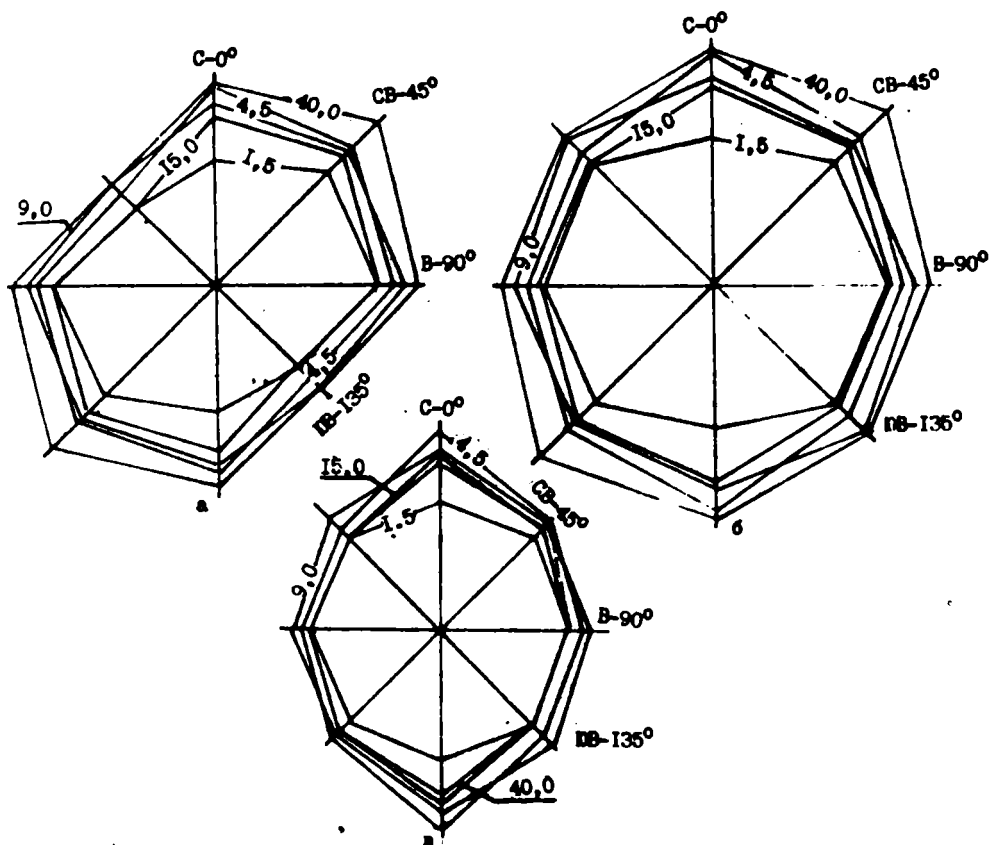


Рис.5. Полярные диаграммы KBЗ в случае, когда отрезки сдвинуты относительно отрезка кривой, полученной с помощью $MN=1\text{ м}$ (а), с помощью $MN=6\text{ м}$ (б) и при отношении ρ_k/ρ_{KH} .

Господствующее направление пористости, определенное отношением значений ρ_k/ρ_{KH} , совпадает с направлением современного геомагнитного поля, поля времени образования, что согласуется с предположением, высказанным Г.М. Авчяном [7].

Кафедра геофизических методов
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

Поступила 23.07.1991

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян Д.А. Некоторые особенности первого геоэлектрического горизонта при проведении работ методом сопротивления в условиях Армении.—Уч.зап.ЕГУ, 1981, №2.

2. Хачатрян Д.А. Авторское свидетельство №972447.
3. Электроразведка: Справочник геофизика. Книга первая. Изд-во Недра, 1989, с.259.
4. Электрическое зондирование геологической среды. Часть I. Изд-во МГУ, 1988, с.50-58.
5. Крейнс И.И. Прикладная геофизика, 1957, №17.
6. Մարգարյան Հ.Հ. Հայկական ՍՍՀ ռեգիոնալ երկրատեկտոնիկա. Երեւանի Համալսարանի Հրատարակչություն, 1989թ., 126-128 էջ:
7. Авчян Г.М., Маркосян Г.В. Прогноз направления разрушения пород.—Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, 1987, т.Х, №1, с.63-64.

Դ.Ա.ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Վ.Դ.ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՇՐՋԱՆԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՉՈՆՂԱՎՈՐՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՎՐԱ
ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅՑԱՅԻՆ ԱՆՀԱՄԱՍԵՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՋՂԵՑՈՒԹՅԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԵՎ ՀԱՇՎԱՌՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նախկինում կատարված դաշտային ուսումնասիրությունների և մաթեմատիկական մոդելացման տվյալների հիման վրա մեկ անգամ ևս հաստատվում է, որ ուղղաձիգ էլեկտրական գոնդավորման (ՈՒԷՉ) աշխատանքների ժամանակ փոքր չափիչ գծից անցնելիս սևող գծից մինևույն բացվածքի դեպքում թվացող էլեկտրական դիմադրության (ρ_k) արժեքների մեծ տարբերությունը պայմանավորված է չափիչ էլեկտրոդների միջակայքում մակերևույթային անհամասեռությունների առկայությամբ:

Ծեղքավորվածության, կարստային խոռոչների, ծակոտկենության գերակշռող ուղղությունը շրջանային էլեկտրական գոնդավորման (ՇԷՉ) դիագրամների օգնությամբ որոշելու ժամանակ անհրաժեշտ է ՈՒԷՉ-ի կորի հատվածները տեղափոխել միմյանց նկատմամբ ρ_k -ի առանցքի զուգահեռ մինչև միասնական կորի ստացումը, որից հետո կառուցել շրջանային դիագրամա միասնական կորի թվացող էլեկտրական դիմադրությունների և առաջին բացվածքով ստացված թվացող էլեկտրական դիմադրության հարաբերության արժեքներով:

D.A. KHACHATRIAN, V.D. KHACHATRIAN

THE INVESTIGATION CALCULATION OF THE INFLUENCE OF THE
SURFACE HETEROGENETIES ON THE RESULTS CIRCULAR
ELEKTRONIC ZONDING

S u m m a r y

On the basis of the results of field investigations and mathematical modelling it has been established ones more that when carring verticalelectronic zonding (VEZ) works at the transition from the small measuring line to the big one with the same spreading of the feeding line the big divergences of (ρ_k) values of the seeming electric resistance is due to the availability of surface inhomogeneities in the vicinity of the measuring electrodes.

For determination of dominating directions of fissure, karstic cavities, porosity by means of circular electronic zonding diagrams it is nessary to shift the VEZ curve sections to one another, parallel to axis, until an integral curve is obtained, then to construct a circular diagram by the values the relation of integral currve seeming electric resistance and the seeming electronic resistance obtained at the first spreading.