

**О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВЫХ УСТАНОВОК
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИКРОЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЙ**

© Н.В. Рева, В.И. Онищук, И.И. Онищук, 2009

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

The article gives the results of calculating grounding extent and microelectrical sounding geometrical parameters influence on the accuracy of measurements. Some references are given concerning optimal processing characteristics of the microelectrical sounding sets.

Вступление. Микрогеофизические исследования при изучении геоэкологического состояния окружающей среды дают достаточно широкую информацию, что позволяет построение объемных геолого-геофизических моделей типичных зон техногенного загрязнения при сравнительно незначительных материальных затратах.

Решение задач геоэкологических исследований требует нестандартных подходов к методике полевых работ, обработки и интерпретации материалов геофизических исследований, применению новых методов и методик. Поэтому для геофизического картирования верхней части разреза (ВЧР), которая чаще всего испытывает техногенное загрязнение, необходимо использовать специальные методики, в основе которых лежит принцип погоризонтного ее изучения [1–4].

Методики стандартных полевых геоэлектрических исследований и интерпретации данных требуют модификации и значительной адаптации их к задачам изучения ВЧР, а также учета факторов, связанных с геометрией как самих микроустановок, так и заземлений.

Согласно действующим методическим рекомендациям, при выполнении вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) размер приемной линии $MN \leq 1/3 AB$. Это связано с тем, что в средней трети линии AB электрическое поле относительно однородное, что минимизирует погрешность измерения его напряженности E_x – параметра, положенного в основу теории метода ВЭЗ. С нашей точки зрения, для повышения точности получения кривых ВЭЗ (особенно при микроэлектронзондированиях) необходимо пересмотреть указанное методическое требование с целью большего соответствия экспериментальных и теоретических кривых микроэлектронзондирований (МЭЗ).

Кроме того, важное значение имеет вопрос влияния поперечных размеров и глубины погружения электродов линии питания на результат измерения потенциалов электрического поля на земной поверхности при начальных малых размерах линии AB . Речь идет об отличии измеряемого

потенциала от потенциала точечного источника, модель которого используется в теории методов сопротивления. Исследованию этих вопросов посвящена данная работа.

Влияние поперечных размеров заземлений и глубины погружения электродов на потенциал поля точечного источника. Для оценки влияния поперечных размеров заземлений воспользуемся имеющимся решением для потенциала U электрического поля дискового электрода, расположенного на поверхности однородного полупространства [5]:

$$U(r, z) = \frac{I\rho}{2\pi r_0} \arcsin \frac{2r_0}{\sqrt{(r-r_0)^2 + z^2} + \sqrt{(r+r_0)^2 + z^2}}, \quad (1)$$

где r, z – координаты в цилиндрической системе координат с началом в центре диска; r_0 – радиус заземления; I – сила тока; ρ – удельное сопротивление полупространства.

На земной поверхности ($z = 0, r > r_0$), где выполняются измерения поля, имеем

$$U(r) = \frac{I\rho}{2\pi r_0} \arcsin \frac{r_0}{r}. \quad (2)$$

Для оценки влияния размеров заземления на отклонение значений измеряемого потенциала от поля точечного источника определим функцию погрешности δ в виде

$$\delta = \left| \frac{U}{U_0} - 1 \right| 100\%, \quad (3)$$

где $U_0 = \frac{I\rho}{2\pi r}$ – потенциал поля точечного источника. В явном виде функция запишется как

$$\delta = \left| \frac{r}{r_0} \arcsin \frac{r_0}{r} - 1 \right| 100\%. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены значения погрешности, а на рис. 1 – зависимость погрешности δ от относительных размеров радиуса дискового электрода r_0/r .

Таблица 1. Расхождение потенциалов электрических полей точечного и дискового источников при различных радиусах дискового заземления

r_0/r	$\delta, \%$	r_0/r	$\delta, \%$	r_0/r	$\delta, \%$	r_0/r	$\delta, \%$	r_0/r	$\delta, \%$	r_0/r	$\delta, \%$
0	0	0,121	0,242	0,199	0,678	0,282	1,358	0,418	3,198	0,578	6,678
0,01	0,0017	0,142	0,331	0,221	0,827	0,298	1,55	0,457	3,911	0,619	7,859
0,02	0,0067	0,163	0,432	0,242	0,987	0,341	2,033	0,497	4,722	0,658	9,209
0,1	0,167	0,178	0,548	0,263	1,161	0,382	2,578	0,541	5,639	0,697	10,768

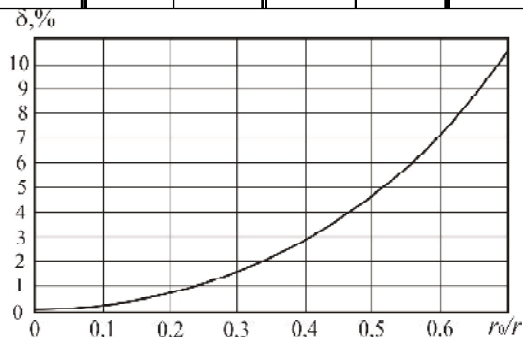


Рис. 1. Зависимость расхождения потенциалов электрических полей точечного и дискового источников (δ) от относительных размеров дискового электрода (r_0/r)

Для оценки влияния глубины заземлений рассмотрим задачу об электрическом поле стержневого электрода на поверхности однородного полупространства. Предположим, что на поверхности однородного полупространства с удельным сопротивлением ρ забит стержневой электрод на глубину h , из которого в полупространство стекает ток силой I . Определим потенциал электрического поля, которое создается таким источником, используя цилиндрическую систему координат (r, φ, z) с началом в точке, расположенной на земной поверхности ($z = 0$) на оси стержня. Для этого каждый линейный элемент электрода питания dz_0 с координатой z_0 будем рассматривать как точечный источник интенсивности Idz_0/h , который создает в произвольной точке $M(r, \varphi, z)$ полупространства элементарный потенциал dU . Этот потенциал с учетом осевой симметрии (независимость от угла φ) выражается уравнением

$$dU = \frac{I\rho dz_0}{2\pi h} \frac{1}{\sqrt{(z_0 - z)^2 + r^2}}. \quad (5)$$

Потенциал электрического поля всего погруженного электрода питания определим путем интегрирования (5) в пределах от 0 к h :

$$U(r, z) = \frac{I\rho}{2\pi h} \int_0^h \frac{dz_0}{\sqrt{(z_0 - z)^2 + r^2}} = \frac{I\rho}{2\pi h} \ln \frac{\sqrt{(h-z)^2 + r^2} + h - z}{\sqrt{z^2 + r^2} - z}. \quad (6)$$

Измеряемый потенциал на поверхности земли ($z = 0$) выразится:

$$U(r) = \frac{I\rho}{2\pi h} \ln \left(\frac{\sqrt{h^2 + r^2} + h}{r} \right). \quad (7)$$

Отклонение δ потенциала поля точечного источника U_0 от потенциала поля штыревого заземления определим в виде

$$\delta = \frac{U_0 - U}{U_0} 100\% = \left(1 - \frac{U}{U_0}\right) 100\%. \quad (8)$$

Ввиду того что $U_0 = \frac{I\rho}{2\pi r}$, имеем

$$\delta = \left[1 - \frac{r}{h} \ln \left(\sqrt{1 + \frac{h^2}{r^2}} + \frac{h}{r} \right) \right] 100\%. \quad (9)$$

Анализ соотношения (9) свидетельствует, что когда $h/r \ll 1$ (глубина погружения электрода незначительная), отличие потенциала поля стержневого электрода от поля точечного источника достаточно мало:

$$\delta \Big|_{h/r \ll 1} = \frac{1}{6} \frac{h^2}{r^2} 100\%, \quad (10)$$

а при $h/r \gg 1$ (погружение стержневого заземления относительно расстояния r к точке измерения значительное) потенциал поля стержневого заземления существенно меньше потенциала поля точечного источника (отклонение δ достигает 100%):

$$\delta \Big|_{h/r \gg 1} = \left[1 - \frac{r}{h} \ln 2 \frac{h}{r} \right] 100 \approx 100\%. \quad (11)$$

В табл. 2 приведены результаты расчета, а на рис. 2 – соответствующая зависимость отклонения потенциала поля стержневого электрода от потенциала поля точечного источника при различных относительных глубинах погружения электрода h/r .

Анализ расчетов и графика (рис. 1), показывает, что отклонение потенциала поля дискового заземления от поля точечного источника на уров-

Таблица 2. Отклонение δ потенциала поля стержневого заземления от потенциала поля точечного источника в зависимости от относительной глубины погружения электрода h/r

h/r	$\delta, \%$	h/r	$\delta, \%$	h/r	$\delta, \%$	h/r	$\delta, \%$	h/r	$\delta, \%$	h/r	$\delta, \%$
0,1	0,166	0,25	1,013	0,4	2,491	0,6	5,196	0,8	8,416	1,2	15,34
0,15	0,371	0,275	1,219	0,45	3,1	0,65	5,965	0,9	10,13	1,3	17,04
0,2	0,655	0,3	1,442	0,5	3,758	0,7	6,762	1	11,86	1,4	18,72
0,225	0,825	0,35	1,937	0,55	4,458	0,75	7,58	1,1	13,6	1,5	20,35

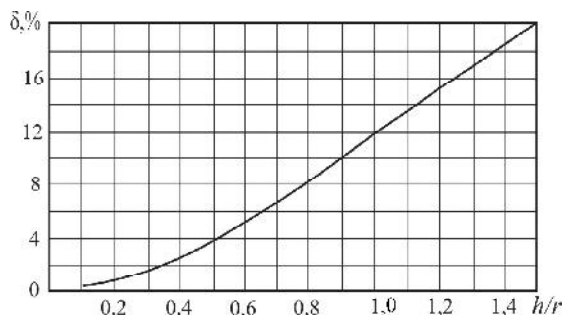


Рис. 2. Отклонение потенциала поля стержневого заземления от потенциала поля точечного источника при разных h/r

не $< 5\%$ достигается при поперечных размерах электрода $r_0/r = 0,5$, а на уровне 1% – при относительных размерах электрода питания $r_0/r = 0,24$. Это значит, что при $AB = 0,3$ м, $MN = 0,1$ м (начальные размеры полевой установки МЭЗ) отмеченные погрешности измерений достигаются при возбуждении электрического поля электродами с радиусами, меньшими 5,2 и 2,4 см соответственно. На практике, как правило, применяются электроды диаметром 1,5 см, что вызывает отклонение измеряемого потенциала от потенциала точечного источника в пределах 0,15 %.

Анализ расчетов, приведенных в табл. 2, а также соответствующего графика (рис. 2) свидетельствует о том, что при соотношении глубины погружения электрода h к расстоянию r от точки измерения, равному $h/r < 0,58$, отклонение реального поля от поля точечного источника составляет менее 5 %. Следовательно, при начальном разnose установки МЭЗ $AB = 0,3$ м и $MN = 0,1$ м (ближний приемный электрод находится на расстоянии 0,1 м от электрода питания) глубина погружения электрода в почву не должна превышать 5 см. При глубине погружения $h < 3,5$ см соответствие реального поля полю точечного источника растет (относительная погрешность уменьшается до 1,8 %). Эти особенности необходимо учитывать при выполнении микроэлектрондирования, особенно при отработке малых начальных разносов установки МЭЗ.

Влияние геометрии установки на точность измерения кажущихся сопротивлений. Анализ влияния геометрии установки микроэлектрондирования на точность измерений выполним на основе рассмотрения применения этих установок при измерениях на поверхности однородного полупространства и двухслойного геоэлектрического разреза.

Измеряемая разница потенциалов ΔU электрического поля линии AB , заземленной на поверхности однородного полупространства с удельным сопротивлением δ , определяется как

$$\Delta U = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right] \quad (12)$$

или с учетом симметрии установки $AMNB$ ($AM = BN$, $AN = BM$)

$$\Delta U = \frac{I\rho}{\pi} \frac{MN}{AM \cdot AN}. \quad (13)$$

Приближенное значение напряженности электрического поля получим в виде

$$\tilde{E}_x = \Delta U / MN = \frac{I\rho}{\pi} \frac{1}{AM \cdot AN} = \frac{I\rho}{\pi} \frac{1}{(AB/2)^2 - (MN/2)^2}. \quad (14)$$

Точное значение напряженности электрического поля E_x в центре заземленной линии AB , согласно (14), в котором $MN \rightarrow 0$, выразится через уравнение

$$E_x = \frac{I\rho}{\pi(AB/2)^2}. \quad (15)$$

Отклонение δ приближенного значения напряженности поля \tilde{E}_x от точного значения E_x представим в виде

$$\delta = \frac{\tilde{E}_x - E_x}{E_x} 100\% = \frac{(MN/AB)^2}{1 - (MN/AB)^2} 100\%. \quad (16)$$

На рис. 3 показана зависимость погрешности определения напряженности поля E_x от отношения размеров приемной линии MN к размеру линии питания AB .

Анализ результатов расчетов свидетельствует, что для обеспечения точности измерения напряженности электрического поля в пределах $\delta < 5\%$ необходимо, чтобы размер приемной линии MN не

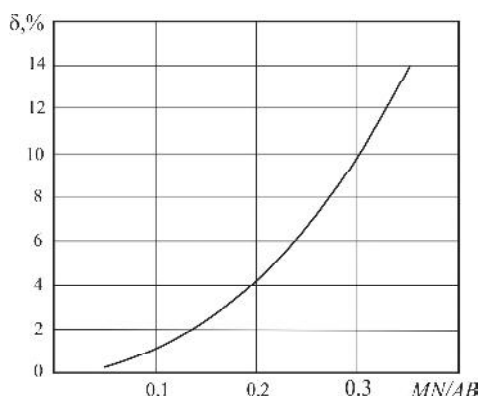


Рис. 3. Зависимость погрешности измерения напряженности электрического поля в центре питающей линии AB , заземленной на поверхности однородного полупространства, от относительных размеров приемной линии

превышал $0,22 AB$, т. е. $MN < 0,22 AB$. Следовательно, при начальном разnose $AB/2 = 0,3$ м, который обычно используется при микроэлектрондированиях, необходимо выбрать размер приемной линии $MN/2 < 6,5$ см. Такие микрозондирования на начальном малом разnose требуют достаточно скрупулезного подхода относительно соблюдения геометрии установок и обустройства заземлений.

Бесспорно, что модель однородного полупространства не может быть использована для оценки влияния геометрии установки на погрешность измерений кажущегося электрического сопротивления ρ_k , поскольку оно всегда (независимо от типа и геометрии установок) будет отвечать действительному удельному сопротивлению полупространства. Для решения этой задачи рационально ограничиться относительно простой, но в то же время оптимальной для достижения данной цели моделью двухслойного геоэлектрического разреза, в которой более выразительно проявляется влияние второго горизонта на структуру и однородность электрического поля. Оценки погрешностей измерений ρ_k на основе этой модели являются мажорантными в сравнении с многослойными моделями, в которых взаимовлияние горизонтов может уменьшать эффект неоднородности горизонтальной компоненты электрического поля.

Следовательно, допустим, что на поверхности двухслойного разреза с удельными сопротивлениями первого и второго горизонтов ρ_1, ρ_2 и мощностью первого горизонта h заземлена линия AB , в центре которой измеряется разность потенциалов ΔU измерительной линией MN . Известно [6], что потенциал поля точечного источника силы I на поверхности двухслойного разреза вычисляется из формулы

$$U(r) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[\frac{1}{r} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{\sqrt{r^2 + (2nh)^2}} \right], \quad (17)$$

где r – расстояние от точечного источника до точки измерения; $k = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1)$ – коэффициент отражения.

С учетом этой зависимости разность потенциалов ΔU электрического поля питающей линии AB в измерительной линии MN может быть записана в виде

$$\Delta U = \frac{I\rho_1}{\pi} \frac{MN}{AM \cdot AN} \left\{ 1 + 2 \frac{AM \cdot AN}{MN} \sum_{n=1}^{\infty} k^n \times \left[\frac{1}{\sqrt{AM^2 + (2nh)^2}} - \frac{1}{\sqrt{AN^2 + (2nh)^2}} \right] \right\}. \quad (18)$$

Приближенное значение горизонтальной компоненты напряженности электрического поля \tilde{E} в центре линии AB получим, разделив ΔU на MN :

$$\tilde{E} = \frac{I\rho_1}{\pi} \frac{4}{AB^2(1-\xi^2)} \left\{ 1 + \frac{1-\xi^2}{\xi} \sum_{n=1}^{\infty} k^n \times \left[\frac{1}{\sqrt{(1-\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(1+\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} \right] \right\}, \quad (19)$$

где $\xi = MN/AB$ – относительный размер приемной линии.

Точное значение напряженности E вычислим при $MN \rightarrow 0$:

$$E = \lim_{MN \rightarrow 0} \tilde{E} = \frac{I\rho_1}{\pi} \frac{4}{AB^2} \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{[1 + (4nh/AB)^2]^{3/2}} \right\}. \quad (20)$$

Отклонение реально измеряемой напряженности электрического поля \tilde{E} от ее теоретического эталона E определим в виде

$$\delta_E = (\tilde{E}/E - 1)100\% = \left\{ \left[\frac{1}{1-\xi^2} + \frac{1}{\xi} \sum_{n=1}^{\infty} k^n \left(\frac{1}{\sqrt{(1-\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(1+\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} \right) \right] \times \frac{1}{1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{[1 + (4nh/AB)^2]^{3/2}}} - 1 \right\} 100\%. \quad (21)$$

Определим также кажущееся сопротивление ρ_k , которое измеряется реальной симметричной четырехэлектродной установкой $AMNB$:

$$\rho_k = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN} \frac{\Delta U}{I} = \pi \frac{AB^2 - MN^2}{4MN} \frac{\Delta U}{I} = \rho_1 \left\{ 1 + \frac{1-\xi^2}{\xi} \sum_{n=1}^{\infty} k^n \left[\frac{1}{\sqrt{(1-\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(1+\xi)^2 + (4nh/AB)^2}} \right] \right\}. \quad (22)$$

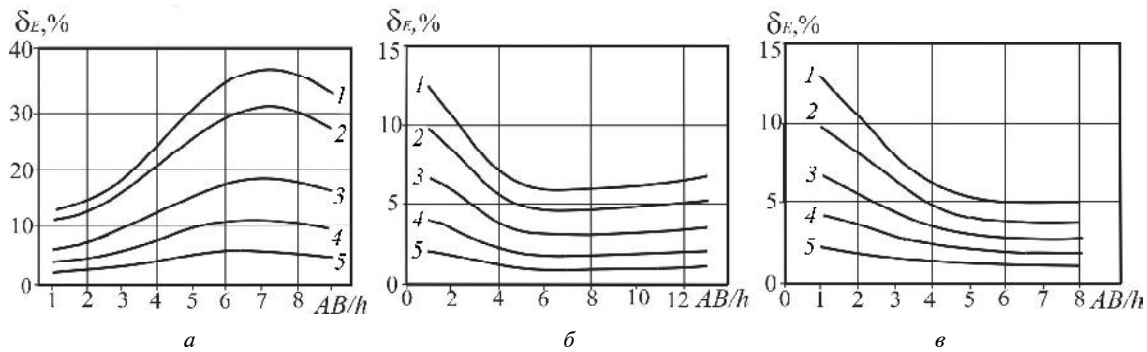


Рис. 4. Погрешности определения напряженности электрического поля в центре питающей линии AB , заземленной на поверхности двухслойных разрезов. Параметры разрезов: а – $\rho_2/\rho_1 = 1/8$; б – $\rho_2/\rho_1 = 8$; в – $\rho_2 = \infty$; отношение MN/AB : 1 – 1/3; 2 – 0,3; 3 – 0,25; 4 – 0,2; 5 – 0,15

Теоретическое значение кажущегося сопротивления ρ_k^T известно [7], а также может быть получено из уравнения (20):

$$\rho_k^T = \frac{1}{4} \pi AB^2 \cdot \frac{E}{I} = \rho_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{[1 + (4nh/AB)^2]^{3/2}} \right\}. \quad (23)$$

Отклонение δ_k кажущегося сопротивления ρ_k от его эталона, выраженное в процентах, определяется:

$$\delta_k = (\rho_k / \rho_k^T - 1) 100\% = \left\{ \left[1 + \frac{1 - \xi^2}{\xi} \sum_{n=1}^{\infty} k^n \times \left(\frac{1}{\sqrt{(1 - \xi)^2 + (4nh/AB)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(1 + \xi)^2 + (4nh/AB)^2}} \right) \right] \times \left[\frac{1}{1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{[1 + (4nh/AB)^2]^{3/2}}} - 1 \right] \right\} 100\%. \quad (24)$$

Для анализа закономерностей и установления возможных пределов погрешностей измерения напряженности поля δ_E и кажущегося сопротивления δ_k были выполнены соответствующие расчеты этих погрешностей для двух противоположных случаев двухслойного разреза: $\rho_2/\rho_1 = 1/8$ и $\rho_2/\rho_1 = 8$.

Расчеты выполнялись для разных размеров линии питания AB (размер выражался по отношению к мощности первого горизонта) и пяти относительных размеров приемной линии MN , а именно $MN/AB = 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 1/3$ (рис. 4, 5).

Анализ отличий реально измеряемой напряженности электрического поля в центре линии AB с помощью приемной линии MN конечных размеров от ее теоретического значения (рис. 4) свидетельствует о том, что наличие проводящего горизонта существенно влияет на величину реально измеряемой напряженности.

Так, на разном $AB/h = 7$ (разрез с отношением $\rho_2/\rho_1 = 1/8$) напряженность поля, измеренная

линией MN малых размеров ($MN/AB = 0,15$), имеет отклонение от действительного значения на 6,5%. При применении приемной линии MN с предельно допустимой величиной отношения $MN/AB = 1/3$, это различие достигает 38%. В то же время для разрезов с $\rho_2/\rho_1 = 8$ отклонение существенно меньше, что свидетельствует о наличии значительно большей однородности электрического поля в центральной части линии питания AB вследствие экранирующих свойств слабопроводящего горизонта. На малом разном для моделей с $\rho_2 < \rho_1$ и $\rho_2 > \rho_1$ отклонение измеренной напряженности электрического поля от ее теоретического значения практически такое же, как и для случая однородного полупространства, рассмотренного выше.

Особый интерес, бесспорно, вызывает анализ отклонений кажущегося сопротивления ρ_k , которое измеряется симметричной четырехэлектродной установкой $AMNB$, от его теоретических значений, измеренных идеальной градиентной установкой (эти значения используются при интерпретации кривых МЭЗ методом подбора). Результаты соответствующих расчетов представлены на рис. 5.

Их анализ свидетельствует о том, что более существенное влияние на значения ρ_k , измеренные с применением линий MN разных размеров, оказывает наличие проводящего горизонта. Так, для разреза с $\rho_2/\rho_1 = 1/8$ отклонение ρ_k от его теоретического значения на разном $AB/h = 7$ при размере приемной линии $MN = 0,15AB$ составляет около 4%, а при размере $MN = 1/3AB$ – 22%. Нетрудно оценить возможные “ворота” кривой кажущегося сопротивления при переходе с линии $MN = 0,2AB$ на $MN = 1/3AB$. Такое расхождение может составить около 15–17% без учета горизонтальных неоднородностей, с которыми обычно связывают наличие “ворот”. В случае слабопроводящего горизонта в разрезе ($\rho_2 = 8\rho_1$) отклонение измеренного значения кажущегося сопротивления от его теоретического гораздо меньше и составляет от 1 до 6%, а для разреза с $\rho_2 = \infty$ достигает 7–7,5%.

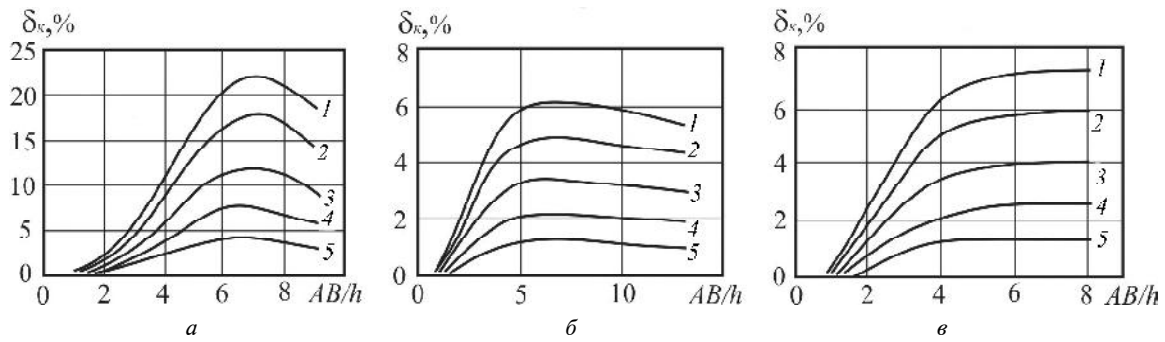


Рис. 5. Зависимость расхождения кажущихся сопротивлений, измеренных симметричными градиент- и четырехэлектродной $AMNB$ установками над двухслойными разрезами. Параметры разрезов: а – $\rho_2/\rho_1 = 1/8$; б – $\rho_2/\rho_1 = 8$; в – $\rho_2 = \infty$; отношение MN/AB : 1 – 1/3; 2 – 0,3; 3 – 0,25; 4 – 0,2; 5 – 0,15

Выполнен также анализ отклонений реально измеренных установкой $AMNB$ напряженности электрического поля и кажущегося сопротивления от их теоретических значений для установки градиента в случае, когда установки располагаются на поверхности тонкого проводящего слоя с продольной проводимостью S . В этой ситуации измеренное падение напряжения в приемной линии MN вычисляется по формуле

$$\Delta U = \frac{I}{\pi S} \ln \frac{1+\xi}{1-\xi}, \quad (25)$$

где $\xi = MN/AB$.

Соответственно, измеренная напряженность определится путем деления разности потенциалов (25) на размер приемной линии: $E_x = \Delta U/MN$. Ее действительное теоретическое значение в центре линии AB вычисляется по формуле

$$E_x^r = \frac{I}{\pi S} \frac{1}{AB/2}. \quad (26)$$

Следовательно, отклонение $\delta_E = (E_x/E_x^r - 1)100\%$ будет равно:

$$\delta_E = \left[\frac{1}{2} \frac{1}{\xi} \ln \frac{1+\xi}{1-\xi} - 1 \right] 100\%. \quad (27)$$

Измеренное установкой $AMNB$ кажущееся сопротивление ρ_k на поверхности тонкого проводящего слоя и его теоретическое значение ρ_k^r описывается соотношениями

$$\rho_k = \pi \frac{AB^2 - MN^2}{4MN} \frac{\Delta U}{I} = \frac{AB}{4S} \frac{1-\xi^2}{\xi} \ln \frac{1+\xi}{1-\xi}, \quad (28)$$

$$\rho_k^r = (AB/2)/S. \quad (29)$$

Таким образом, отклонение значений ρ_k от ρ_k^r будет иметь вид

$$\delta_k = (\rho_k/\rho_k^r - 1)100\% = \left[\frac{1}{2} \frac{1-\xi^2}{\xi} \ln \frac{1+\xi}{1-\xi} - 1 \right] 100\%. \quad (30)$$

Отклонение δ_E и δ_k для разных соотношений размеров линии MN по отношению к линии питания AB показано на рис. 6.

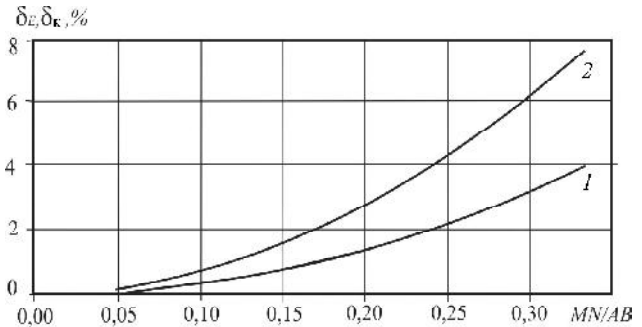


Рис. 6. Зависимости погрешности определения напряженности поля (δ_E) в центре линии AB , расположенной на тонком проводящем слое (1), и расхождения кажущихся сопротивлений (ρ_k), измеренных симметричными градиент- и четырехэлектродной $AMNB$ установками (2), от относительных размеров приемной линии

Согласно результатам расчетов, отклонение измеренной напряженности поля от ее действительного значения при размерах приемной линии $MN/AB < 1/3$ не превышает 4 %, а отклонение кажущегося сопротивления – 7,5 %. На рис. 5, в зависимость отклонения ρ_k , измеренного на поверхности двухслойного разреза с изолирующим основанием ($\rho_2 = \infty$), от его теоретического значения при асимптотически больших отношениях AB/h выходит на асимптоты, которые определяются графиком 2 на рис. 6. С принципиальной точки зрения, это логично и свидетельствует о правильности расчетов.

Выводы.

1. Геометрия установки и структура геоэлектрического разреза могут существенно влиять на значение измеряемого кажущегося сопротивления.
2. На несоответствие измеряемого кажущегося сопротивления его теоретическому значению существеннее влияют высокопроводящие горизонты в разрезе, чем слабопроводящие.
3. Переход от измерений ρ_k с приемными линиями MN меньших размеров к измерениям с линиями MN больших размеров (в точках перекрытия) может давать существенно разный результат, даже при отсутствии горизонтальной неоднородности в разрезе. Особенно это может быть ощутимым, когда в структуре раз-

- реза есть промежуточные высокопроводящие горизонты.
4. С учетом результатов выполненного анализа и повышенных требований к точности работ при выполнении микроэлектрондирований методическое требование относительно размеров приемной линии *MN* необходимо сделать более жестким, а именно линия *MN* не должна превышать $0,22 AB$.
 5. Точность исследования методом МЭЗ можно повысить путем разработки программ автоматизированной количественной интерпретации экспериментальных данных, учитывающих в операторе решения прямой задачи размеры приемной линии *MN*.
1. *Вижева С.А.* Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. – К.: Обрії, 2004. – 236 с.
 2. *Онищук І.І.* Геоелектричне вивчення підтоплення центральної частини Національного комплексу “Експоцентр України” // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2002. – № 21. – С. 61–63.
 3. *Онищук І.І.* Застосування екогеофізичних досліджень при вивченні підтоплених ґрунтів // Там само. – 2001. – Вип. 20. – С. 67–70.
 4. *Онищук І.І., Рева М.В.* Принципи геофізичного картування стану земель // Там само. – 2004. – № 29/30. – С. 36–40.
 5. *Бурсиан В.Р.* Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. – Л., 1972. – 368 с.
 6. *Электрическое зондирование геологической среды* / Под ред. В.К. Хмелевского, В.А. Шевнина. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – Ч.1. – 175 с.
 7. *Якубовский Ю.В., Репард И.В.* Электроразведка. – М.: Недра, 1991. – 359 с.
- Поступила в редакцию 11.03.2009 г.*

Н.В. Рева, В.И. Онищук, И.И. Онищук

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВЫХ УСТАНОВОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИКРОЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЙ

Приведены результаты расчетов влияния размеров заземлений и геометрических параметров установок микроэлектрондирований на точность измерений. Даны рекомендации по обеспечению оптимальных технологических характеристик установок микроэлектрондирований.

М.В. Рева, В.І. Онищук, І.І. Онищук

ПРО ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЬОВИХ УСТАНОВОК ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МІКРОЕЛЕКТРОЗОНДУВАНЬ

Наведено результати розрахунків впливу розмірів заземлень і геометричних параметрів установок мікроелектрондировань на точність вимірювань. Запропоновано рекомендації щодо забезпечення оптимальних технологічних характеристик установок мікроелектрондировань.