Вовчев А.
МГУ, геологический ф-
info@geoelectric.

Особенности низкочастотного электрического поля в воздухе

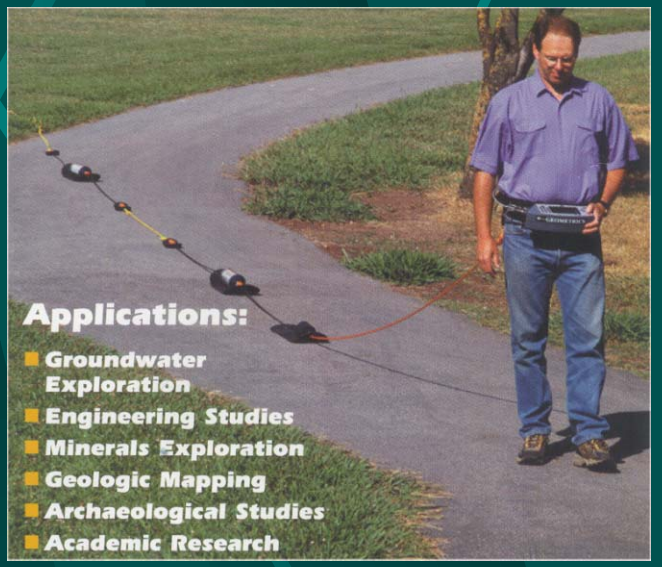
- Примеры аппаратуры
- Поле от источника в воздухе
- Зависимость поля в воздухе от геоэлектрического разреза

Западная аппаратура бесконтактной низкочастотной электроразведки

GEOMETRICS

OhmMapper

f=16.5 kHz



Iris Instruments **Corim**, f=12 kHz

ЭРА, f=625Hz

Кулоновская и индукционная составляющие переменного электрического поля

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = (\sigma - i\omega\varepsilon\varepsilon_0)\mathbf{E}$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = i\omega\mu\mathbf{H}$$

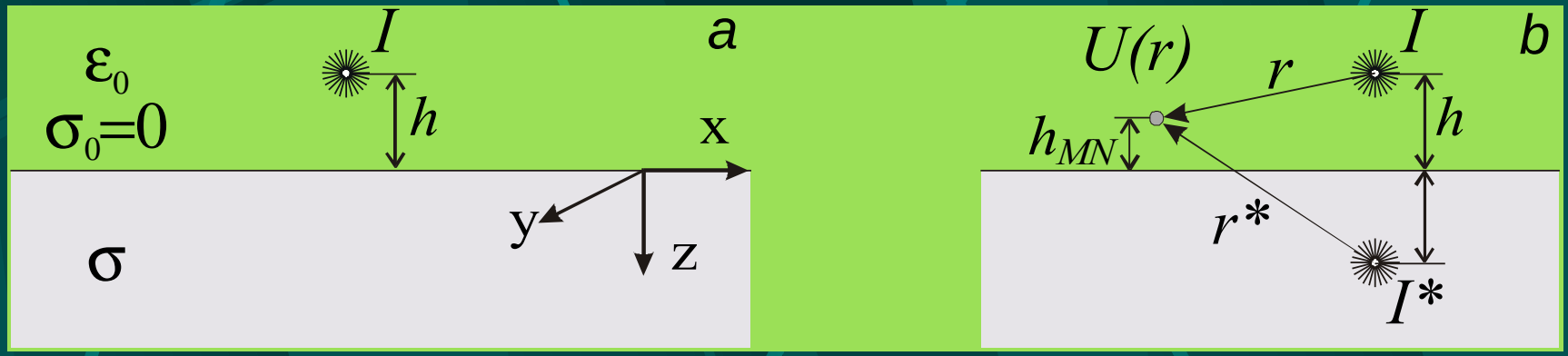
$$\mathbf{E} = i\omega\mu\mathbf{A} - \operatorname{grad}U$$

$$\mathbf{E}_{инд} = i\omega\mu\mathbf{A}$$

$$\mathbf{E}_{кул} = -\operatorname{grad}U$$

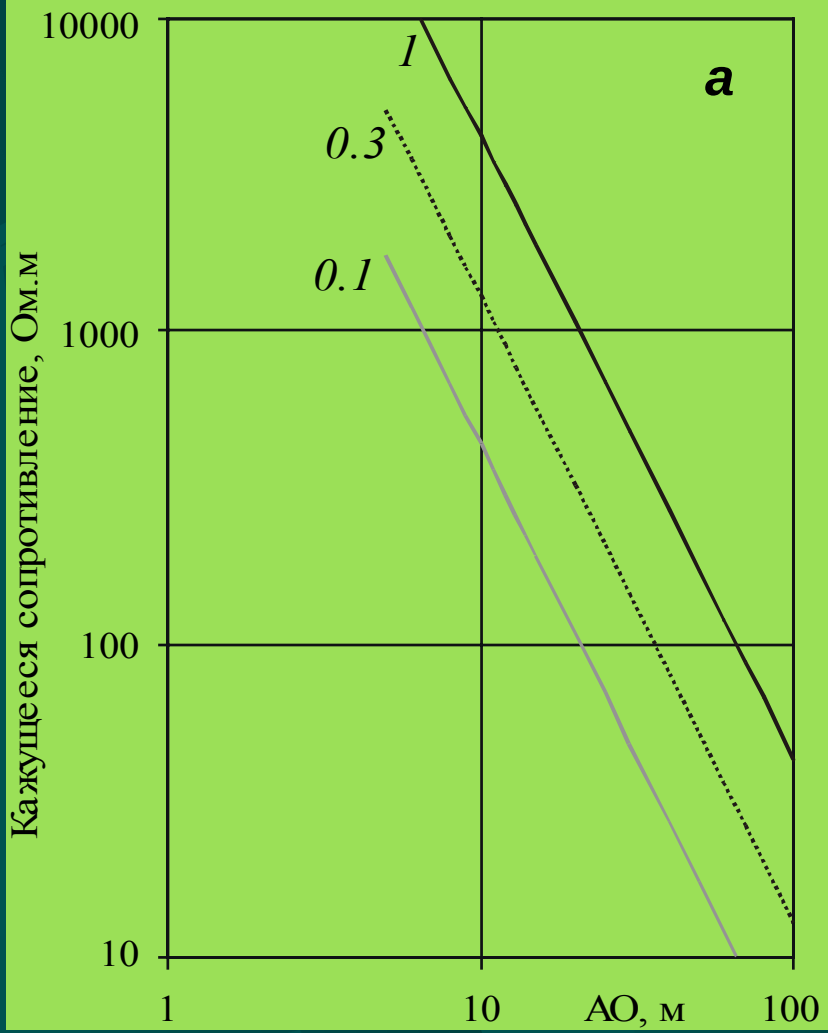
$$\operatorname{div}(\sigma - i\omega\varepsilon\varepsilon_0)\operatorname{grad}U = 0$$

Поле емкостного электрода



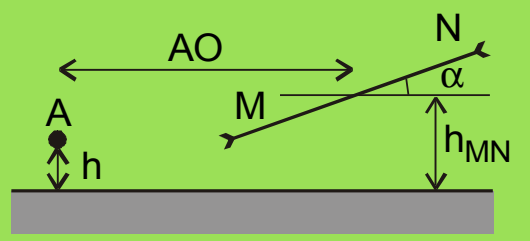
$$\begin{cases} U(r) = \dfrac{I}{i\omega\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{4\pi r} + K_{12}\dfrac{1}{4\pi r^*}\right) \approx \dfrac{I}{2\pi r^*\sigma} + i\dfrac{I}{\omega\varepsilon_0 4\pi}\left(\dfrac{1}{r} - \dfrac{1}{r^*}\right), & z \le 0, \\ U(r) = \dfrac{I}{i\omega\varepsilon_0}\dfrac{1}{4\pi r}\left(1 + K_{12}\right) \approx \dfrac{I}{2\pi r\sigma}, & z \ge 0. \end{cases}$$

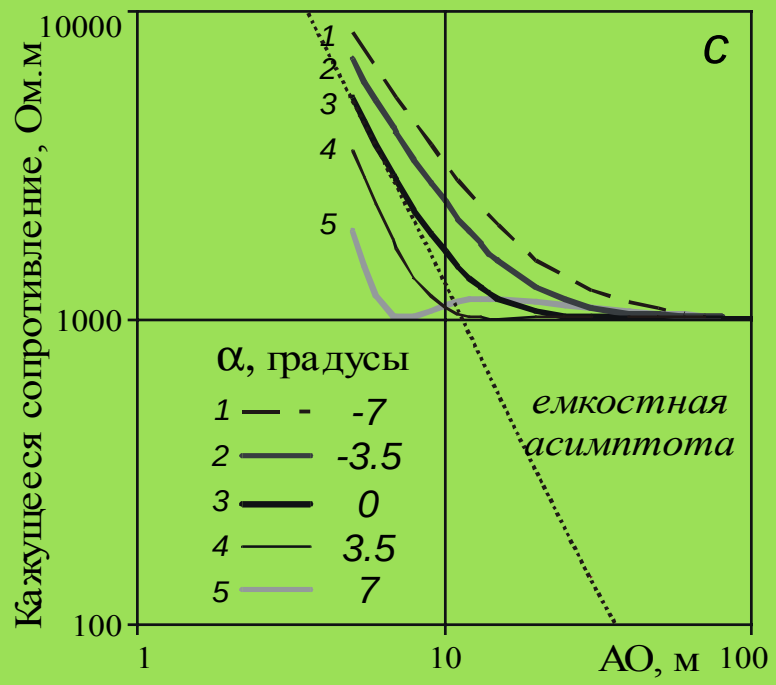
Емкостная асимптота (h=5мм)

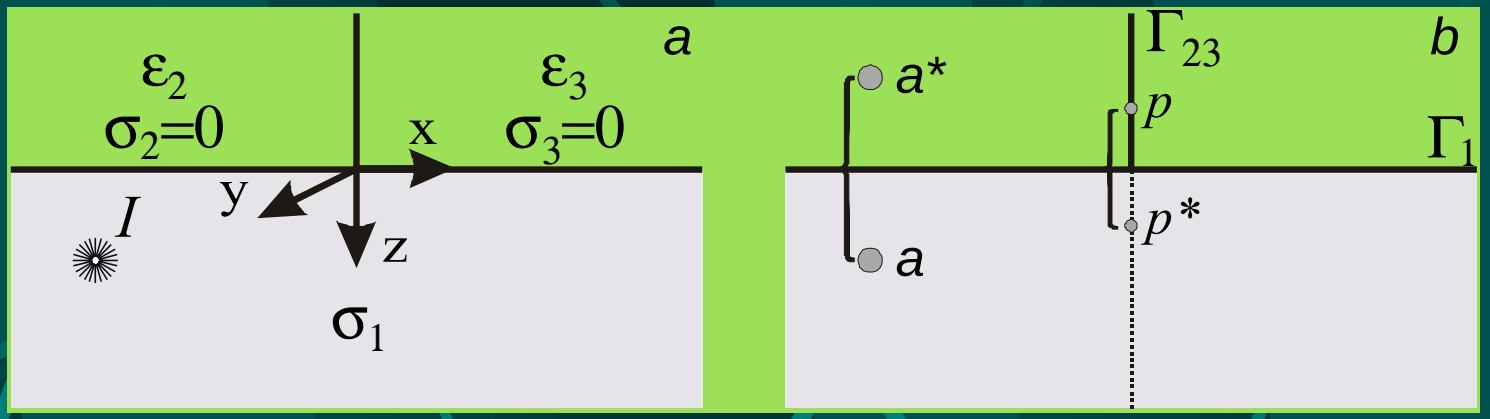


Кажущееся сопротивление при раздичных углах наклона антенны

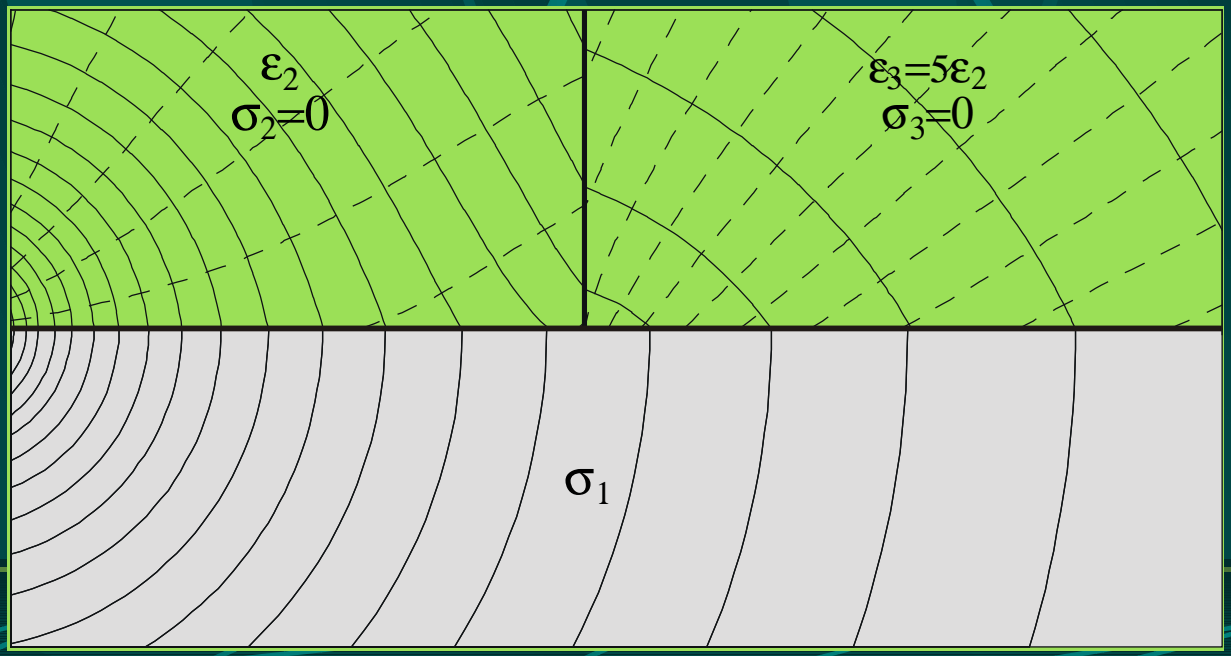
h_{MN}=0.3м, ρ=1 КОм



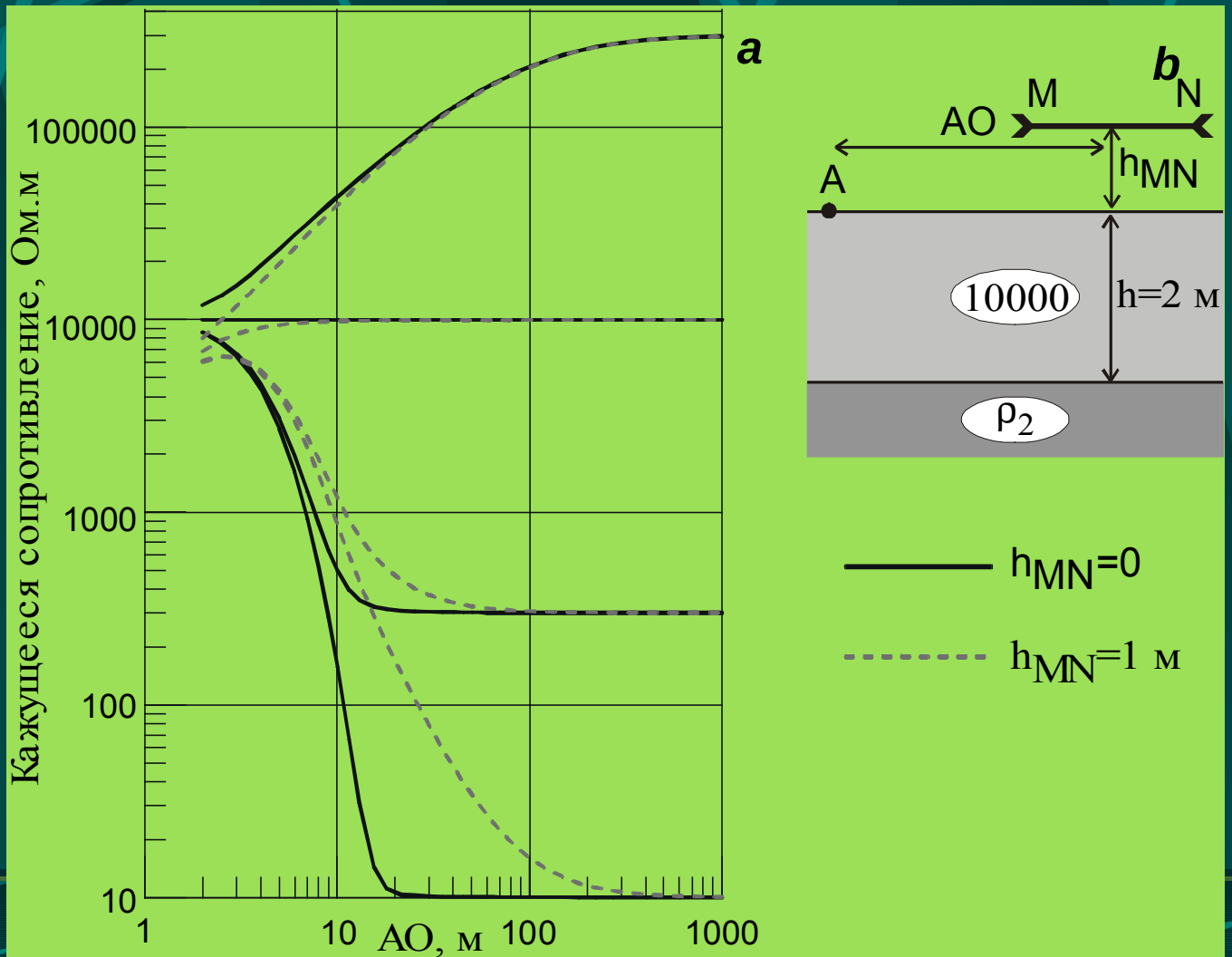




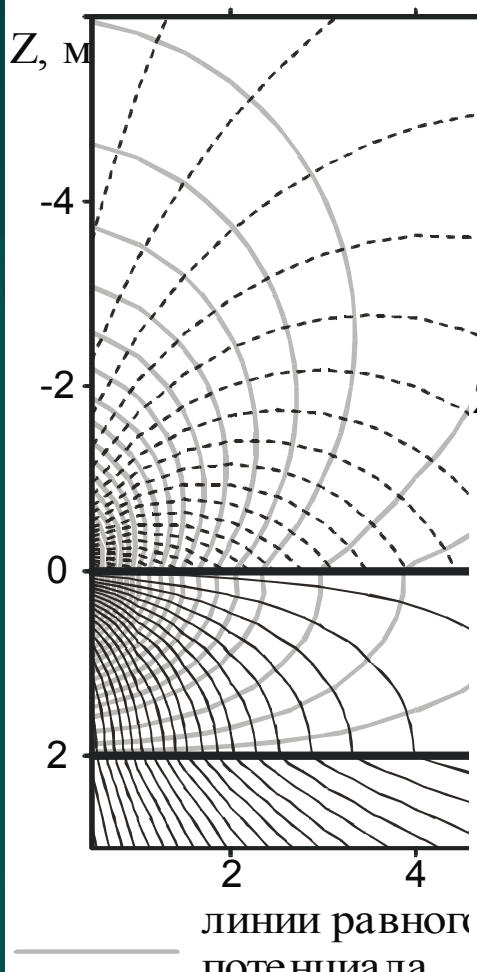
$$U_{23}(m) = \frac{2I}{\sigma_1} G(a,m) + \iint_{\Gamma_{23}} \frac{\Sigma(p)}{\varepsilon_0} \left(G(p,m) - G(p^*,m) \right) \, dy_p dz_p$$

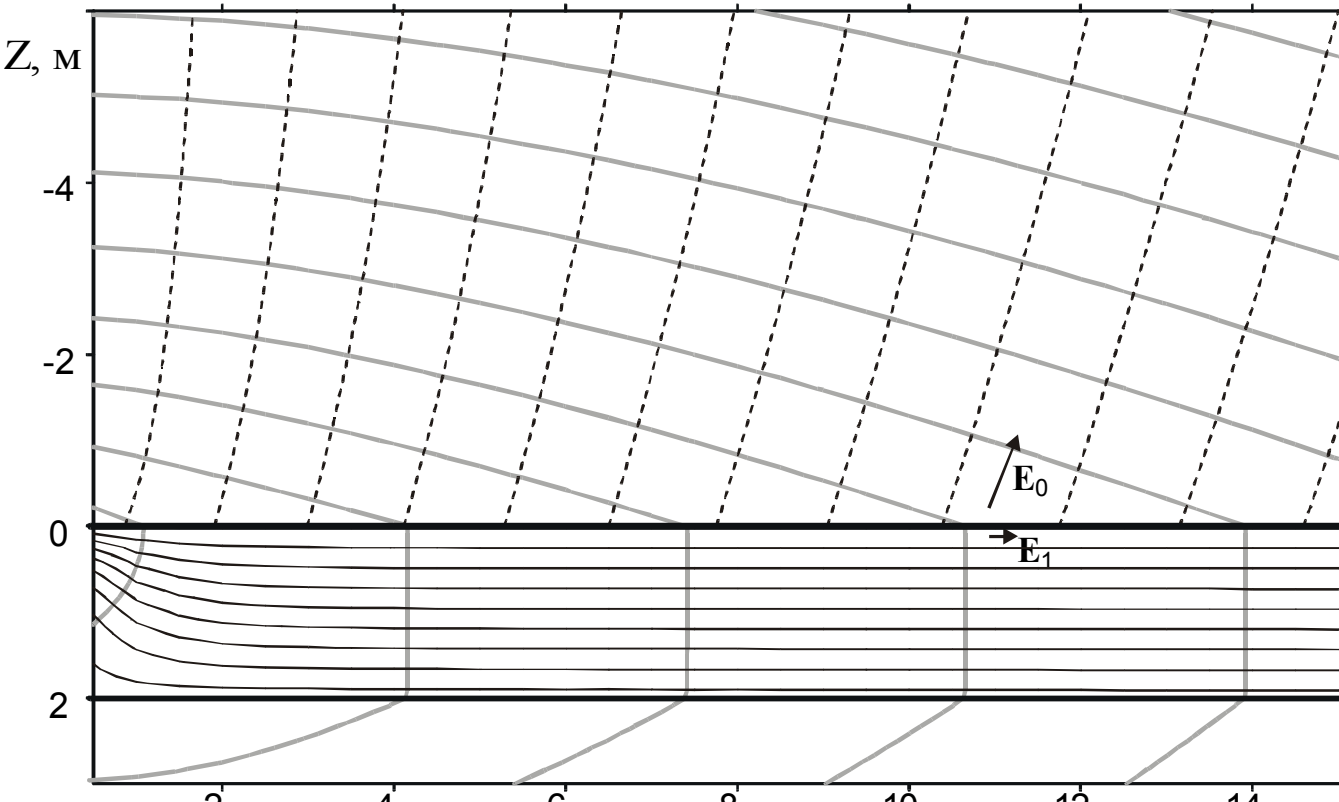


Зависимость электростатических искажений от типа разреза

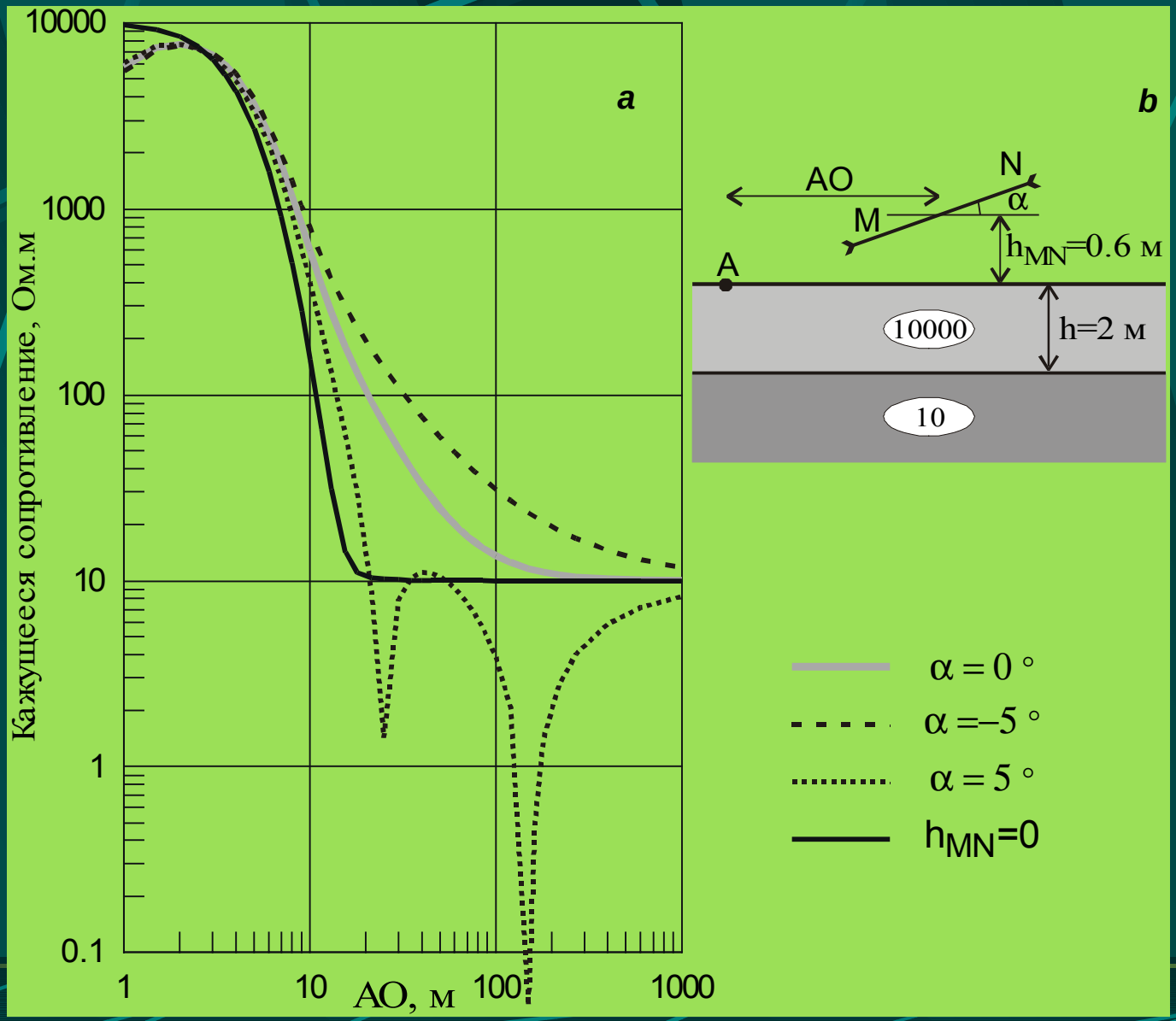


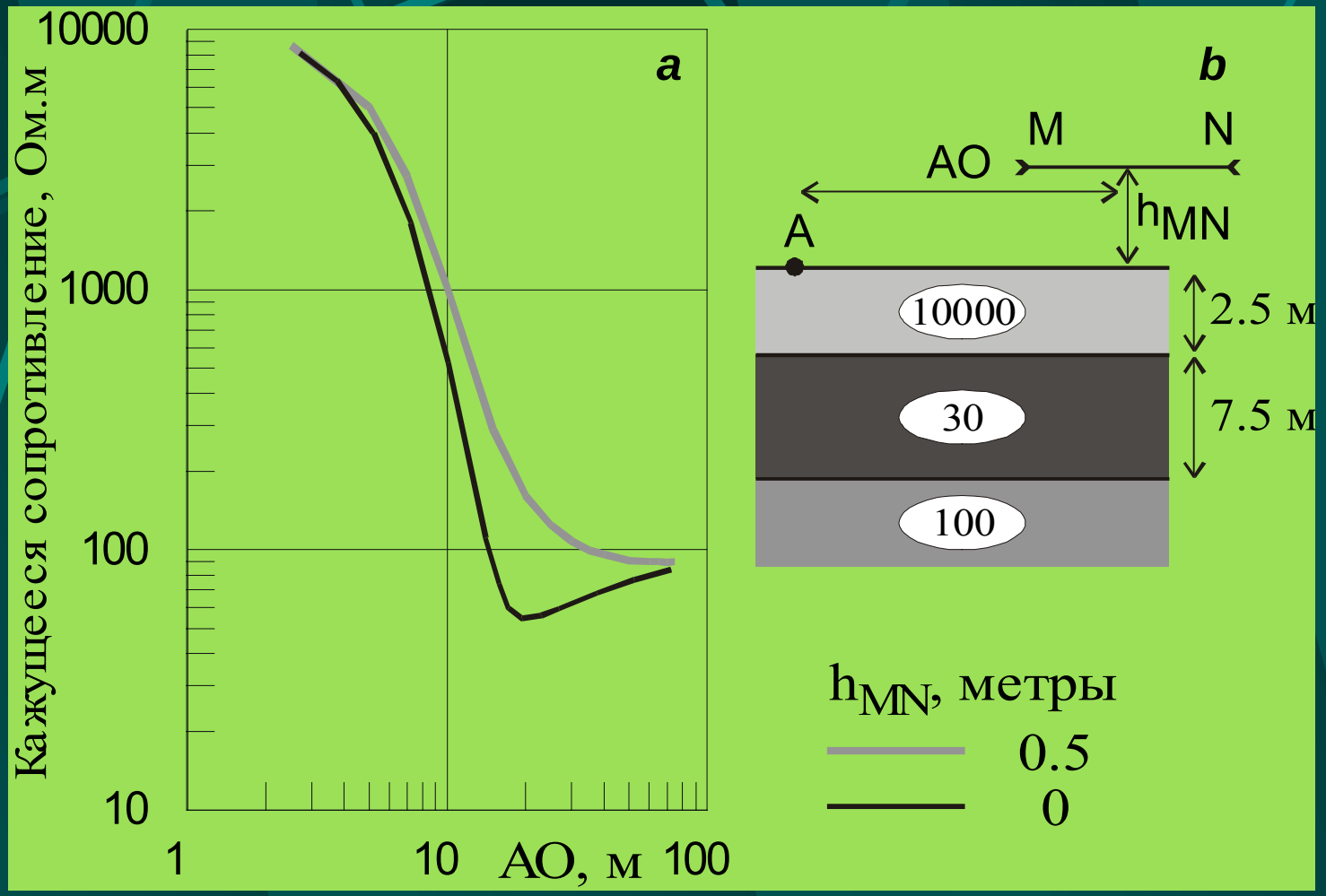
Структура электрического поля в двухслойной модел с проводящим основанием



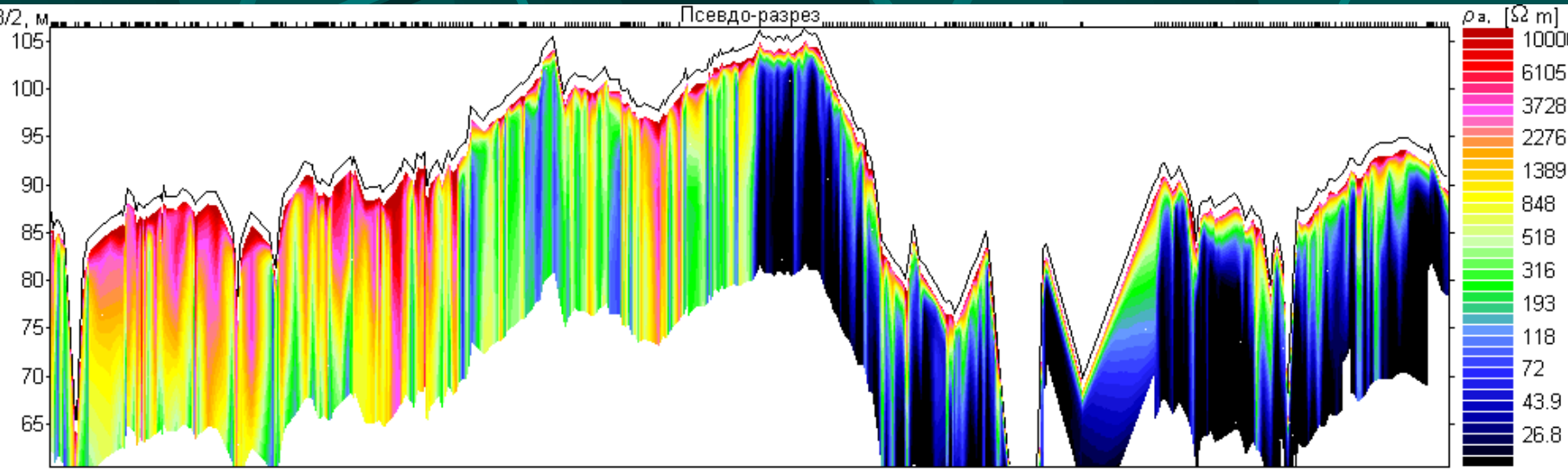


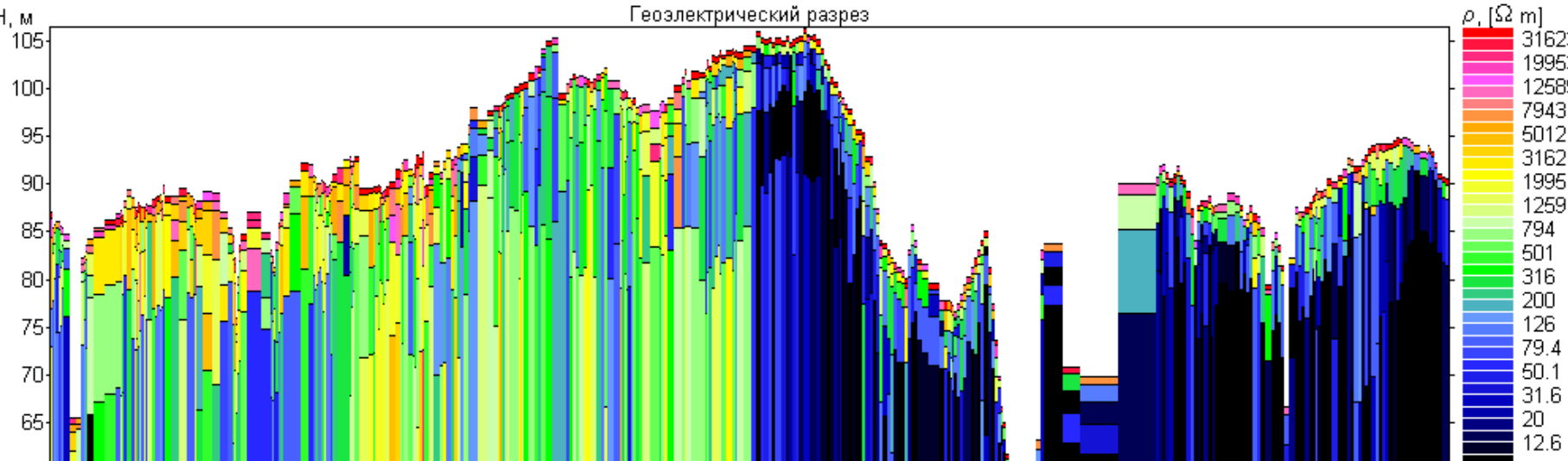
Кажущееся сопротивление при различных углах наклона антенны

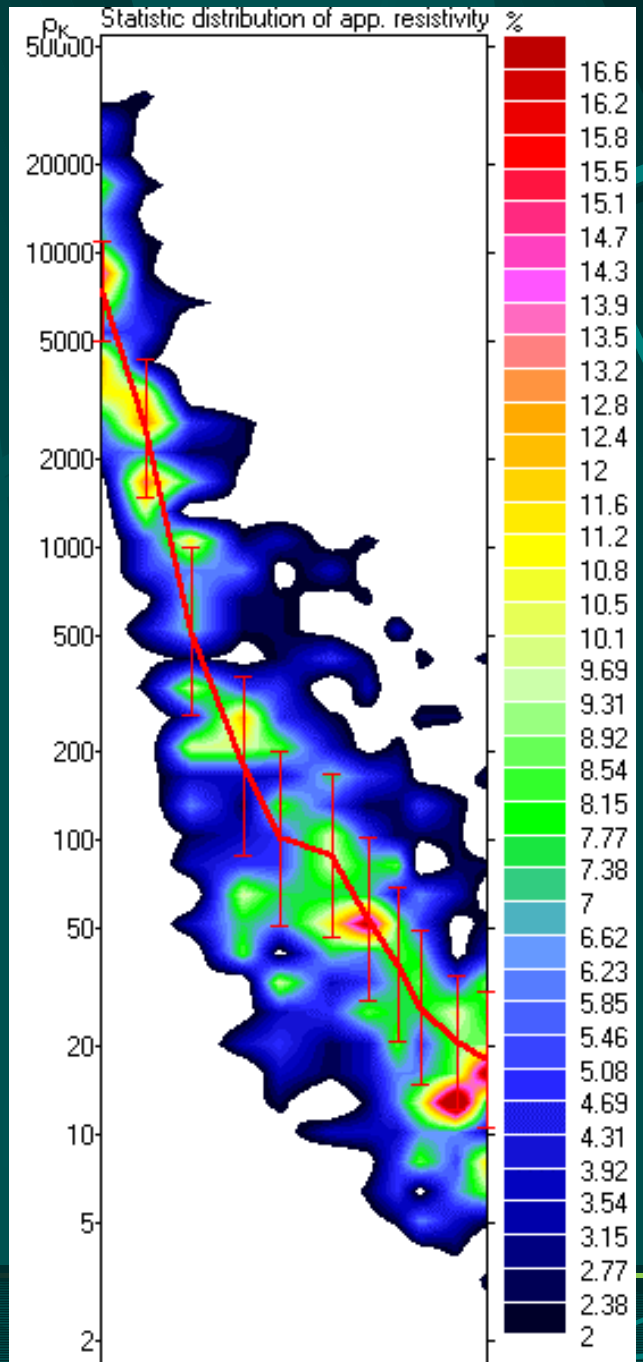


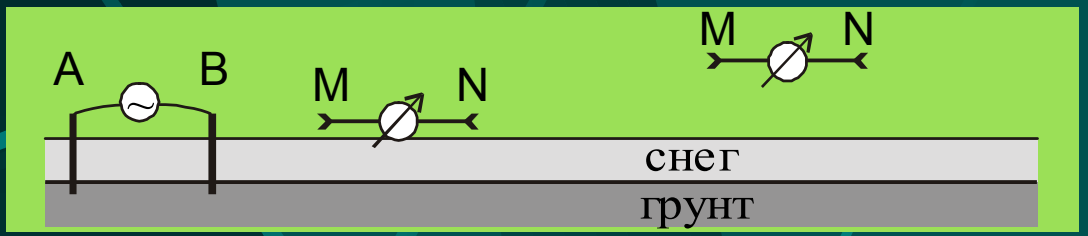

a
b
10000
1000
100
10
Кажущееся сопротивление, Ом.м
1
10
AO, м
100
M
N
AO
A
h_{MN}
10000
30
100
2.5 м
7.5 м
h_{MN}, метры
0.5
0

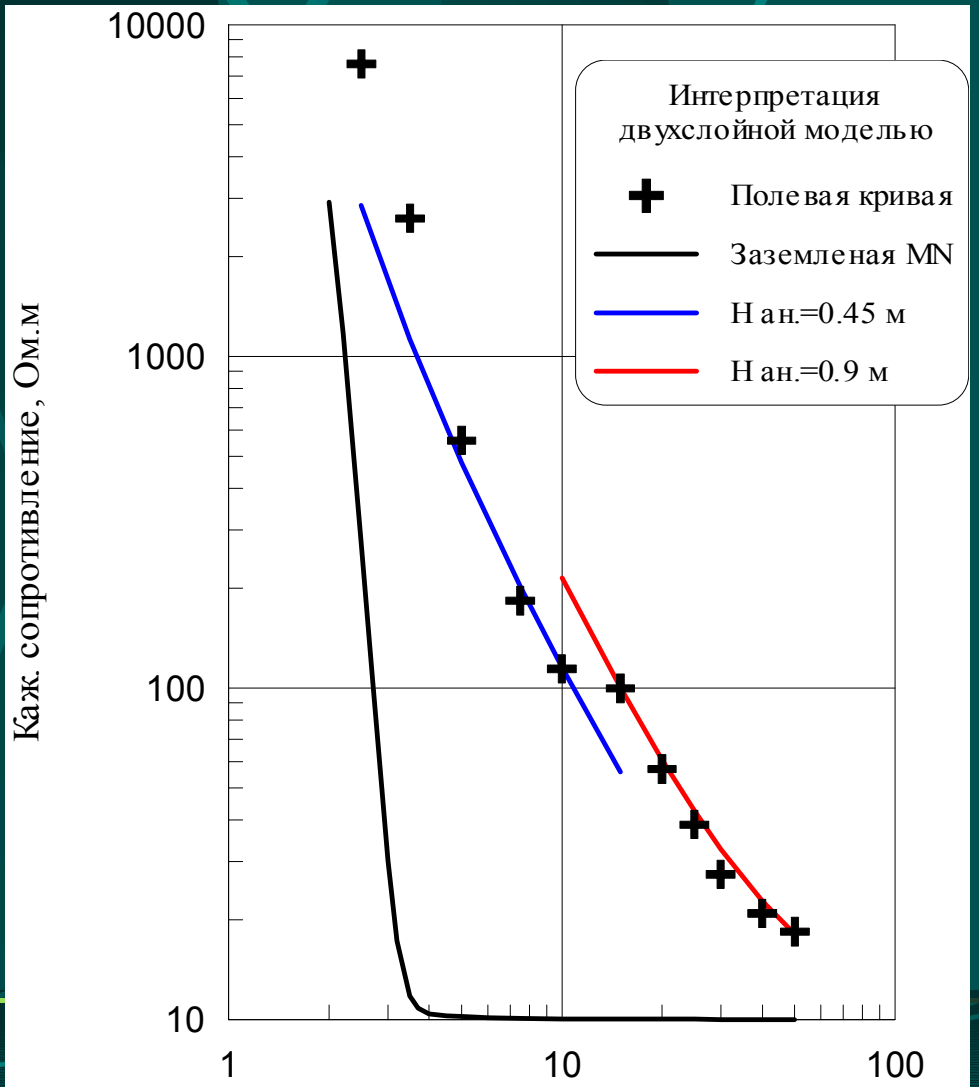
Пример зимних полевых работ в республике Коми






Statistic distribution of app. resistivity
ρк
%
50000
20000
10000
5000
2000
1000
500
200
100
50
20
10
5
2
16.6
16.2
15.8
15.5
15.1
14.7
14.3
13.9
13.5
13.2
12.8
12.4
12
11.6
11.2
10.8
10.5
10.1
9.69
9.31
8.92
8.54
8.15
7.77
7.38
7
6.62
6.23
5.85
5.46
5.08
4.69
4.31
3.92
3.54
3.15
2.77
2.38
2


A
B
M
N
M
N
снег
грунт


10000
1000
100
10
1
10
100
Каж. сопротивление, Ом.м
Интерпретация
двухслойной моделью
Полевая кривая
Заземленая MN
Н ан.=0.45 м
Н ан.=0.9 м

Сопоставление интерпретации и данных бурения

- Первый слой
  - ρ = 15000 Ом.м
  - h = 0.25 м
- Второй слой
  - ρ = 10 Ом.м

- 0 – 0,2 м
  мохо-растительный слой
- 0,2 – 0,4 м: торф
- 0,4 – 6 м : глина
- 6 - … м : суглинки

Выводы

- Для моделей, в которых допустимо пренебрежение электромагнитной индукции, расчеты низкочастотного электрического поля аналогичны решению задачи по расчету стационарного электрического поля.
- Отличительной особенностью электрического поля в воздухе у поверхности земли является то, что оно содержит как горизонтальную, так и вертикальную компоненту. Соотношение между этими компонентами определяет зависимость поля в воздухе от высоты и угла наклона приемной антенны. Оно за-висит от геоэлектрического разреза.
- Наиболее удобным индикатором наличия искажения кривой ВЭЗ является зависимость кажущегося сопротивления от угла наклона антенны. Чем слабее эта связь, тем меньше искажающий эффект подъема антенны. В неблагоприятных разрезах изменение угла наклона антенны на первые градусы приводит к изменению измеряемого сигнала в разы.