

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра Геофизики

**«Магнитотеллурические зондирования в
присутствии трещиноватых сред»**

название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 5 курса 501 группы
направления (специальности) 05.03.01 Геология
код и наименование направления (специальности)
геологического факультета Саратовского
национального исследовательского государственного университета
имени
Н.Г. Чернышевского
наименование факультета, института, колледжа
Давлетовой Жанны Ибатулловны
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доктор физ.-мат. наук, профессор
должность, уч. степень, уч. звание, дата, подпись

В. П. Губатенко
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

кандидат геол.-мин. наук, доцент
должность, уч. степень, уч. звание, дата, подпись

Е.Н. Волкова
инициалы, фамилия

Саратов 2016 год

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к эффекту Максвелла-Вагнера в электроразведке возник в связи с изучением аномальных явлений, наблюдаемых при электромагнитных зондированиях мелкослоистых сред. Этот эффект проявляется в полях, содержащих электрическую компоненту, нормальную к напластованию. Сущность эффекта состоит в том, что эффективная диэлектрическая проницаемость мелкослоистой среды в области низких частот во много раз превышает диэлектрическую проницаемость отдельных слоев слагающих среду.

Показано, что интерпретация этих кривых в традиционном для геоэлектрики квазистационарном приближении может повести к появлению ложных горизонтов, а осцилляции кажущих сопротивлений и фаз импеданса принята за помехи или погрешности измерения.

Целью настоящей работы является изучение эффекта Максвелла-Вагнера на примере магнитотеллурических зондирований в присутствии проводящего трещиноватого слоя, подстилаемого изолятором. Для достижения этой цели проведем расчеты амплитудных и фазовых кривых магнитотеллурических зондирований в области проявления эффекта Максвелла-Вагнера.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В бакалаврской работе рассмотрено проявление эффекта Максвелла-Вагнера при магнитотеллурических зондированиях трещиноватого проводящего слоя, подстилаемого изолятором. Такая модель геоэлектрической проводящей среды изображена на рисунке 1. Слой, определяемый мощностью h , проводимостью σ_2 и диэлектрической проницаемостью ϵ_2 , пронизан системой изотропных трещин с параметрами σ_1 , ϵ_1 . Плоскости напластований трещин параллельны оси OY и наклонены к оси OZ под углом φ . Трещины имеют толщину d_1 , а расстояние между ними равно d_2 . Будем считать среду немагнитной, то есть $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$

Гн/м. Верхнее полупространство рассматривается как идеальный квазистатический диэлектрик с проводностью $\hat{\sigma}_e = 0$ (не учитываются токи проводимости и смещения). Электромагнитное поле возбуждается вертикально падающей H -поляризованной плоской волной $\{\mathbf{E}_x^0, \mathbf{H}_y^0\}$ с круговой частотой ω .

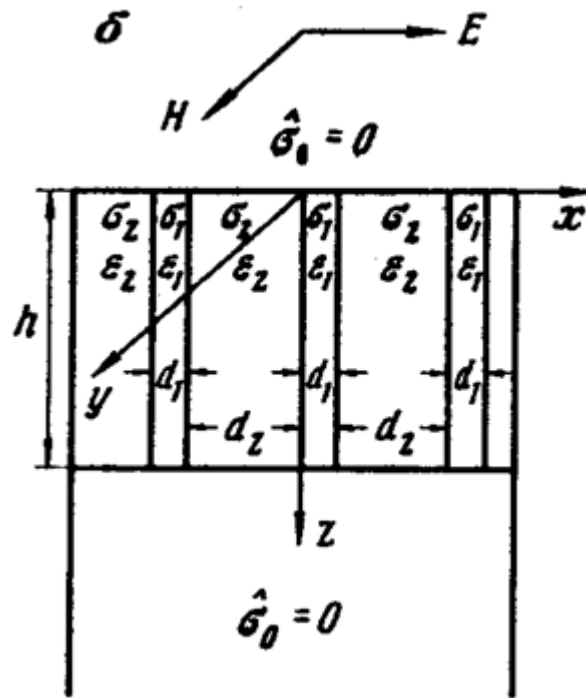


Рисунок 1 -Трещиноватый проводящий слой, подстилаемый изолятором.

После усреднения электромагнитного поля при достаточно малых d_1 и d_2 получаем модель проводящего слоя в виде анизотропного слоя толщины h , характеризуемого комплексным тензором эффективной электропроводности:

$$\hat{\sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_\tau \sin^2 \varphi + \sigma_n \cos^2 \varphi & 0 & \sin \varphi \cos \varphi (\sigma_n - \sigma_\tau) \\ 0 & \sigma_\tau & 0 \\ \sin \varphi \cos \varphi (\sigma_n - \sigma_\tau) & 0 & \sigma_n \sin^2 \varphi + \sigma_\tau \cos^2 \varphi \end{pmatrix},$$

$$\sigma_n = \frac{\check{\sigma}_2 \check{\sigma}_1}{(1 - \alpha) \check{\sigma}_1 + \alpha \check{\sigma}_2}, \quad \sigma_\tau = \alpha \check{\sigma}_1 + (1 - \alpha) \check{\sigma}_2, \quad \alpha = d_1 / d_2,$$

$$\check{\sigma}_1 = \sigma_1 - i\omega \epsilon_1, \quad \check{\sigma}_2 = \sigma_2 - i\omega \epsilon_2.$$

Расчет усредненного поля \bar{E}_x, \bar{H}_y для такой модели среды и построение амплитудных ρ_{xy} и фазовых φ_{xy} кривых магнитотеллурических зондирований выполнены в комплексе программ O2. В качестве входных данных выбраны следующие параметры: $\sigma_1=10^{-7}$ См/м, $\sigma_2=10^{-1}$ См/м, $\epsilon_1=\epsilon_2=25 \epsilon_0$ (ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума), $\alpha = d_1 / d_2 = 10^{-4}$. Расчет проведен для углов $\varphi = 0^0, 45^0, 90^0$ наклона трещин и мощностей $h = 100$ м, 1000 м, 10000 м слоя. Как показали расчеты, влияние токов смещения на кривые магнитотеллурических зондирований ничтожно для угла $\varphi = 90^0$, однако для других углов наклона простирания трещин к оси OZ их проявление значимо. Кривые магнитотеллурических зондирований для углов $\varphi = 0^0, 45^0$ изображены на рисунках 2 – 13. По оси абсцисс отложен параметр \sqrt{T} , где $T = \frac{2\pi}{\omega}$ период колебаний. На всех рисунках красным цветом отмечены кривые с учетом токов смещения, а синим – квазистационарные кривые.

Как и следовало ожидать, начиная с достаточно низких частот кривые учитывающие токи смещения и квазистационарные кривые сливаются.

Наиболее интересной особенностью кривых ρ_{xy} и φ_{xy} в области проявления токов смещения является их осциллирующий характер.

Если толщина слоя невелика ($h=10^2$ м), то частота осцилляций кажущегося сопротивления и фазы мала. С увеличением толщины слоя ($h=10^3$ м) частота осцилляций резко возрастает, при этом с ростом h увеличивается и амплитуда колебаний. При очень большой толщине слоя ($h=10^4$ м) осцилляции исчезают. Физический механизм осцилляций объясняется интерференцией волн, многократно отраженных от нижней и верхней поверхности трещиноватого слоя. Частота и амплитуда осцилляций зависят от наложения фаз отраженных волн и их поглощения.

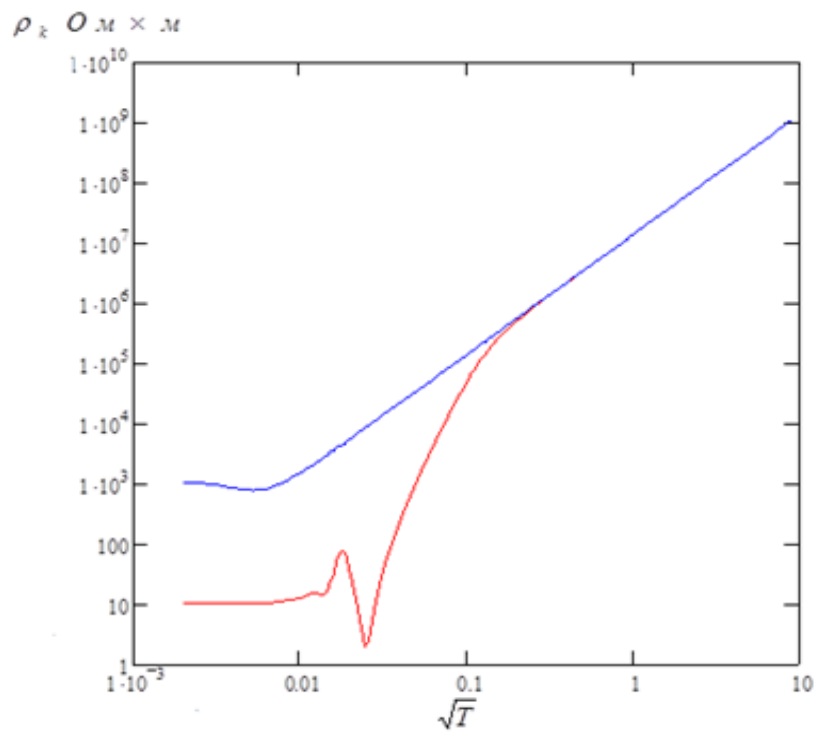


Рисунок 2 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 0^0, h = 100 \text{ м}$

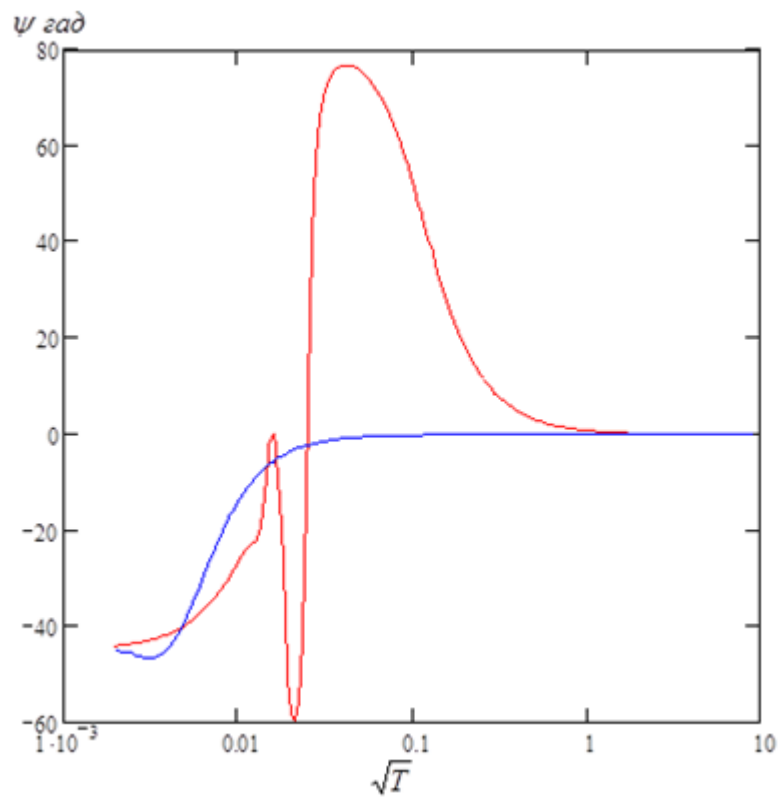


Рисунок 3 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 0^0, h = 100 \text{ м}$

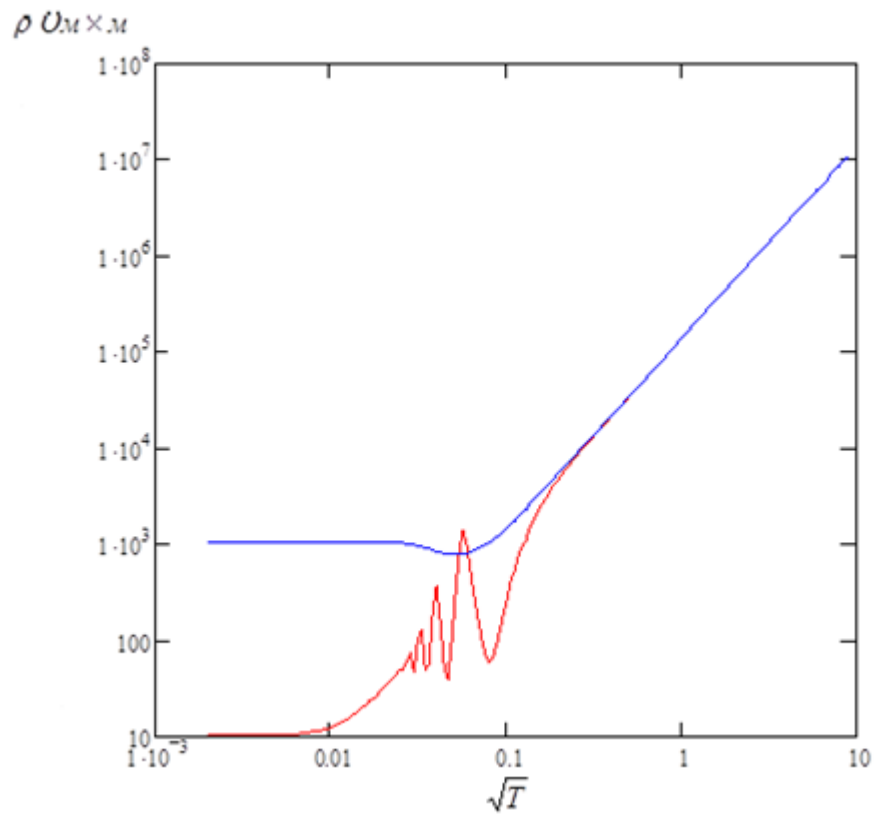


Рисунок 4 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 0^0$, $h = 1000 \text{ м}$

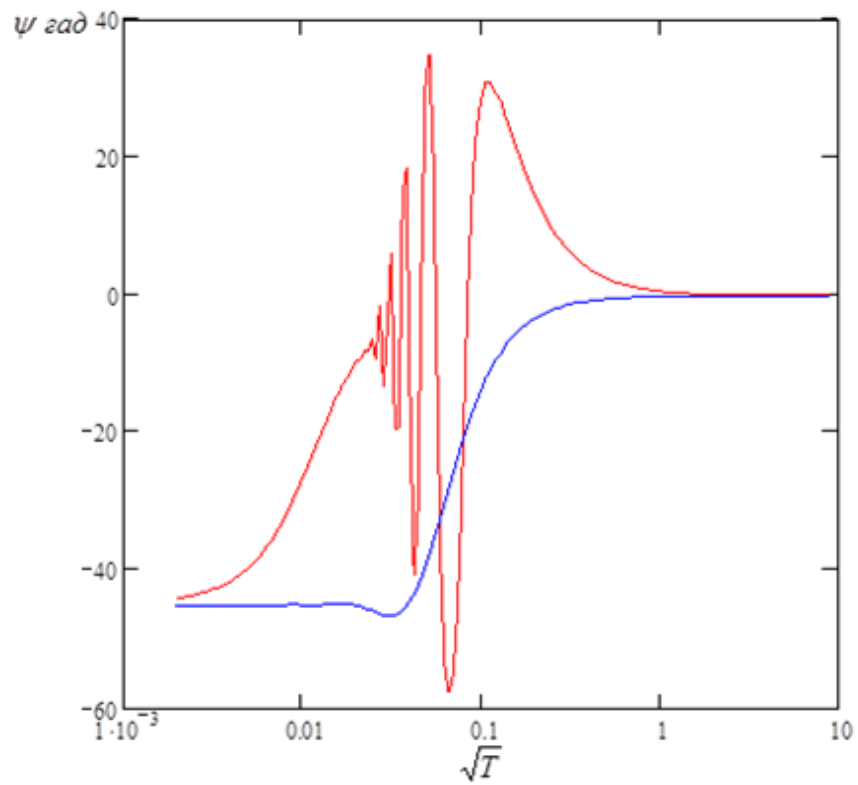


Рисунок 5 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 0^0$, $h = 1000 \text{ м}$

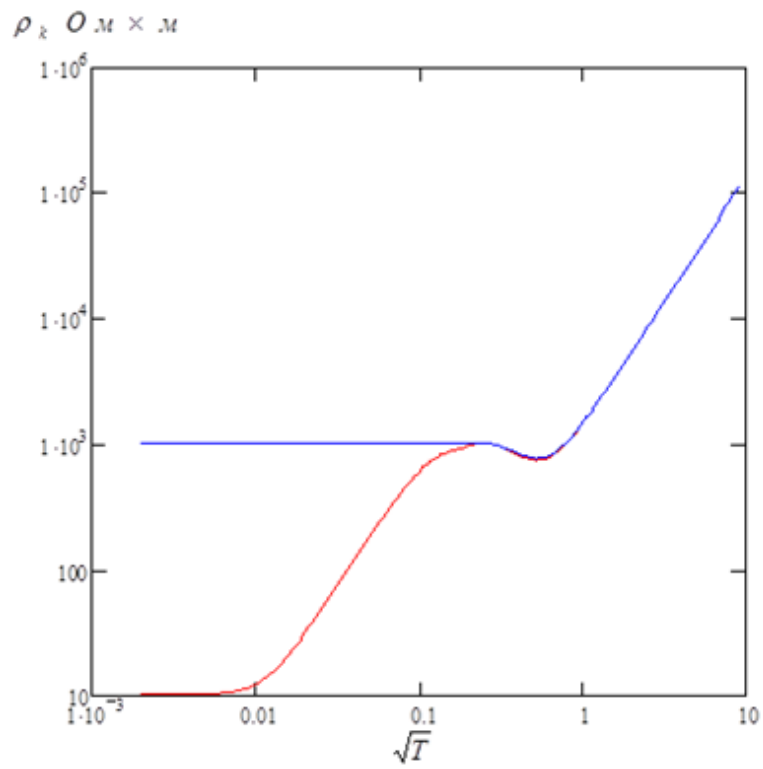


Рисунок 6 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 0^0$, $h = 10000$ м

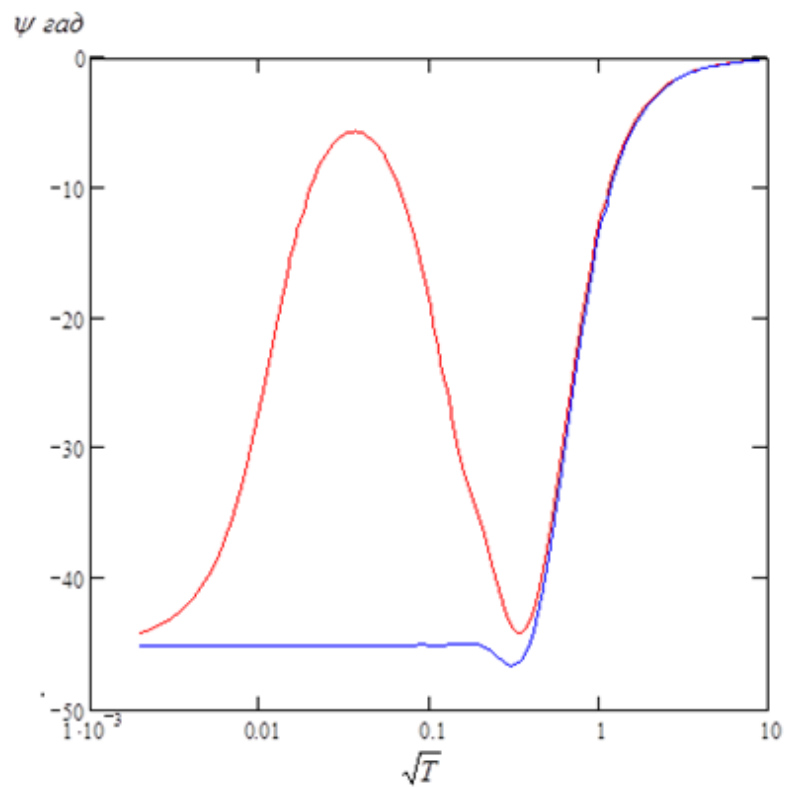


Рисунок 7 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 0^0$, $h = 10000$ м

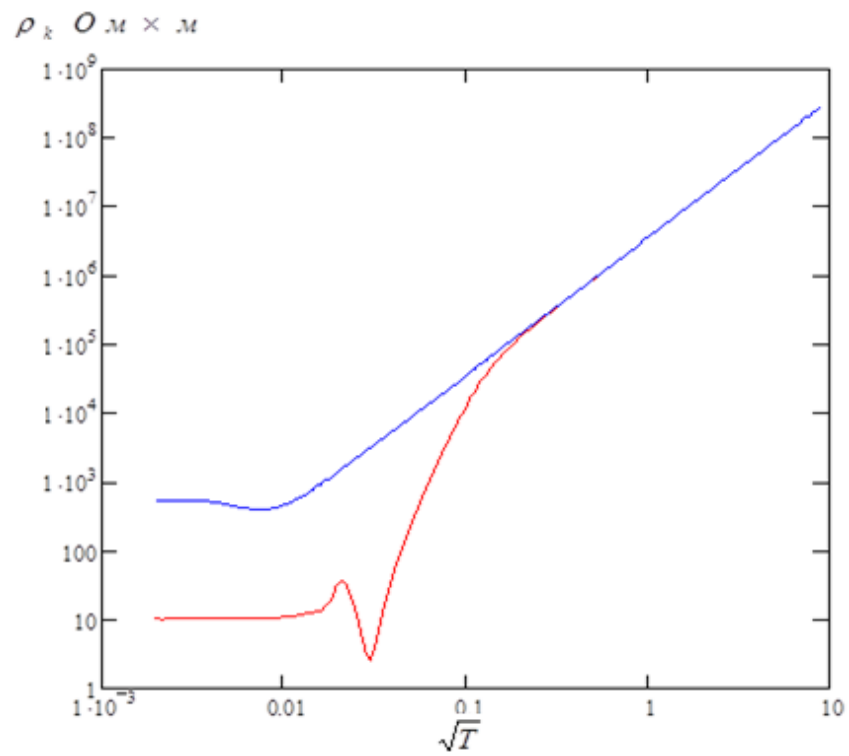


Рисунок 8 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 100$ м

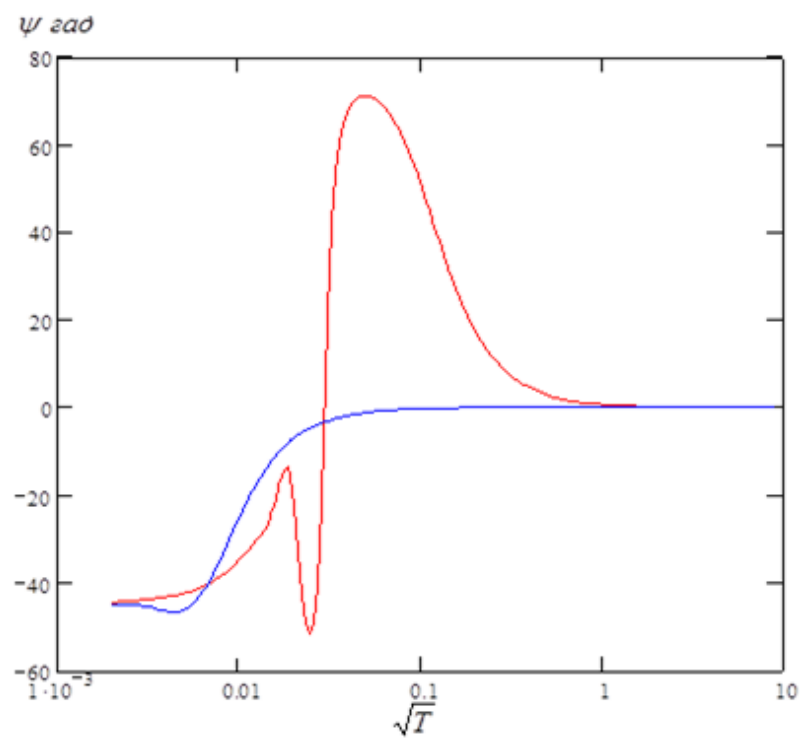


Рисунок 9 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 100$ м

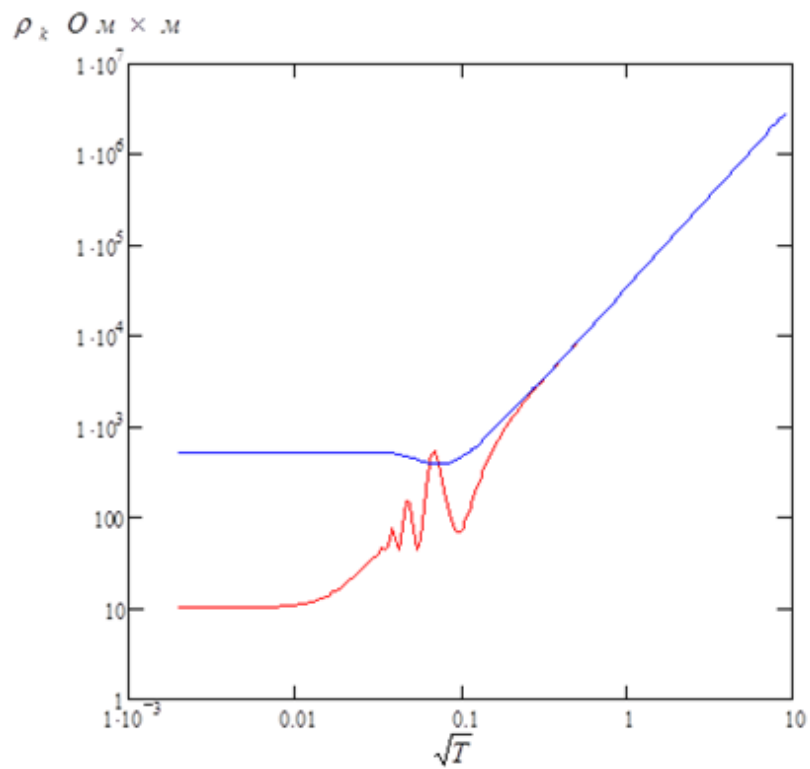


Рисунок 10 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 1000$ м

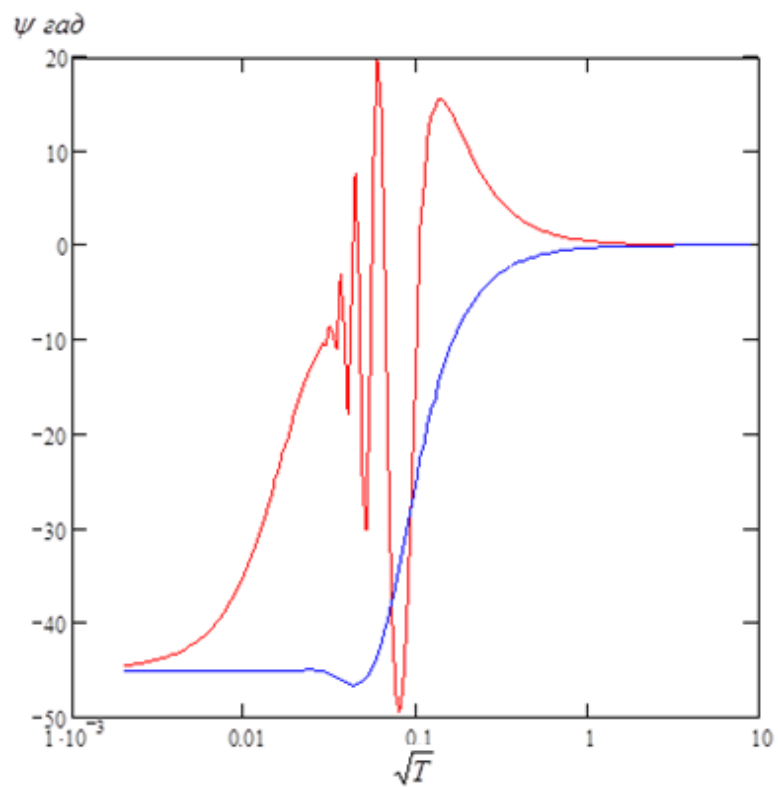


Рисунок 11 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 1000$ м

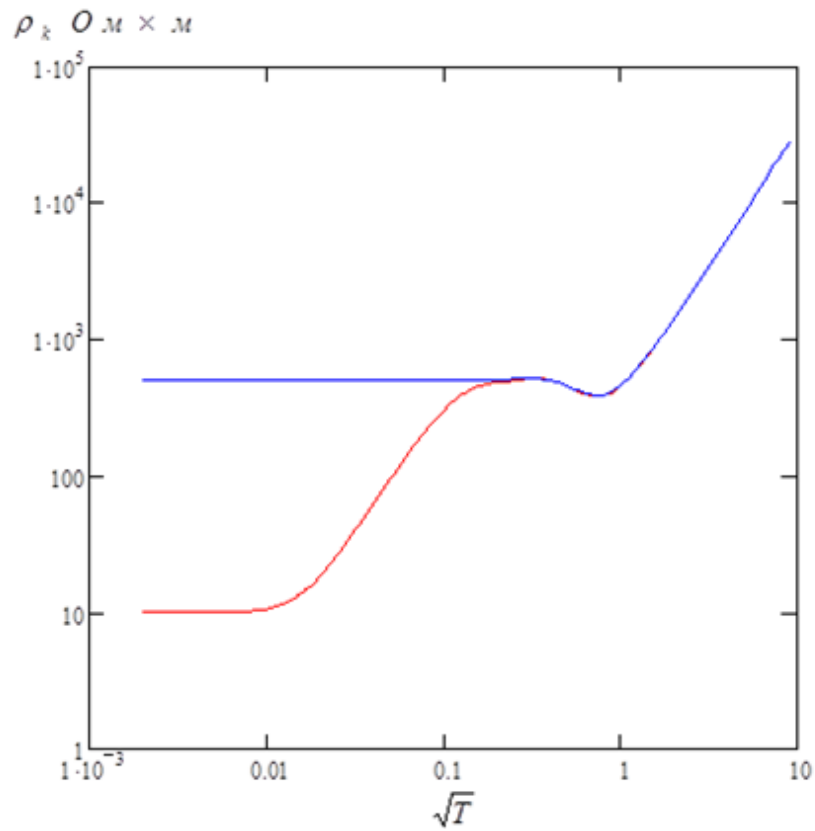


Рисунок 12 – Амплитудные кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 10000$ м

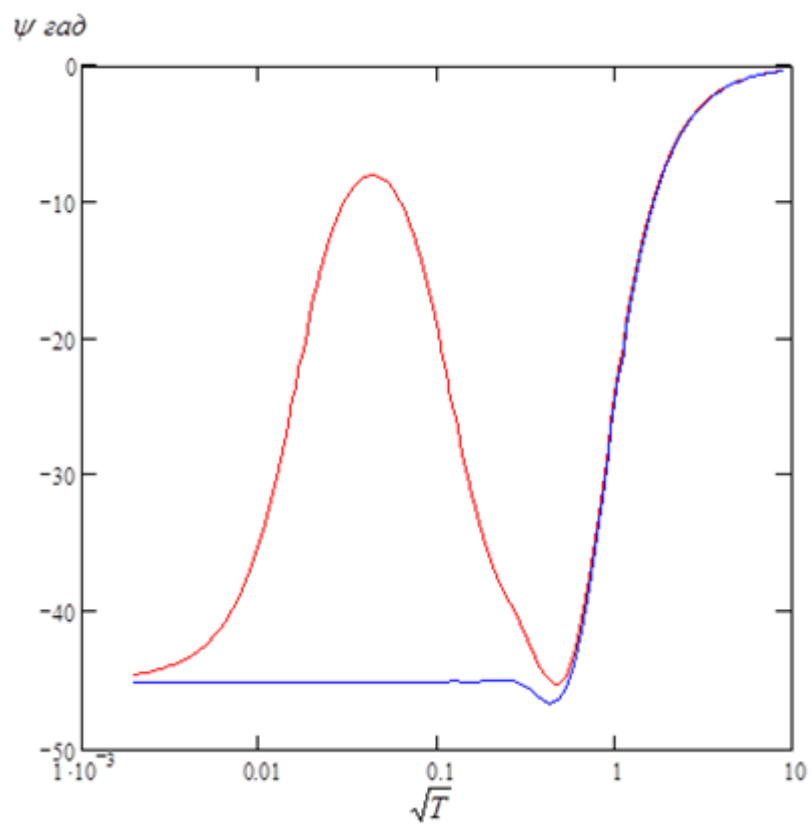


Рисунок 13 – Фазовые кривые МТЗ для $\varphi = 45^0$, $h = 10000$ м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей бакалаврской работе рассмотрены вопросы трещинообразования в горных породах. Изложены основы метода МТЗ, аппаратура для этого метода, методы качественной интерпретации, различные применения решения геологических задач. Получены следующие результаты:

1. Показано, что эффективная комплексная электропроводность горных пород может заметно зависеть от частоты электромагнитного поля при наличии в них относительно малой доли трещин.
2. Применяя комплекс программ О2 рассчитаны и построены амплитудные и фазовые кривые МТЗ в присутствии проводящего трещиноватого слоя, подстилаемого изолятором. Расчет проведен для различных углов простирания трещин и различной мощности слоя.
3. Показано, что на достаточно низких частотах электромагнитного поля кривые МТЗ, построенные с учетом токов смещения, сливаются с квазистационарными кривыми.
4. Кривые, учитывающие токи смещения, и квазистационарные кривые практически не отличаются в случае, когда направление простирания трещин совпадает с направлением наведенных в слое током.
5. Основной особенностью кривых МТЗ является их осциллирующий характер в области проявления токов смещения. При сравнительно небольшой толщине слоя частота осцилляций кажущегося сопротивления и фазы мала. С увеличением толщины слоя частота осцилляций возрастает, при очень большой толщине слоя осцилляции исчезают.
6. Частота и амплитуда осцилляций зависят от наложения фаз отраженных волн и их поглощения.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что в сильно неоднородных средах велика роль токов смещения. Поэтому

попытка формального упрощения многослойной среды путем объединения группы слоев в один слой может привести к ошибкам в интерпретации результатов электромагнитных зондирования.