

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

Кафедра Геофизики

**«Исследование трансформации Сидорова-Тикшаева
для многослойных проводящих сред»**

АВТОРЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студента 6 курса 631 группы
направления (специальности) 020302 Геофизика
код и наименование направления (специальности)
геологического факультета Саратовского национального исследовательского
государственного университета имени Н.Г. Чернышевского
наименование факультета, института, колледжа
Прохоров Павел Андреевич
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

В основе интерпретации данных становления поля лежит трансформация Сидорова-Тикшаева. Опыт применения этой трансформации для интерпретации полевых кривых показал, что кривые S_k кажущейся продольной проводимости хорошо коррелируют по профилю наблюдений и являются эффективным средством для расчленения геоэлектрического разреза. Вместе с тем, проверка возможностей трансформации Сидорова-Тикшаева исследована для небольшого числа проводящих слоев в разрезе. Представляет интерес изучения возможностей трансформации для достаточно большого числа слоев в случае контрастных и слабоконтрастных разрезов. Это и является целью настоящей дипломной работы.

Для достижения этой цели будут решены следующие задачи:

- 1 Формирование моделей контрастных и слабоконтрастных многослойных разрезов;
- 2 Расчет становления поля для этих моделей в случае установки петля в петле;
- 3 Построение кривых S_k в зависимости от времени становления поля;
- 4 Построение кривых S_k в зависимости от глубины исследований;
- 5 Анализ результатов применения трансформации Сидорова-Тикшаева.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Среди модификаций зондирования становлением поля, различающихся типом установок, практическое применение получили две: зондирование в дальней (волновой) зоне электрического диполя (ЗС) и зондирование в ближней зоне магнитного диполя (ЗСБ). Первую из этих модификаций (ЗС) применяют главным образом для поисков нефтегазоносных структур, а вторую (ЗСБ) можно также использовать и для прямых поисков хорошо проводящих руд или для изучения геологической структуры рудных полей.

Трансформация Сидорова-Тикшаева базируется на решении задачи о становлении поля в присутствии проводящей плоскости.

Проводящей плоскостью (пленкой) называется однородный проводящий слой проводимости σ и мощности H такой, что при уменьшении H и увеличении σ имеем

$$\lim_{\substack{H \rightarrow 0 \\ \sigma \rightarrow \infty}} \sigma H = S < \infty, \quad S \neq 0.$$

Величина S называется продольной проводимостью проводящей плоскости. Рассмотрим становление поля для проводящей плоскости.

Поместим проводящую плоскость на поверхности $z=0$ прямоугольной декартовой системы координат, как показано на рисунке 1, и будем считать вмещающее пространство изолятором. Введем круговую цилиндрическую систему координат ρ, φ, z , связанную с прямоугольными декартовыми координатами x, y, z соотношениями: $x = \rho \cos \varphi$, $y = \rho \sin \varphi$, $z = z$, $0 \leq \rho < +\infty$, $0 \leq \varphi < 2\pi$, $-\infty < z < +\infty$.

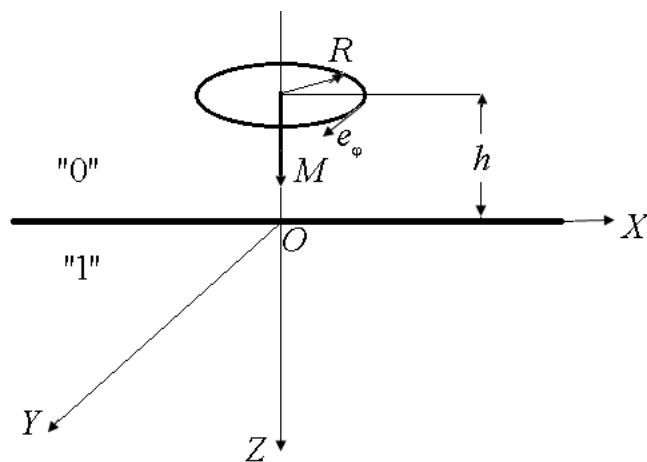


Рисунок 1 - Схема возбуждения становления поля для проводящей плоскости

Пусть электромагнитное поле возбуждается ступенчатым выключением в момент времени $t = 0$ тока силы J в круговой петле радиуса R с центром на оси OZ , расположенной на плоскости $z = -h$. Ступенчатое выключение тока означает, что сила тока J^{off} в петле изменяется по закону

$$J^{off}(t) = \begin{cases} J, & t < 0, \\ 0, & t > 0. \end{cases}$$

Будем также считать, что ток протекает по часовой стрелке, если смотреть на круговую петлю сверху из области $z < -h$. Другими словами, направление тока совпадает с направлением вектора \mathbf{e}_φ , входящего в тройку $\mathbf{e}_\varphi, \mathbf{e}_\rho, \mathbf{e}_z$ единичных базисных векторов цилиндрической системы координат и касательного к координатной линии φ , на которой расположена круговая петля. В этом случае объемная плотность стороннего тока \mathbf{j}^e изменяется по закону

$$\mathbf{j}^e = \mathbf{e}_\varphi J \delta(\rho - R) \delta(z + h) J^{off}(t),$$

где δ – дельта-функция Дирака.

В силу симметрии задачи, электромагнитное поле в круговой цилиндрической системе координат имеет только три отличные от нуля компоненты: E_φ , H_ρ и H_z .

При измерениях поля в плоскости $z = -h$ имеем

$$E_\varphi^{off} = \frac{3M}{\pi S} \frac{\rho(h + t/(\mu_0 S))}{[\rho^2 + 4(h + t/(\mu_0 S))^2]^{5/2}}, \quad (1)$$

где $M = \pi R^2 J$ – магнитный момент круговой петли.

Рассмотрим теперь метод Сидорова-Тикшаева для решения обратной задачи в случае проводящей плоскости.

Пусть в плоскости $z = -h$ для заданного разноса ρ известна компонента $E_\varphi^{off}(t)$ электрического поля, определяемая выражением (1), но неизвестна продольная проводимость S и расстояние h магнитного диполя до проводящей плоскости. Для нахождения этих двух параметров запишем выражение (1) в виде

$$E_{\Phi}^{off} = \frac{k}{S} F(\bar{m}), \quad (2)$$

$$\text{где } k = \frac{3M}{\pi\rho^3}, \quad F(\bar{m}) = \frac{\bar{m}}{(1+4\bar{m}^2)^{5/2}}, \quad \bar{m} = \frac{h}{\rho} + \frac{t}{\mu_0 S \rho}.$$

Отсюда находим производную по времени t функции $E_{\Phi}^{off} = \frac{k}{S} F(\bar{m})$:

$$\frac{dE_{\Phi}^{off}}{dt} = \dot{E}_{\Phi}^{off} = \frac{k}{\mu_0 \rho S^2} F'(\bar{m}), \quad (3)$$

где $F'(\bar{m}) = \frac{1-16\bar{m}^2}{(1+4\bar{m}^2)^{7/2}}$. Исключая искомую величину S из уравнений (2) и

(3), получаем следующее нелинейное уравнение относительно \bar{m} :

$$(1+4\bar{m}^2)^{3/2} \left(\frac{1}{\bar{m}^2} - 16 \right) - k\mu_0 \rho \frac{\dot{E}_{\Phi}^{off}}{E_{\Phi}^{off^2}} = 0. \quad (4)$$

$$\varphi(\bar{m}) = (1+4\bar{m}^2)^{3/2} \left(\frac{1}{\bar{m}^2} - 16 \right), \quad \bar{m} > 0$$

Функция $\varphi(\bar{m})$ монотонно убывающая и $-\infty < \varphi(\bar{m}) < +\infty$, поэтому существует единственное решение уравнения (4). После нахождения численного решения \bar{m} этого уравнения, из уравнения (3) определяют продольную проводимость

$$S = k \frac{F(\bar{m})}{E_{\Phi}^{off}}, \quad (5)$$

а затем – расстояние h от плоскости измерения поля (плоскости $z = -h$) до проводящей плоскости

$$h = \rho \bar{m} - \frac{t}{\mu_0 S}. \quad (6)$$

Интерпретация кривых становления поля для установки петля в петле проводится с помощью трансформации (качественной интерпретации) Сидорова-Тикшаева. В этой интерпретации предполагается, что в каждый отсчет времени t кривая $E_{\phi}^{\text{эксп}}(t)$ становления поля такая же, как и $E_{\phi}^{\text{off}}(t)$ для проводящей плоскости, расположенной в непроводящем пространстве, т.е. при нахождении S и h , соответствующих времени t , в уравнение (4) вместо

$k\mu_0\rho\frac{\dot{E}_{\phi}^{\text{off}}}{E_{\phi}^{\text{off}^2}}$ подставляют $k\mu_0\rho\frac{\dot{E}_{\phi}^{\text{эксп}}}{E_{\phi}^{\text{эксп}^2}}$. После нахождения \bar{m} из этого уравнения,

применяя формулу (5), определяют $S_{\tau}(t) = k\frac{F(\bar{m})}{E_{\phi}^{\text{эксп}}}$, называемую кажущейся

продольной проводимостью геоэлектрического разреза в момент времени t . Вместо h обычно вычисляют $H_k(t) = 0.75\bar{m}\rho$ – кажущуюся глубину исследования, где ρ - радиус измерительной петли. После расчета $S_{\tau}(t)$ и $H_k(t)$ для каждого отсчета времени t строят кривые кажущейся продольной проводимости $S_{\tau}(t)$ и кажущейся глубины исследования $H_k(t)$. После чего рассчитывается кривая $S_{\tau}(H_k)$.

Для проведения расчетов становления поля вертикального магнитного диполя, лежащего на дневной поверхности многослойной среды, с помощью генератора случайных чисел построено четыре 20-ти слойных геоэлектрических разреза. Первые два разреза являются контрастными по проводимости, и отличаются друг от друга только тем, что в одном случае основание разреза высокоомное, а в другом – низкоомное. Два других разреза – слабоконтрастные, так же отличающиеся между собой основаниями.

По результатам расчетов становления поля построены кривые кажущейся продольной проводимости $S_k(t)$, кривые $S_K(H_K)$ и теоретические кривые $S(H)$. Эти кривые изображены на рисунках 2 – 9.

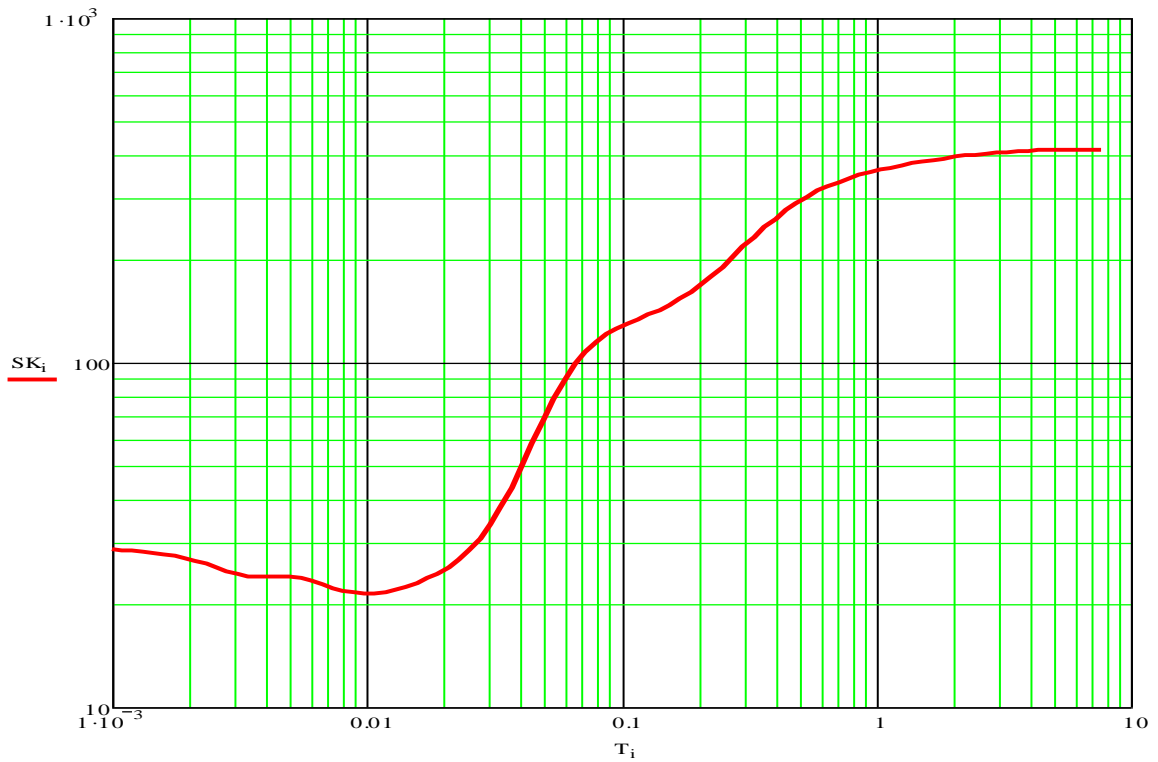


Рисунок 2 – Кажущаяся продольная проводимость $S_k(t)$ для контрастной среды с высокоомным основанием

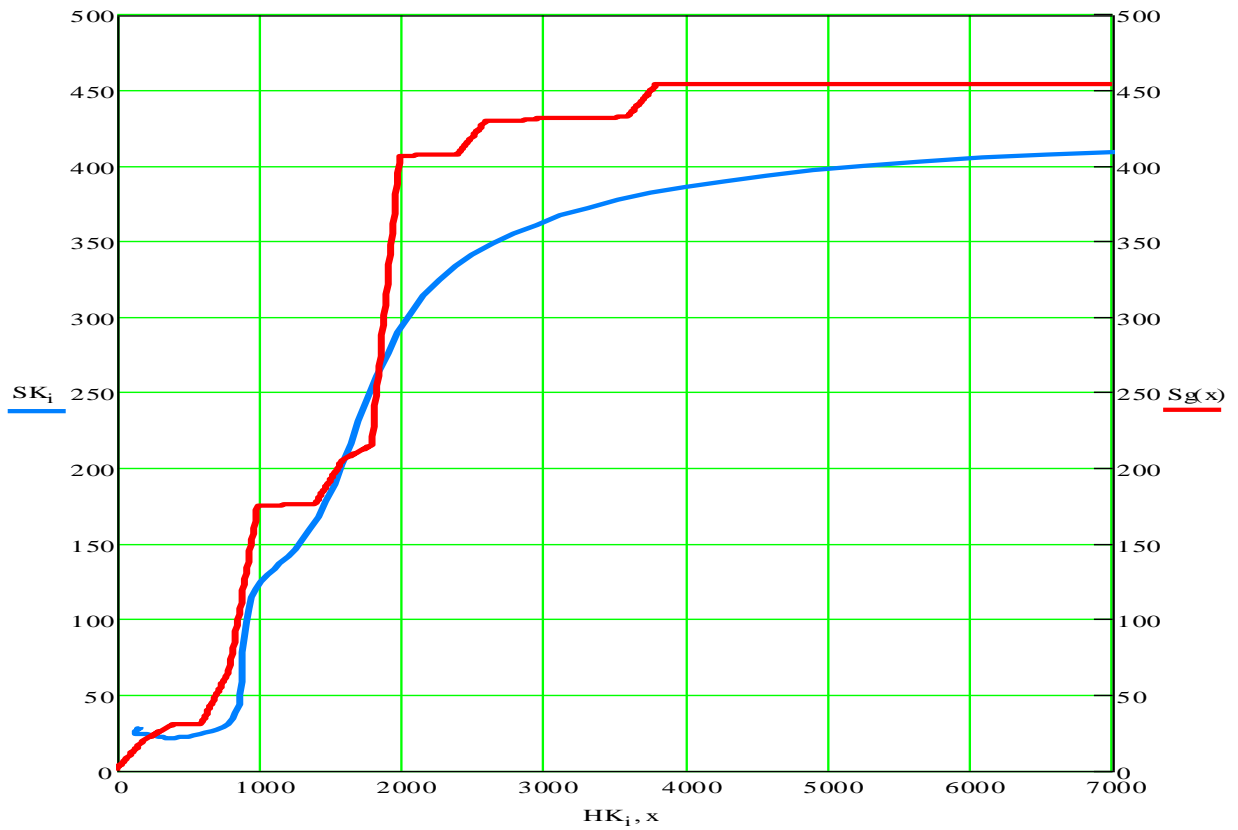


Рисунок 3 - теоретическая кривая $S(H)$ и кривая $S_K(HK)$ для контрастного геоэлектрического разреза и высокоомного основания

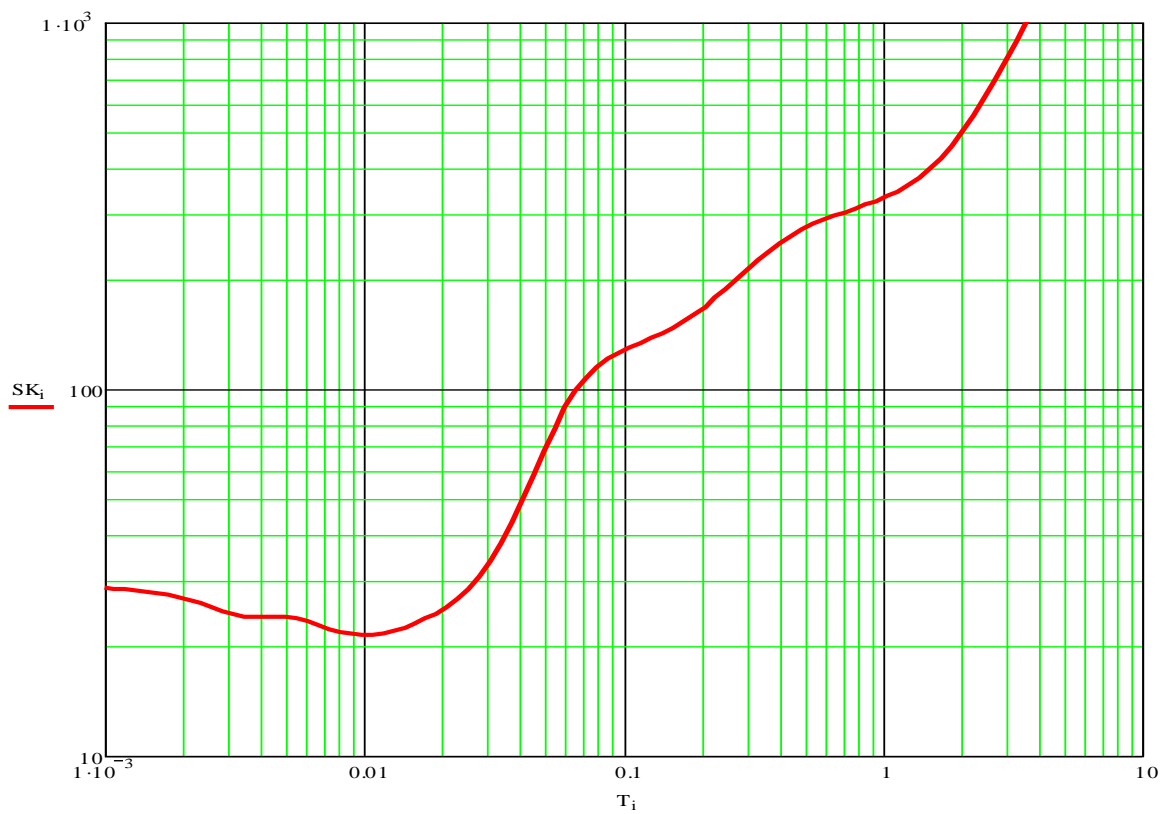


Рисунок 4 – Кажущаяся продольная проводимость $S_k(t)$ для контрастной среды с низкоомным основанием

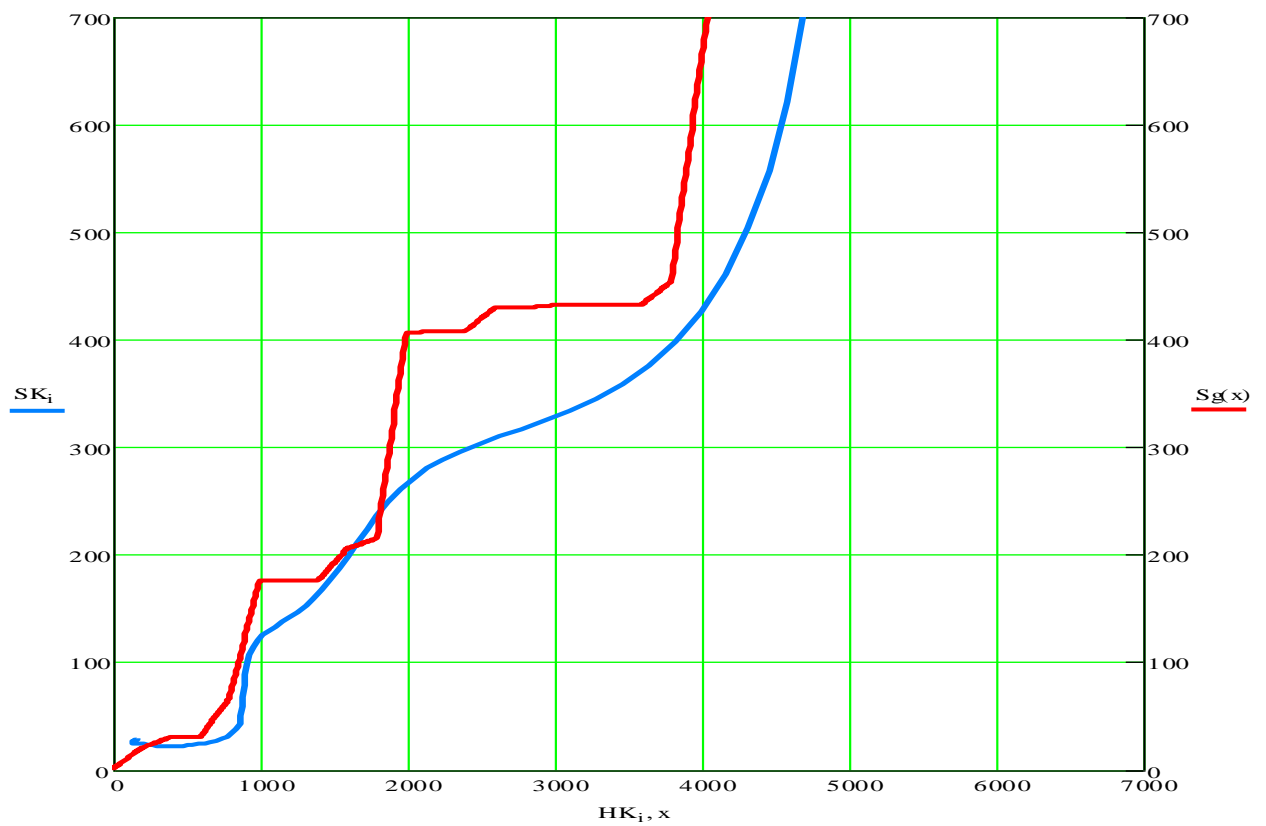


Рисунок 5 - теоретическая кривая $S(H)$ и кривая $S_K(HK)$ для контрастного геоэлектрического разреза и низкоомного основания

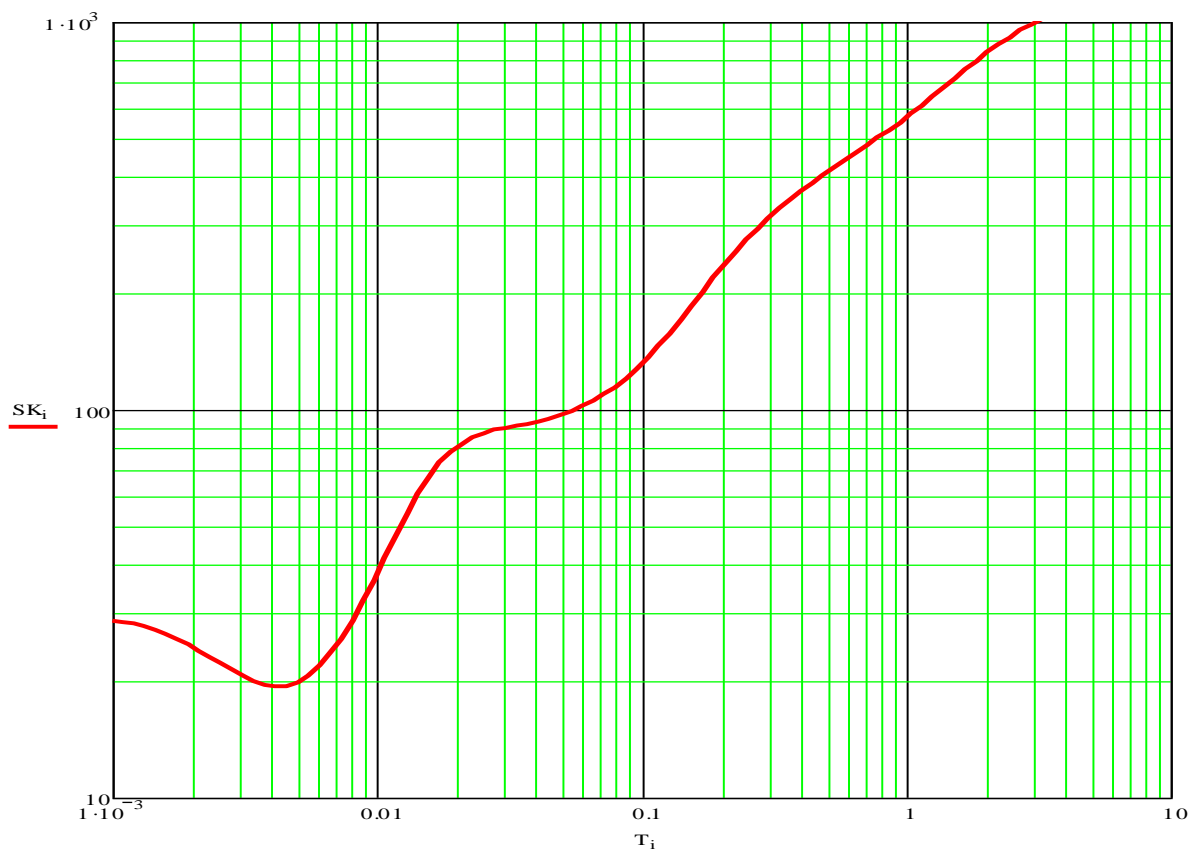


Рисунок 6 – Кажущаяся продольная проводимость $S_k(t)$ для слабоконтрастной среды с высокоомным основанием

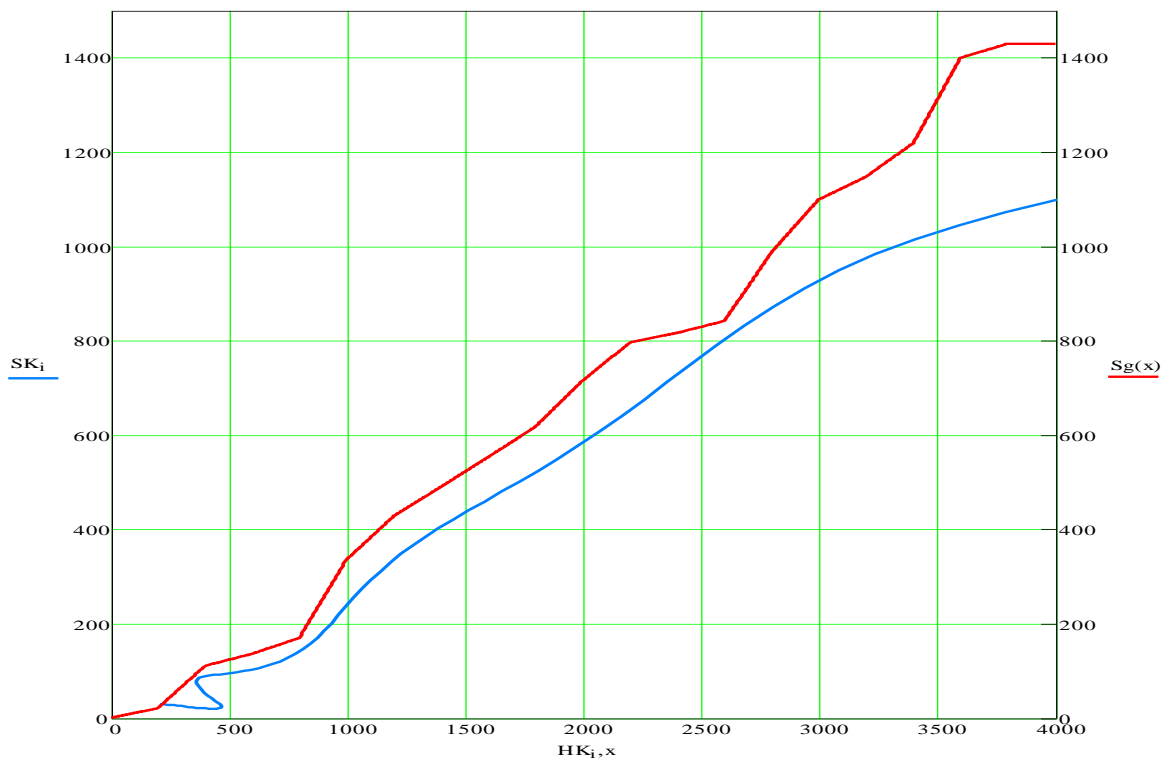


Рисунок 7 - теоретическая кривая $S(H)$ и кривая $S_K(H_K)$ для слабоконтрастного геоэлектрического разреза и высокоомного основания

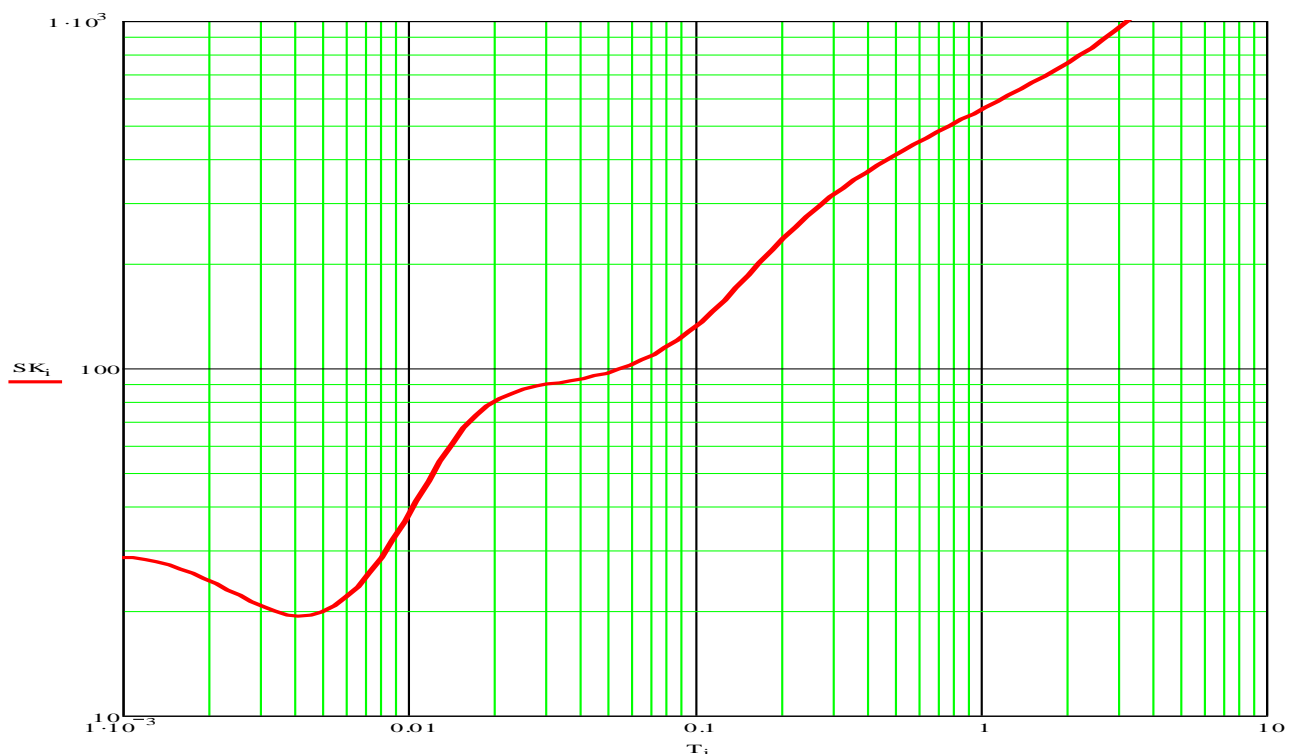


Рисунок 8 – Кажущаяся продольная проводимость $S_k(t)$ для слабоконтрастной среды с низкоомным основанием

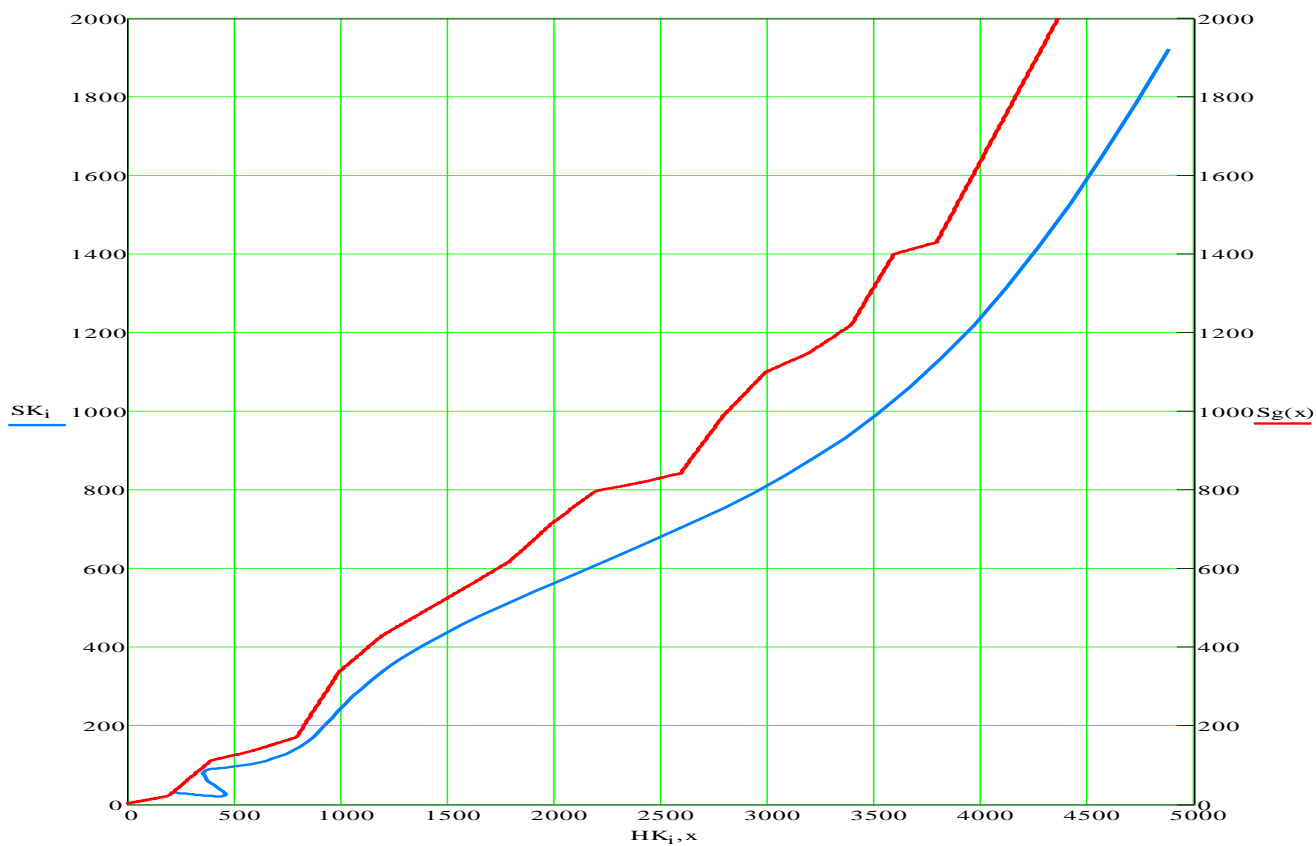


Рисунок 9 - теоретическая кривая $S(H)$ и кривая $S_K(HK)$ для слабоконтрастного геоэлектрического разреза и низкоомного основания

В целом кривые неплохо определяют тренд теоретических кривых $S(H)$. Однако кривые $S_k(H_k)$ дают несколько заниженные значения продольной проводимости геоэлектрического разреза, хотя по точкам перегиба кривых $S_k(H_k)$ хорошо определяются границы высокоомных и низкоомных горизонтов.

Заключение

В настоящей дипломной работе получены следующие результаты:

1. Рассмотрены теоретические основы метода становления поля.
2. Показаны особенности становления поля в дальней и ближней зонах.
3. Рассмотрены прямая и обратная задача становления поля вертикального магнитного диполя в присутствии проводящей плоскости.
4. Применяя генератор случайных чисел, построено четыре модели 20-ти слойных геоэлектрических разрезов: два разреза контрастных и два слабоконтрастных.
5. Проведены расчеты становления поля вертикального магнитного диполя для построенных разрезов.
6. Применена трансформация Сидорова-Тикшаева к рассчитанным кривым становления поля.
7. Построены кривые S_k кажущейся продольной проводимости от времени t .
8. Построены кривые H_k кажущейся глубины исследования.
9. Выполнено сравнение теоретических кривых продольной проводимости и кривых $S_k(H_k)$ для контрастных и слабоконтрастных разрезов.
10. По результатам численных расчетов сделан вывод о том, что применение трансформация Сидорова-Тикшаева для многослойных контрастных и слабоконтрастных разрезов дает неплохое соответствие теоретических кривых $S(H)$ продольной проводимости и кривых $S_k(H_k)$ кажущейся продольной проводимости.

Все поставленные задачи во введении дипломной работы выполнены полностью.