

Разработка интерпретации данных для метода ЭМЗ-ВП с использованием "плавающей" плоскости S

Дорофеев И. В., Задорожная В.Ю.

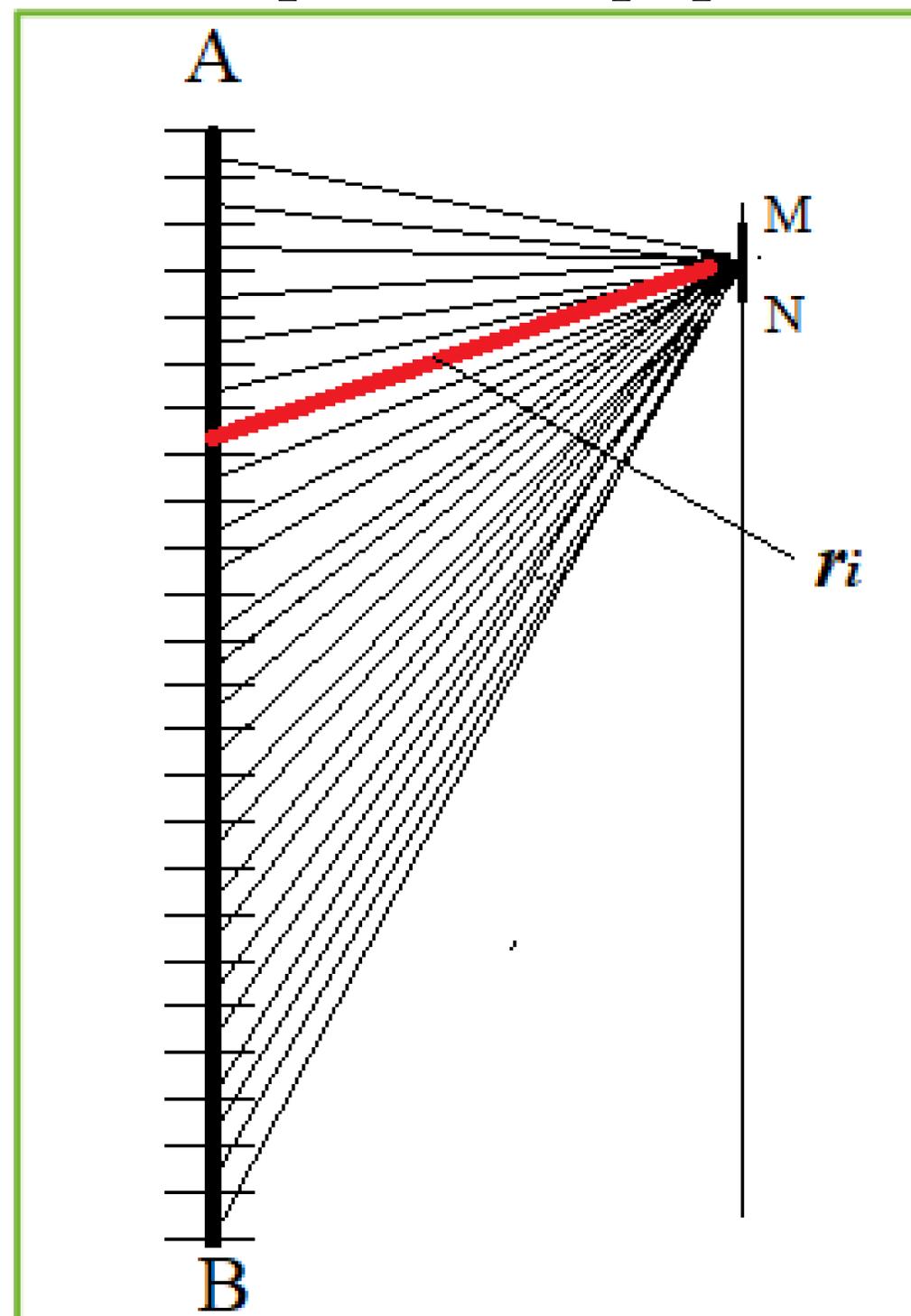
*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Институт "Сибирская школа Геонаук"*

- 1. Расчеты формулы S_{τ} для промежуточной зоны становления поля.
- 2. Последовательные процедуры выполнения в программах для интерпретации данных МЗС-ВП.
- 3. Некоторые примеры использования способа S_{τ} для интерпретации данных МЗС-ВП.
- Выводы

1. Расчеты формулы S_T для промежуточной зоны становления поля

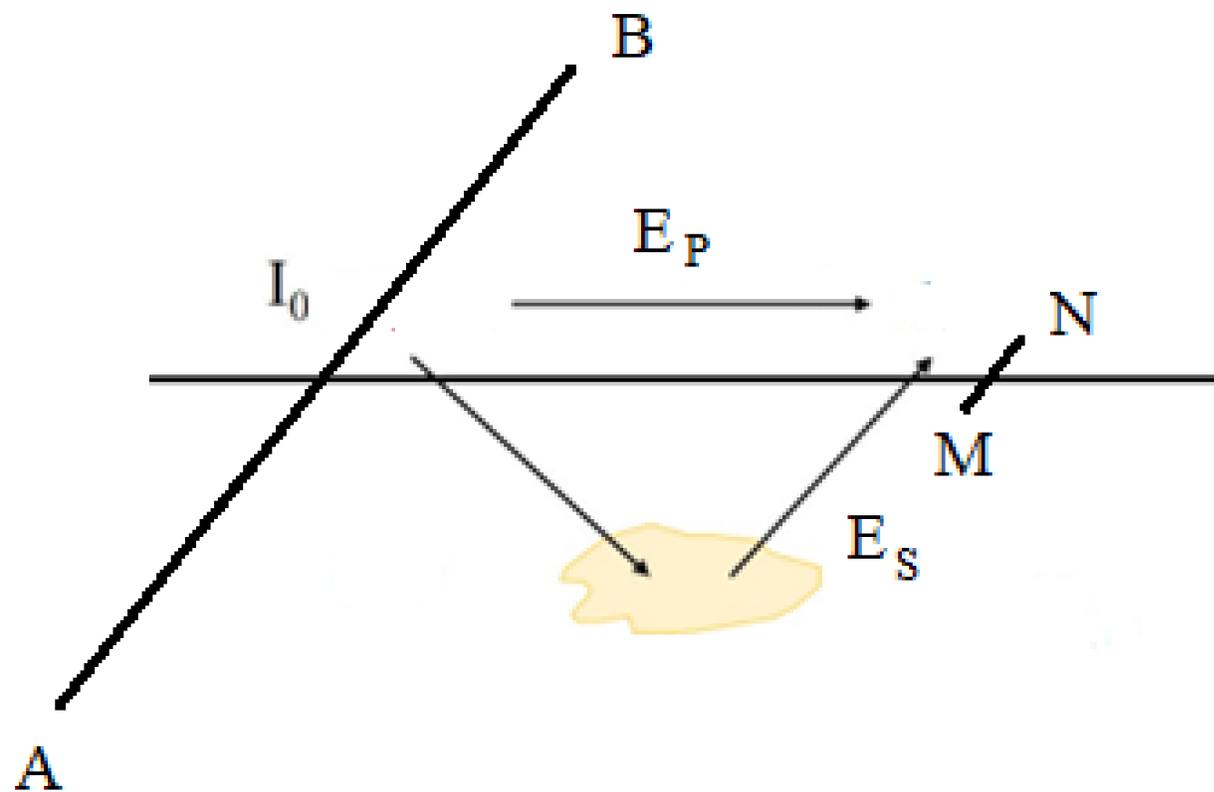
Полевая установка метода МЗС-ВП и алгоритм интерпретации

Полевая установка состоит из длинной генераторной линии АВ (до нескольких километров) и коротких приемных линии MN. Профиль, состоящий из последовательно подключенных линий к процессу регистрации MN, располагается на значительном расстоянии от линии АВ (100-2500 м).



И что что делать?

Измерения на таких расстояниях происходят, как правило в промежуточной зоне становления поля, когда практически одновременно в точку записи приходит и плоская электромагнитная волна, распространяющаяся по воздуху и вертикально проникающая в среду, и диффузионно распространяющееся в среде. Интерпретировать такие данные можно только методом подбора с использованием полной формулы распространения ЭМ полей в многослойных или сложно построенных средах. Асимптотические формулы для расчета кажущихся параметров ρ_k и S_τ отсутствуют.



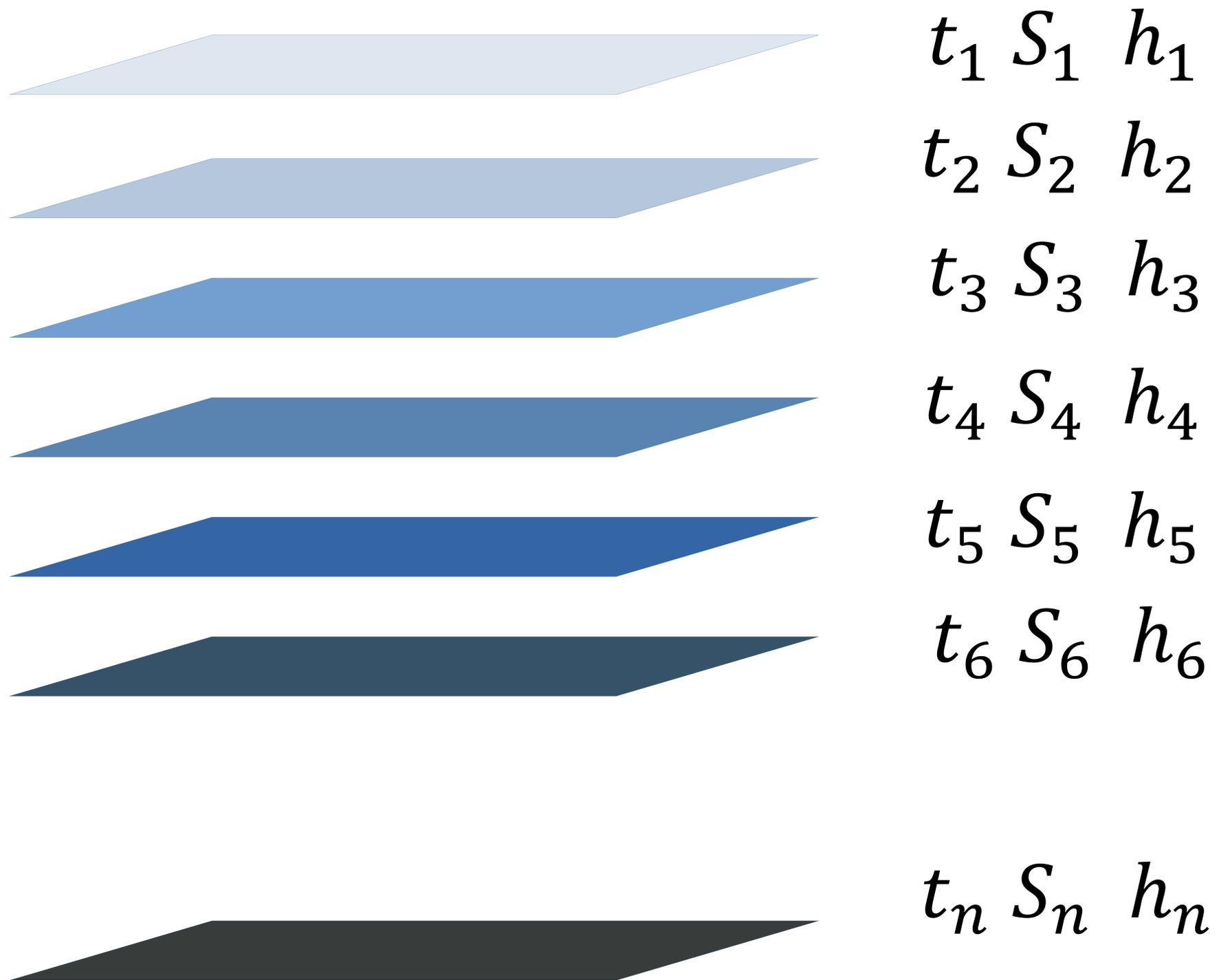
Тонкие пленки называются пленками Прайса, Шейнмана или S -плоскостями (или S -пластинами). С.М. Шейнман (1947) ввел специальные граничные условия, обеспечивающие предельный переход к тонкому слою нулевой мощности и проводимости, равной суммарной проводимости реального слоя:

$$\lim_{\substack{\sigma \rightarrow \infty \\ h \rightarrow 0}} \sigma \cdot h = S$$

где h и σ – соответственно, мощность и удельная электропроводность слоя. Отметим, что в литературе проводящими пластинами принято называть сжатый до нулевой мощности слой или серию слоев с обобщенными геоэлектрическими параметрами h и σ , а S -плоскость – это скорее физический объект, так называют бесконечные пластины с проводимостью S , используемые для математических расчетов процессов становления поля.

Согласно Смайту (1954) независимо от положения точки наблюдения в каждый момент времени вектор-потенциал A_x будет равен вектору потенциал некой «плавающей плоскости», находящейся на глубине h и с проводимостью S , эквивалентной проводимости всего вышележащего разреза.

Способ $S\tau$ (способ “плавающей” плоскости)



Вектор-потенциал S -плоскости A_x

Для решения задачи разобьём длинную линию АВ на серию участков, для каждого из которых рассчитаем сигнал становления поля в проводящей плоскости S , а затем результаты вычислений проинтегрируем по всей длине линии. Рассмотрим небольшой участок генераторной линии ab . Горизонтальная компонента A_x в такой модели будет иметь вид (Smythe, 1950):

$$A_x = \frac{I\mu ab}{4\pi} \frac{1}{\left[r^2 + \left(-h_1 - |z_1| - \frac{2t}{\mu S} \right)^2 \right]^{1/2}}, \quad (1)$$

где r – расстояние от центра ab до одного из электродов М или N, h_1 – расстояние от линии ab до S – плоскости, z_1 – расстояние от S – плоскости до электродов MN, t – время (с), $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м).

Рассчитываем потенциалы в точках М и N

Находим потенциал в точке расположения приемного электрода (М или N). В точках М и N измеряются потенциалы электрического поля. Рассчитаем их. Сначала рассчитываем напряженность электрического поля E_x :

$$E_x = -\frac{\partial A_x}{\partial t} = -\frac{Iab}{2\pi S} \frac{2m}{[r^2 + 4m^2]^{3/2}}. \quad (2)$$

где $2m = (-h_1 - |z_1| - 2t/\mu S)$.

Известно, что $E_x = -\partial U/\partial x$, откуда находим:

$$dU = -E_x dx, \quad (3)$$

$$U = -\int E_x dx = \frac{Iab}{2\pi S} \int \frac{2m}{[r^2 + 4m^2]^{3/2}} dx. \quad (4)$$

Находим разность потенциалов между электродами М и N

С учетом того, что $dx/dr = \cos\varphi$, и то, что интеграл (4) является табличным. Опуская промежуточные вычисления имеем выражение для потенциала в точках М и N:

$$U = \frac{Iab}{2\pi S} \frac{1}{2\hat{m}r_0} \frac{\cos^2\varphi}{[1 + 4\hat{m}^2]^{1/2}} \quad (5)$$

где $r_0 = r \cdot \cos\varphi$, $2\hat{m} = (h_1/r + |z_1|/r + 2t/\mu Sr)$.

Запишем разность потенциалов между электродами М и N:

$$\Delta U = U_M - U_N = \frac{Iab}{2\pi Sr_0} \left(\frac{1}{2\hat{m}_M} \frac{\cos_M^2\varphi}{[1 + 4\hat{m}_M^2]^{1/2}} - \frac{1}{2\hat{m}_N} \frac{\cos_N^2\varphi}{[1 + 4\hat{m}_N^2]^{1/2}} \right). \quad (6)$$

Вычисление промежуточных функций $\Phi(t)$ и $\Theta(t)$ для теоретической и полевой кривых. Функция $\Phi(t)$ содержит только один параметр \hat{m} .

Очевидно, что формула (6) содержит два известных нам параметра, а именно, искомый S и \hat{m}_M и \hat{m}_N , последние включают в себя неизвестные параметры “плавающей плоскости” h и S . Для того, чтобы исключить из расчетов S производим следующие вычисления для теоретической и наблюдаемой кривых.

$$\Phi(t) = \frac{1}{K} \frac{\Delta U_T'}{\Delta U_T^2} \quad \Theta(t) = \frac{1}{K} \frac{(\Delta U_H)'}{\Delta U_H^2}. \quad (7)$$

Производная и квадрат разности потенциалов наблюдаемого сигнала вычисляется численно. Очевидно, что функция $\Theta(t)$ и $\tilde{\Phi}(\hat{m}_M, \hat{m}_N)$ могут быть равны лишь при равных значениях \hat{m}_M и \hat{m}_N . Отметим, что при малом расстоянии между M и N отношения $1/r_1$ и $1/r_2$ мало отличаются друг от друга,

Определение \hat{m}_{MN} и расчет $S(t)$ $S(H)$

Таким образом, находится минимум $\Theta(t, \hat{m}_{MN})$ и $\tilde{\Phi}(t, (\hat{m}_M, \hat{m}_N))$ и вычисляется \hat{m}_{MN} :

$$\|\delta\| = \min \|\Theta(t, \hat{m}_{MN}) - \tilde{\Phi}(t, (\hat{m}_M, \hat{m}_N))\|. \quad (8)$$

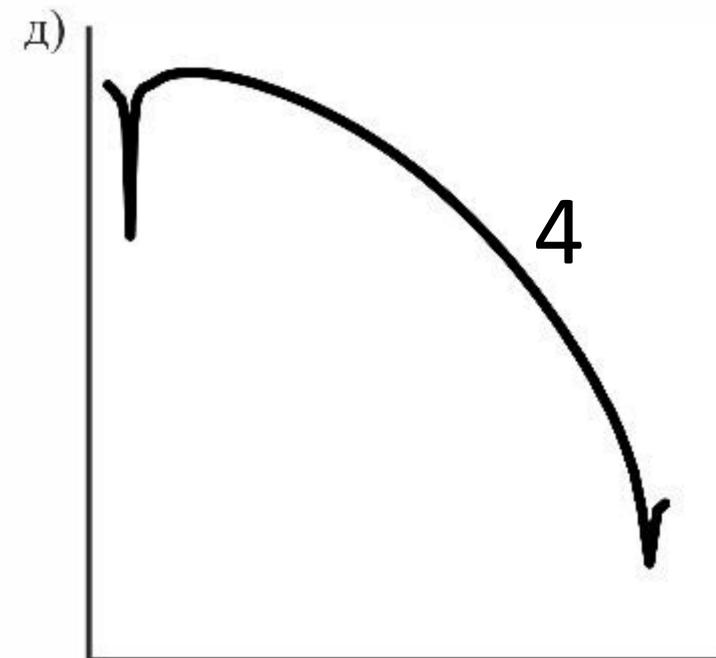
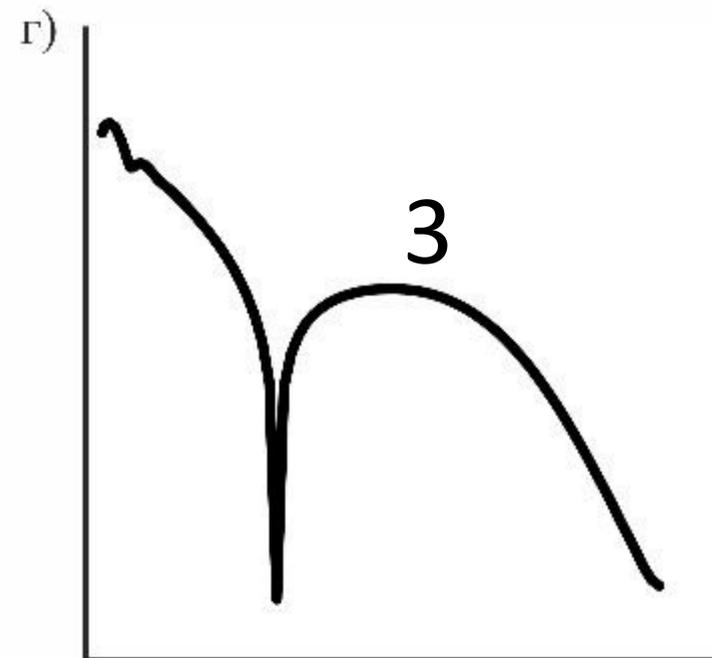
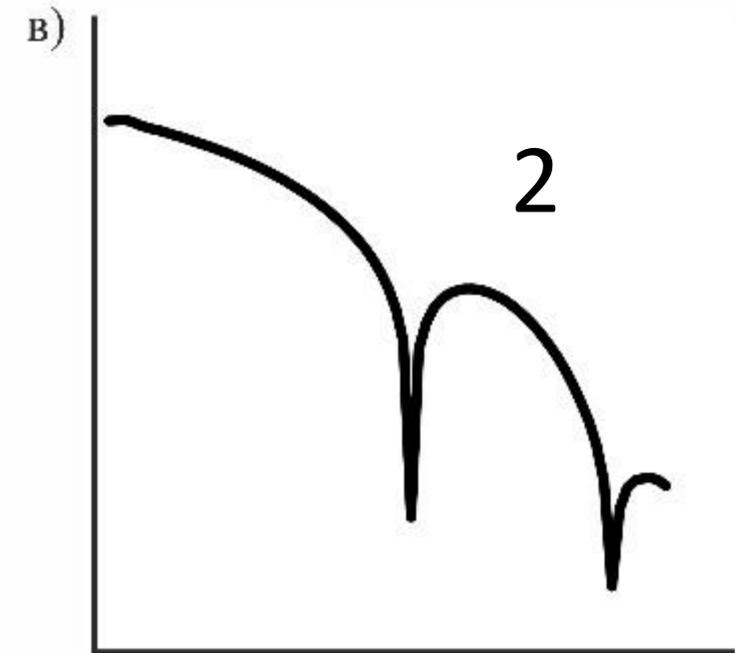
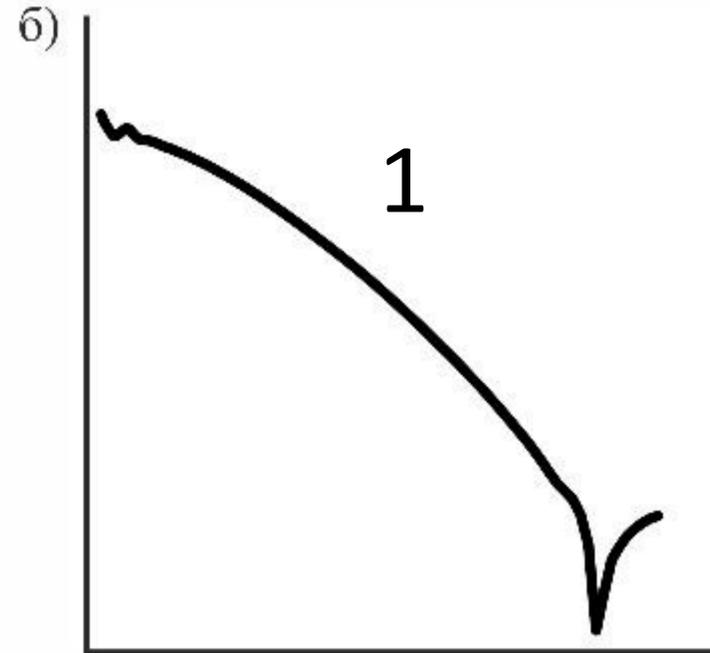
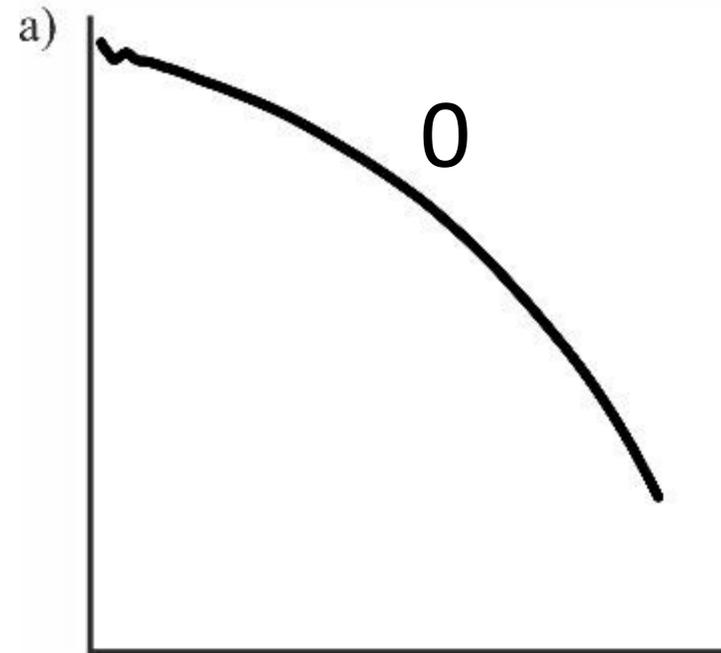
Получим искомое значение кажущейся продольной проводимости кв каждой точке записи

$$S = \frac{Iab}{2\pi r_0 \Delta U} F(\hat{m}_{MN}), \quad (9)$$

где

$$F(\hat{m}_{MN}) = \left(\frac{1}{\hat{m}_{MN}} \frac{\cos_{MN}^2 \varphi}{[1 + \hat{m}_{MN}^2]^{1/2}} \right).$$

Типы кривых ΔU



Блок-схема программы расчета геоэлектрических параметров точек МЗС-ВП



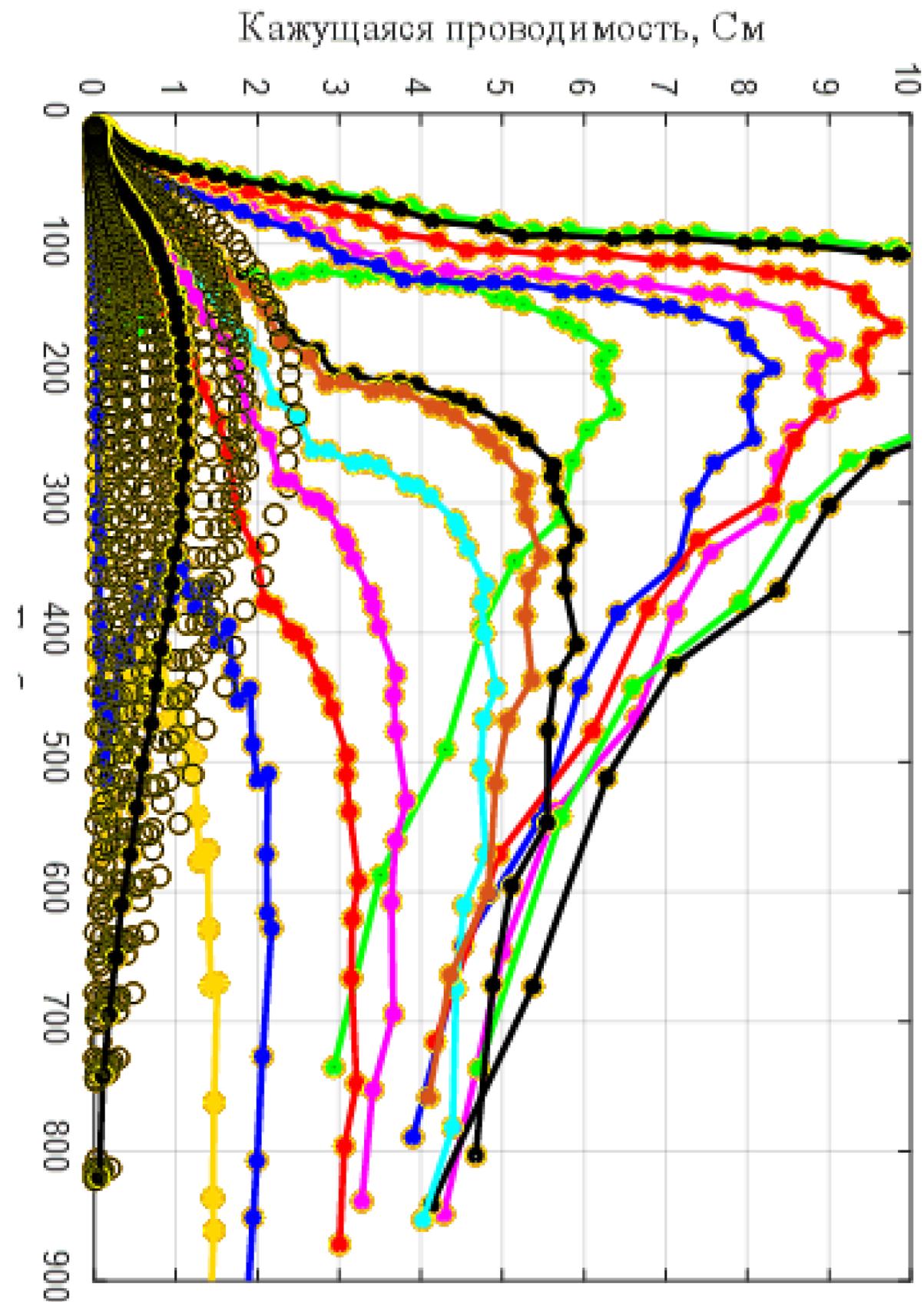
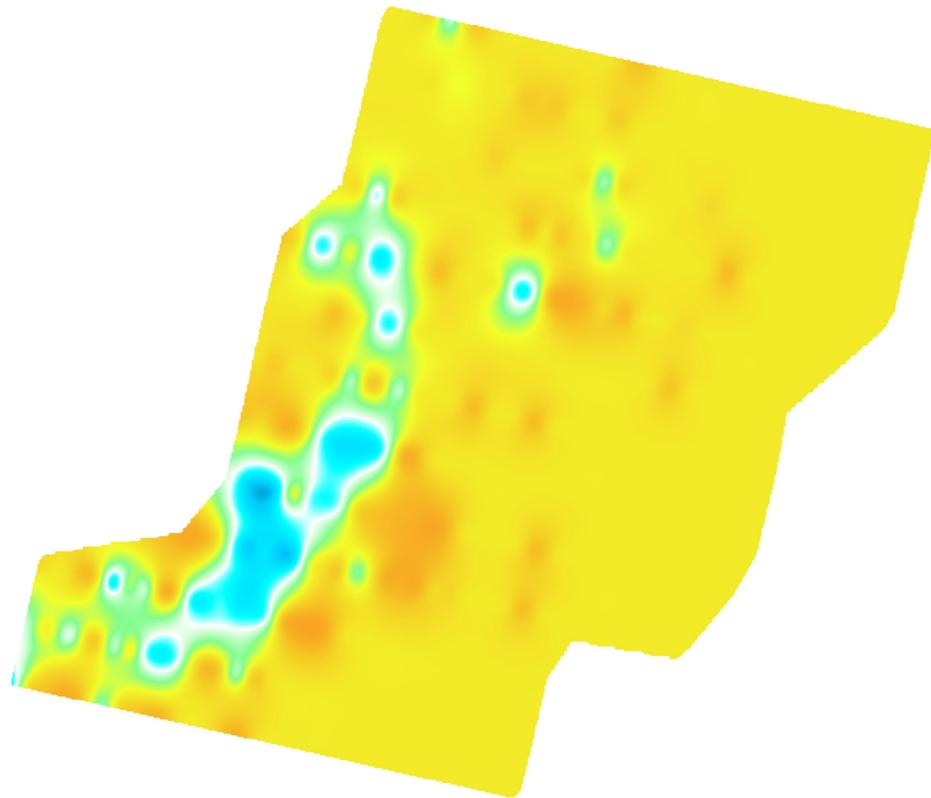
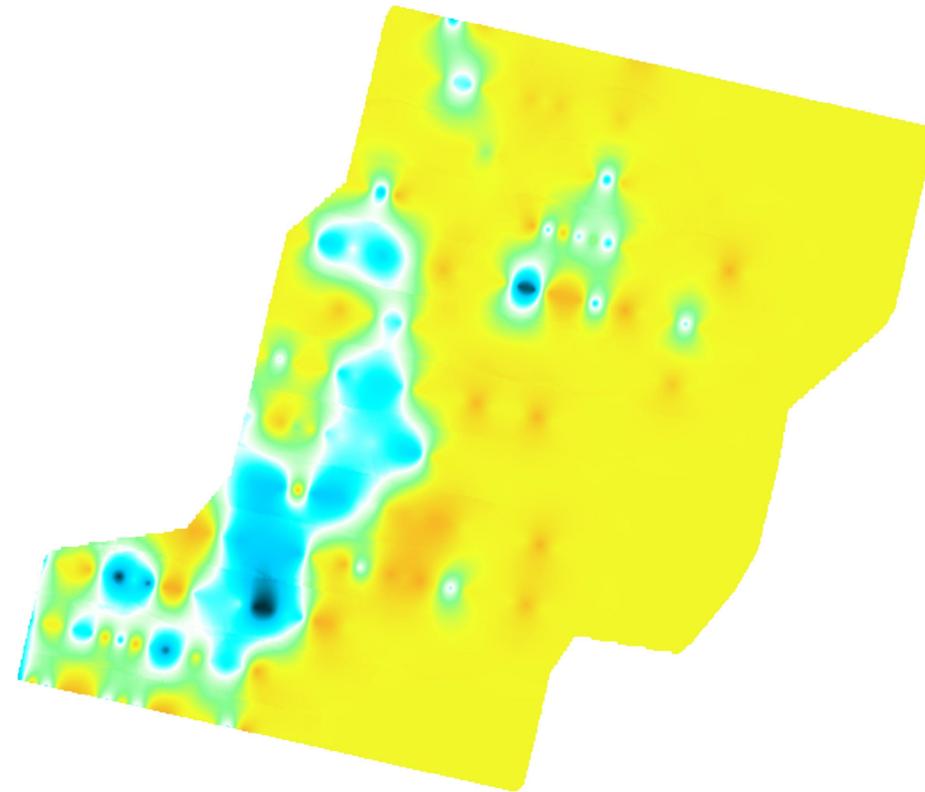


Рисунок демонстрирует разнообразные типы кривых $S_{\tau}(H)$, полученных вдоль одного профиля зондирований. Имеются кривые, отражающие проводящий объекты ($S_{\tau} > 10$ сименс), в то же время большинство кривых зарегистрировано на участках присутствия в разрезе высокоомных отложений.

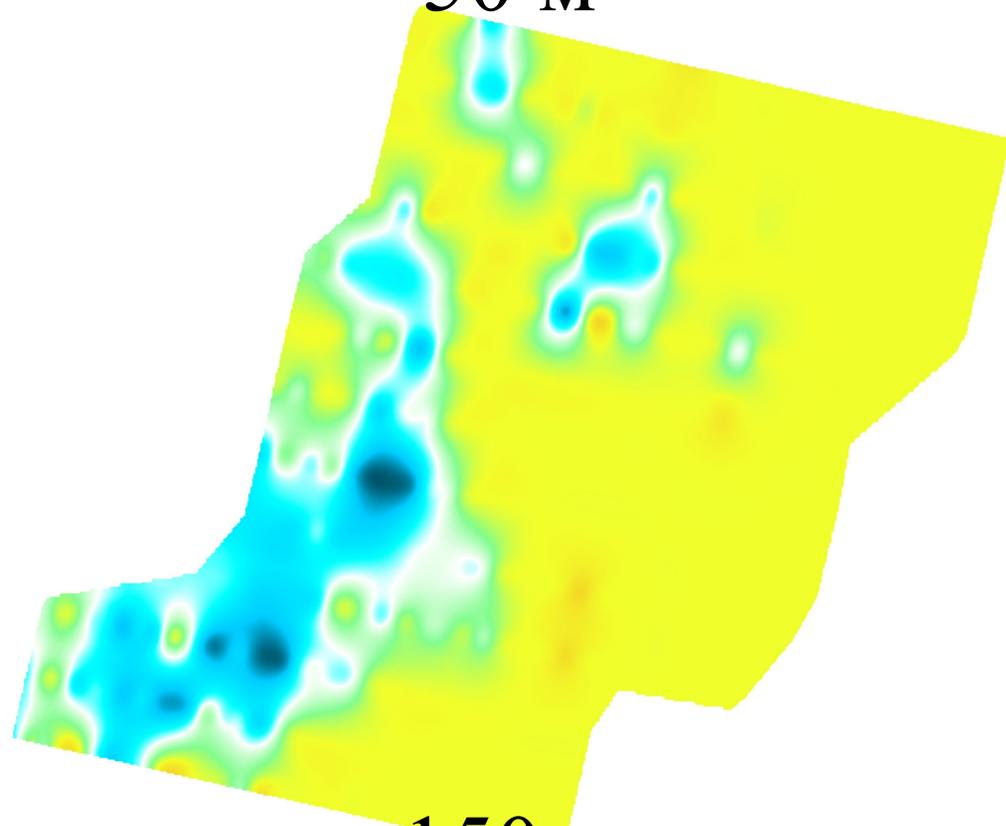
Срезы продольной проводимости на разных глубинах на одной из изучаемых площадей



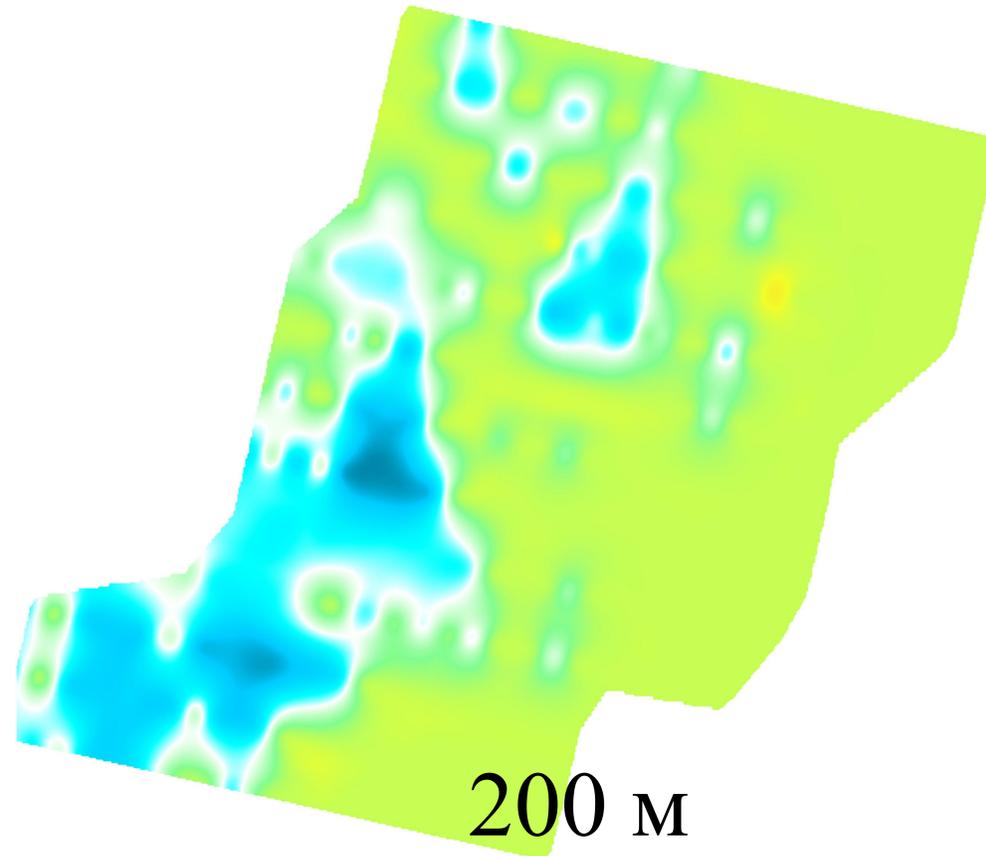
50 м



100 м

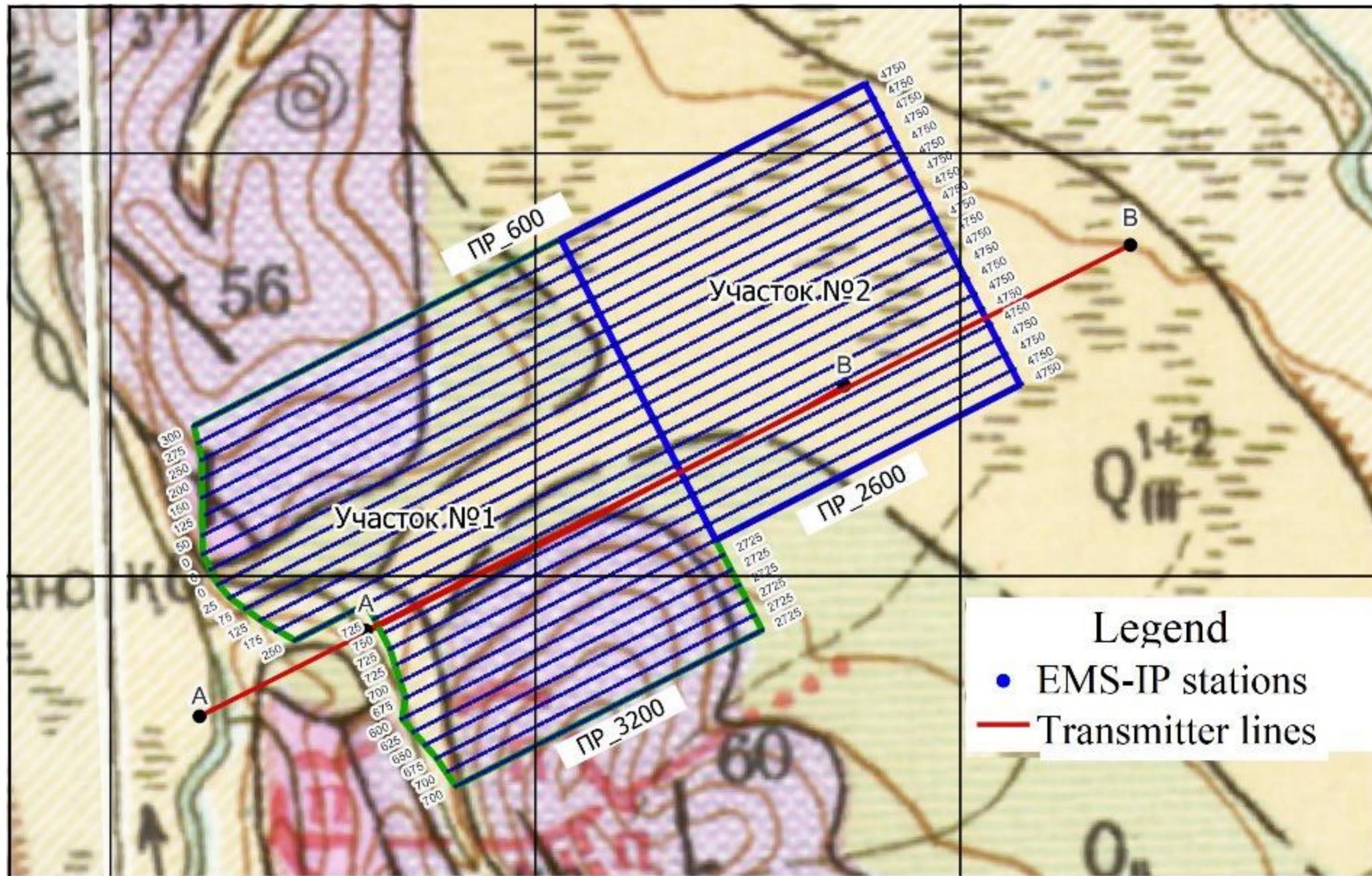


150 м

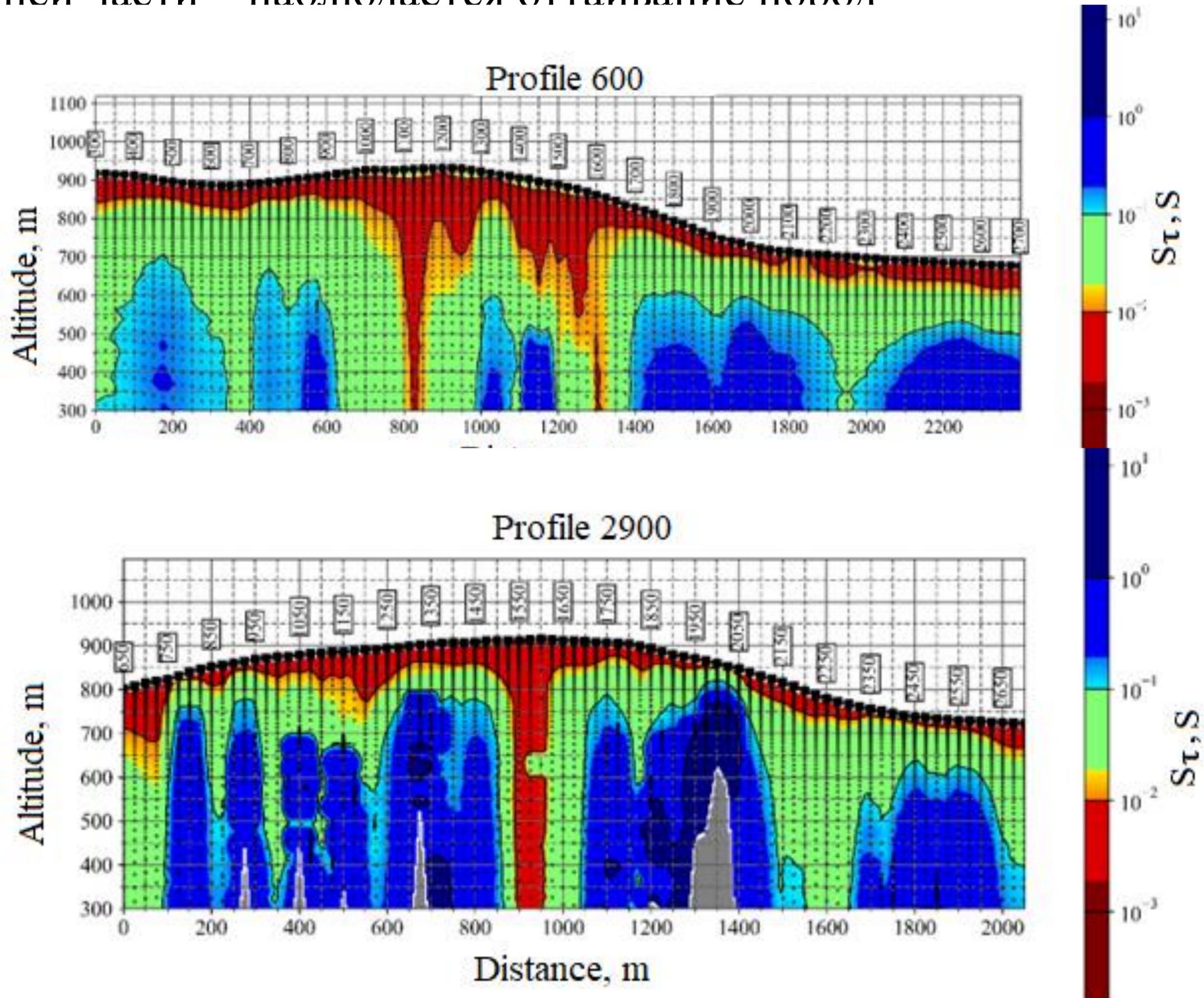


200 м

Схема расположения профилей МЗС-ВП и электрических линий



Геоэлектрические разрезы, построенные по двум профилям на одной из изучаемых площадей. В верхней части – мерзлота, в нижней части – наблюдается оттаивание пород



Выводы

1. Создан алгоритм расчета кажущейся проводимости для
2. установки АВ-МN для переходной зоны становления поля.
2. Показана работоспособность данного алгоритма.
3. В наших планах – создание расчётной программы для учета эффектов вызванной поляризации для всех четырех типов кривых полевых кривых.

Спасибо за внимание



**X Всероссийский научно-практический семинар с международным участием
имени Г.С. Вахромеева и Ю.А. Давыденко, 23 vфz 2024**

**X Всероссийский научно-практический семинар с международным участием
имени Г.С. Вахромеева и Ю.А. Давыденко, 23 vфz 2024**

**X Всероссийский научно-практический семинар с международным участием
имени Г.С. Вахромеева и Ю.А. Давыденко, 23 vфz 2024**