



V научно-практический семинар с международным участием  
имени Г.С. Вахромеева  
«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ В РУДНОЙ И НЕФТЯНОЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКЕ»



# Разработка и апробация технологии электромагнитного зондирования и вызванной поляризации

---

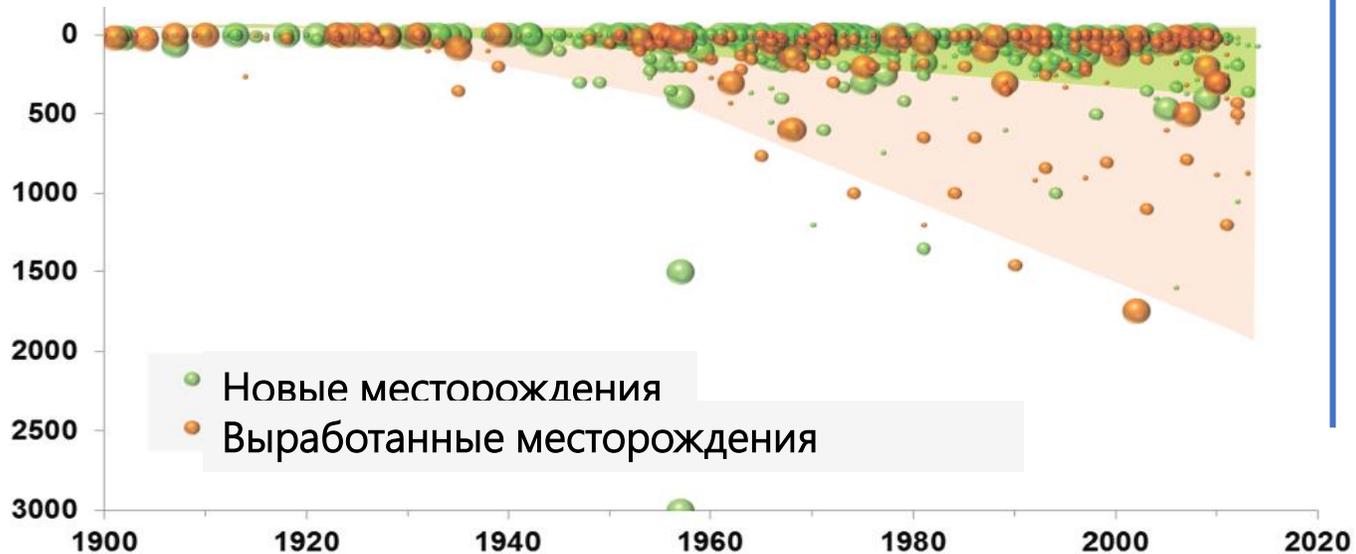
Башкеев А.С., Давыденко Ю.А.

# Актуальность

## Проблемы

1. Сокращаются затраты на ГРП, в следствие сильно уменьшаются объемы разведочного и поискового бурения.
2. Кровля новых и выработанных месторождения цветных металлов углубляется
3. Стоимость ГРП нелинейно увеличивается с глубиной залегания месторождения

Глубина до кровли, м.



## Предлагаемое решение

1. Новая технология импульсной электроразведки

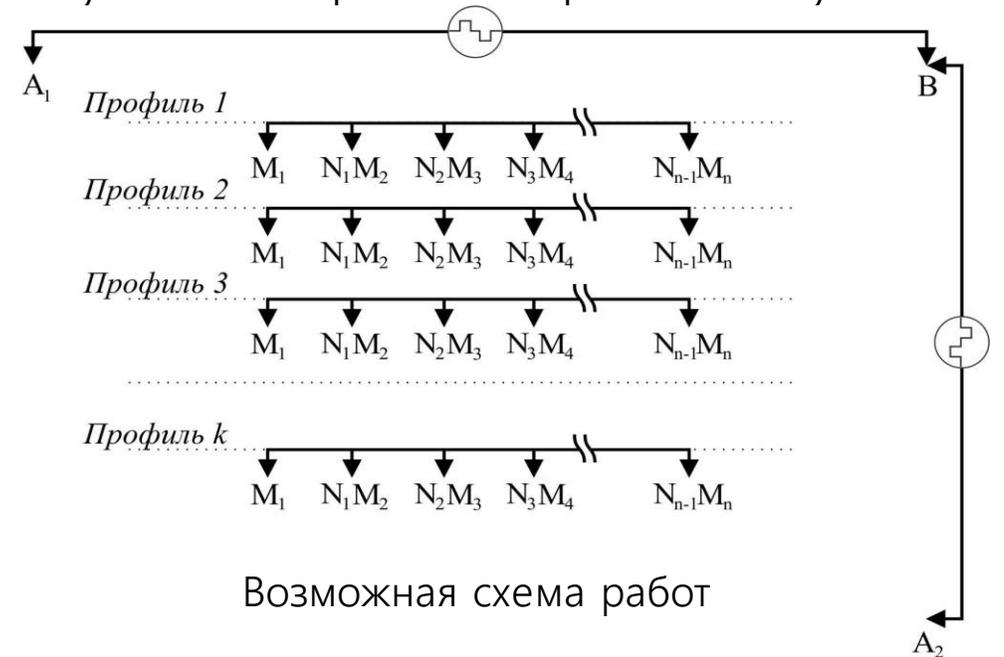
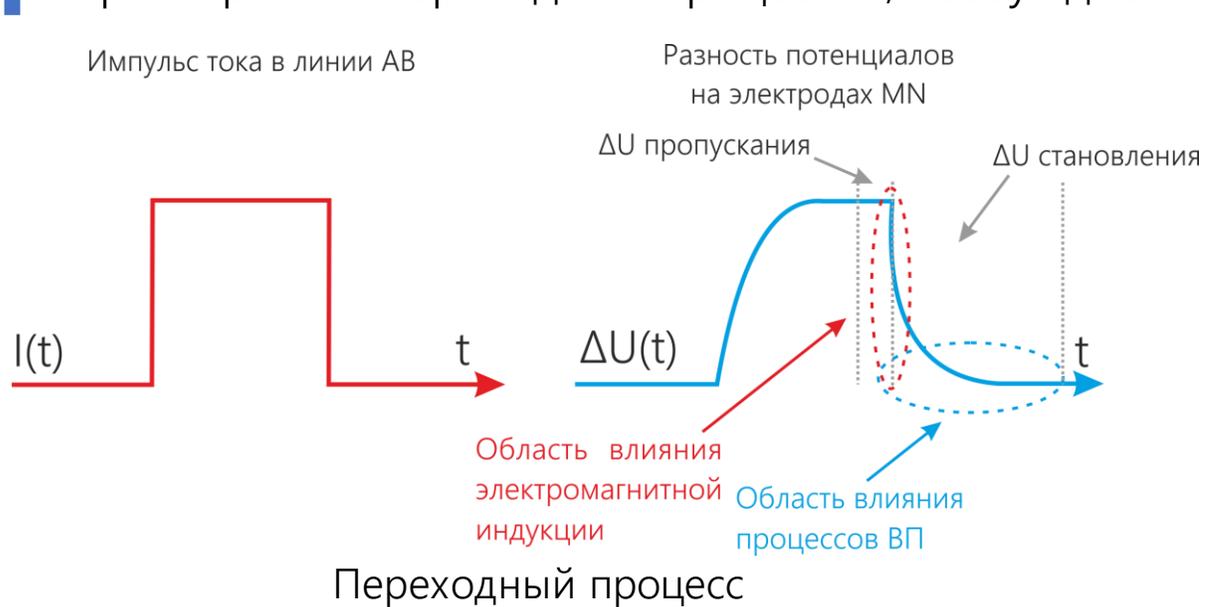
**ЭМЗВП** ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ И ВЫЗВАННОЙ  
ПОЛЯРИЗАЦИИ

2. Новый аппаратно-программный комплекс импульсной электроразведки

**МАРС** АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ  
ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЙ  
КОМПЛЕКС

# Метод ЭМЗ-ВП

ЭМЗ-ВП – метод электромагнитного зондирования и вызванной поляризации  
 Главная идея заключается в максимально полном использовании информации по замерам характеристик переходных процессов, возбуждаемых прямоугольными разнополярными импульсами



В ЭМЗ-ВП для описания кривой используется ДНП  $DU$ :

$$DU(t) = \frac{\Delta U(t)}{\Delta U_{пр}}$$

, где  $\Delta U(t)$  – поле становления;  $\Delta U_{пр}$  – поле пропускания

Метод ЭМЗ-ВП является более общим методом измерения и обработки данных метода ДНМЭ, продолжающим его идею об одновременном измерении и изучении индукционных процессов и процессов ВП

# Технология ЭМЗ-ВП



# Используемая модель

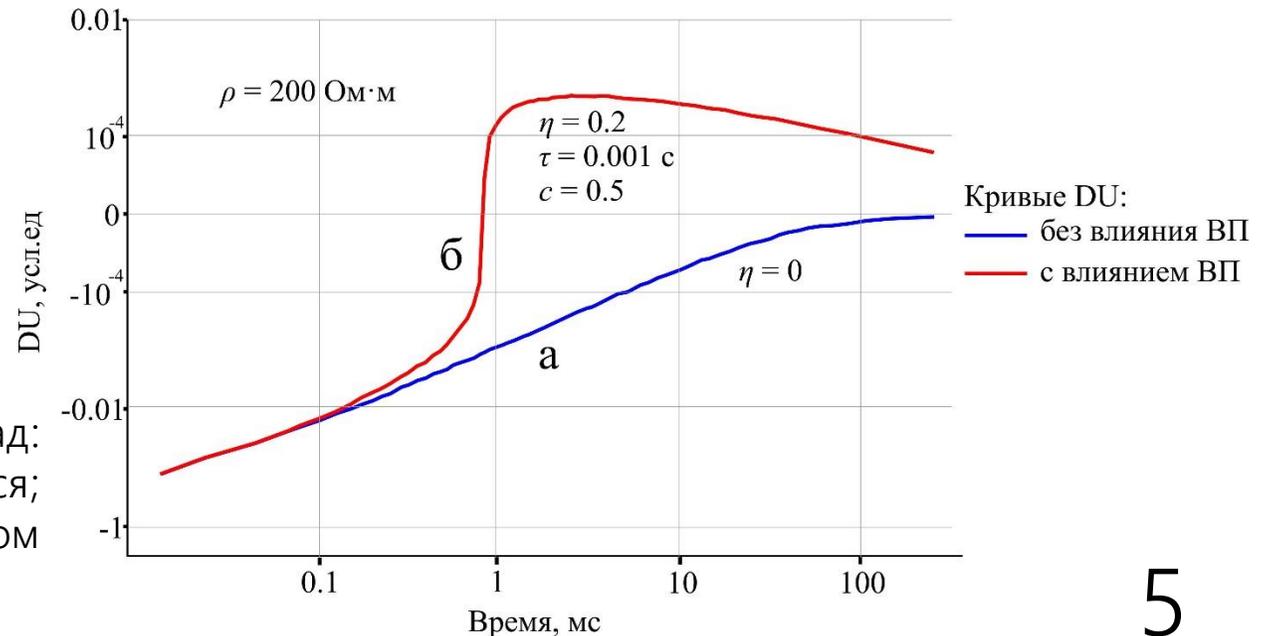
Для изучения процессов ВП применяется широко используемая феноменологическая модель Cole-Cole, описывающая процессы ВП с точки зрения частотной дисперсии электрического сопротивления среды:

$$\rho(\omega) = \rho_0 \left( 1 - \frac{\eta(i\omega\tau)^c}{1 + (i\omega\tau)^c} \right),$$

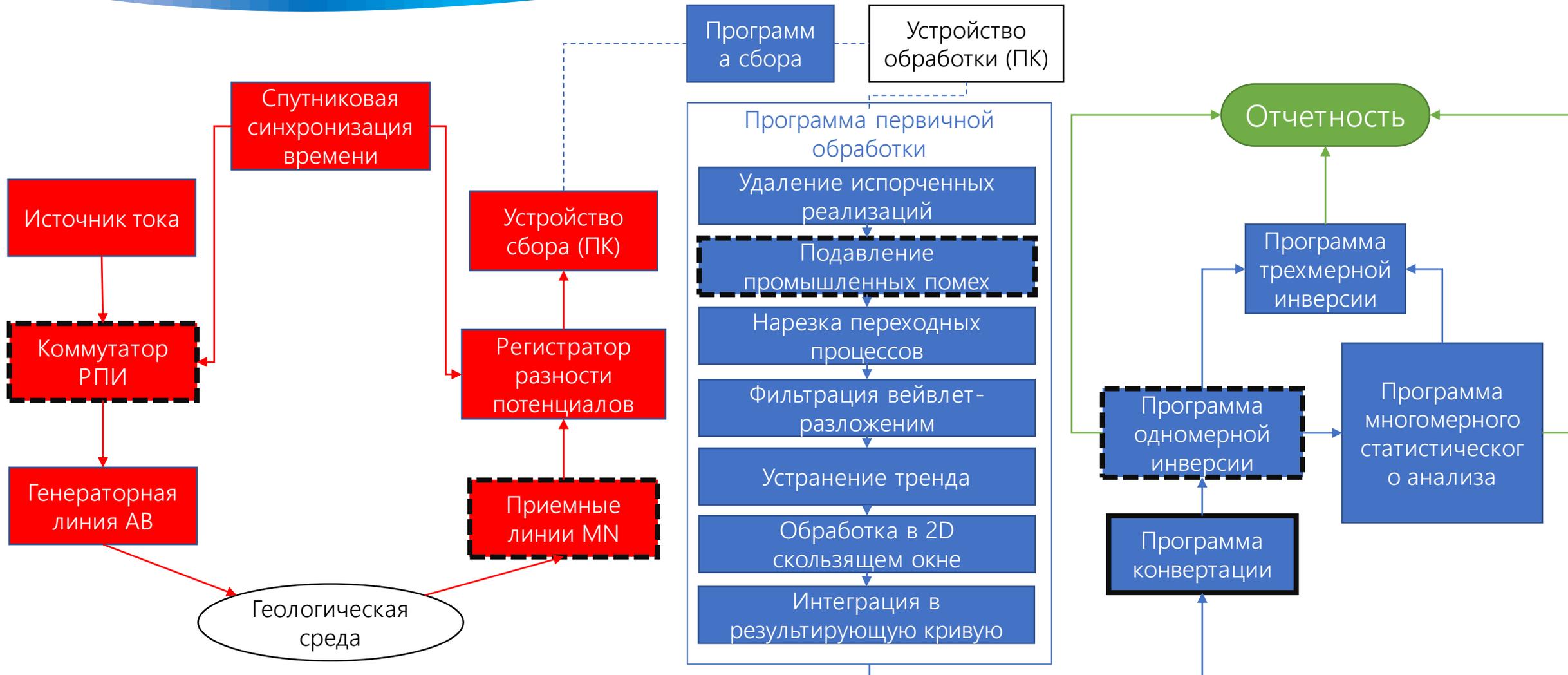
где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление;  $\rho_0$  – сопротивление на постоянном токе;  $i$  – мнимая единица;  $\omega$  – круговая частота;  $\eta$  – коэффициент поляризуемости среды ( $0 \leq \eta \leq 1$ );  $\tau$  – постоянная времени поляризационного процесса (время релаксации);  $c$  – показатель степени, определяющий ширину экспоненциального спектра переходной характеристики ВП ( $0 \leq c \leq 1$ ).

Кривые  $DU$  ведут себя по-разному в зависимости от наличия поляризуемости, причем эффекты ВП дают вклад начиная с некоторого времени после выключения тока

Кривые  $DU$  над:  
а) неполяризуемым;  
б) поляризуемым полупространством



# Схема информационного потока АПК



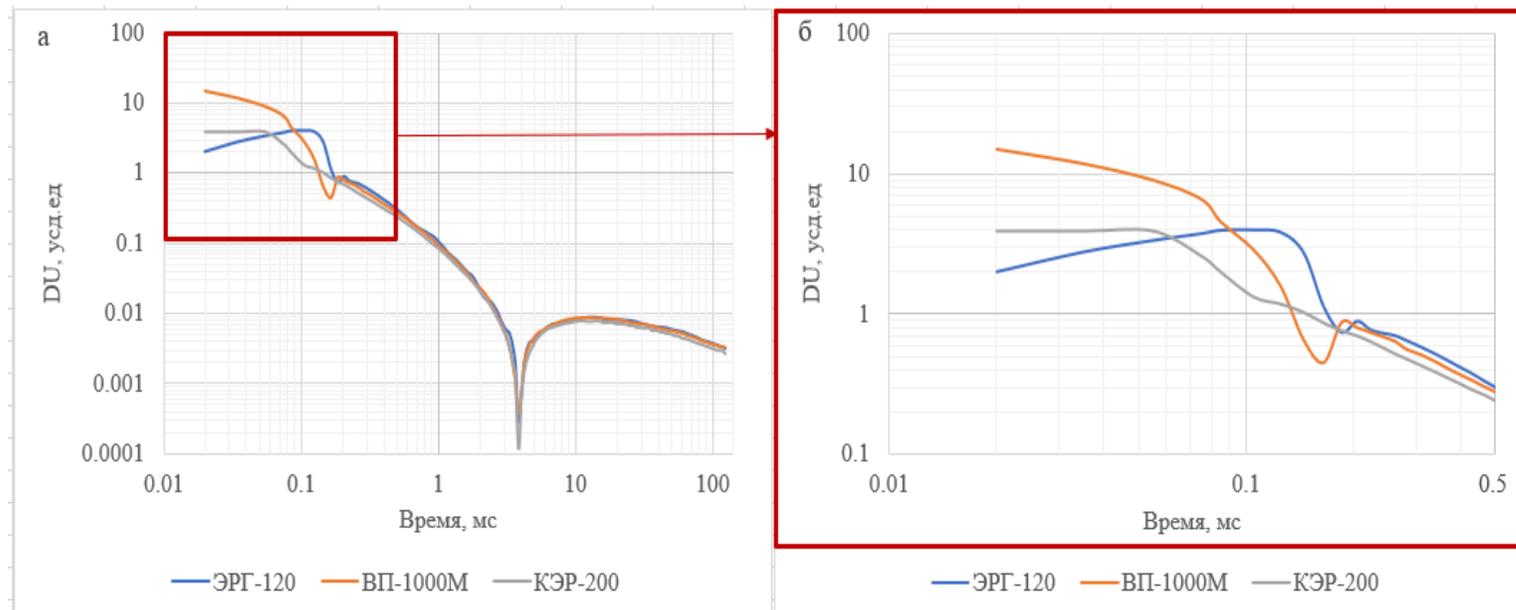
# Оптимизация аппаратной части

За 4 года ОМР было выявлено:

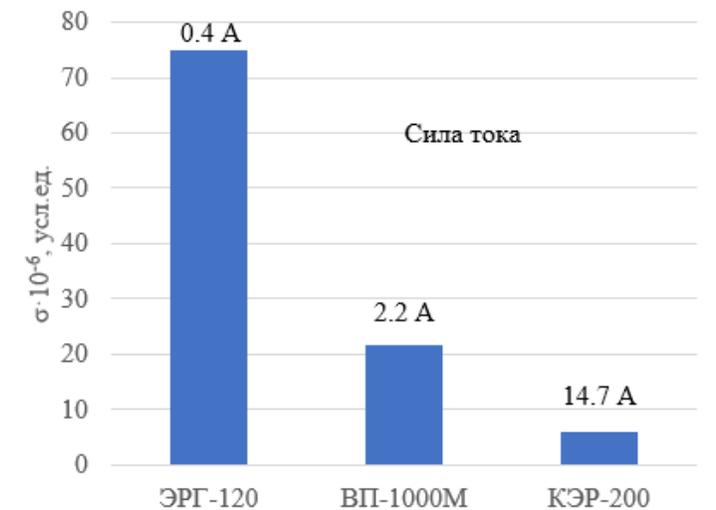
- Используемые коммутаторы ВП-1000М и ЭРГ-120 производства ООО НКП «ЭЛГЕО» имеют затянутый фронт выключения.
- Связано с тем, что данные коммутаторы предназначены для работ методами сопротивлений и ВП, не регистрирующие индукционные процессы

Было решено использовать коммутатор производства ООО «СГНПК» КЭР-200, спроектированный для работ методом ДНМЭ

Кривые DU полученные с разных коммутаторов



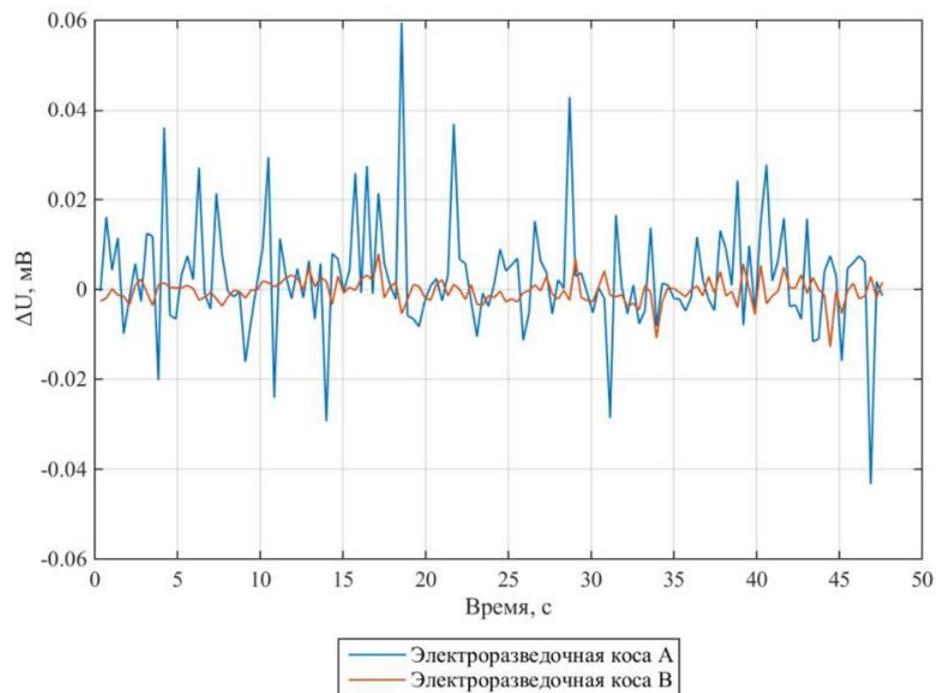
Медиана среднеквадратических отклонений.  
Значения представлены с коэффициентом  $10^{-6}$



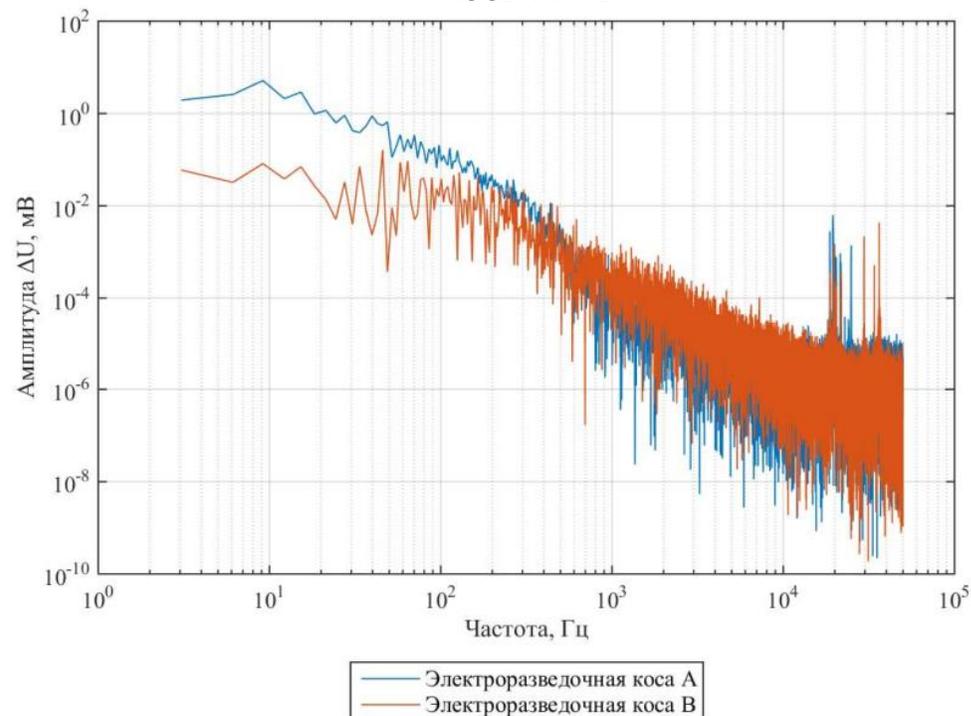
# Приемная линия

Разработанная электроразведочная коса имеет лучшие показатели помехоустойчивости в сравнении с типичными электроразведочными косами

Осредненные данные М-оценкой Хампеля по временным диапазомам в 0.35 с.



Амплитуда спектров полученных сигналов от косы А и В



Коса А – типичная конструкция  
Коса В – разработанная конструкция

Оформлено НОУ-ХАУ «Конструкция измерительной геофизической косы с повышенной помехозащищенностью для выполнения электроразведочных работ методами ЭМЗ-ВП и МТЗ» рег.№58-3/КТ(ноу-хау)263 от 18 октября 2017г

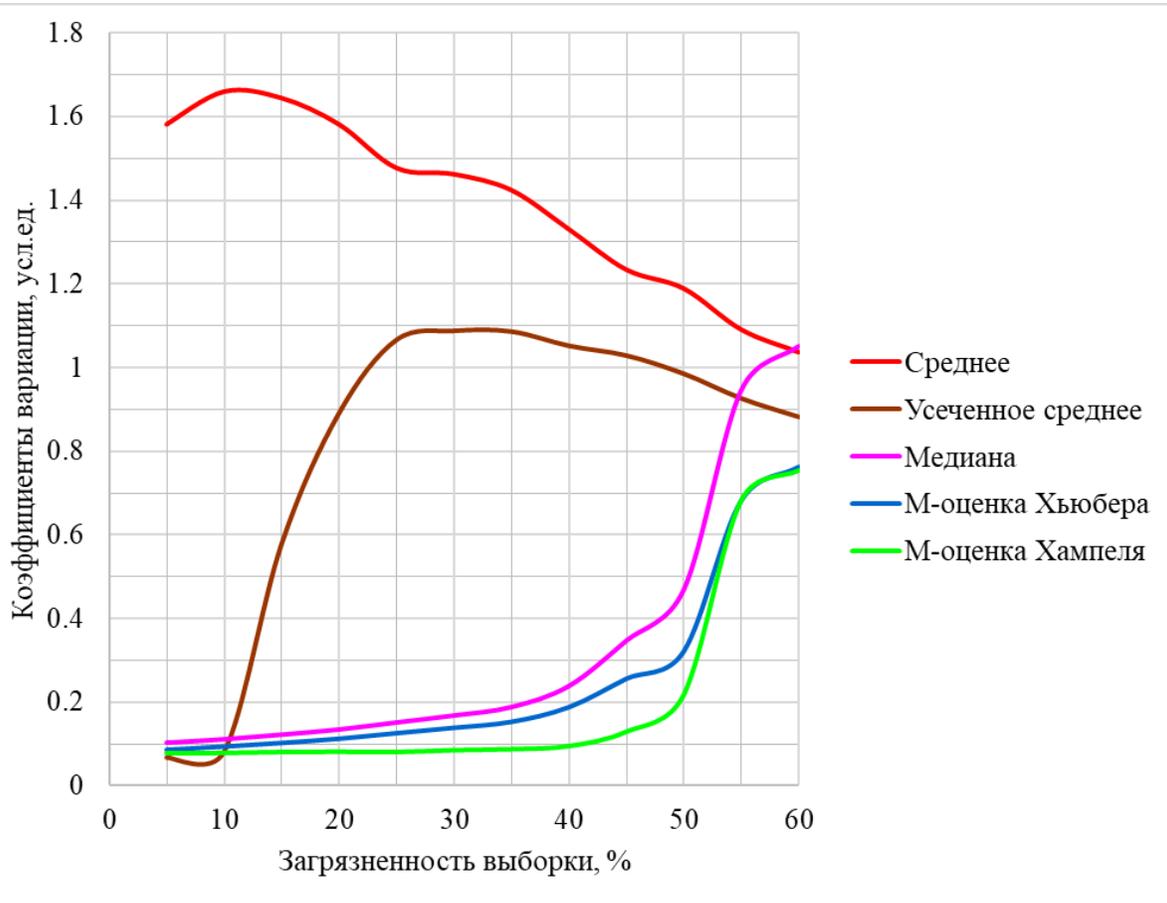
# Интеллектуальная собственность

1 патент и 12 авторских свидетельств о регистрации программы для ЭВМ



Подготавливаются документы для подачи 2 авторских свидетельств

# Используемая М-оценка



В ЭМЗ-ВП при первичной обработке данных используется М-оценка Хампеля, как наиболее устойчивая

Коэффициент вариации – это мера относительного разброса случайной величины, т.е. отношение:

- среднеквадратического отклонения к среднему для оценок среднее и усеченное среднее;
- медиана абсолютного отклонения к медиане для медианной оценки;
- среднеквадратическое отклонение пси-функции Хьюбера к М-оценке Хьюбера для М-оценки Хьюбера;
- среднеквадратическое отклонение пси-функции Хампеля к М-оценке Хампеля для М-оценки Хампеля.

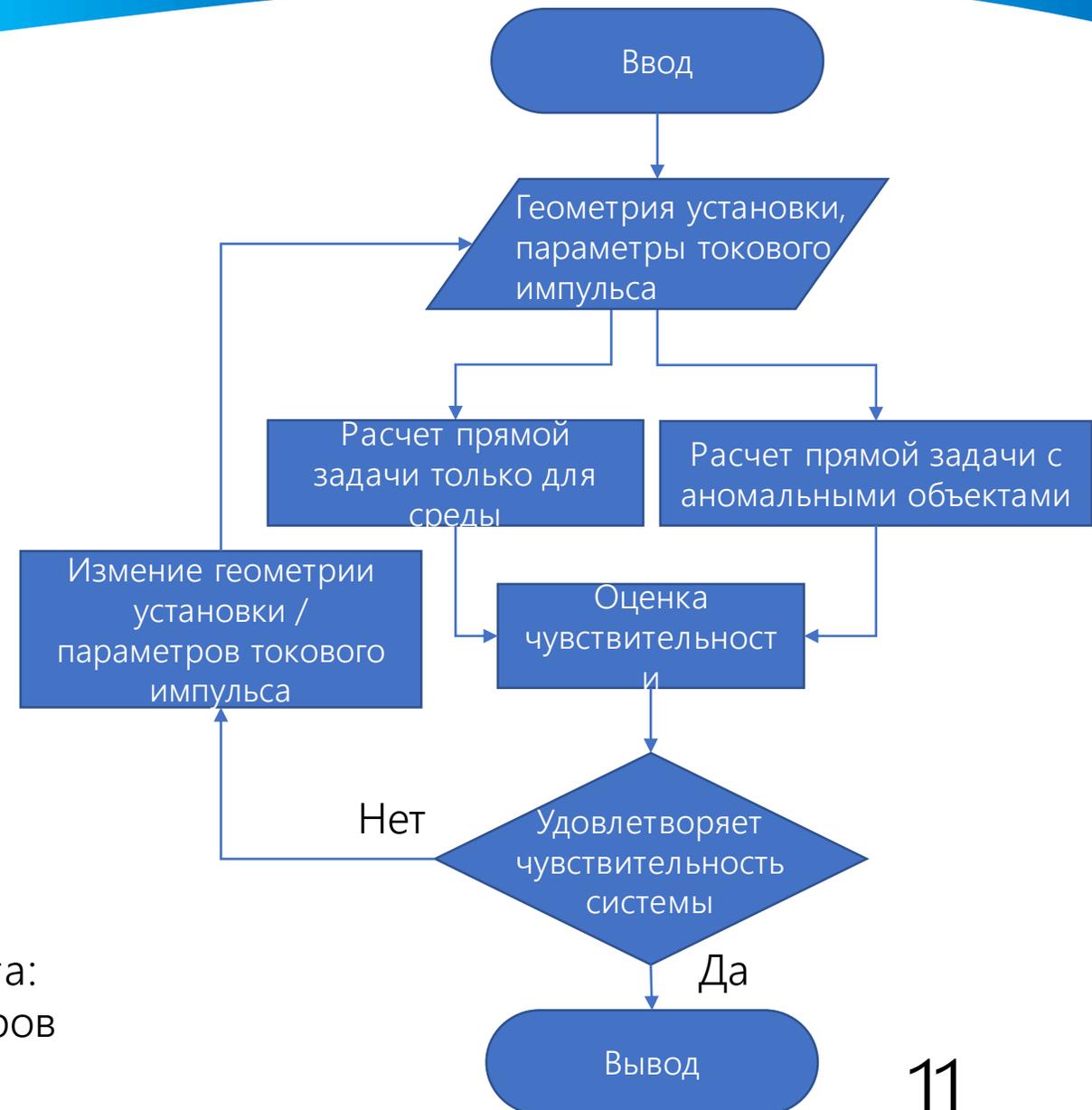
# Методика проведения математического эксперимента

Проведение математического эксперимента позволяет оценить чувствительность используемой системы импульсной электроразведки на этапе планирования работ

Математический эксперимент необходим для:

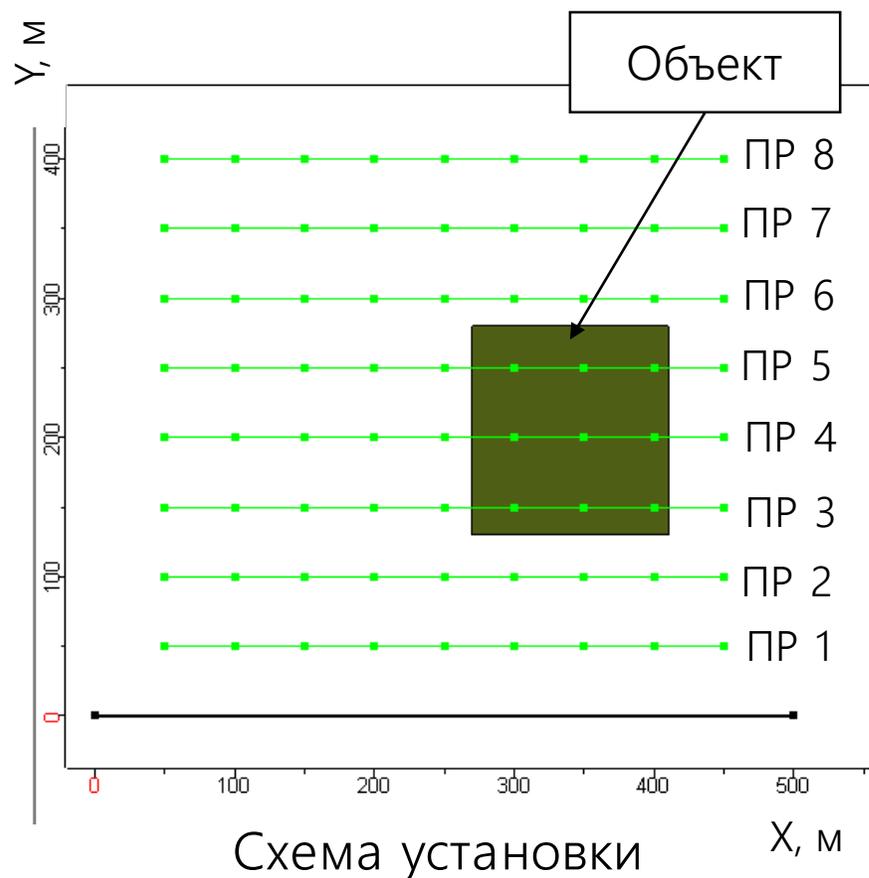
1. Оценки чувствительности системы
2. Подбора геометрии установки и параметров токового импульса

Результат проведения математического эксперимента:  
Подбор оптимальной геометрии установки и параметров токового импульса для лучшей эффективности работ



# Оценка чувствительности на примере инженерных работ на шельфе

Для проведения математического эксперимента используется программа трехмерной инверсии ITEM-IP, разработанная Персовой М.Г. и др. в НГТУ



Параметры среды				
№	H, м	$\rho$ , Ом·м	$\alpha$	$T_0$
1	1	1	0	0.00564
2	200	5	0.02	0.00564

Параметры объекта			
Размеры, м <sup>3</sup>	$\rho$ , Ом·м	$\alpha$	$T_0$
140x150x20	1000	0.2	5.64E-06

## Геометрия установки

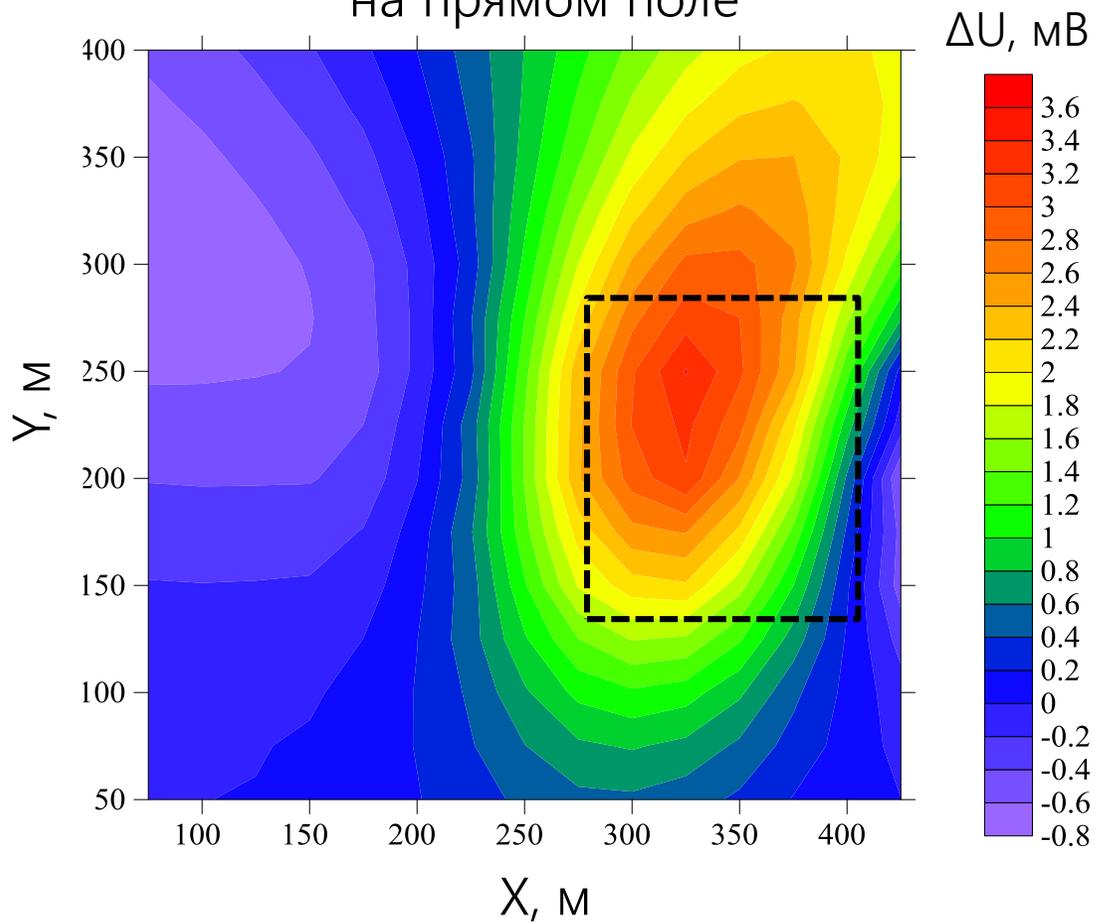
- Длина АВ 500 м
- Расстояние между пикетами 25 м
- Расстояние между профилями 50 м

## Параметры токового импульса

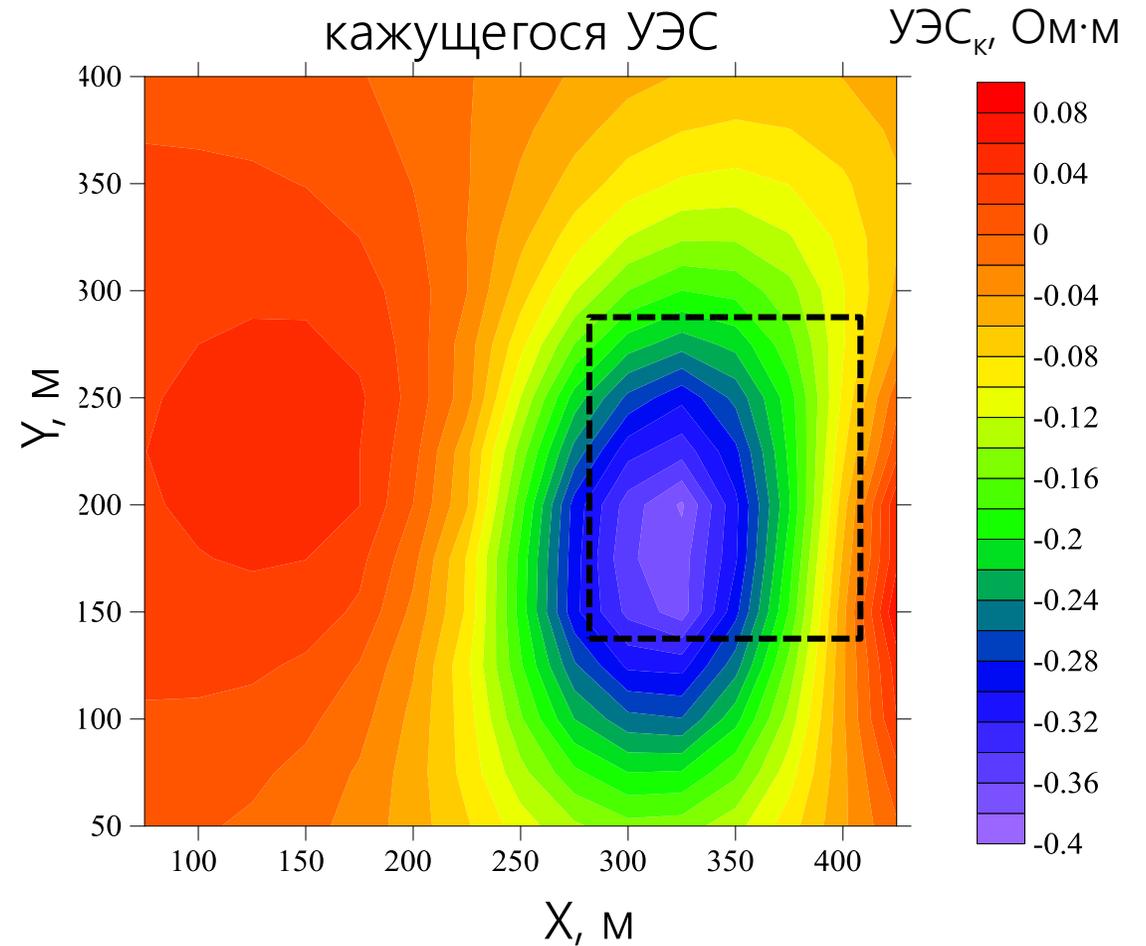
- Длина импульса 0.125 с, время паузы 0.125 с.
- Сила тока 10 А

# Аномальный вклад

Распределение аномального  $\Delta U$   
на прямом поле

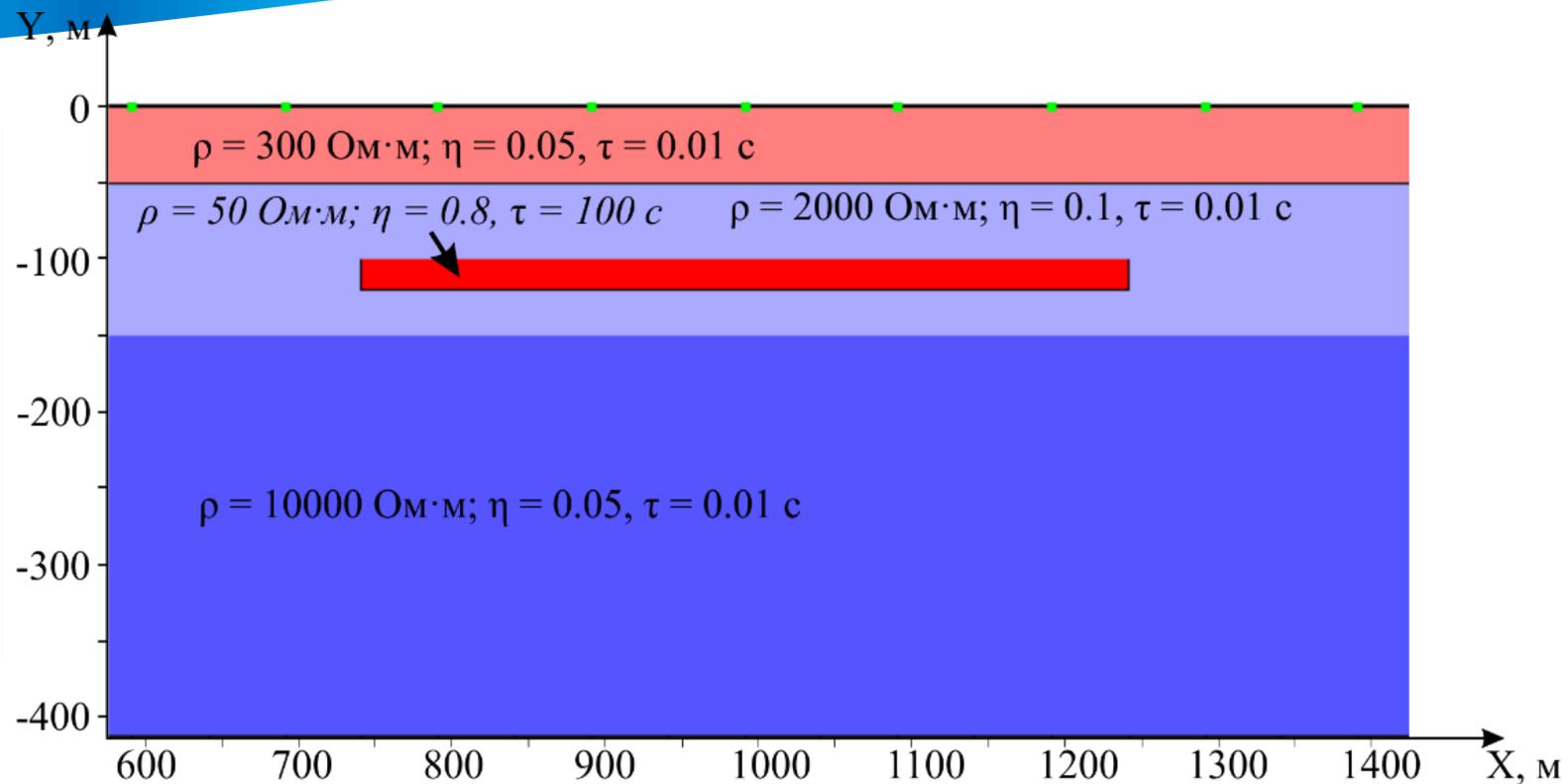
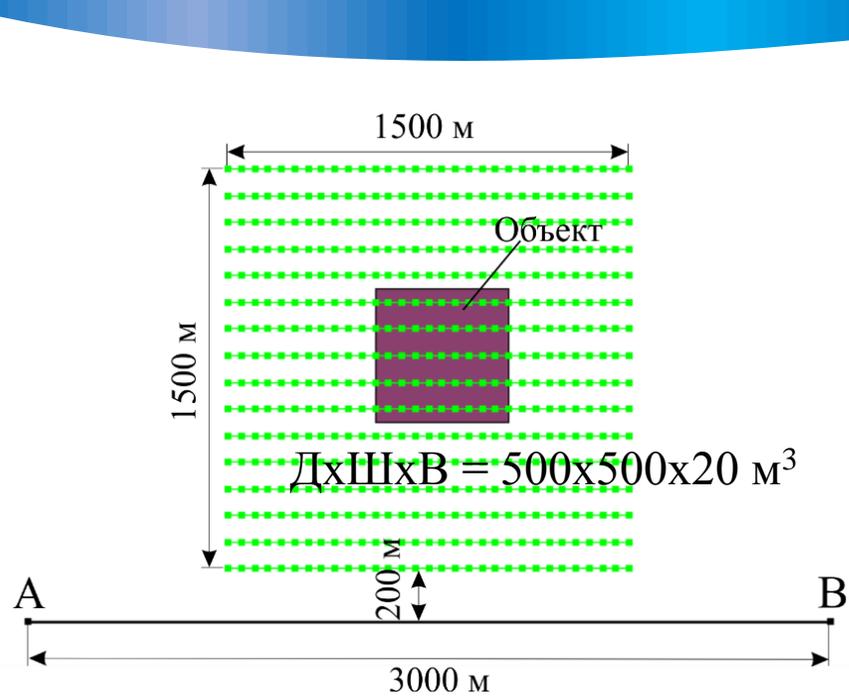


Распределение аномального  
кажущегося УЭС



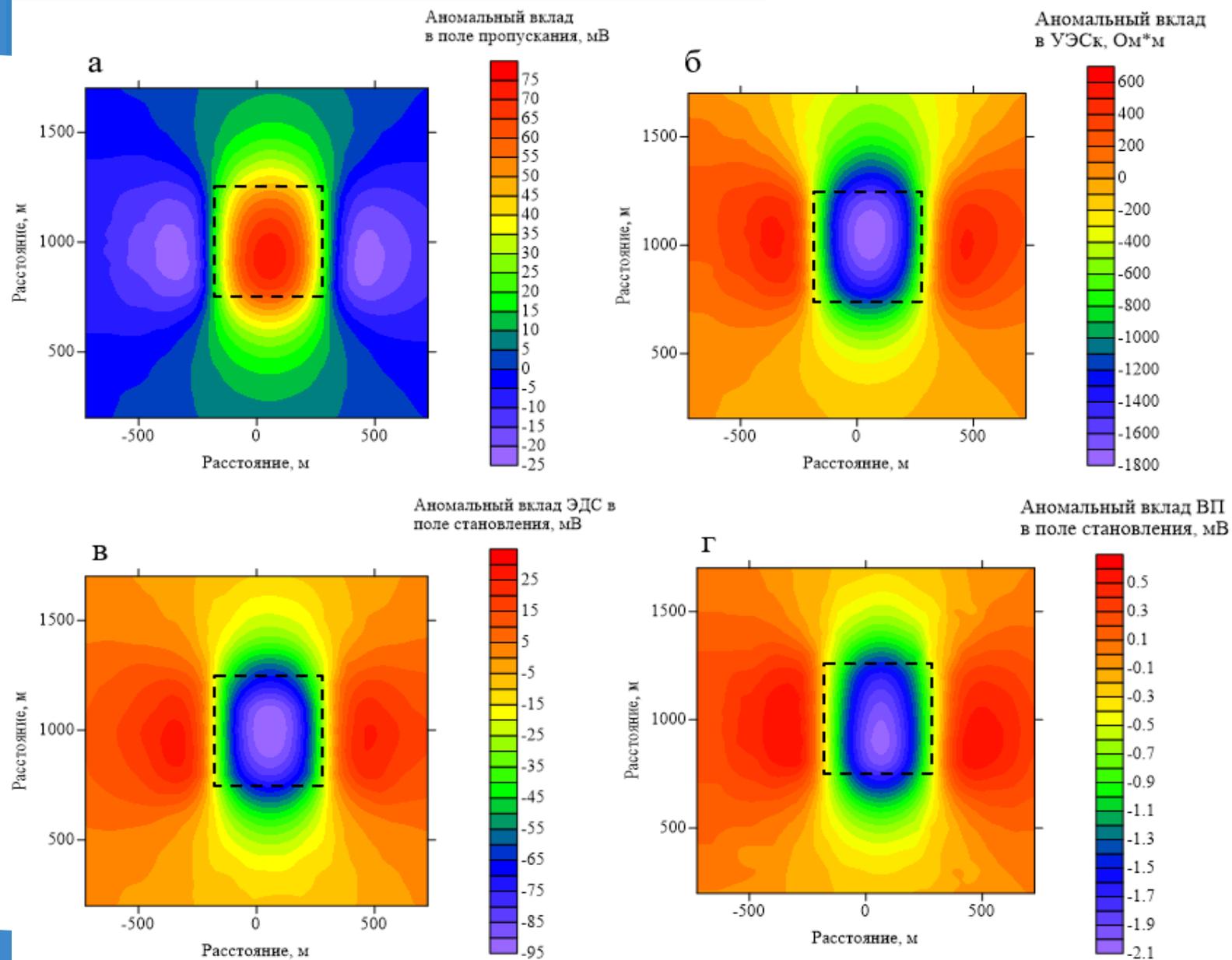
Чувствительность системы имеется. Аномальный вклад  $\Delta U$  на прямом поле больше минимального порога чувствительности в 0.01 мВ

# Оценка чувствительности на примере поиска и разведки рудных полезных ископаемых

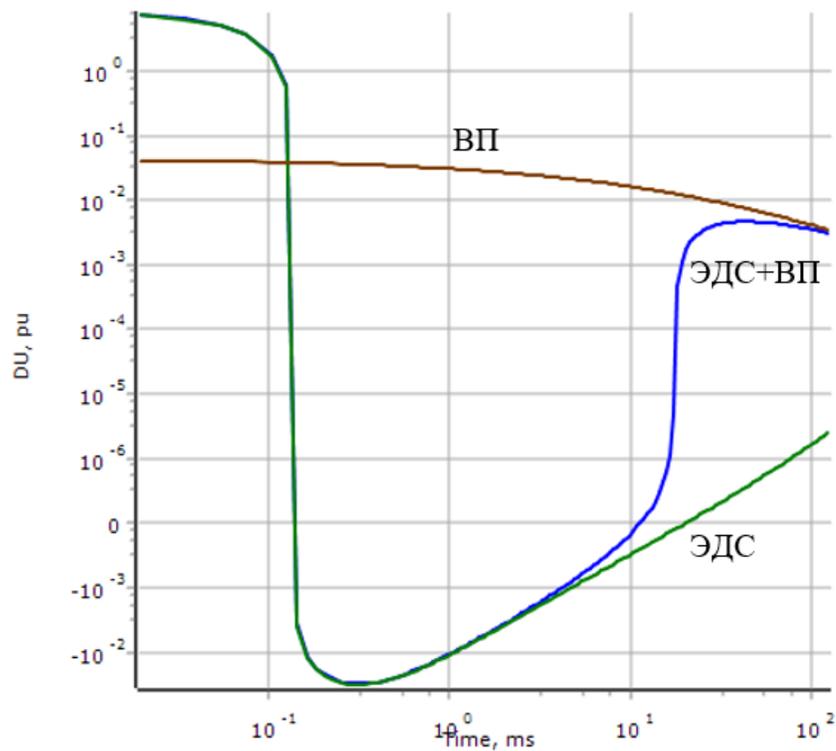


- Длина импульса 0.125 с, время паузы 0.125 с.
- Сила тока 10 А

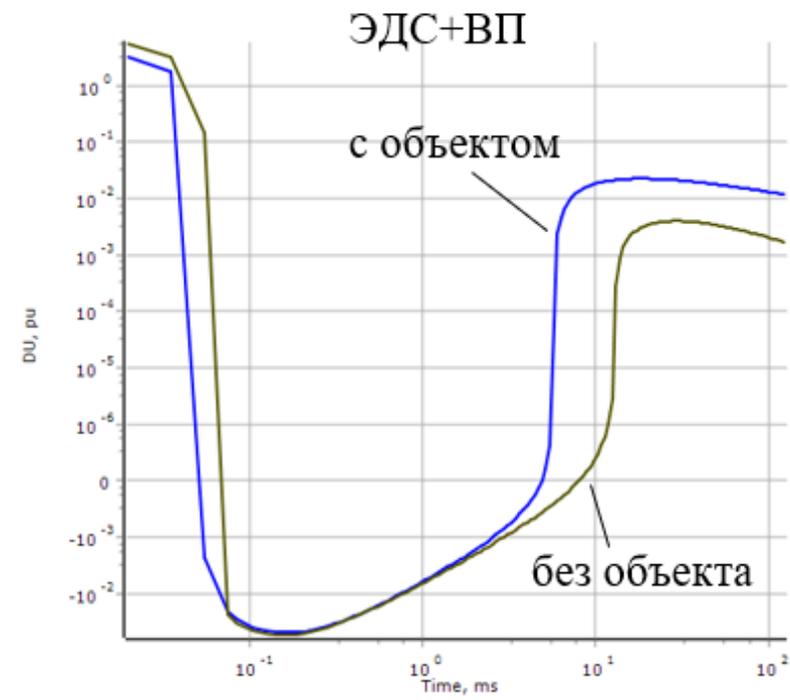
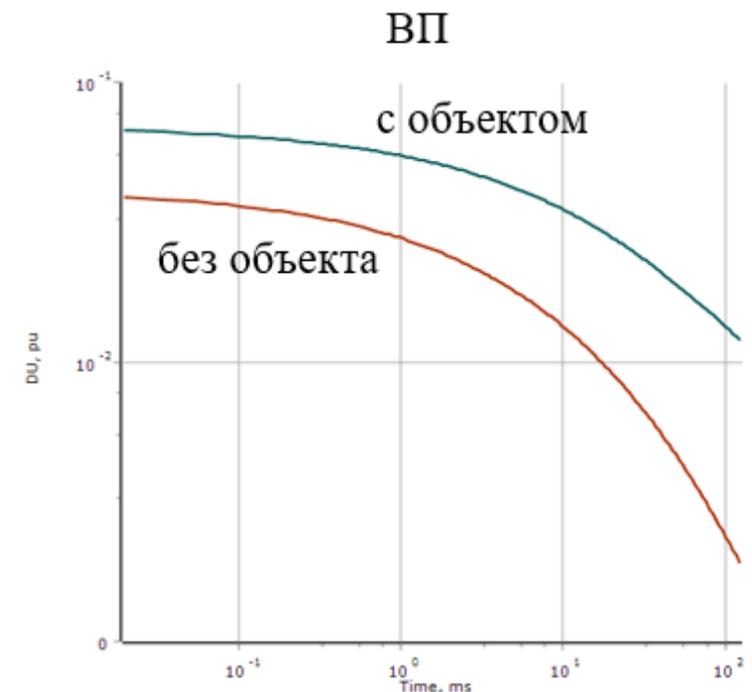
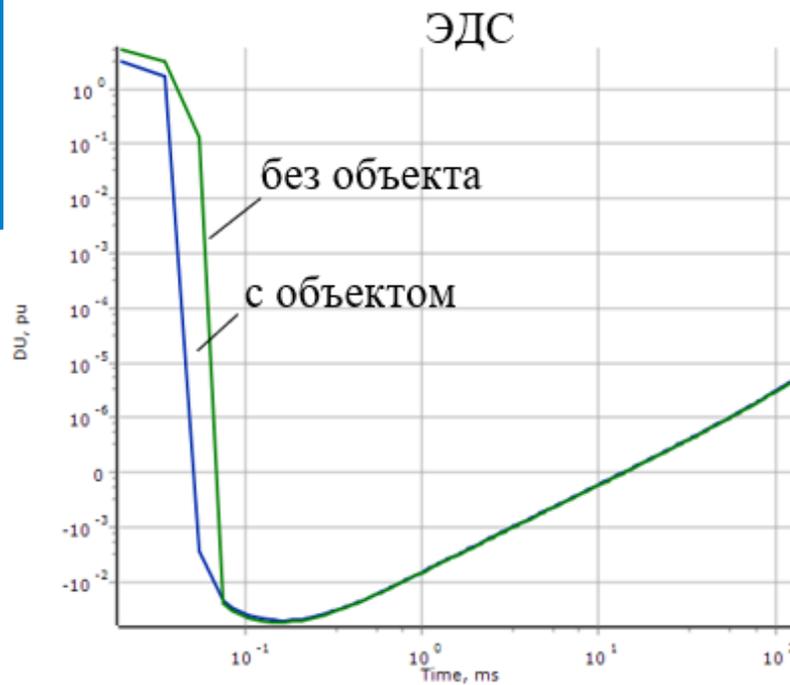
# Карты аномального вклада



# Кривые DU



Составляющие кривой зондирования



# Апробация на полиметаллах

В период с 2015 по 2016 были проведены ОМР на Алтае – Новокузнецовская площадь

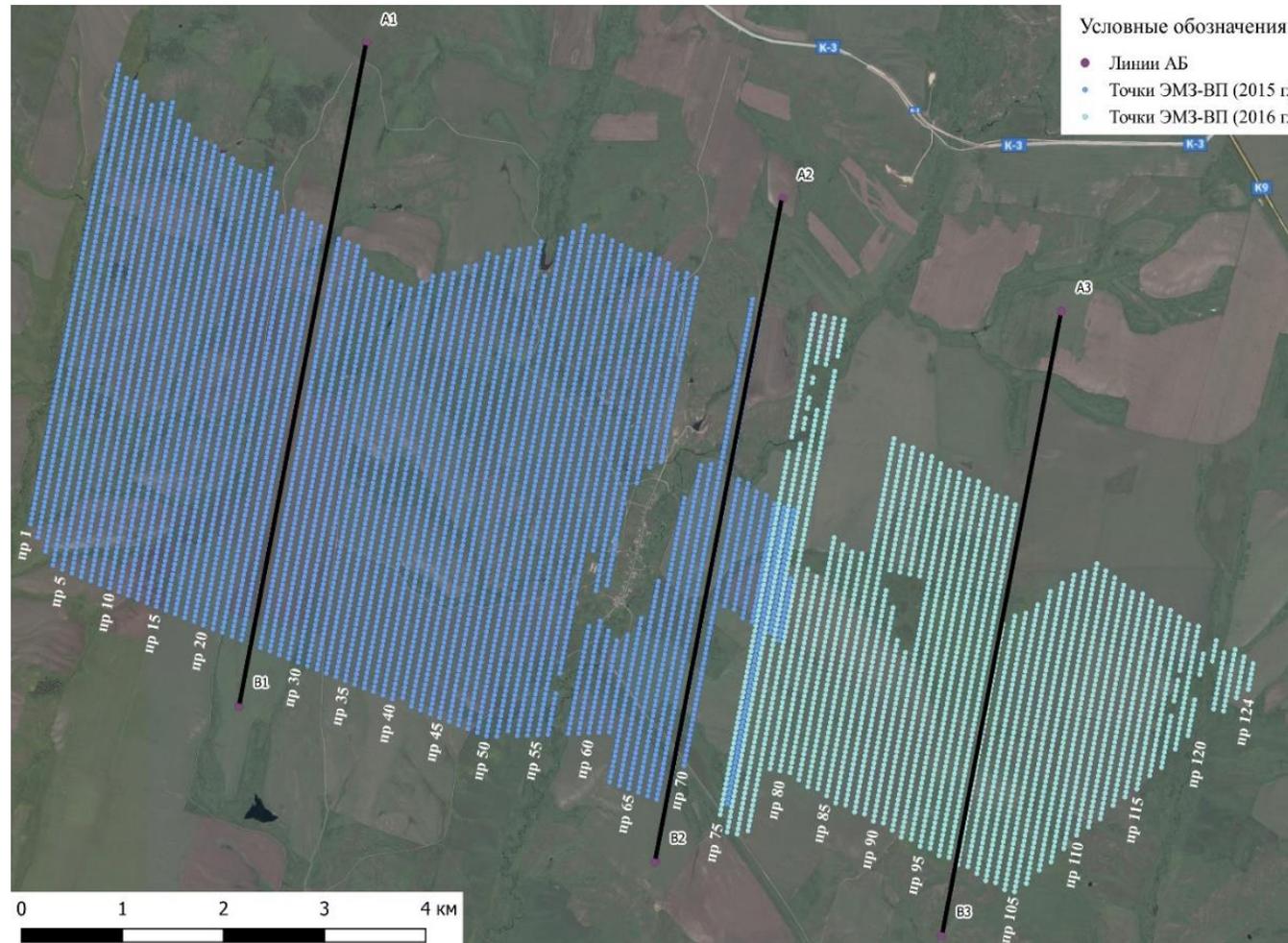
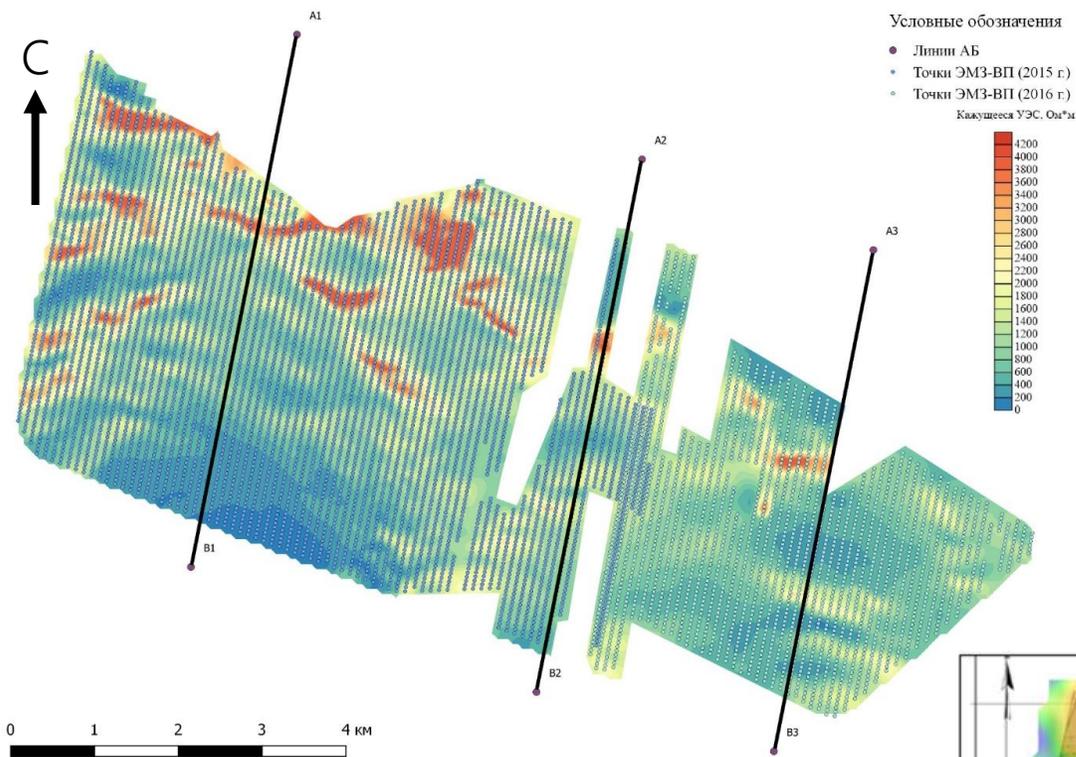
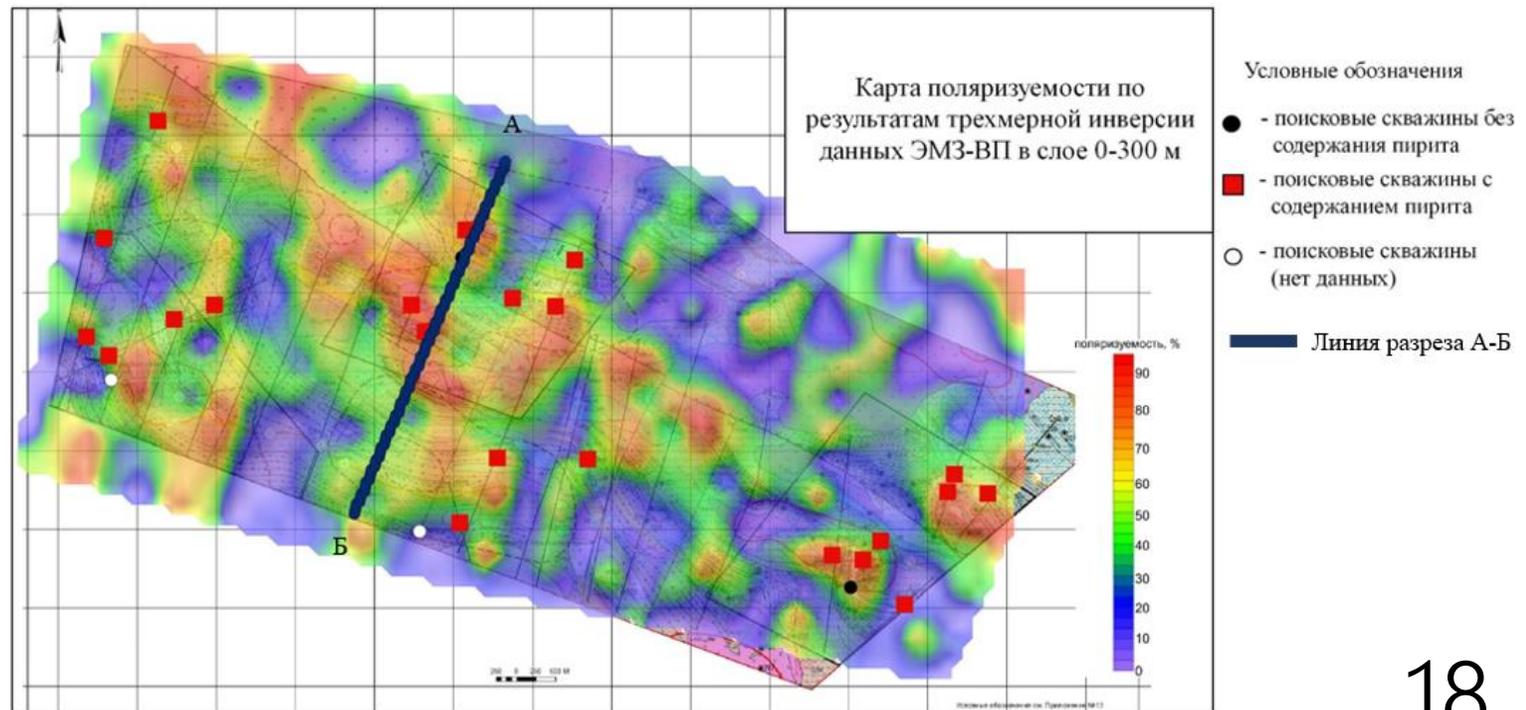


Схема работ



Распределение кажущегося УЭС

Карта поляризуемости по результатам 3D инверсии



# Заключение

Разработан и апробирован АПК с заземленными источниками и приемниками

Разработанный АПК имеет высокую поисковую эффективность, подтвержденную бурением

Разработана методика проведения математического эксперимента для оценки чувствительности системы