

Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.И.  
Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

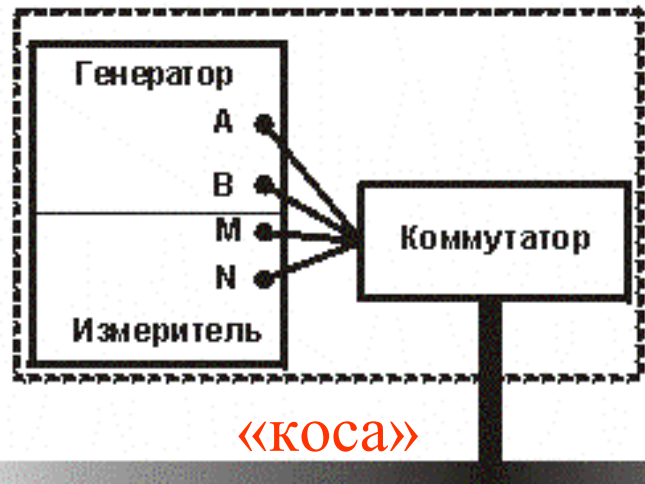
## 2D электроразведка методом сопротивлений: методики, аппаратура, программное обеспечение

- многоэлектродные зондирования
- 2D автоматическая инверсия
- многоканальная многоэлектродная аппаратура
- оптимальные методики наблюдений
- производственные характеристики многоэлектродных зондирований
- «медианное» сглаживание
- применение 2D электроразведки

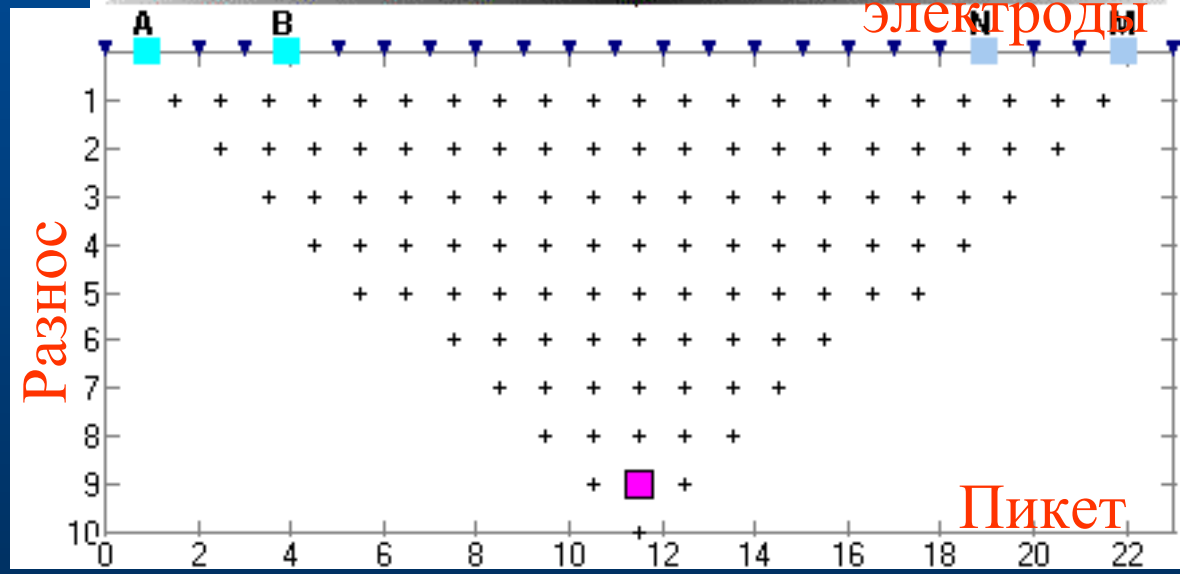
# 2D электроразведка методом сопротивления

Метод ВЭЗ	2D (3D) электроразведка
одноканальная аппаратура	многоэлектродная аппаратура
логарифмический шаг по разносам	линейный шаг по разносам
редкая сеть наблюдений (шаг по профилю сравним с максимальным разносом)	плотная сеть наблюдений (шаг по профилю равен минимальному разносу)
установка Шлюмберже или дипольная	произвольная установка, комбинирование установок
1D интерпретация	2D (3D) автоматическая инверсия (Res2dInv, SensInv2D и т.п.)

# Многоэлектродные зондирования



«коса»



электроды

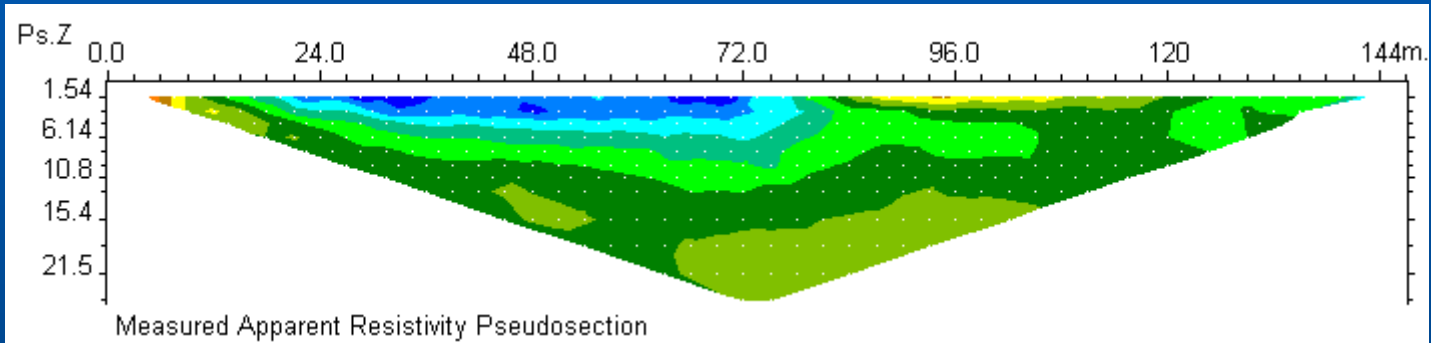
Разнос

Пикет

# 2D автоматическая инверсия

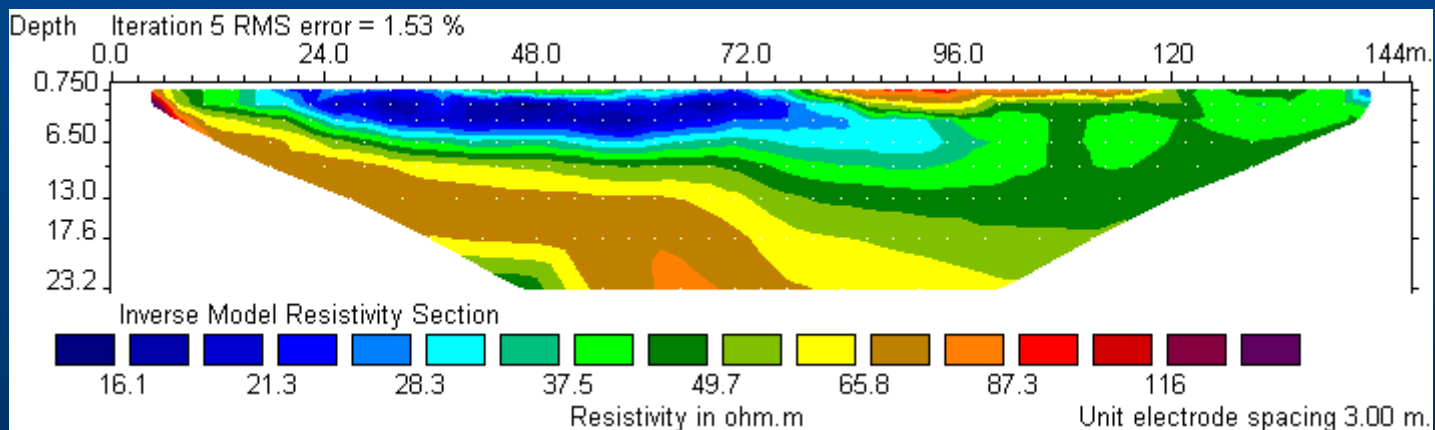
Каж. глубина

Псевдо-разрез кажущегося сопротивления (установка Веннера)



Глубина

Геоэлектрический разрез после 2D инверсии (*Res2dinv*)



# Многоэлектродная аппаратура SysCal R Iris Instruments (Франция)



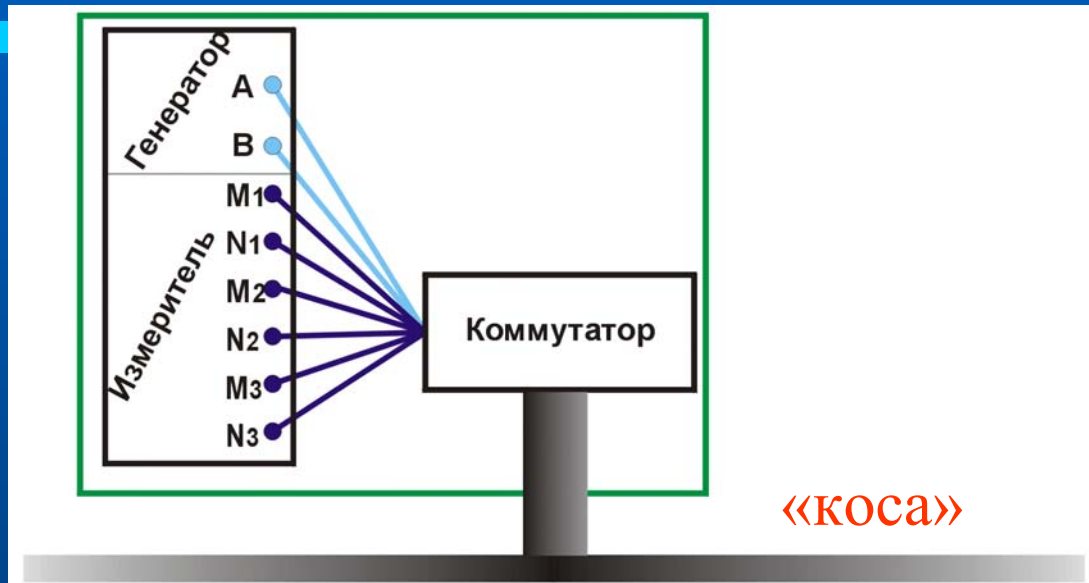
Общий вид

# Преимущества и недостатки многоэлектродной аппаратуры

- Большой вес (~ 100 кг) и малая мобильность
- Ограниченный диапазон разносов
- Слабая помехозащищенность из-за высокой скорости измерений
- Относительно высокая стоимость аппаратуры (>\$25000)
- Повышение производительности и качества полевых наблюдений
- Двумерная интерпретация
- Возможность адаптации для задач мониторинга и межскважинных наблюдений
- Возможность проведения работ дождь

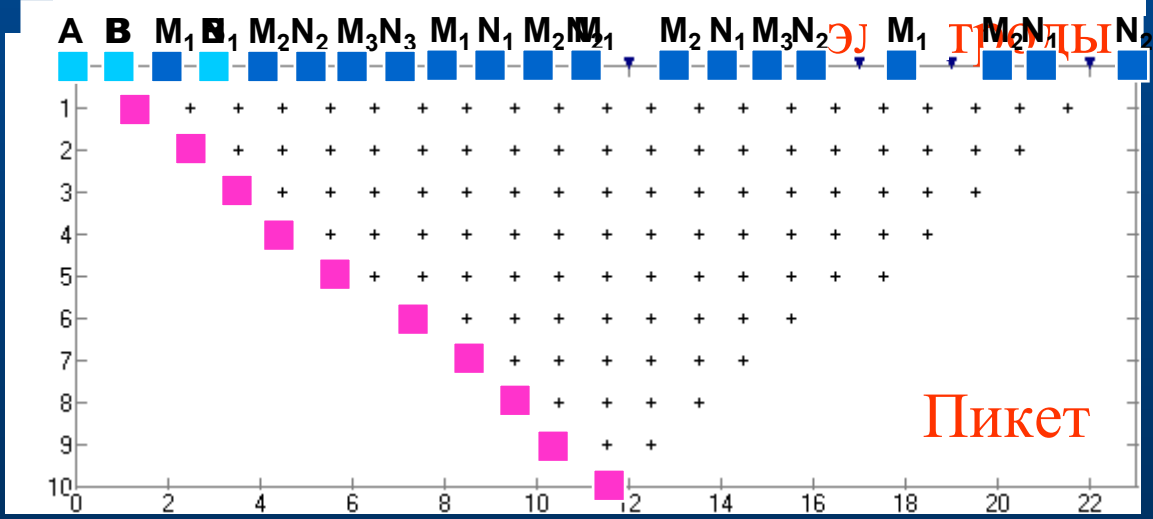
**Гарантированное получение результата при минимальной квалификации**

# Многоканальная многоэлектродная аппаратура



«коса»

Разнос



Пикет

# Преимущества многоканальной аппаратуры

**Высокоскоростные  
измерения**

```
graph TD; A[Высокоскоростные измерения] --> B[Надежная интерпретация благодаря увеличению объема полевых данных]; A --> C[Мониторинг различных процессов в режиме реального времени]; A --> D[Возможность непрерывных наблюдений на акваториях];
```

Надежная интерпретация  
благодаря увеличению объема  
полевых данных

Мониторинг различных  
процессов в режиме  
реального времени

Возможность непрерывных  
наблюдений на акваториях



# Оптимальная методика наблюдения

Качественное сравнение электроразведочных установок применительно к многоэлектродным зондированиям

Установки	Глубинность	Уровень сигнала	Разрешающая способность	Максимальное число измерений	Многоканальные измерения	Поддержка производителям и аппаратуры и программ	Проблемы с бесконечностью
Потенциал	+++	+++	+	+	++	+++	+++
Веннера	+	+++	+	+	нет	+++	нет
Шлюмберже	++	++	++	++	+	++	нет
Дипольная осевая	++	+	+++	++	+++	++	нет
Трехэлектродная	+++	+	+++	+++	+++	+	+

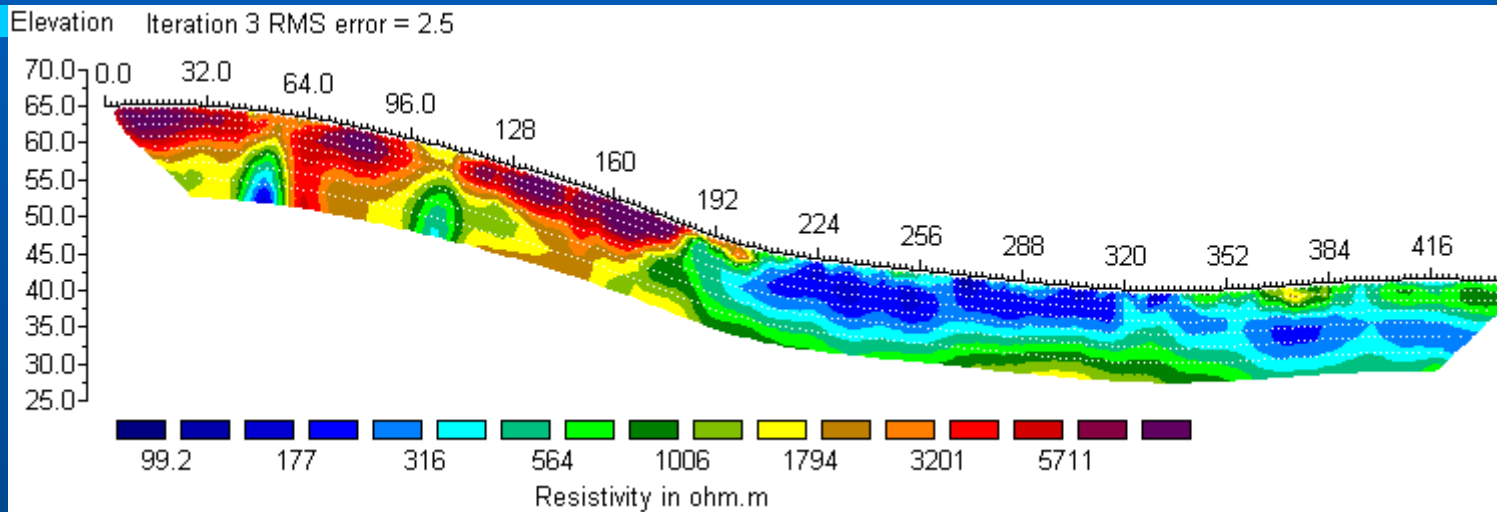
Комбинированная трехэлектродная установка

Шлюмберже + Дипольная осевая

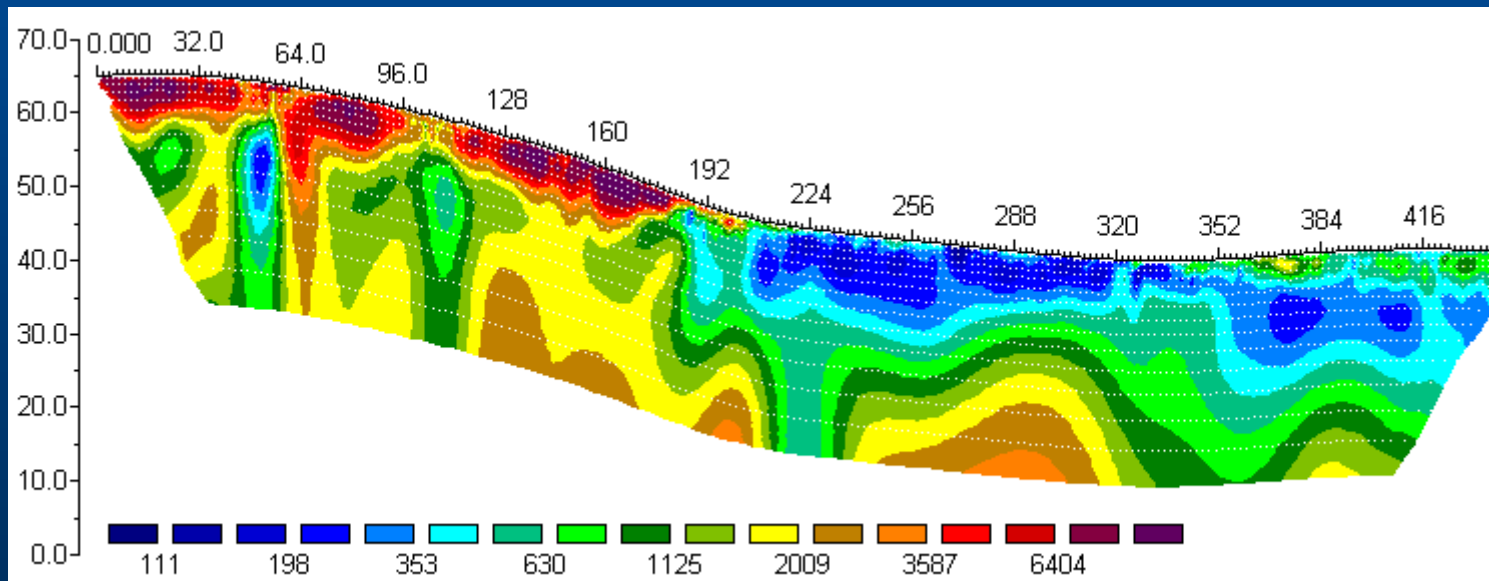
Веннерат Дипольная осевая (Веннер бета)

# Сравнение результатов интерпретации для двух установок

Венера



Комбинированная  
трехэлектродная



# Производственные характеристики многоэлектродных зондирования

Длина профиля:  $a \cdot (N-1)$

Минимальный разнос:  $a \cdot 1.5$

Максимальный разнос:  $\sim a \cdot (N-1)/2$

Время одного измерения: 5-10 с

$a$  – расстояние между электродами (шаг)

$N$  – число электродов

Число электродов	Расстояние между электродами	Длина профиля	Интервал разносов	Примерное время развертывания	Число измерений	Время измерений	
						Одно-канальная станция	10-канальная станция
48	2	94	3 - 47	40 мин	300 – 1000	30 минут – 1.5 часа	6 – 20 минут
	10	470	15 - 235				
96	2	190	3 - 95	1.5 часа	1000 - 3000	1.5 – 4.5 часа	30 минут – 1.5 часа
	10	950	15 - 475				

# Аппаратура для многоэлектродных зондирования



**Syscal Pro, 10 - канальная**  
*Iris Instrument, Франция*



**Terrameter SAS 4000, 4 - канальная**  
*ABEM, Швеция*



**ARES, одноканальная**  
*GF Instruments, Чехия*

**«Иднакар» на базе измерителя и генератора «ЭРА», Ижевск**

# Программное обеспечение для 2D электроразведки

<b>Res2dInv</b>	Общепризнанный стандарт для 2D инверсии, <i>Geotomo, Малазия</i>
<b>SensInv2D</b>	2D инверсия, <i>Geotomographie, Германия</i>
<b>ZondRes2D</b>	2D инверсия <i>Санкт-Петербург</i>
<b>x2ipi</b>	Подготовка, обработка, визуализация данных 2D электроразведки, <i>МГУ, Москва</i>



Полевой пример  
(А.Ю. Приходько, «Артель-Амур», Хабаровский край)

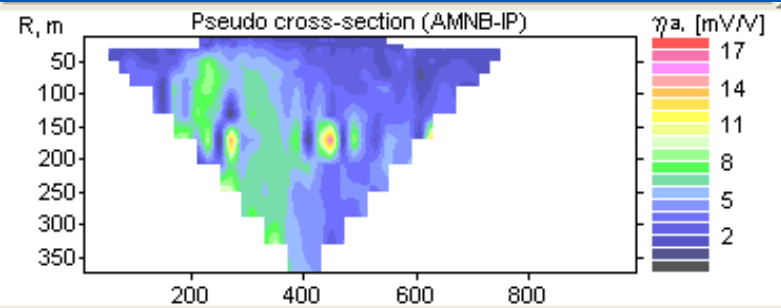
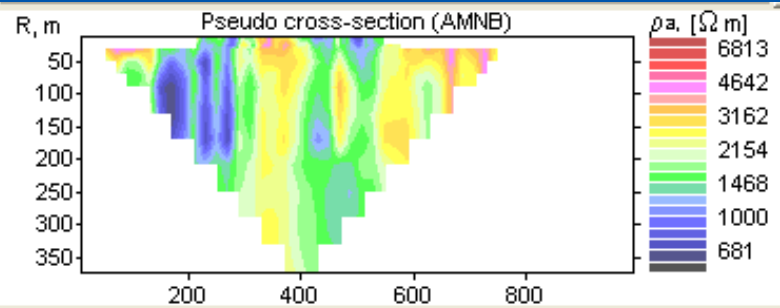


# Полевые данные (Хабаровский край)

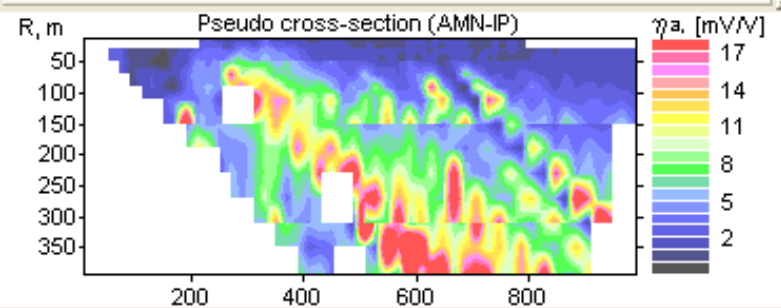
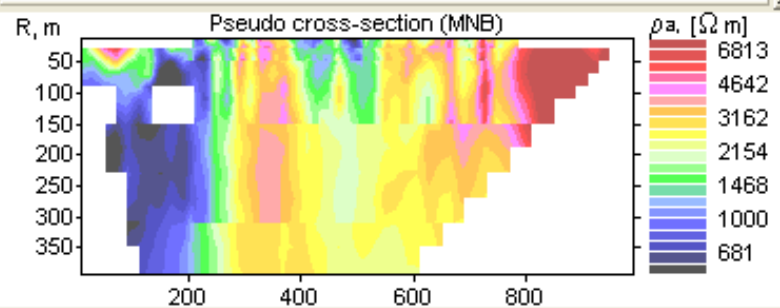
Каж. сопротивление

Каж. поляризуемость

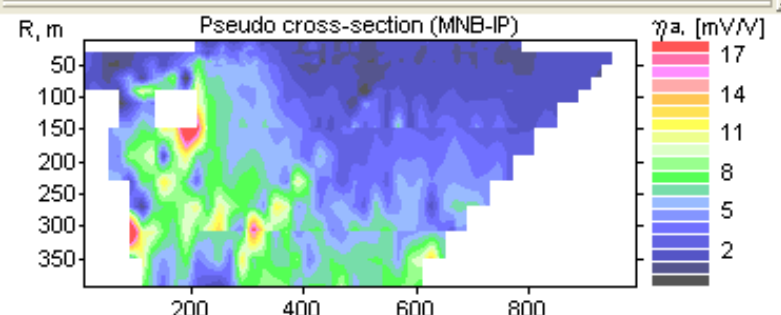
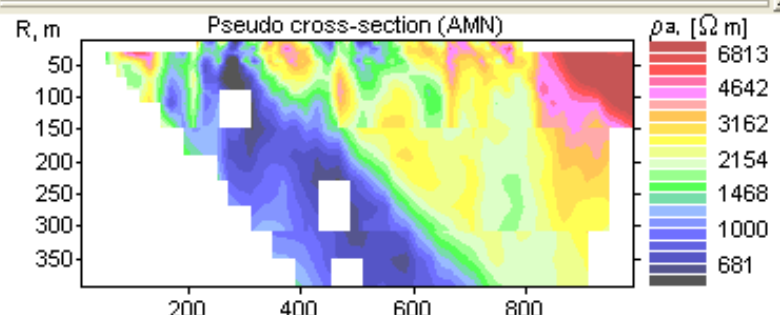
Шлюмберже



MNB



AMN

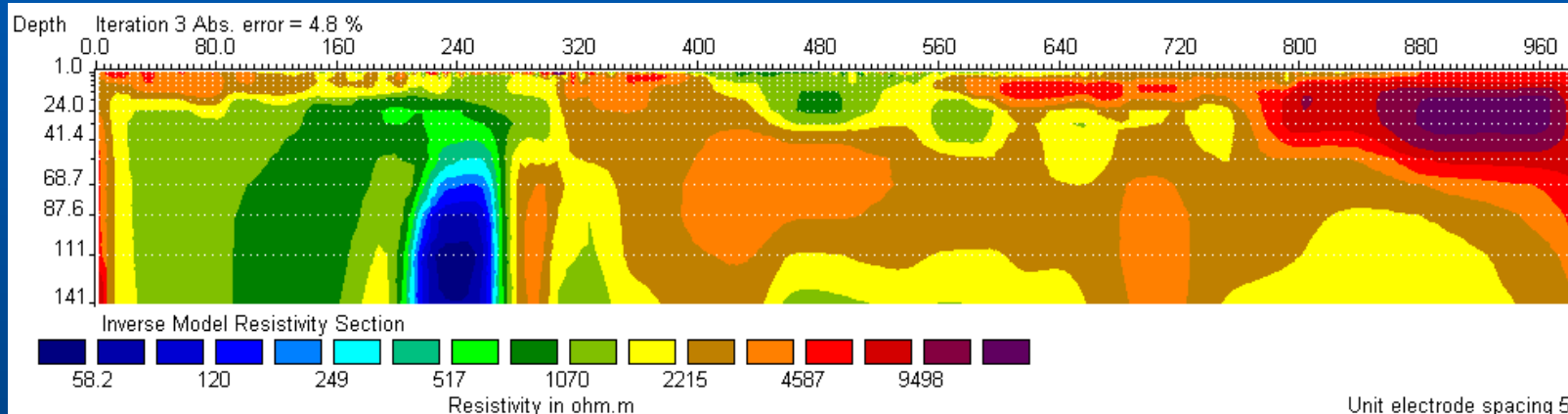


# 2D инверсия (Хабаровский край)

## Удельное сопротивление

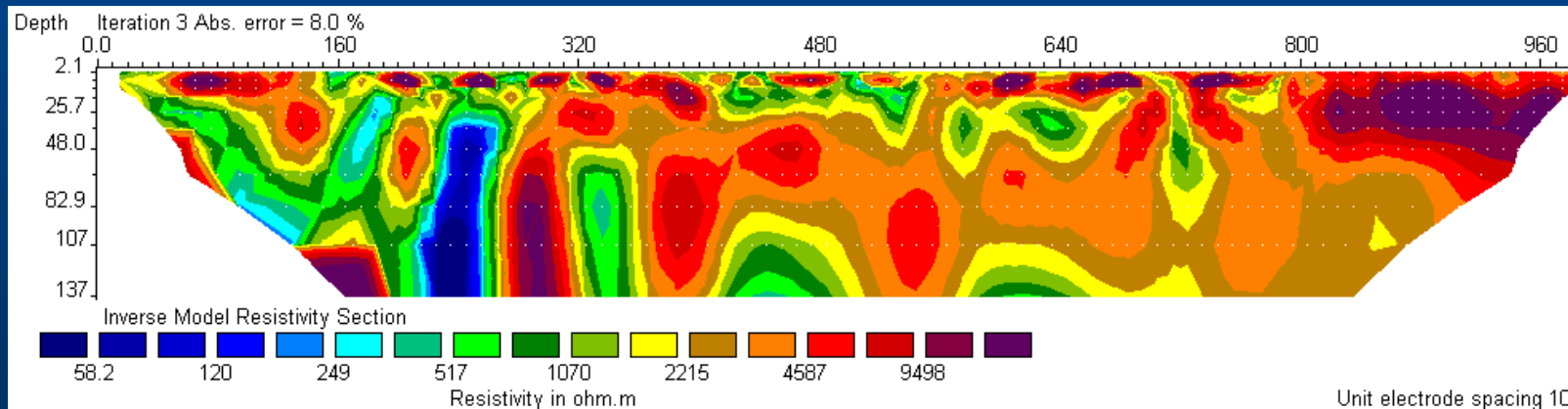
После

сглаживания



Без

сглаживания



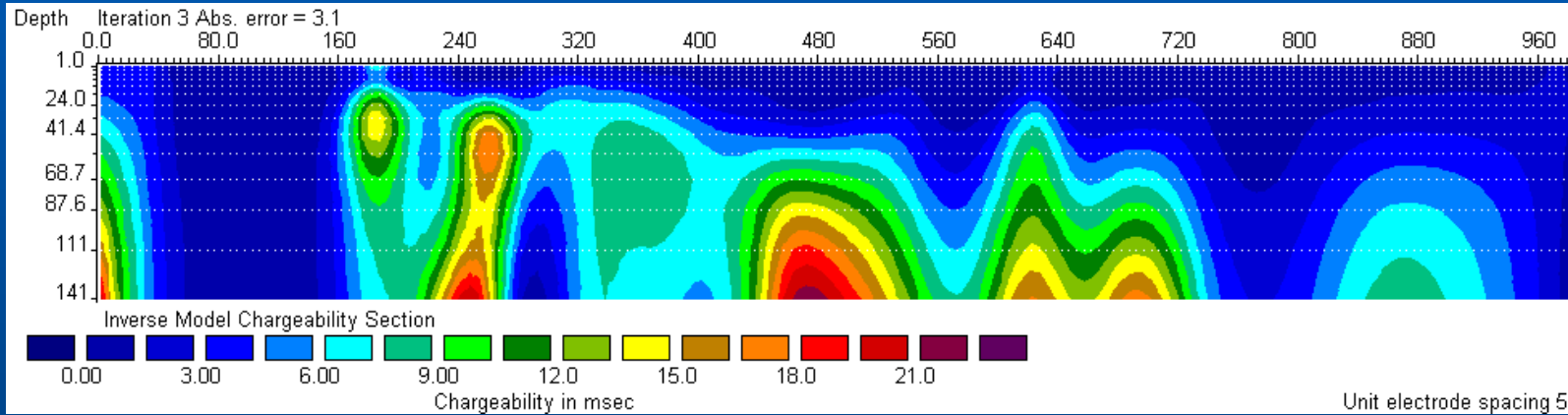


# 2D инверсия (Хабаровский край)

## Поляризуемость

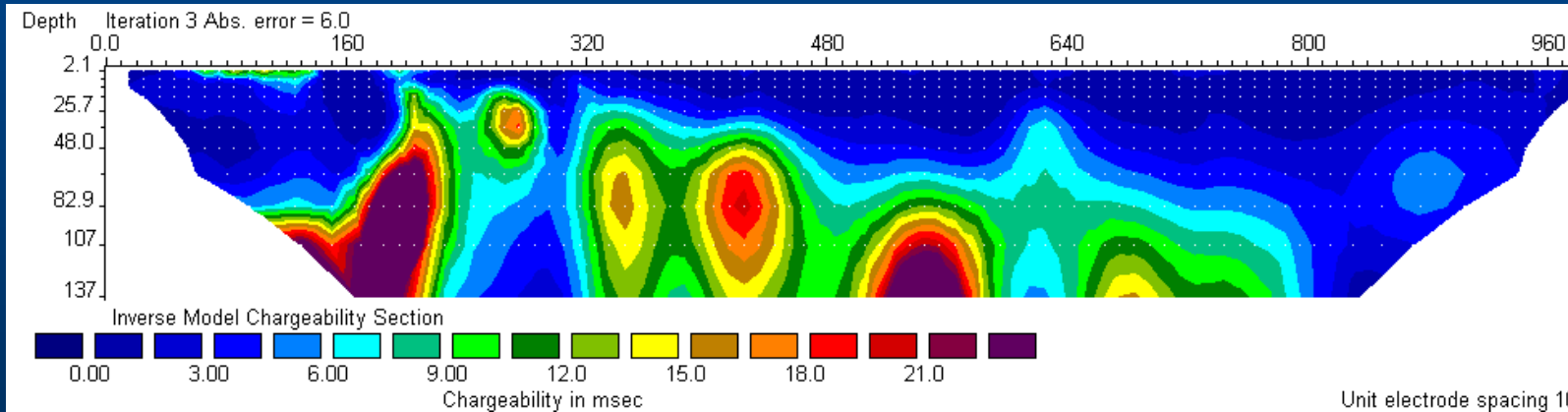
После

сглаживания



Без

сглаживания



# Применение 2D электроразведки

- **2D** электроразведка **необходима** при исследованиях:
  - крутопадающих слоев,
  - при наличии тектонических нарушений,
  - многолетнемерзлых породах
  - при работах в зонах городской и индустриальной застройки
- **2D** электроразведка **целесообразна** при всех детальнейших (масштаб 1:2000 и крупнее) геофизических исследованиях и мониторинге
- Применение многоэлектродной аппаратуры позволяет эффективно проводить **3D** исследования и **межскважинные** наблюдения