

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

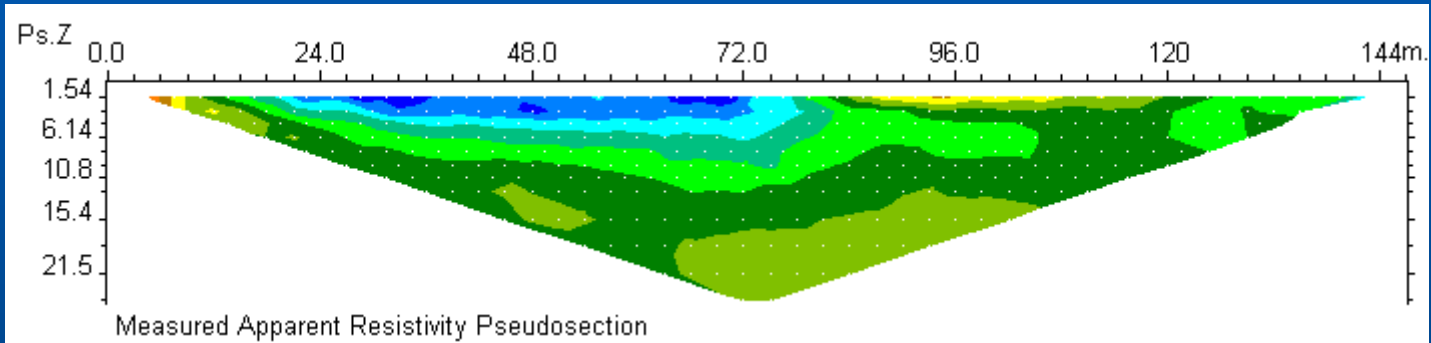
2D электроразведка методом сопротивления

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.)

2D автоматическая инверсия

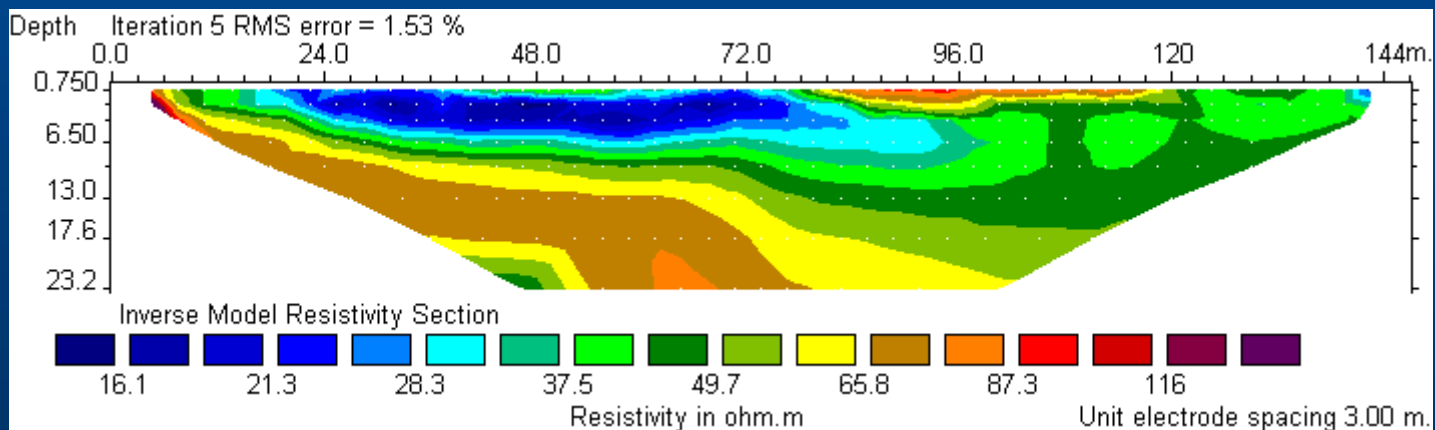
Каж. глубина

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

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	+++	+	+++	+++	+++	+	+

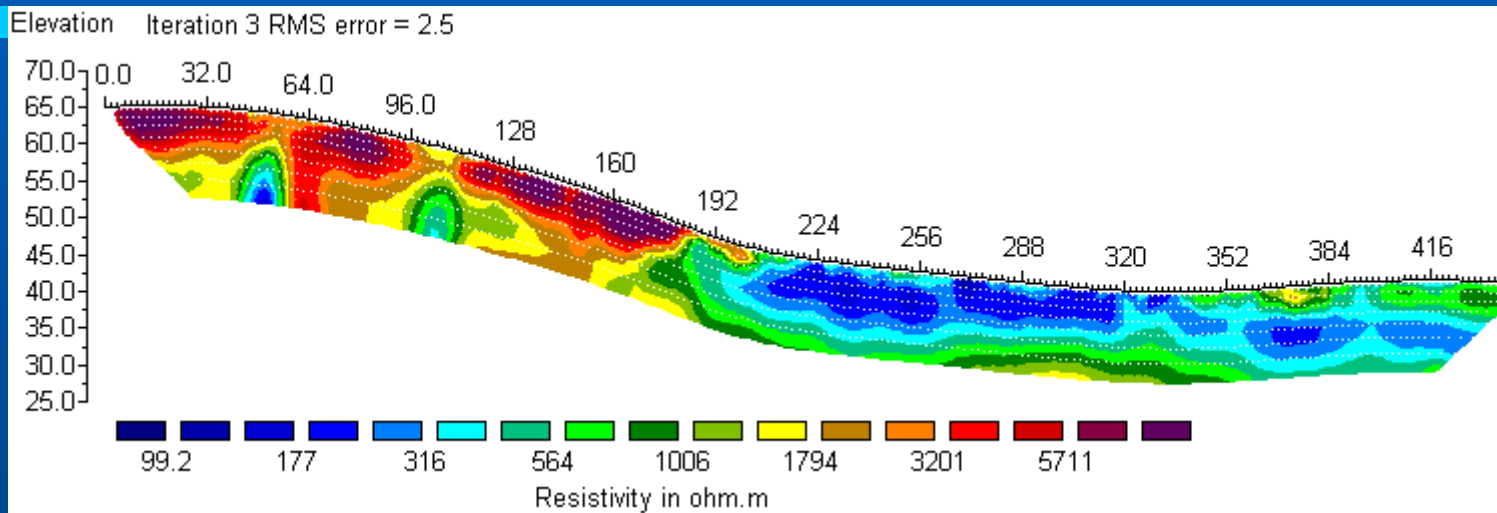
Комбинированная трехэлектродная установка

Шлюмберже + Дипольная осевая

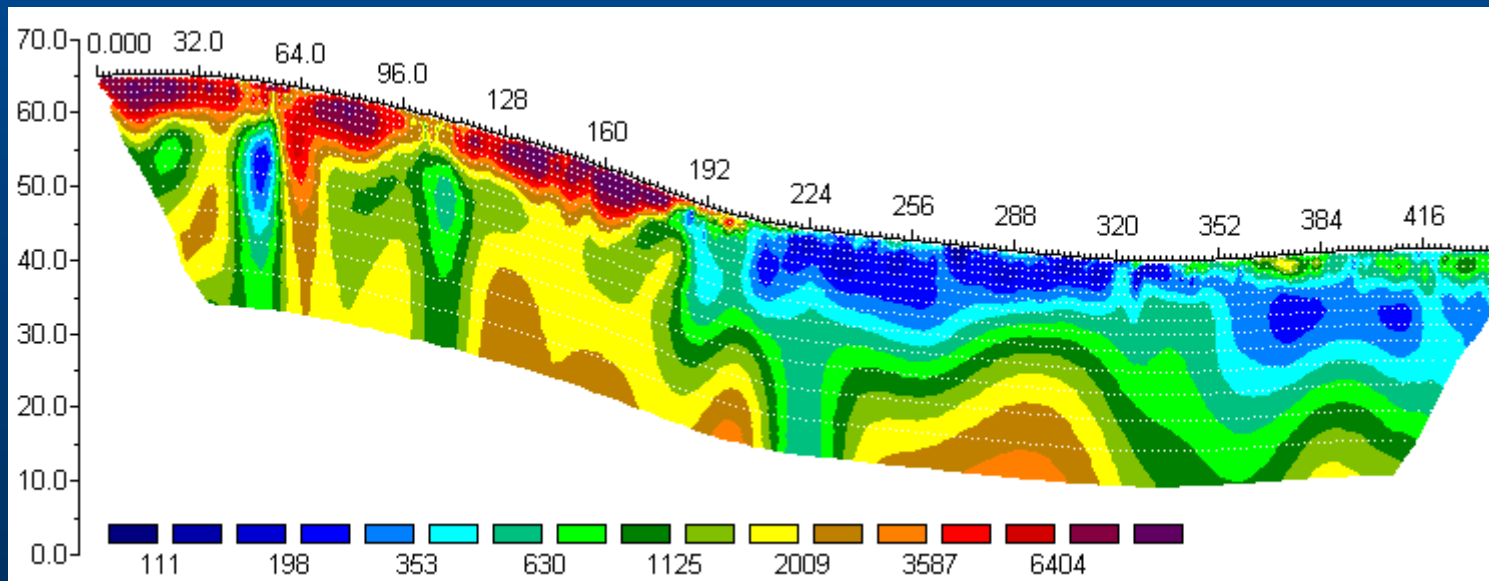
Веннера + Дипольная осевая (Веннер бета)

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

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



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

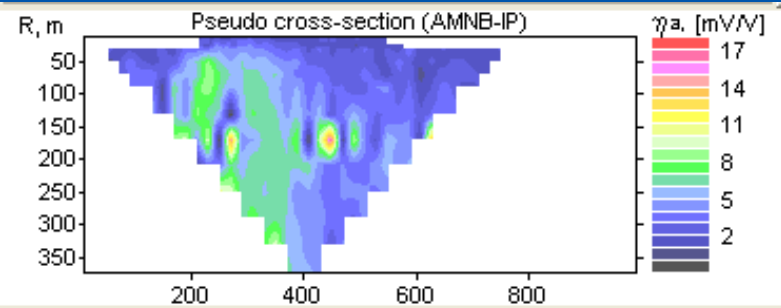
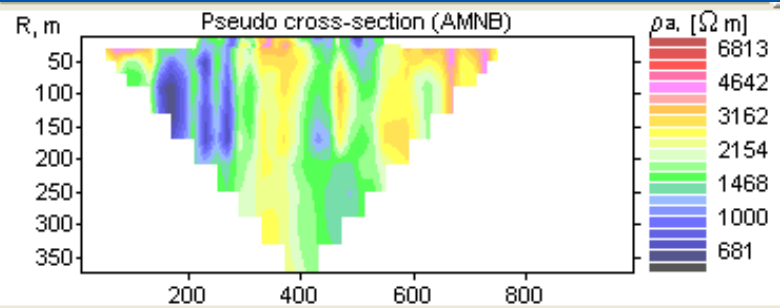


Полевые данные (Хабаровский край)

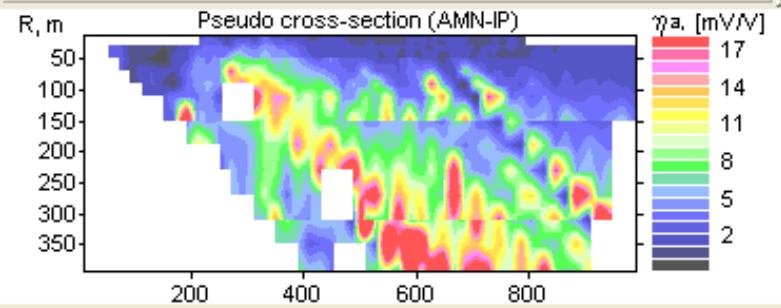
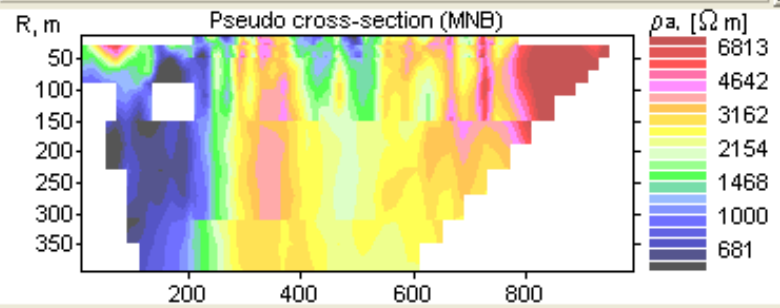
Каж. сопротивление

Каж. поляризуемость

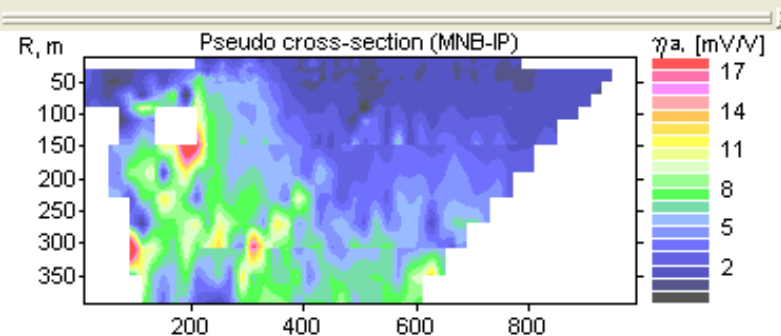
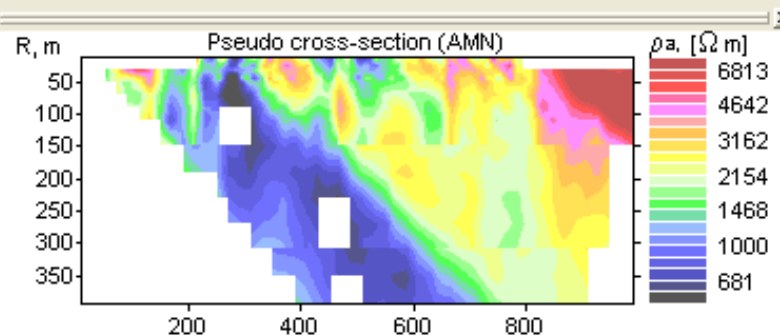
Шлюмберже



MNB



AMN

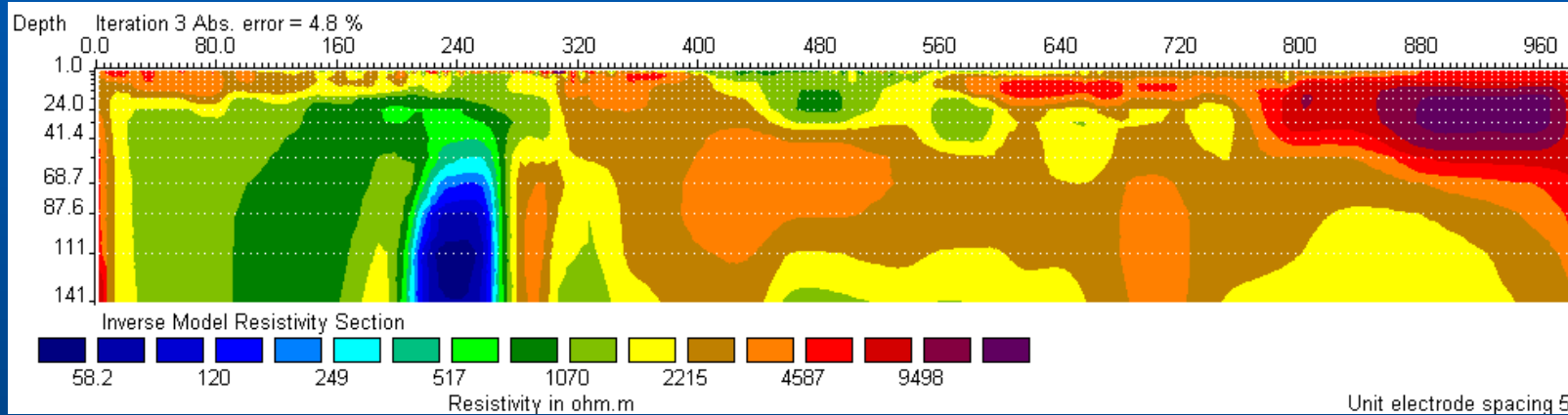


2D инверсия (Хабаровский край)

Удельное сопротивление

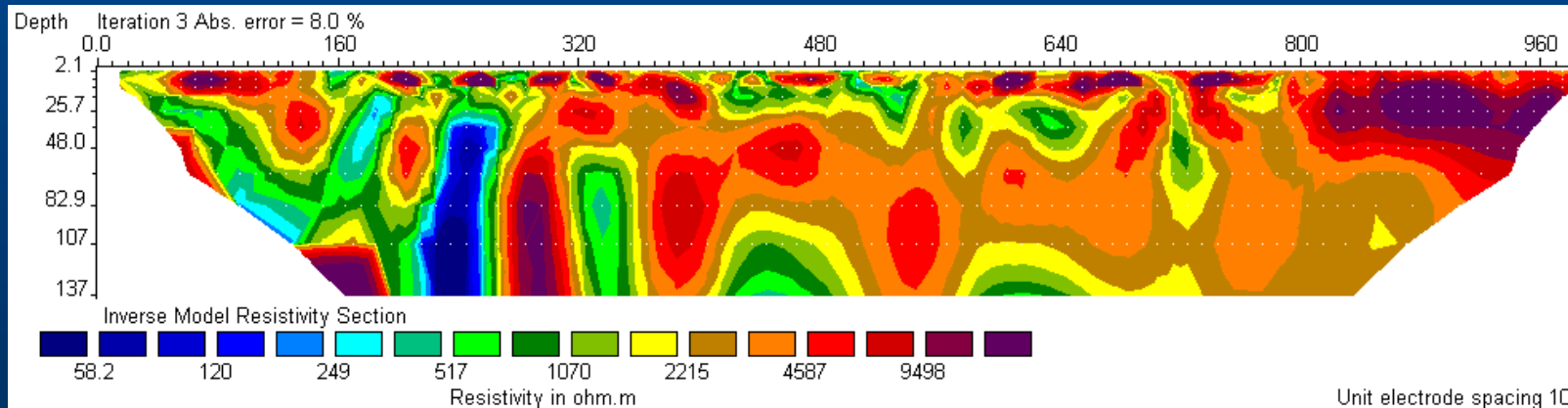
После

сглаживания



Без

сглаживания

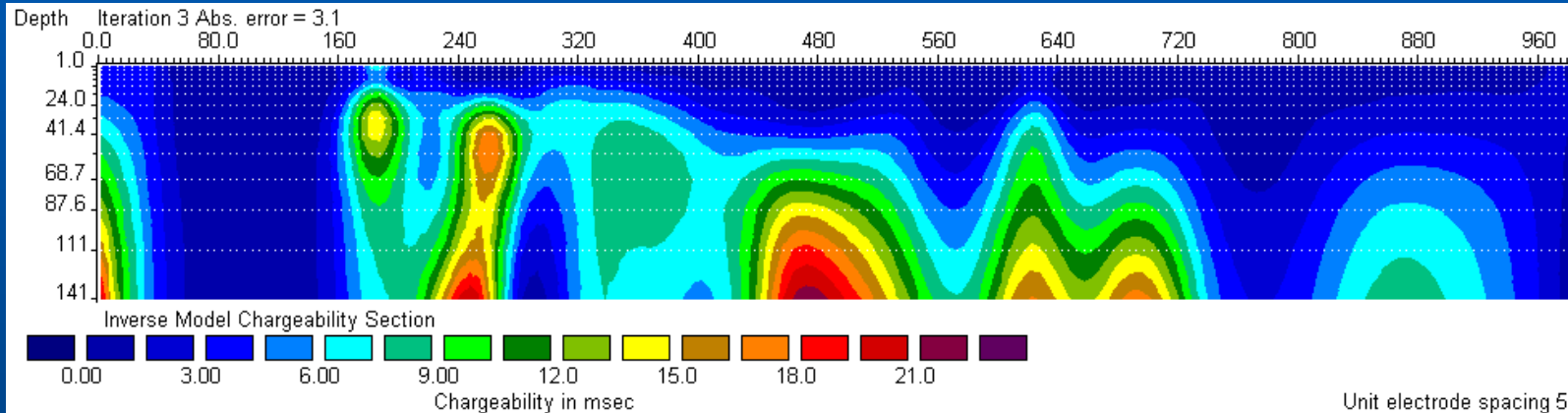


2D инверсия (Хабаровский край)

Поляризуемость

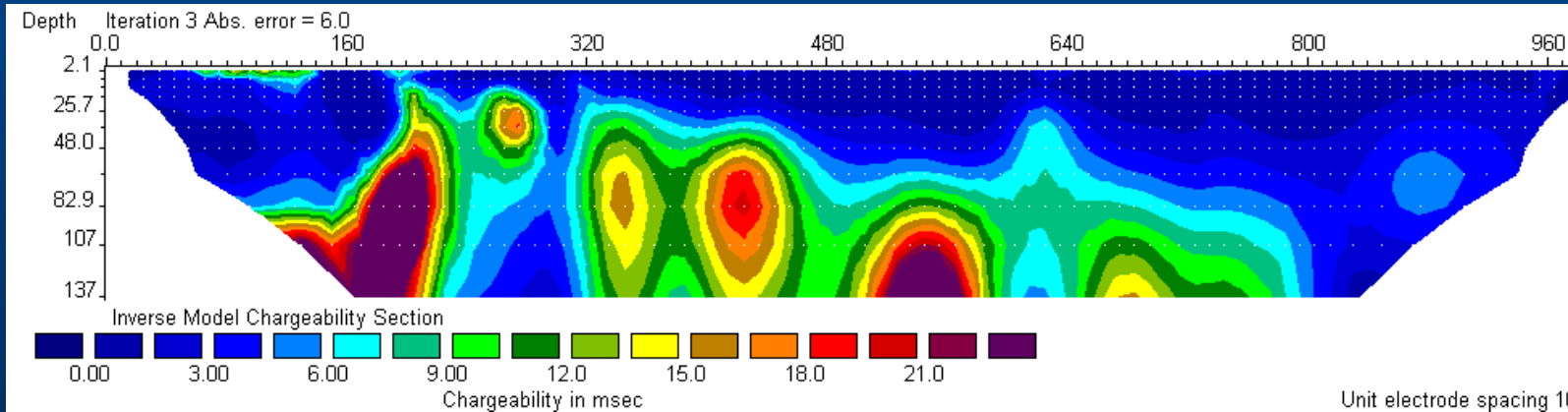
После

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 детальном (масштаб 1:2000 и крупнее) геофизических исследованиях и мониторинге
- Применение многоэлектродной аппаратуры позволяет эффективно проводить **3D** исследования и **межскважинные** наблюдения