

**МЕТОД ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С
ФОКУСИРОВКОЙ ТОКА ДЛЯ
ПОИСКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ
НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ
ШЕЛЬФЕ
(МЭФТ)**

**Доклад –
в рамках изложения
результатов работ по
Государственному контракту
№ 02.515.11.5030.**

**Головной исполнитель работ по Государственному
контракту -**

**Федеральное государственное учреждение
Российский научный центр «Курчатовский институт».**

Авторы доклада:

Николай Иванович Рыхлинский

(главный консультант- геофизик по Госконтракту),

Анатолий Семенович Лисин,

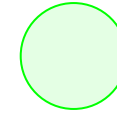
Генрих Васильевич Яковлев.

Метод базируется на двух патентах Российской Федерации (Патент № 2236028, приоритет от 07 октября 2003 г., Бюллетень №25, 2004 г. и Патент № 2284555, приоритет от 01 июня 2005 г., Бюллетень № 27, 2006 г.). В мире аналоги, сопоставимые, с рассматриваемым методом морской геоэлектроразведки применительно к глубинам моря до 600 м (для случая использования буксируемой по поверхности моря косы) и глубинам залегания УВ относительно дна моря до 4 км, – по ожидаемому уровню коэффициента успешности бурения, на десятки процентов превышающего коэффициент подтверждаемости, достигаемый на практике в настоящее время, отсутствуют.

Следует при этом иметь в виду очень хорошие перспективы развития метода ДНМ-ФТ в варианте использования донных датчиков.

- **В условиях высокой стоимости разведочного бурения на нефть и газ на континентальном шельфе недостаточно результатов только структурных исследований геологических формаций для поисков и оконтуривания скоплений углеводородов (УВ),**
- **особенно на структурах средних и малых размеров, находящихся на глубинах свыше 1000 м ниже морского дна.**
- **Необходима дополнительная геофизическая информация, снижающая риск нефтегазодобывающих компаний при закладке буровых скважин.**

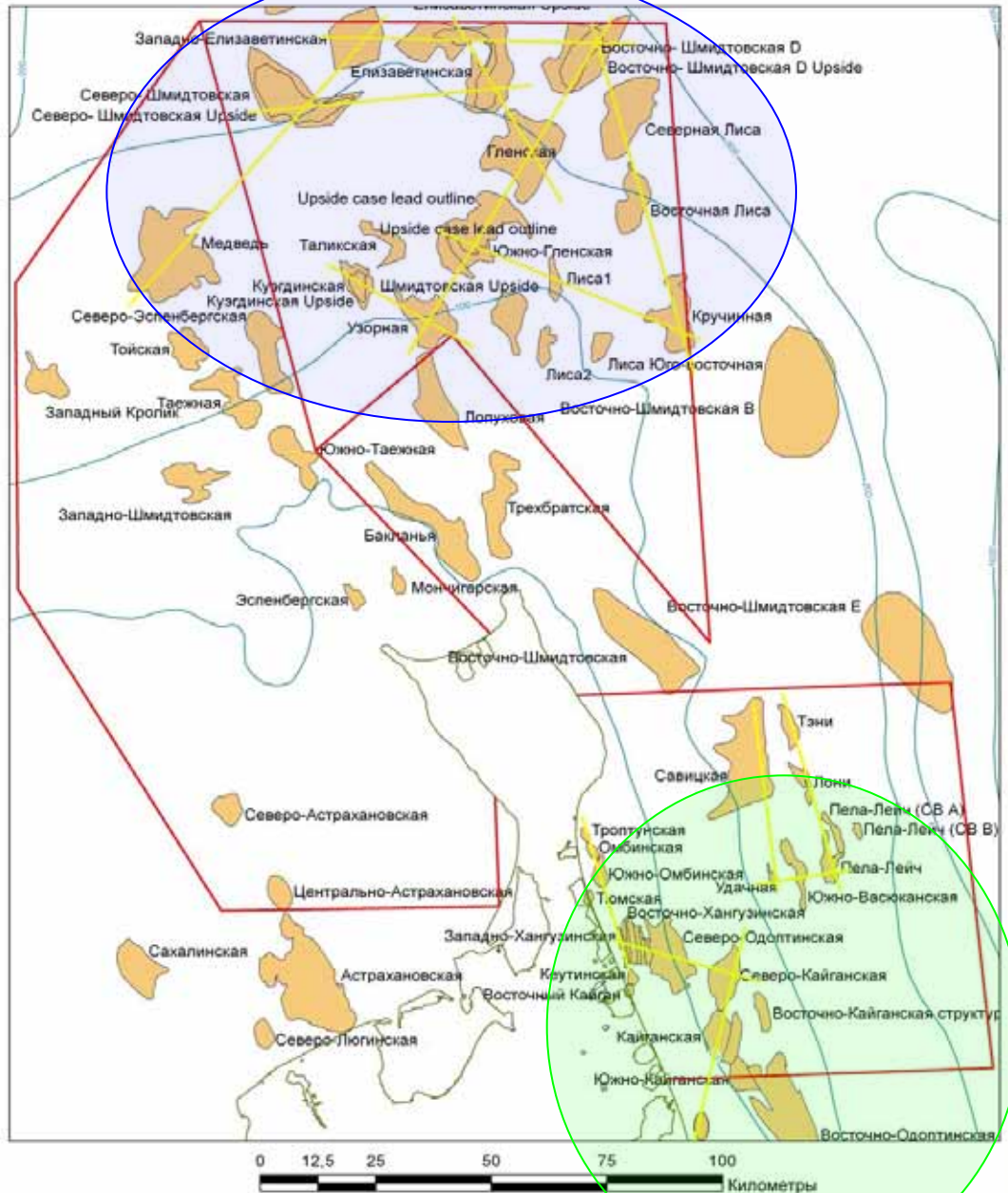
Сахалин



**Кайганско- Васканский
участок**



**Восточно- Шмидтовский
участок**



[BP не нашла нефти на сахалинском шельфе \[lenta.ru\]](http://lenta.ru)

Компания BP не обнаружила нефти в двух разведочных скважинах, пробуренных в 2007 году на сахалинском шельфе. Затраты на неудачное бурение, которые превысили 100 миллионов долларов, компании пришлось списать, однако из проекта она выходить не собирается, пишет газета "Ведомости".

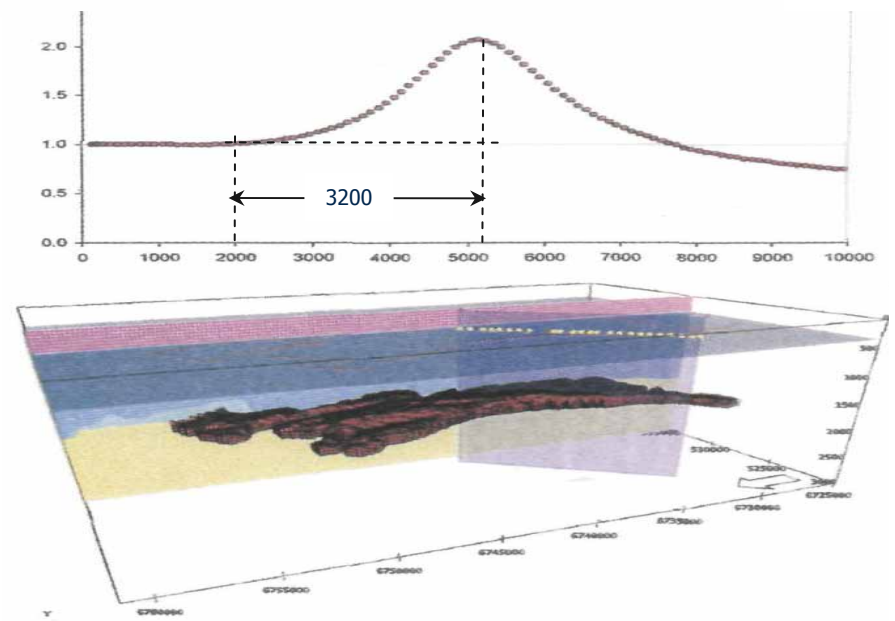
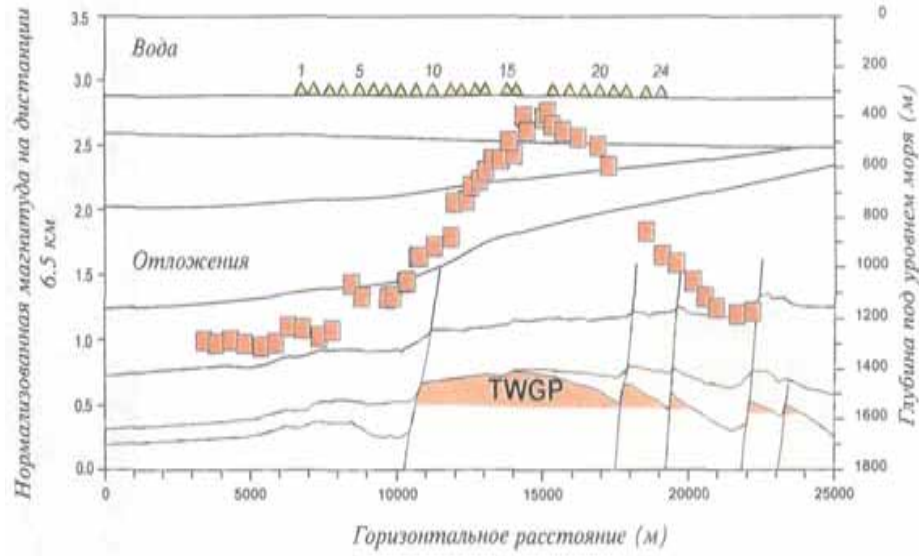
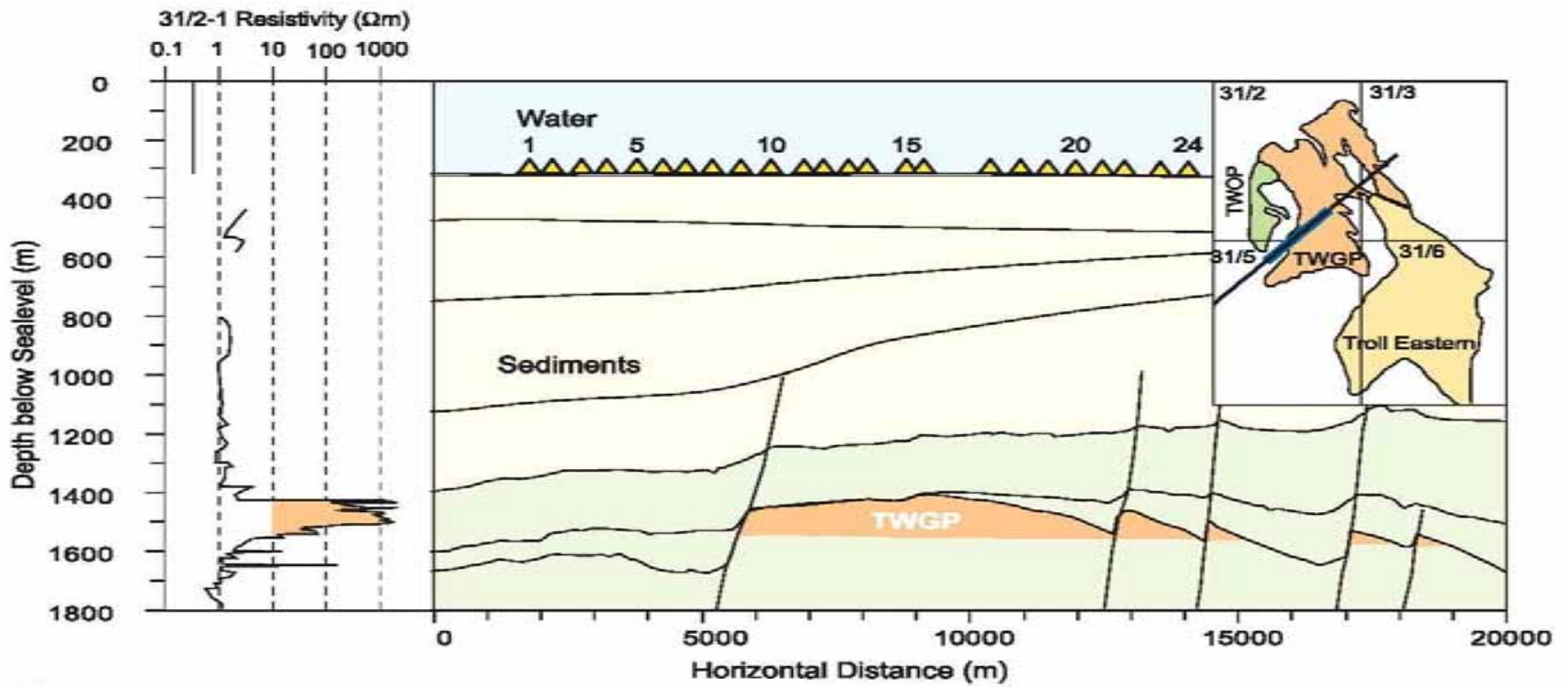
Программа работ BP на 2008 год предусматривает повторную обработку результатов исследований по Восточно-Шмидтовскому блоку. Буровые работы на 2008 год не планируются. Оператором проектов "Сахалин-4" и "Сахалин-5" является компания "Элвари-нефтегаз", в которой 51 процент акций принадлежит "Роснефти", а 49 процентов - BP. В "Роснефти" не стали комментировать ситуацию. "Сахалин-4" и "Сахалин-5" включают в себя Западно-Шмидтовский, Восточно-Шмидтовский и Кайганско-Васюканский блоки на шельфе Сахалина. Прогнозные запасы - 1,37 миллиарда тонн нефти и 880 миллиардов кубометров газа. "Роснефть" и BP еще в 2006 году договорились о том, как будут разрабатывать эти два проекта. Было решено, что финансировать геолого-разведочные работы, включая бурение шести скважин, будет BP с последующей компенсацией затрат из доли "Роснефти".

06.03.2008 09:08:00 GMT

А В

М N

- **Методы сопротивлений на постоянном и переменном токе, в том числе и на переходных процессах, на основе дипольно-осевой установки *АВМN***
- **При традиционных методах определения электрического сопротивления получают лишь суммарные сведения о всех элементах строения исследуемой среды, в которой развивается поле**
- **регистрируется сопротивление объема всех геологических объектов исследуемой среды, в которой развивается и куда проникает распространяющийся по закону диффузии электрический ток источника.**
- **результаты измерений существенно искажены влиянием боковых геологических неоднородностей.**



$$\sigma(i\omega) = \sigma_0 \left(1 - \frac{\eta}{1 + (i\omega\tau)^c} \right)$$

- Из необходимых для обнаружения скоплений УВ трех электрофизических параметров:
 - электрического сопротивления ρ ,
 - вызванной поляризации η
 - и постоянной времени спада разности потенциалов ВП τ ,
- При традиционных методах могут определять только один –
 - кажущееся сопротивление ρ
- этого недостаточно для поисков и оконтуривания нефтегазовых залежей, особенно средних и малых, которые находятся на глубине более 1000 м ниже уровня морского дна.

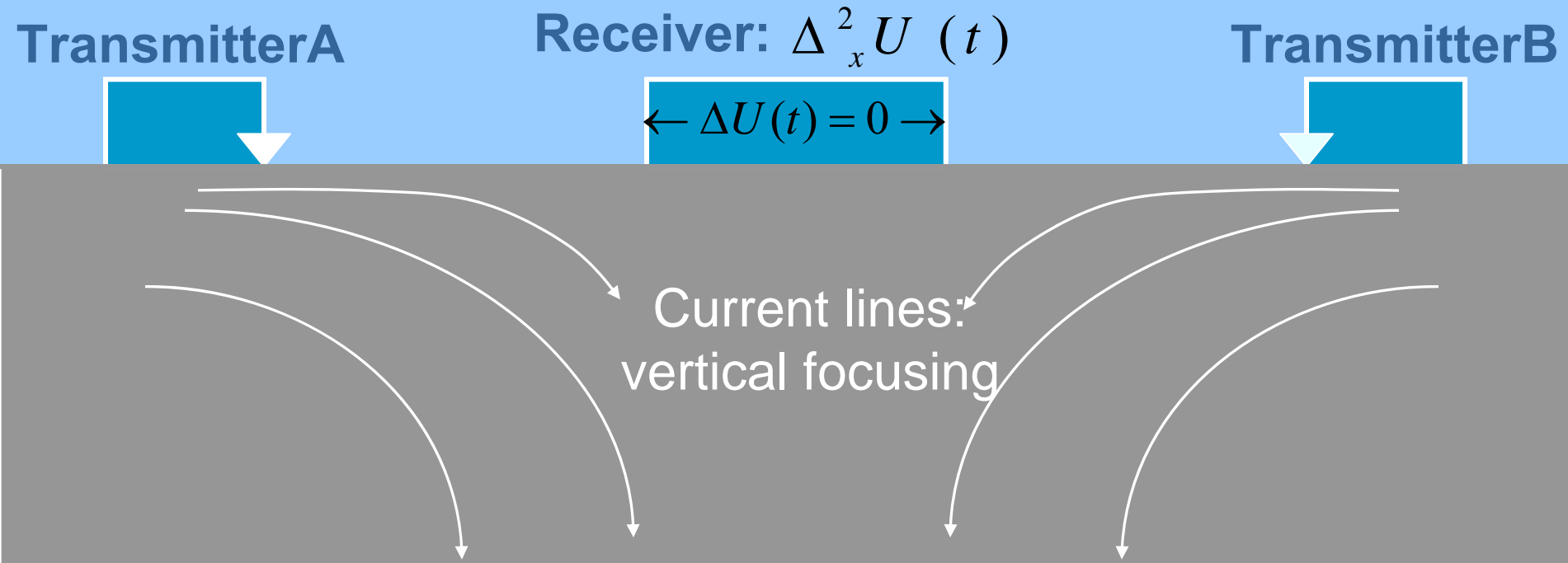
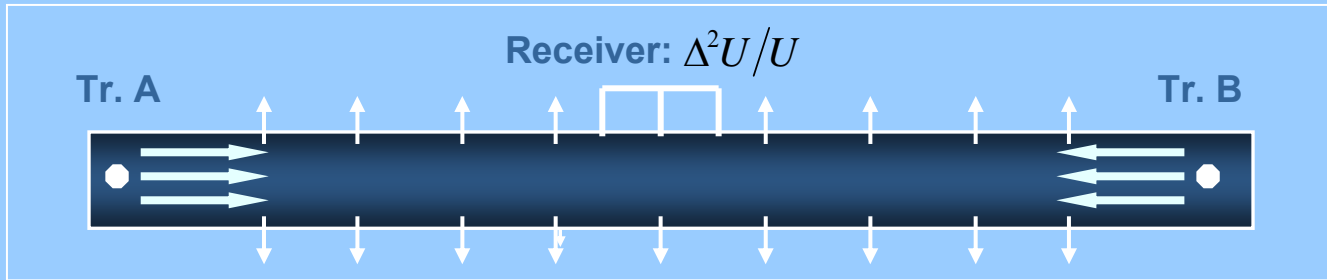
- **Искажающее боковое влияние вызвано тем, что электрический ток в пространстве не распространяется, например, в виде акустического луча как в сейсморазведке, а растекается по закону диффузии по направлению наименьшего электрического сопротивления.**
- **значительно сказывается на результаты измерений по латерали за несколько километров от точки зондирования.**
- **Морское ДЭЗ (marine CSEM) из-за низкого электрического сопротивления морской воды можно сравнить по эффективности (а вернее по неэффективности) с каротажным БКЗ градиент-зондами *AMN* в условиях заполнения скважины соленым буровым раствором, от которого промысловые геофизики отказались более пятидесяти лет назад. В заполненных соленым раствором скважинах удельное электрическое сопротивление пластов горных пород определяют при помощи основанного на принципе радиальной фокусировки тока бокового каротажа (Laterolog).**

- Технический результат, позволяющий решать данную задачу, заключается в возможности полного исключения в точке зондирования горизонтальной составляющей плотности тока j , как осевой j_x так и ортогональной j_y , что исключает искажающее боковое влияние и даёт возможность при любых глубинах моря находить и оконтуривать скопления УВ.
- возбуждают электромагнитное поле в толще исследуемой среды, посылая в неё прямоугольные импульсы тока с паузами между ними.
- проводят геометрическое зондирование в широком диапазоне изменения размеров установки (от многих километров до сотен метров) в течении импульсов тока и в течении пауз - зондирование на переходных процессах.

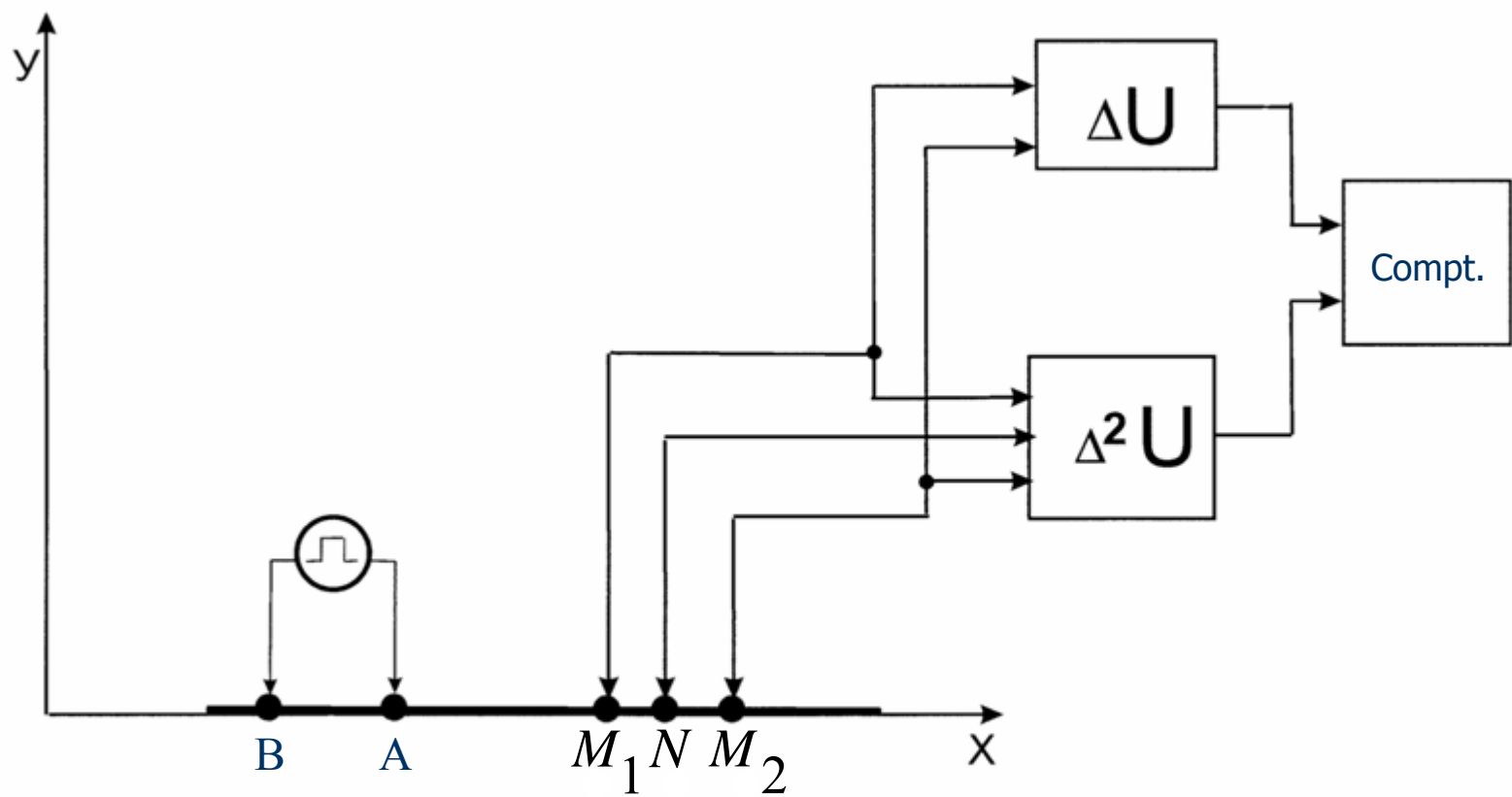
- Получают два интерпретируемых параметра. Первый $R_{xy}(x, t_0)$ – на основе геометрического зондирования, который позволяет послойно определять электрическое сопротивление ρ слагающих разрез горизонтов (очень важный **прямой** параметр: он позволяет определять электрическое сопротивление нефтегазонасного горизонта, которое повышено по сравнению с сопротивлением законтурной его части).
- Второй $R_{xy}(t_i)$ – на основе зондирования на переходных процессах в паузах тока => коэффициент вызванной поляризации η и постоянную времени спада разности потенциалов ВП τ (косвенные **индикаторы** наличия скоплений УВ).
- Следует отметить, что МЭФТ кроме этого ещё обладает высокой разрешающей способностью по латерали, позволяющей с высокой точностью оконтуривать скопления УВ.

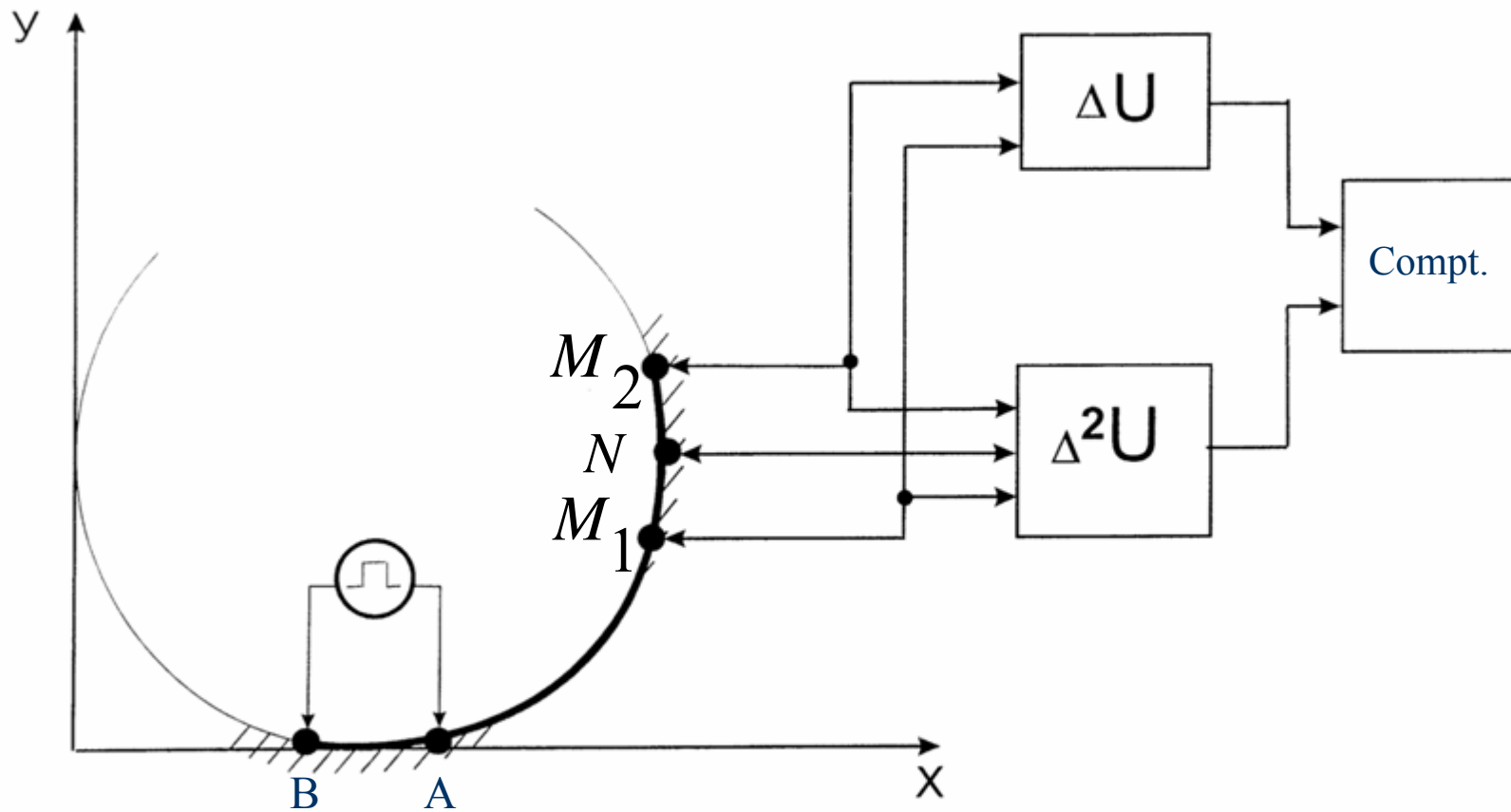
- **Важной отличительной особенностью данной технологии является применение метода зондирования осадочного чехла при помощи фокусировки тока в точке наблюдения в вертикальном направлении. Вертикальное направление электрического тока при условии его фокусировки также поддерживается на основе изопериметрической вариации согласно функции Лагранжа (принцип наименьшего действия). МЭФТ позволяет вести поиск и оконтуривание месторождений УВ (или осуществлять разбраковку геологических структур, выявленных сейсмическими методами, по признаку наличия либо отсутствия в них углеводородов) на основе отдельного определения электрической сопротивляемости, коэффициента вызванной поляризации и постоянной времени спада потенциала вызванной поляризации геологической среды. Указанные параметры имеют аномалии в области скопления углеводородов относительно характеристик вмещающих пород.**

Prototype setup for logging through casing



Setup Scheme: similar to "Surface Laterolog"





Донная электроразведка с фокусировкой тока



3D Modeling of CSEM: Marine Survey

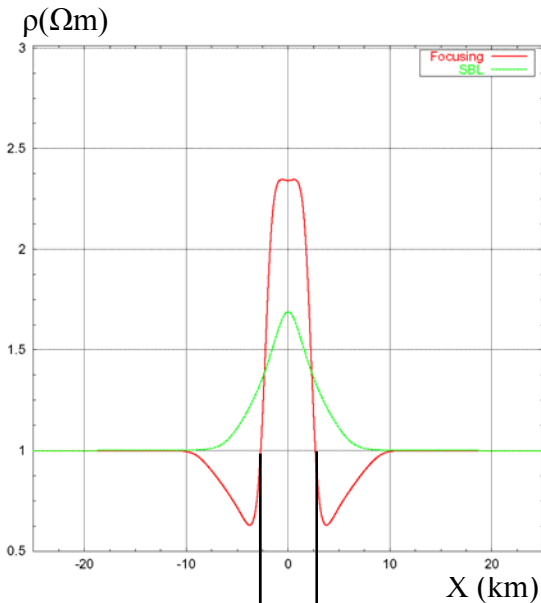
Example from: Johansen, Amundsen, Roesten, Ellingsrud, Eidesmo, Bhuyain, 2005



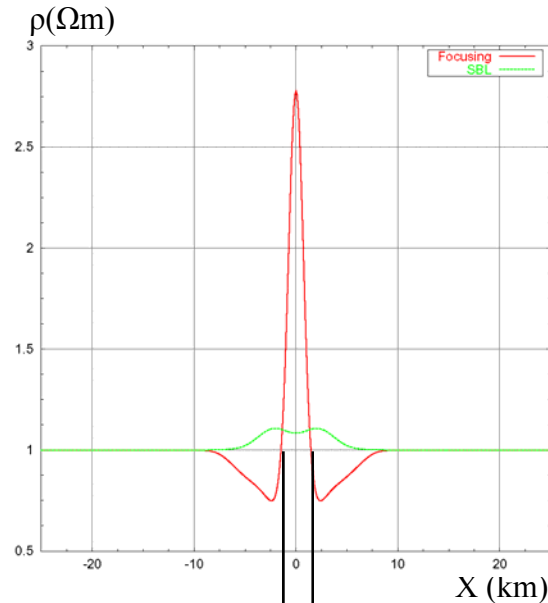
- Oil reservoir: Width: 6000, 3000, or 1500 m
- Standard SBL vs. Surface Laterolog with Current Focusing

Focusing Method versus Standard SBL

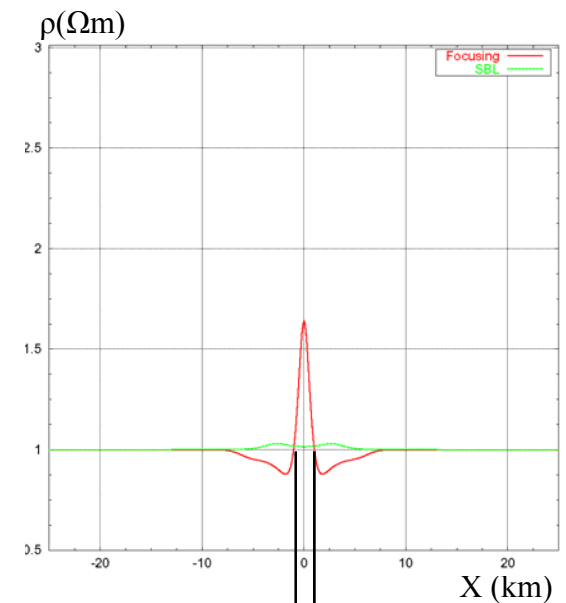
- Higher sensitivity
- Higher horizontal resolution
- Setup spacing: 6000 m



Width: 6 km



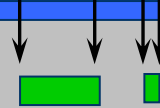
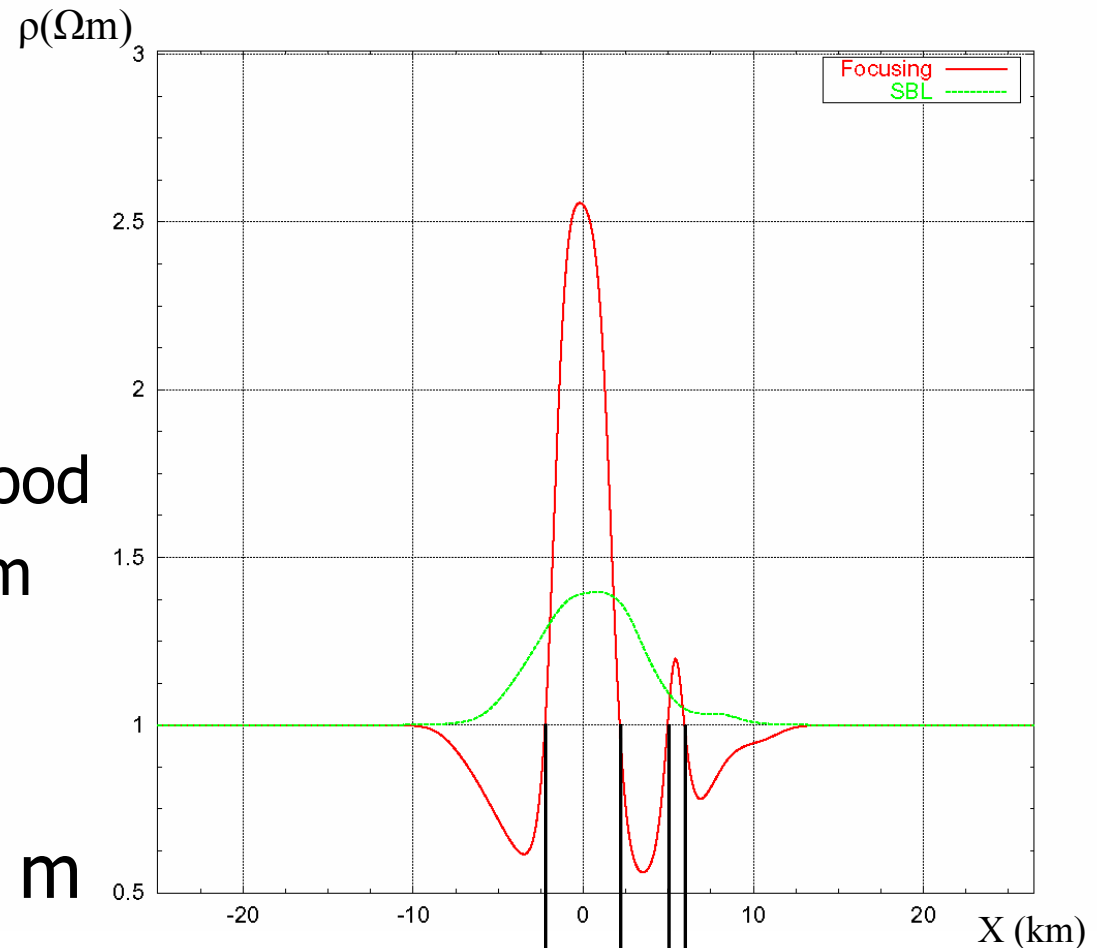
Width: 3 km



Width: 1.5 km

Focusing Method versus Standard SBL

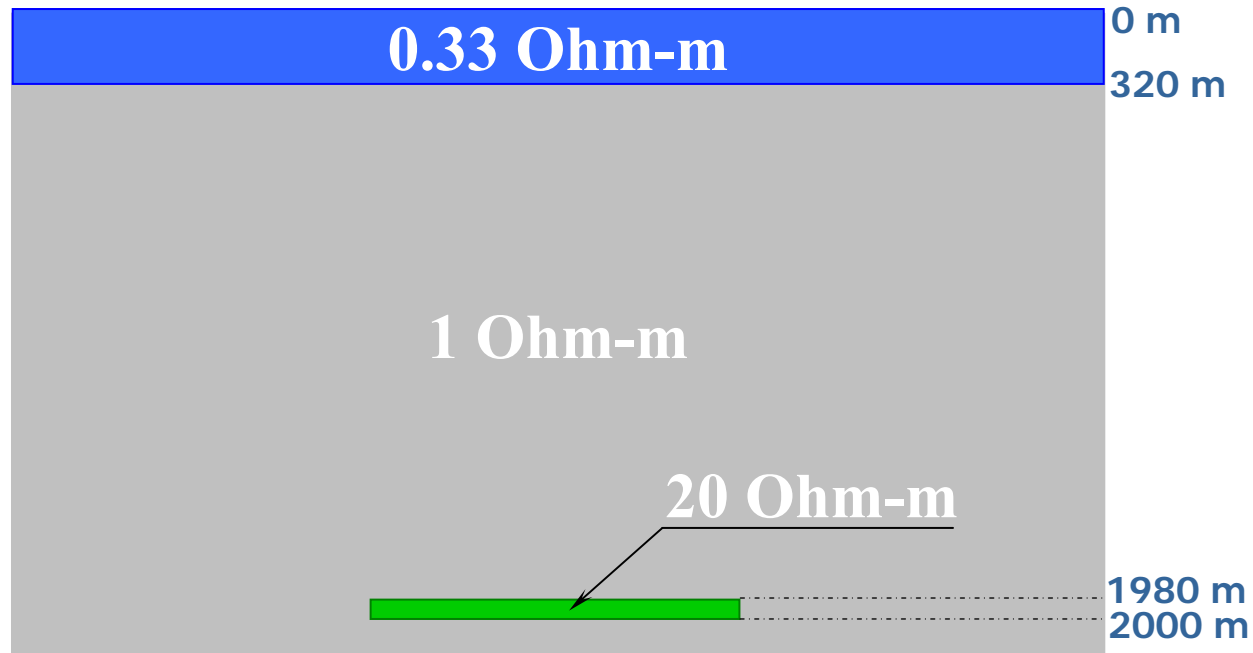
- Standard SBL:
 - skips small structures,
 - no good resolution
- Focusing:
 - two clear anomalies, good resolution between them
- Edges are clearly detected
- Setup spacing: 6000 m



Width: 5 km, 1.5 km

3D Modeling of CSEM: Marine Survey

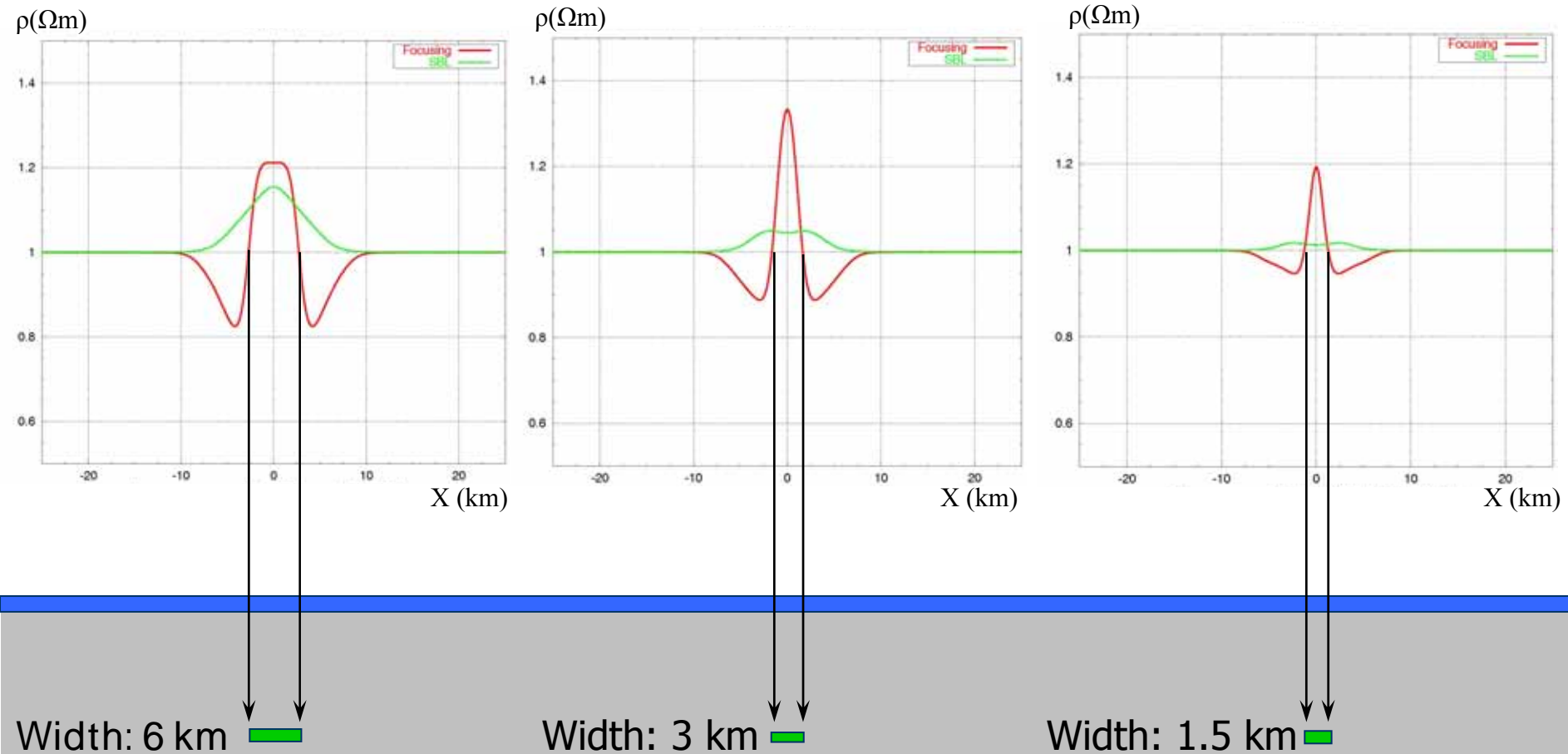
Example from: Johansen, Amundsen, Roesten, Ellingsrud, Eidesmo, Bhuyain, 2005



- Oil reservoir: Width: 6000, 3000, or 1500 m
- Standard SBL vs. Surface Laterolog with Current Focusing

Focusing Method versus Standard SBL

- Higher sensitivity
- Higher horizontal resolution
- Setup spacing: 6000 m



Focusing Method versus Standard SBL

- Standard SBL:

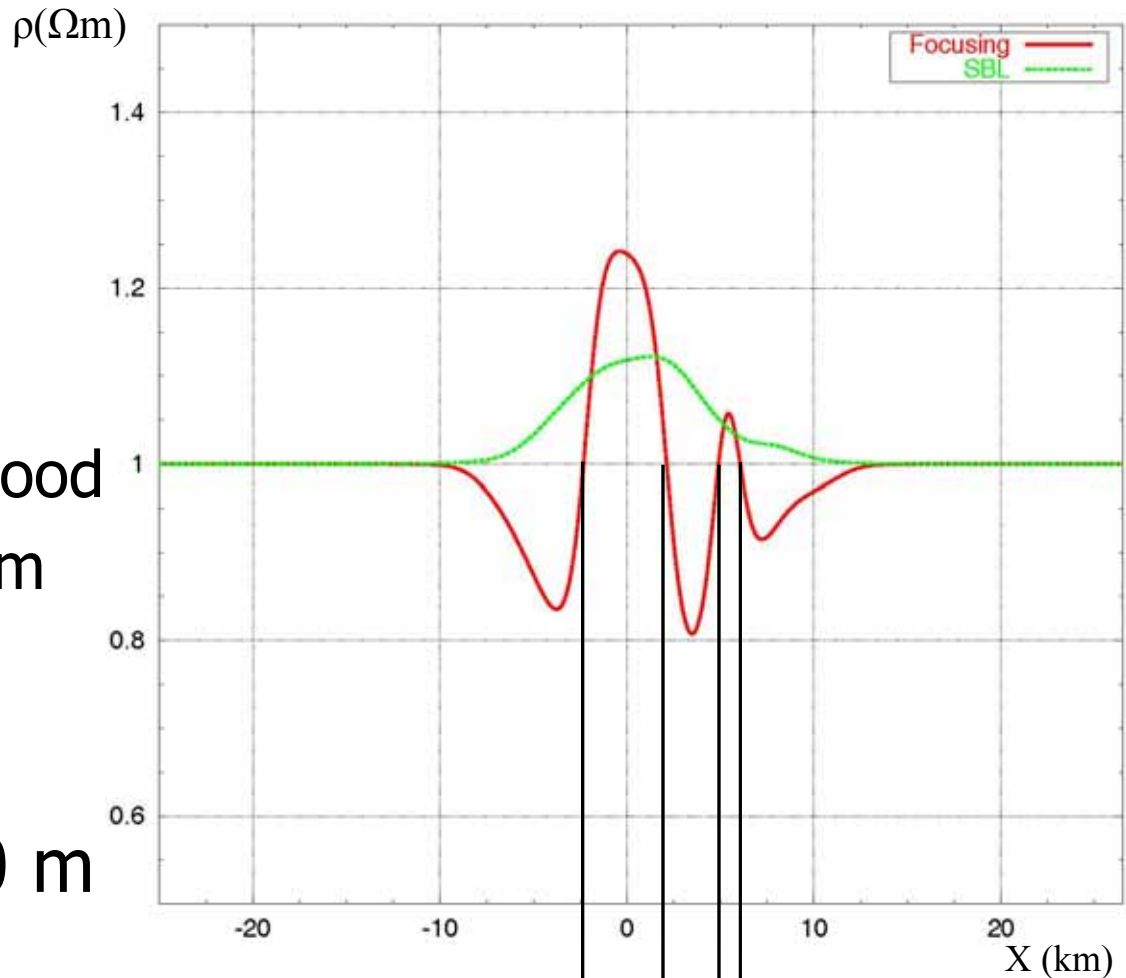
 - skips small structures,
 - no good resolution

- Focusing:

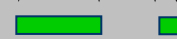
 - two clear anomalies, good resolution between them

- Edges are clearly detected

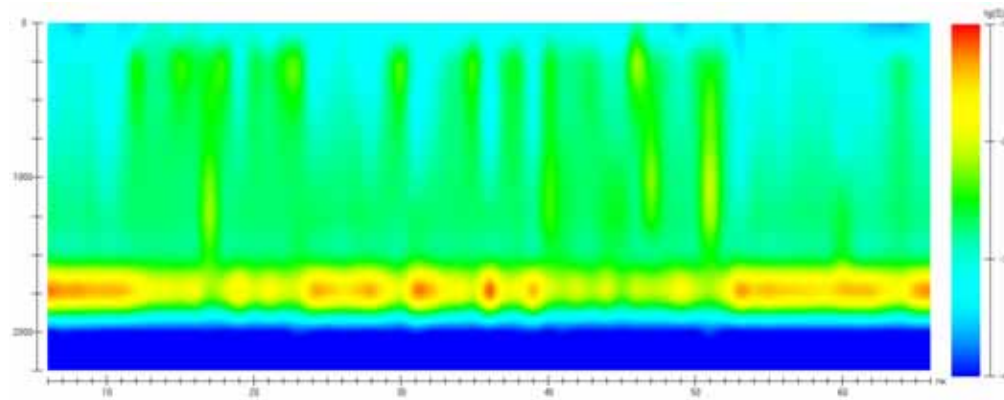
- Setup spacing: 6000 m



Width: 5 km, 1.5 km

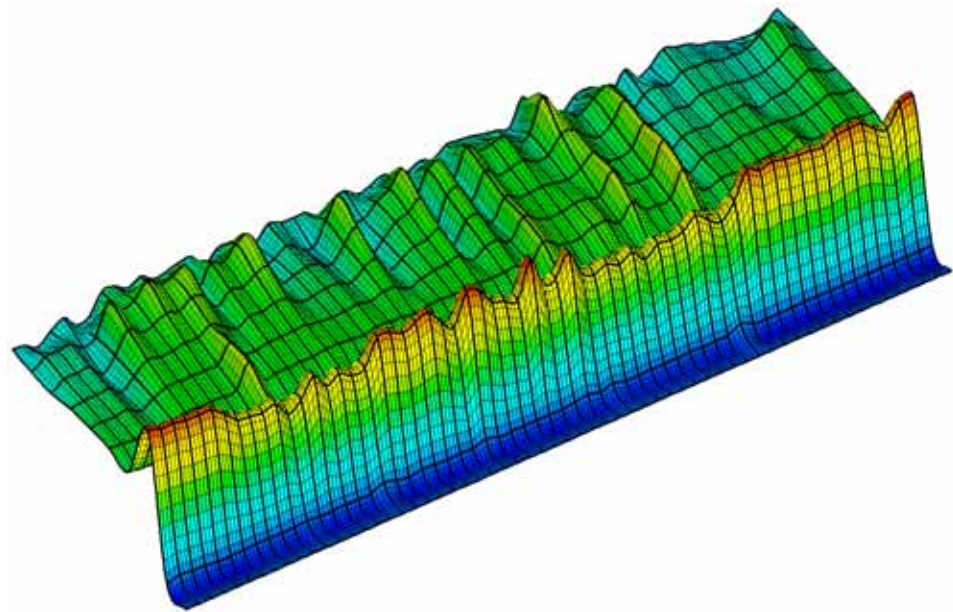


ТЫМПУЧИКАНСКАЯ ПЛ.



По оси X – номера пикетов. По оси Y – глубина в метрах.

Как видно из рис., нефтяная залежь залегает в базальном горизонте над фундаментом примерно на глубине около 1800м.- 1900м...

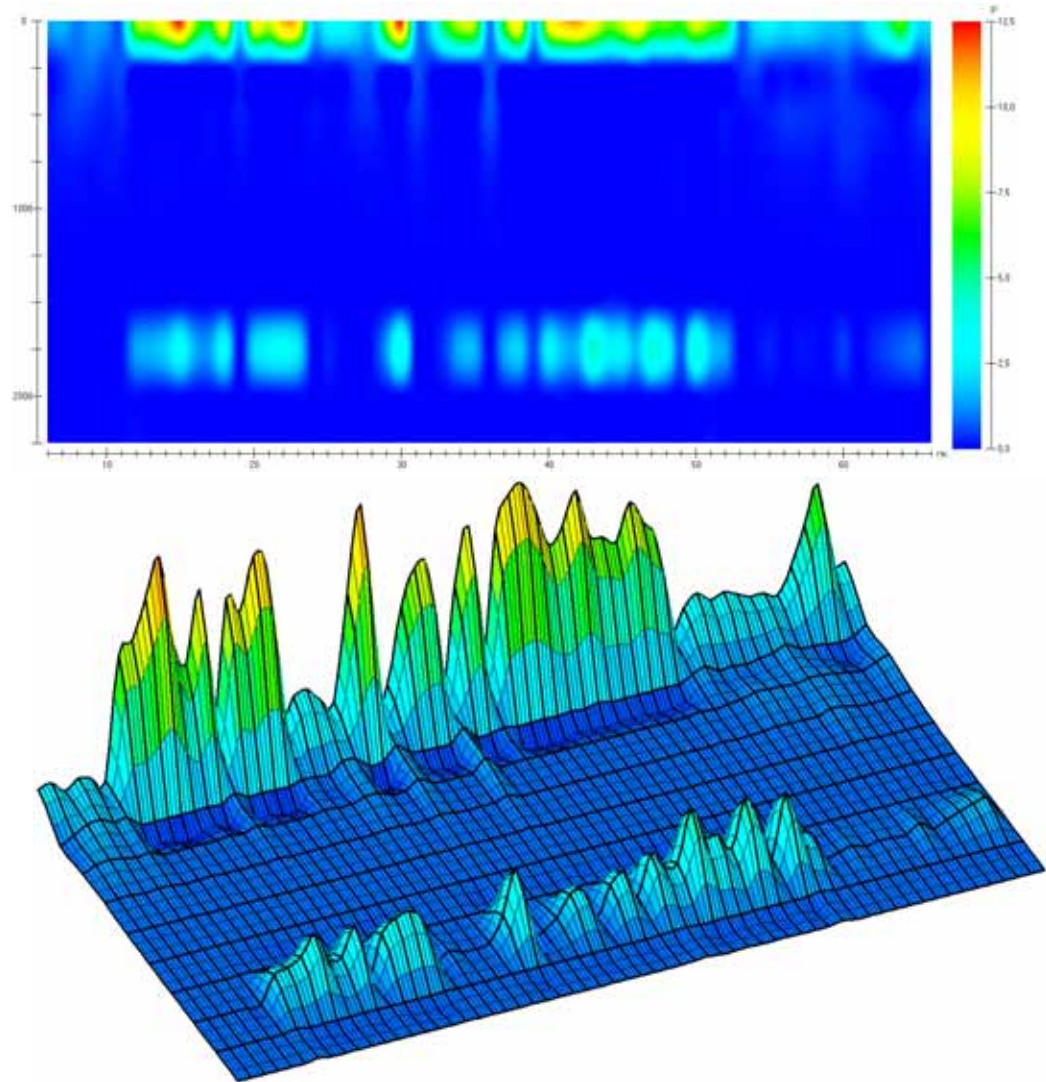


ТЫМПУЧИКАНСКАЯ ПЛ.

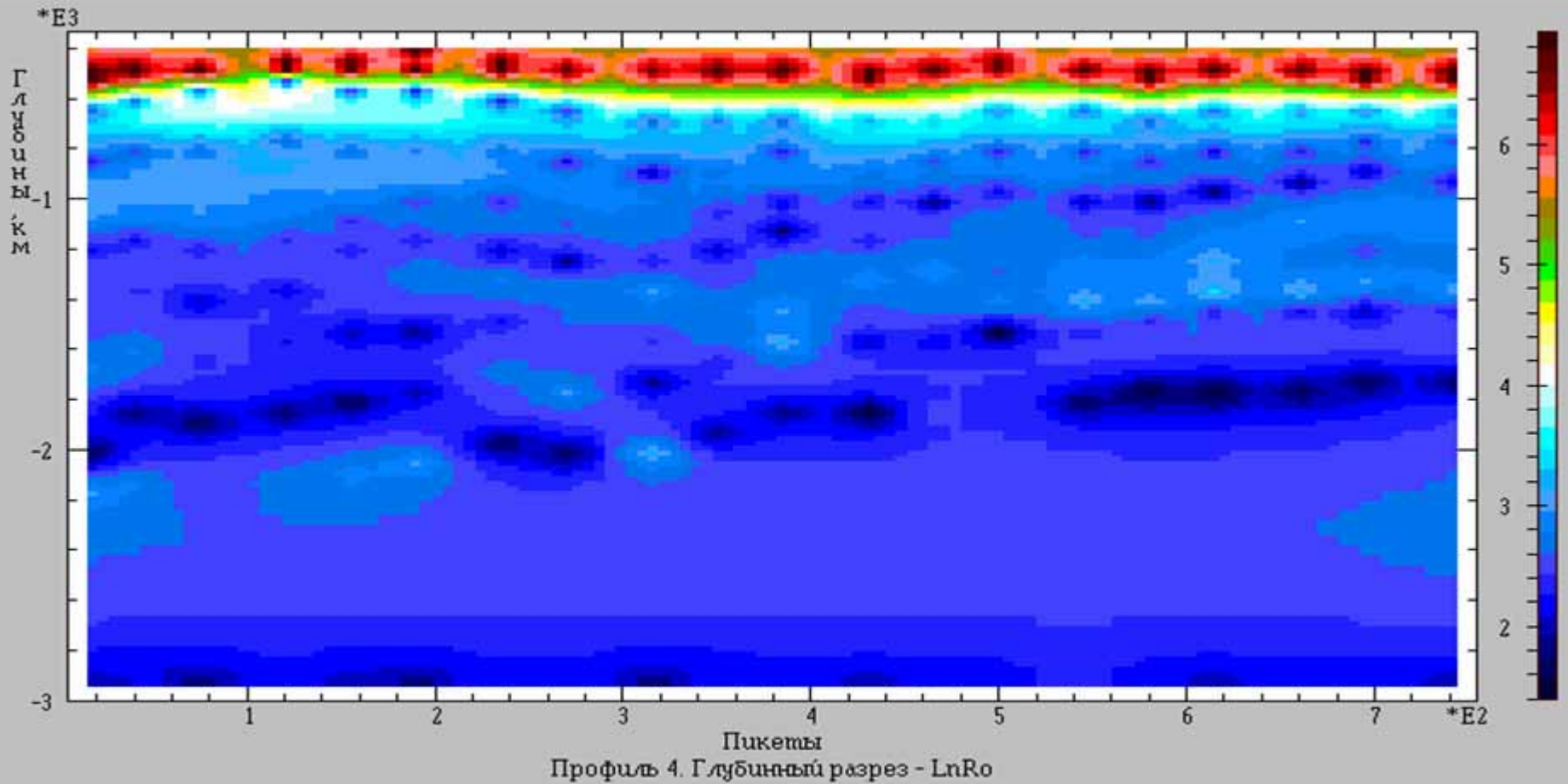
Коэффициент вызванной поляризации.

По оси X – номера пикетов. По оси Y – глубина в метрах.

Шкала цветов (линейная) – от 0 до 12,5. В гидроупорах над нефтяной залежью вызванная поляризация имеет аномальные значения. В данном разрезе существует два гидроупора: первый непосредственно над залежью на глубине около 1750 м, второй непосредственно у поверхности Земли в вечной мерзлоте (в пределах от 0 м до 200 м). Как видно из рис., над нефтяной залежью, простирающейся по горизонтали от 12-го пикета до 53-го пикета и залегающей в базальном горизонте над фундаментом примерно на глубине около 1800 м -1900 м в обоих гидроупорах ВП имеет аномальные значения. Также прослеживается отсутствие коллектора, например, между пикетами 23 и 28.



$$\rho_{\tau} = \frac{dB_z/dt}{I}$$



- **Не существует альтернативного метода электромагнитных зондирований для поисков и оконтуривания скоплений УВ на континентальном шельфе в находящихся на глубинах более 1000 м (изредка до 1500 м) ниже морского дна структурах средних и малых размеров.**
- **А такие крупные структуры с находящимися в них скоплениями УВ с аномально высоким электрическим сопротивлением относительно сопротивления вмещающих отложений как, например, структура, в которой сосредоточено одно из крупнейших газовое месторождение «TWGP» в Норвежском море, или Штокмановская структура в Баренцевом море не нуждаются в дополнительной геофизической проверке их на наличие углеводородов, но тем не менее нуждаются в их оконтуривании .**

В целом в рамках работ по ГК выполнены проблемно-ориентированные поисковые исследования в обоснование нового (нетрадиционного) метода электроразведки с фокусировкой тока для поисков углеводородов на континентальном шельфе - (МЭФТ).

Другое рабочее название метода, используемое в отчетных документах по ГК, - дифференциально-нормирующий метода геоэлектроразведки с фокусировкой электрического тока в точке зондирования (ДНМ-ФТ).

В результате НИР по ГК усовершенствованы комплексные средства обработки и представления геофизической информации с охватом процедур, связанных с использованием алгоритмов решения обратной задачи.

**Реализация
метода электроразведки с
фокусировкой тока для поисков
углеводородов на континентальном
шельфе
в рамках
Государственного контракта
№ 02.515.11.5030**

Создан макет подвижного морского электроразведочного комплекса (ПМКЭР) для поиска месторождений углеводородов (геоэлектроразведка с использованием буксируемой по поверхности моря приемно-передающей антенны) .

Состав макета:

устройство генерации электроразведочных импульсов;

кабельная коса;

лебедка; контейнер;

измерительно-вычислительная система, оснащенная специализированным ПО;

автоматическая система управления движением судна (приставка к судовой навигационной системе).



Зачехляющийся контейнер в сборе с размещенной в нем лебедкой.

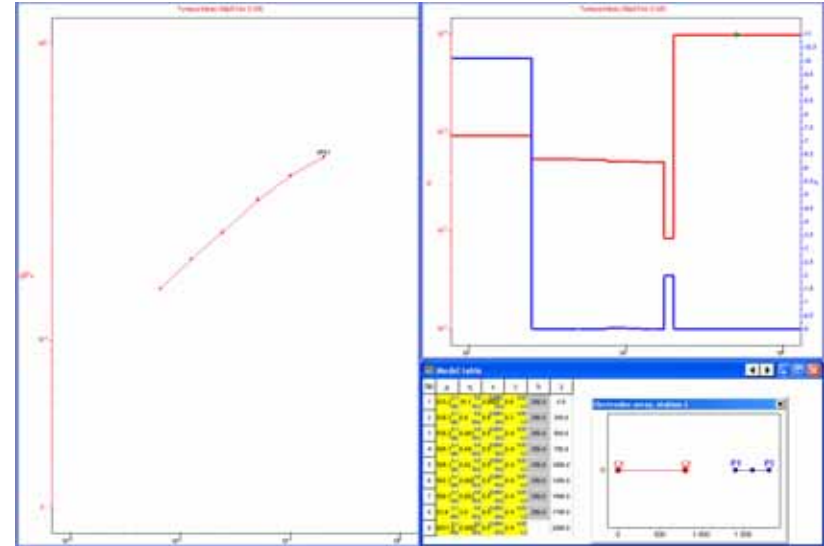
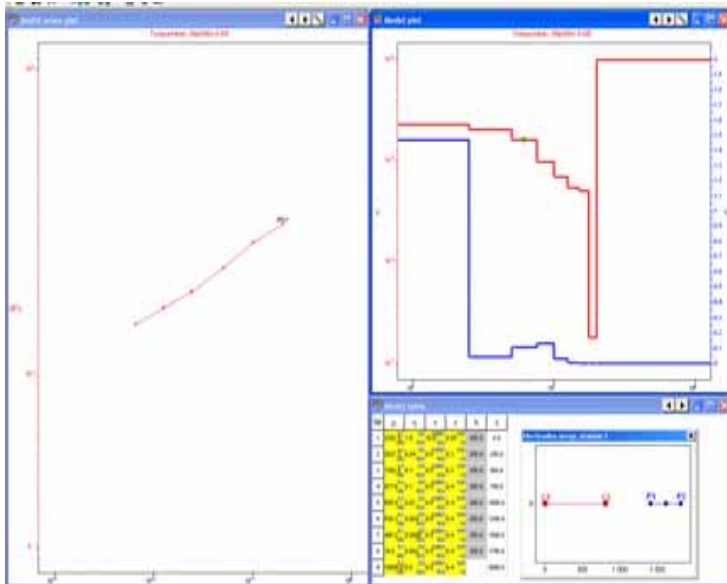


ПМКЭР на испытательной площадке

На Тымпучиканском месторождении УВ в рамках натуральных геофизических измерений испытан макет генераторно-приемного комплекса, разработанный и созданный исполнителями государственного контракта; в ходе испытаний макета получены представительные геофизические данные. Выполнены обработка и анализ геофизические данных.

Получено подтверждение проведенным в ходе НИР расчетам. Результаты обработки показали, что на известных горизонтах (на потенциальных коллекторах УВ) с хорошей контрастностью и в соответствующем сочетании выявляются аномалии таких параметров, как удельное сопротивление и коэффициент вызванной поляризации . См. слайды выше.

МЭФТ – ДНМ-ФТ



МЭФТ – ДНМ-ФТ

**Пример –
результаты решения обратной
задачи для пикета в контуре
месторождения и пикета вне
контура месторождения.**

Сформулированы выводы и рекомендации по перспективам развития и использования метода ДНМ-ФТ. Подготовлено техническое задание на ОКР (проект – предложения, базирующиеся на практическом использовании результатов данной НИР). Отмечено, что целесообразно проведение новой НИР, ориентированной на рассмотрение перспектив применения донных датчиков (станций) применительно к дальнейшему развитию метода ДНМ-ФТ с преодолением толщины морской воды до технического предела 4 км.

Выводы

Создан макет подвижного морского электроразведочного комплекса – ПМКЭР – для обеспечения морских исследований, связанных с поиском месторождений УВ на континентальном шельфе, при помощи нового дифференциально-нормирующего метода геоэлектроразведки с фокусировкой тока в точке зондирования – МЭФТ (ДНМ-ФТ).

Осуществлено теоретическое и научно-техническое обоснование данного метода, базирующегося на принципиально новых подходах к вопросу генезиса УВ и отражения его в изменении параметров геологической среды.

С учетом очень значительной стоимости работ по бурению в море [например, компания British Petroleum затратила на неудачное бурение (без использования геоэлектроразведки) двух скважин на сейсмических структурах сахалинского шельфа в 2007 году более 100 млн. долларов] – применение созданных средств должно дать большой экономический эффект для России.

Благодарю за внимание