

ОБ АЛГОРИТМАХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ МИГРАЦИИ В ИСТИННЫХ АМПЛИТУДАХ

анализ постановки задачи, способов ее решения и
ограничений метода

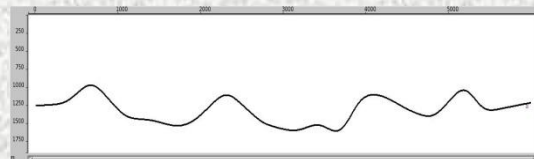
М.С. Денисов
(ГЕОЛАБ)

GEO LAB
geophysical innovations

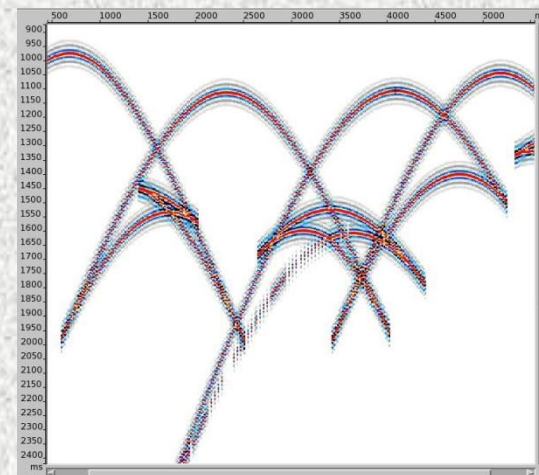
Программа доклада

- **Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским**
- **Постановка задачи миграции в истинных амплитудах**
- **Миграция и обращенное продолжение поля**
- **О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника**
- **Результаты тестирования на модельных сейсмограммах**

Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским



Глубинно-скоростная модель:
подошва однородного слоя



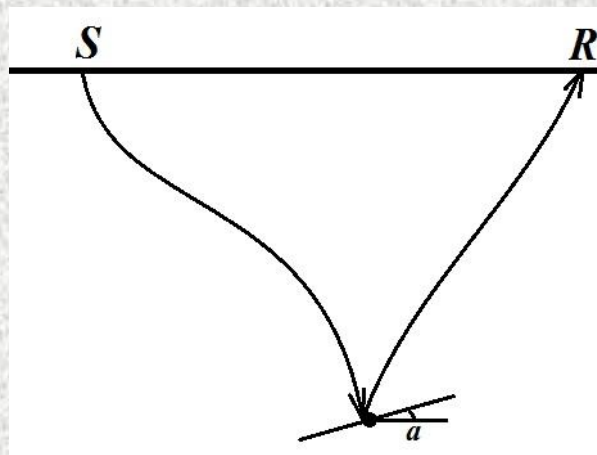
Разрез ОГТ – линия t_0

Целью сейсмической миграции является «перенос сигнала» с времени t_0 на время t_V , которое соответствует распространению сигнала по вертикальной траектории

Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским



Способ реализации преобразования: моделирование и обнаружение волн, отраженных от глубинной площадки (см. [Козлов Е.А., 1986, Миграционные преобразования в сейсморазведке])



Перебором угла α получим семейство годографов отраженных волн для различных наклонов площадки. Их огибающая определяет траекторию (т.е. линию суммирования) оператора миграции: в случае однородного слоя для разреза ОГТ получим гиперболу.

Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским

В.М. Глоговским проанализирован *кинематический* алгоритм миграции. Реализуется моделирование семейства годографов отраженных волн и производится обнаружение реальной отраженной волны методом суммирования трасс исходного волнового поля. Тем самым сигнал переносится с t_0 на t_B .

В дальнейшем будет показано, что если дополнить процедуру суммирования трасс весовыми коэффициентами, то приходим к известному алгоритму динамической миграции.

Программа доклада

- Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским
- **Постановка задачи миграции в истинных амплитудах**
- Миграция и обращенное продолжение поля
- О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника
- Результаты тестирования на модельных сейсмограммах

Постановка задачи миграции в истинных амплитудах

Пусть возбуждение и регистрация колебаний производятся на кровле слоя. Функция распределения скорости внутри слоя известна. Искомой является глубинная конфигурация подошвы слоя и функция скорости в нижележащем слое. С учетом некоторых допущений эта задача эквивалентна оцениванию коэффициента отражения, который может зависеть как от латеральных координат, так и от угла падения-отражения.

[Гольдин С.В. Оценка коэффициента отражения при миграции обменных и монопольных волн // Геология и геофизика. 1992. №4. С. 90-105.]

[Berkhout A.J. Seismic Migration: Imaging of Acoustic Energy by Wave Field Extrapolation. Amsterdam, New York: Elsevier Scientific Pub. Co., 1980. 352p.]

Программа доклада

- Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским
- Постановка задачи миграции в истинных амплитудах
- **Миграция и обращенное продолжение поля**
- О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника
- Результаты тестирования на модельных сейсмограммах

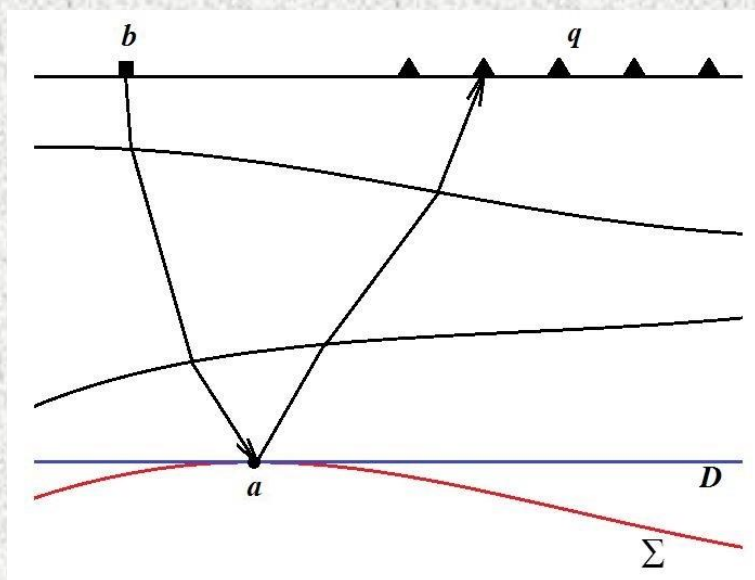
Миграция и обращенное продолжение поля

Обоснуем следующую логическую цепочку.

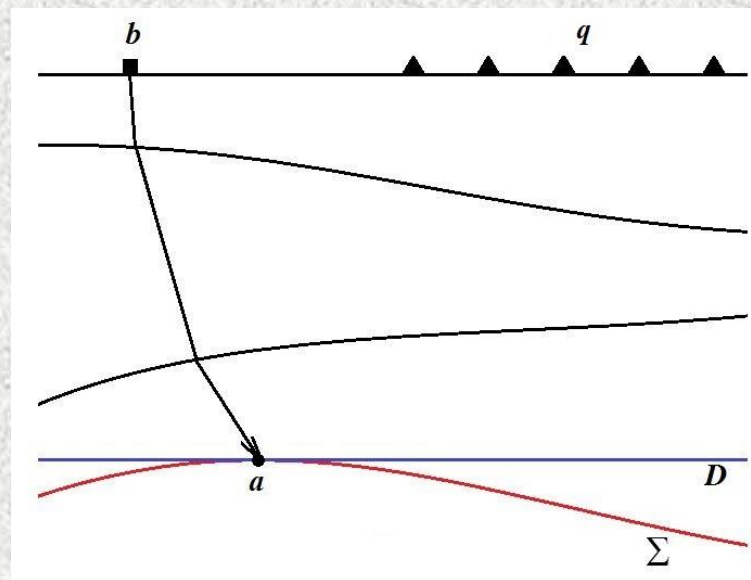
1. Во всех алгоритмах сейсмической миграции реализуется процедура обращенного продолжения поля во внутренние точки среды.
2. Обращенное продолжение поля не может быть реализовано точно даже в модельных ситуациях, включая случай однородной среды.
3. Поэтому, строго говоря, любой алгоритм миграции приводит к получению неточного результата, и так называемая миграция с сохранением истинных амплитуд (в англоязычной литературе - *true amplitude migration*), несмотря на свое название, не решает поставленной перед ней задачи построения динамического глубинного изображения.

Миграция и обращенное продолжение поля

Все алгоритмы миграции так или иначе привлекают процедуру обращенного продолжения (погружения) волнового поля.



⇒



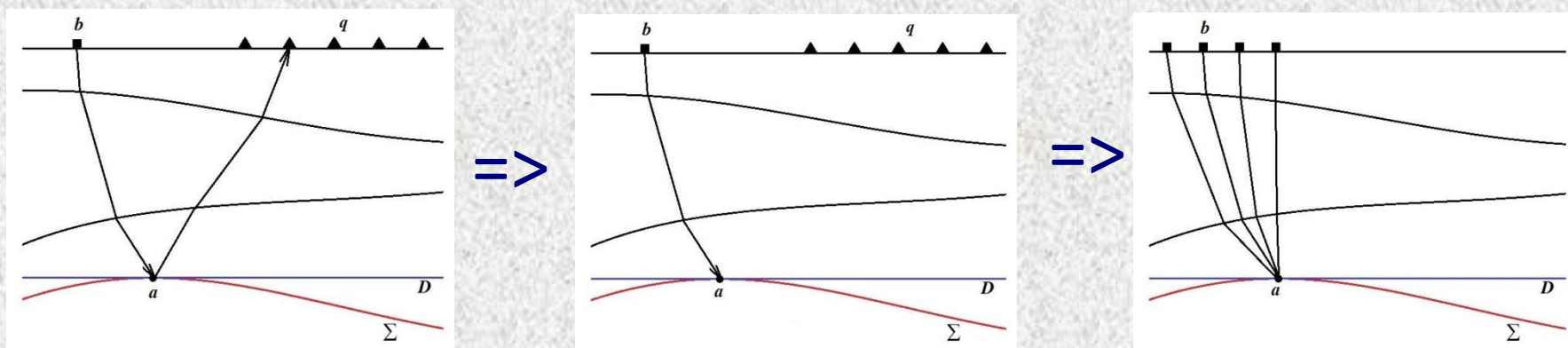
Миграция ОПВ - *shot profile migration* или *common shot migration*

Погружение поля со стороны приемника. **Моделирование** поля со стороны источника.

Построение изображения в точке a : $I(a)=u/g$, g -падающая волна, u -отраженная волна

Миграция и обращенное продолжение поля

Все алгоритмы миграции так или иначе привлекают процедуру обращенного продолжения (погружения) волнового поля.



Миграция ОПВ-ОПП - *survey sinking migration*, или *double square root (DSR) migration*, или *full migration*, или *source-receiver migration*

Погружение поля со стороны приемника. **Погружение** поля со стороны источника.

Построение изображения в точке a : $I(a)=u(t=0)$

Программа доклада

- Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским
- Постановка задачи миграции в истинных амплитудах
- Миграция и обращенное продолжение поля
- **О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника**
- Результаты тестирования на модельных сейсмограммах

О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Оператор **прямого** продолжения поля падающей волны с некоторого плоского глубинного уровня Z_1 на более глубокий уровень Z_2

$$R(k_z, \omega) = \exp(jk_z \Delta z) \quad \Delta z = z_2 - z_1 \quad k_z = \sqrt{(\omega / v)^2 - k_x^2 - k_y^2}$$

[Клаербоут Дж.Ф. Сейсмическое изображение земных недр. М.: Недра, 1989. 407с.]

$(\omega / v)^2 \leq k_x^2 + k_y^2$ - область неоднородных волн, в которой амплитудный спектр оператора прямого продолжения поля стремится к нулю по экспоненциальному закону

О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Обращенное продолжение поля означает пересчет с Z1 на Z2, и оно осуществляется при помощи обратного оператора

$$R^{-1}(k_z, \omega) = \exp(-jk_z \Delta z)$$

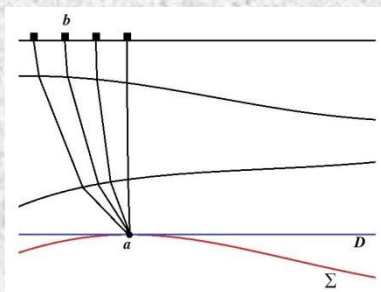
$(\omega / v)^2 \leq k_x^2 + k_y^2$ - амплитудно-частотная характеристика должна иметь области неограниченного экспоненциального возрастания. Такого оператора не существует.

ВЫВОД: Точное обращенное продолжение поля оказывается, вообще говоря, нереализуемым.

Следствие: Миграции с сохранением амплитуд (*true amplitude migration*) не существует. Любое преобразование приводит к неточному результату

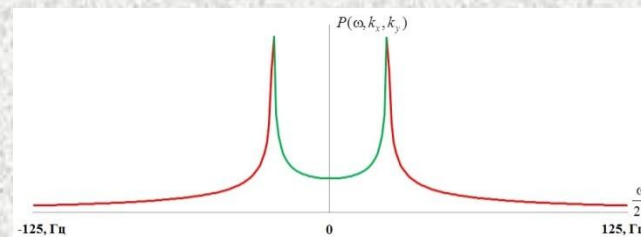
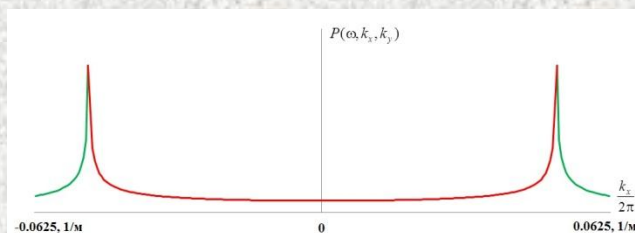
О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Миграция ОПВ-ОПП: принцип фокусировки поля точечного источника



$$\tilde{U}(k_x, k_y, z = 0, \omega) = \frac{-jS(\omega)}{2(2\pi)^2 k_z}$$

Спектральная характеристика поля точечного источника, расположенного в плоскости $z=0$, характеризуется значительной энергией неоднородных волн



Области, занимаемые неоднородными и однородными волнами, выделены соответственно зеленым и красным цветами

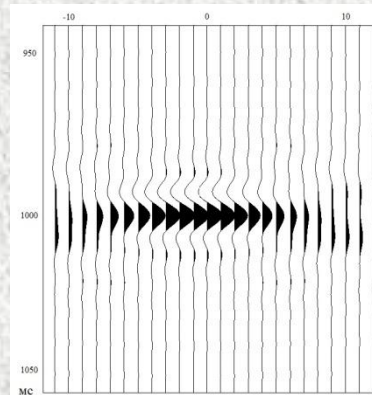
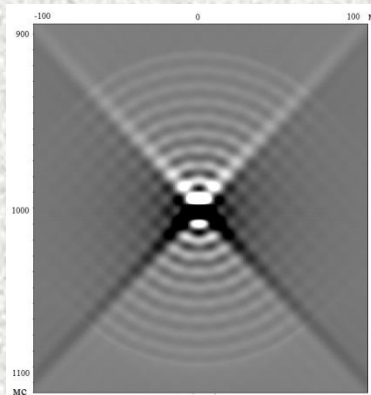
О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Миграция ОПВ-ОПП: принцип фокусировки поля точечного источника

$$\tilde{U}(k_x, k_y, z = \hat{z}, \omega) = \frac{-jS(\omega)}{2(2\pi)^2 k_z} \exp(jk_z \hat{z})$$

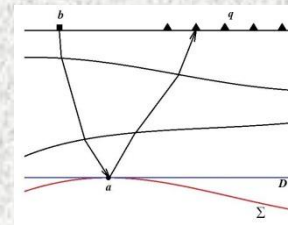
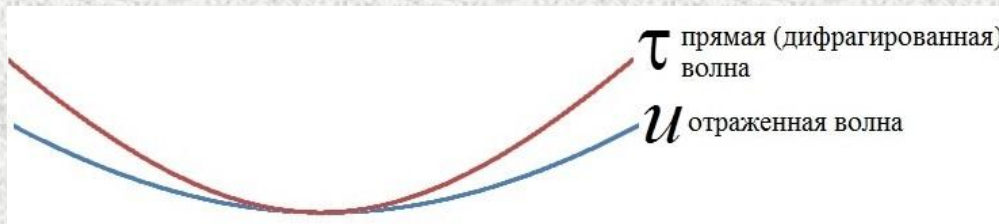
Спектральная характеристика поля на глубинном уровне $z = \hat{z}$. Точечный источник расположен в плоскости $z=0$. Не существует фильтра, который реализовал бы переход от $\tilde{U}(k_x, k_y, z = \hat{z}, \omega)$ к $\tilde{U}(k_x, k_y, z = 0, \omega)$. Тем самым фокусировка волны невозможна.

Миграция ОПВ-ОПП:
попытка фокусировки
поля точечного
источника без учета
неоднородных волн.

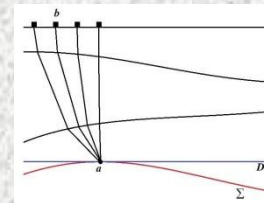
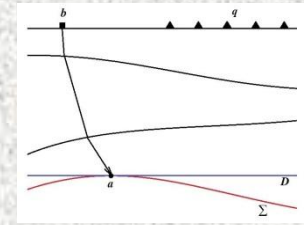


О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Миграция ОПВ-ОПП (по Кирхгофу)



=>

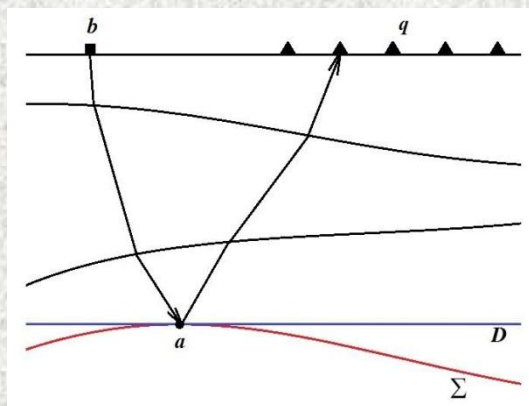


$$I(a) = \iint_{x y} \tilde{u}(x, y, z = 0, t + \tau(x, y, a)) w(x, y, a) dx dy$$

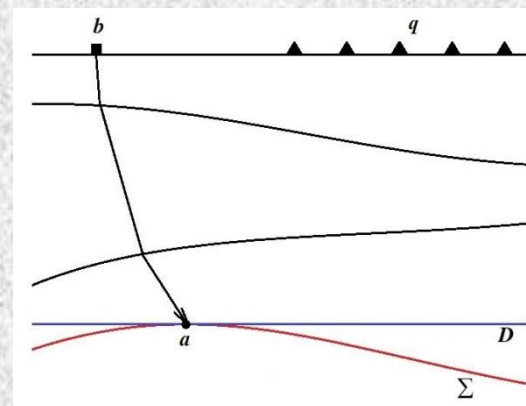
$\tilde{u} = u * f$ - результат применения компенсирующего фильтра к трассам исходного

О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника

Миграция ОПВ



=>



Особенностью миграции ОПВ является отсутствие необходимости переноса волнового поля в ближнюю зону. Приемники погружаются на глубинную границу, расположенную на достаточном удалении от источника колебаний. Затем моделируется прямая волна, после чего вычисляется отношение амплитуд отраженного и падающего сигналов. Тем самым ситуация сводится к задаче на отражение плоской волны от плоской границы.

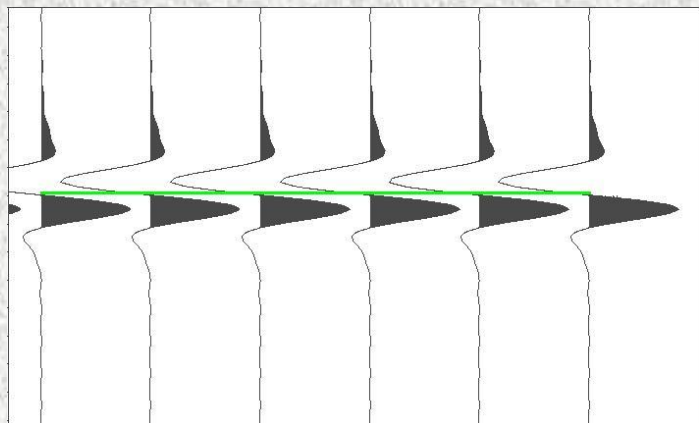
Программа доклада

- Сейсмическая миграция – решение задачи, предложенное В.М. Глоговским
- Постановка задачи миграции в истинных амплитудах
- Миграция и обращенное продолжение поля
- О нереализуемости обращенного продолжения поля точечного источника
- **Результаты тестирования на модельных сейсмограммах**

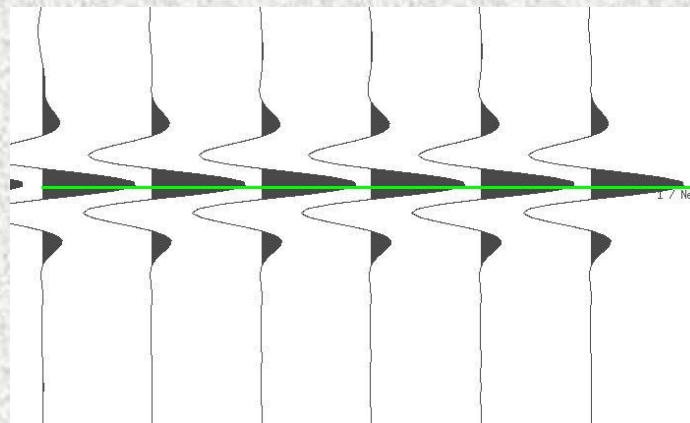
Результаты тестирования на модельных сейсмограммах

Результат миграции сейсмограмм, рассчитанных для модели однородного слоя с горизонтальной плоской подошвой (зеленая линия)

ОПВ-ОПП



ОПВ



Искажения сигнала при миграции ОПВ-ОПП: форма сигнала – дифференциатор, нестационарный множитель $1/v$

Заключение

- Все многообразие алгоритмов динамической сейсмической миграции сводится к двум подходам: ОПВ и ОПВ-ОПП миграциям.
- Несмотря на то, что оба метода претендуют на решение одной и той же поставленной задачи, оказывается, что получаемые ими результаты различны. Причиной этого является невозможность реализации обращенного продолжения волнового поля с корректным учетом неоднородных волн.
- Поэтому, строго говоря, миграции с сохранением истинных амплитуд (true amplitude migration) не существует.
- Миграция ОПВ-ОПП основана на принципе продолжения в сторону источника. С этой целью необходимо корректно восстановить неоднородные волны.
- При миграции ОПВ также реализуется обращенное продолжение, однако не требуется переноса поля в ближнюю зону. В дальней зоне построение изображения может сводиться к задаче на отражение плоской волны от плоской границы.

Спасибо за внимание!

GEO LAB
geophysical innovations