

УДК 004.942

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
СКВАЖИН (ГИС)**

**Сосов В.А.**

**Научный руководитель доктор тех. наук Ченцов С.В.**

*Сибирский Федеральный Университет*

**Введение**

Геофизические методы, основанные на измерении звуковых волн, получили широкое применение при исследовании строения планеты Земля, как с целью познания, так и для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Для изучения тех или других объектов на поверхности Земли или внутри её проводятся специальные наблюдения естественных и искусственно создаваемых физических величин. Полученные данные предварительно обрабатываются и, затем, используются для суждения о свойствах изучаемого объекта. Для того чтобы получить представления о свойствах объекта, необходимо создать его модель, имеющую некоторые параметры. Так, можно предположить существование слоистой модели среды (объекта) с горизонтальными границами раздела слоев, обладающих различными физическими свойствами. Тогда модель будет включать в себя следующие параметры: глубины границ раздела слоев и свойства пород в каждом слое. Зная эти параметры модели, и используя математические зависимости между элементами модели, мы можем вычислить теоретические значения величин для заданных условий их наблюдения.

### Определение скоростей распространения упругих волн по данным сейсмического и акустического каротажа

При проведении сейсмического каротажа (СК) измеряют времена пробега волны от источника, расположенного на поверхности земли, до приемников упругих колебаний, располагаемых в исследуемой скважине на различных глубинах. Зависимость времени прихода сейсмической волны от глубины  $z$  представляет собой, как уже известно, вертикальный годограф  $t(z)$  (рисунок 3). При этом различают: продольные вертикальные годографы, когда источник упругих волн при их получении расположен непосредственно возле устья исследуемой скважины, и непродольные вертикальные годографы, когда источник при их получении удален от устья скважины на некоторое расстояние  $d$ .

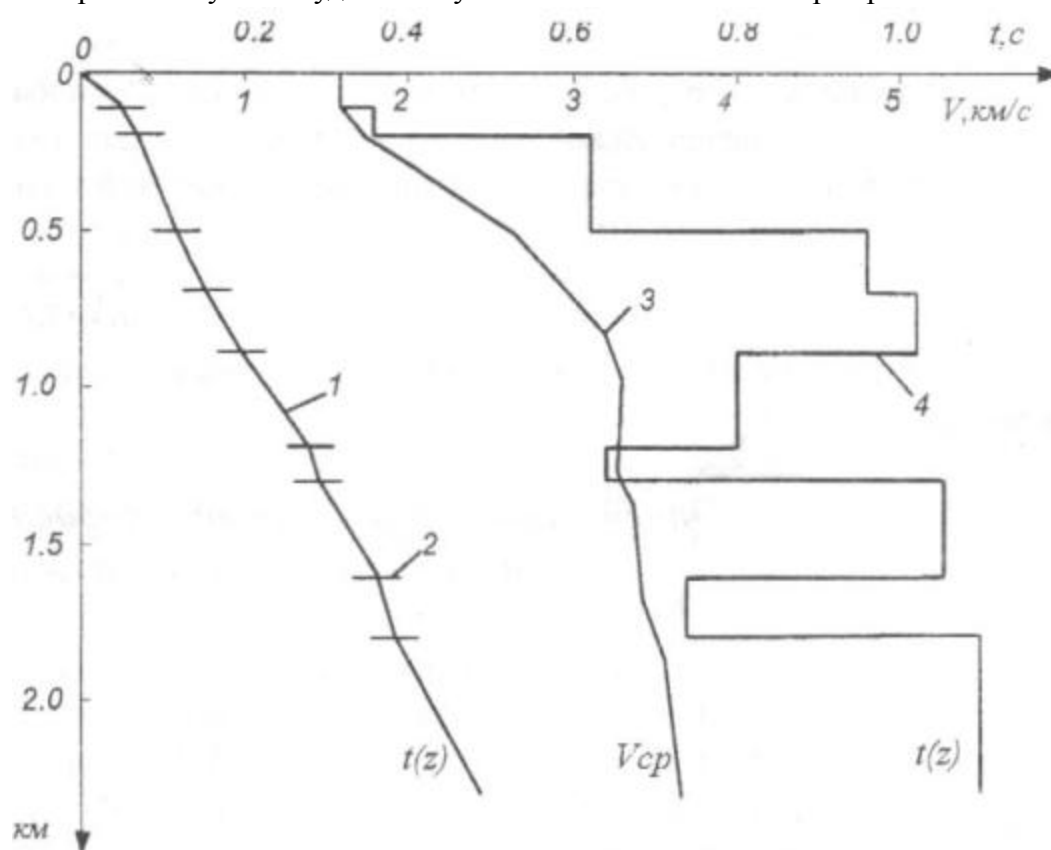


Рисунок 3 - Схема обработки приведенного вертикального годографа: 1 - приведенный вертикальный годограф  $t(z)$ ; 2 - границы прямолинейных участков годографа  $t(z)$ ; 3 - график зависимости средней скорости от глубины  $V_{\text{ср}}(z)$ ; 4 - график пластовой скорости  $V_{\text{л}}(z)$

Интерпретационная обработка данных СК (ВСП) начинается с проведения общей обработки зарегистрированного волнового поля и введения необходимых поправок (статические поправки, фильтрация, деконволюция и т.д.) с целью составления общего монтажа трасс по приему колебаний на разных глубинах при фиксированных - удалениях пунктов возбуждения (ПВ) от регистрирующей скважины. Для определения скоростного разреза более всего удобны монтажи трасс, полученных из ближних пунктов возбуждения. Наборы трасс из дальних ПВ больше подходят для получения разрезов, аналогичных наземным разрезам. Для этого на этапе интерпретационной обработки рассчитывают и вводят специальные кинематические поправки. После выполнения предварительной обработки записи СК (ВСП) подвергаются анализу на предмет выделения падающих и отраженных волн, волн с другой геометрией (обменные,

поперечные, кратные и т.п.). По выделенным падающим волнам осуществляют корреляцию продольных и поперечных (если это возможно) волн с целью составления (формирования) соответствующих годографов. Эти годографы и позволяют сравнительно легко рассчитать скоростной разрез изученной части среды. Для определения средних и пластовых скоростей в покрывающей толще наиболее просто использовать продольные вертикальные годографы. Непродольные вертикальные годографы обычно предварительно пересчитываются (приводятся) к виду продольных на основе некоторых модельных представлений о среде. Наиболее просто непродольный годограф приводится к виду продольного годографа на основе модели однородной среды с использованием формулы:

$$t^{\text{прод}}(z) = t^{\text{непр}}(z) \cdot \frac{z}{\sqrt{z^2 + d^2}}, \quad (3)$$

где  $z$  - глубина - точки наблюдения расстояние от устья скважины до источника колебаний.

Для определения пластовых скоростей продольный вертикальный годограф  $t(z)$  визуально или аналитически разбивается на ряд участков, в пределах которых наблюдаемый годограф можно считать прямолинейным. Число выделенных прямолинейных участков определяет число сейсмически однородных слоев, пластовая скорость в каждом из которых определяется по углу наклона соответствующего элемента вертикального годографа

$$V_{\text{пл}} = \Delta z / \Delta t, \quad (4)$$

где  $\Delta z$  - мощность выделенного пласта;  $\Delta t$  - время пробега волны в пласте.

Средняя скорость в покрывающей толще до заданной глубины  $z$  вычисляется по формуле:

$$V_{\text{ср}} = z / t. \quad (5)$$

Используя для расчетов приведенную формулу, строят графики зависимости средней скорости от глубины  $V(z)$  или от времени пробега  $V(t)$ . Совместно с ранее рассчитанным графиком пластовой скорости эти два графика дают достаточно полное представление о сейсмических свойствах изученного разреза (см. рисунок 3). Аналогичные расчеты можно проводить и на основе информации о волновом поле для удаленных пунктов возбуждения. Однако это требует выполнения других, более сложных приемов обработки данных метода вертикального сейсмического профилирования (ВСП).

Сейсмический (интегральный) каротаж позволяет выделять сейсмические слои, мощность которых измеряется десятками и сотнями метров. Более детальную информацию о скоростном разрезе можно получить с помощью акустического (дифференциального) каротажа - АК. При его реализации используются частоты от 5-8 до 20-30 кГц. Измеряя время пробега акустической волны  $\Delta t$  вдоль стенки скважины на

постоянной базе  $\Delta z$  (базе скважинного зонда), интервальную скорость можно определить по формуле:

$$V_{\text{инт.}} = \Delta z / \Delta t \quad (6)$$

Малые базы (обычно порядка 0,5-2 м) позволяют считать, что интервальная скорость  $V_{\text{инт.}}(z)$  весьма близка к значению истинной скорости в слое на этой глубине:

$$V_{\text{ист.}}(z) = V_{\text{инт.}}(z) \quad (7)$$

Именно поэтому данные акустического каротажа принимаются в качестве эталонных значений истинной скорости распространения сейсмических волн в горных породах. Знание истинной скорости распространения упругих волн в разрезе позволяет рассчитать вертикальный годограф  $t(z)$  по формуле:

$$t(z) = \int_0^z \frac{dz}{V(z)} \quad (8)$$

и на этой основе увязать между собой результаты дифференциального и интегрального каротажа исследуемой скважины.