

**O1 Возможность изучения ВЧР методом грубой силы на основе
полноволнового численного моделирования**

В.А. Рыжов, Е.В. Биряльцев, М.Р. Камилов

(ЗАО «Градиент», Казань)

**Opportunity to study the upper part of section by brute force search
based on full-wave numerical simulation**

V.A.Rizhov, E.V. Birialtsev, M.R.Kamilov

(Gradient CJSC, Kazan)

Аннотация

Рассматривается возможность изучения сейсмомеханических характеристик зоны малых скоростей и верхней части разреза на основе полноволнового численного моделирования. Приводится описание метода и его результаты. Делаются выводы о перспективе его развития.

Abstract

The possibility of studying mechanical characteristics of low velocity zone and the upper part of section based on full-wave numerical simulations. Article represents the description of the method and its results with conclusions about its further development.

Введение. Результаты детального изучения сейсмомеханических характеристик зоны малых скоростей и верхней части разреза могут являться хорошей основой для сейсмических (ОГТ) и микросейсмических методов исследования (НСЗ), нацеленных на изучение более глубоких горизонтов, а также для инженерных целей.

Небольшие глубины исследования (до 100 м) обычно определяют выбор метода преломленных волн (МПВ), как основного в инженерной сейсморазведке. Малая глубинность исследований диктует необходимость использовать высокочастотную модификацию метода, что дает возможность более детального расчленения разреза по упругим свойствам. В то же время значительная степень поглощения в верхней части геологического разреза энергии упругих волн определяет использование систем наблюдения, состоящих из коротких годографов.

При этом главная информация для решения инженерно-геологических задач сейсмическим методом получается путем определения кинематических характеристик - скоростей распространения сейсмических волн. Наряду с этим важную информацию несут динамические характеристики (амплитуды волн, затухание, частота и т.д.) они более тонко отражают изменение состояния среды, чем кинематические, но не учитываются при обработке, так как требуют более сложных методов обработки.

Другой модификацией сейсмических методов, применимых к изучению ЗМС и ВЧР, является метод MASW [1], основанный на восстановлении разреза поперечных скоростей по форме дисперсионной кривой поверхностной волны Релея.

Приведенные выше методы (МПВ, MASW) строятся на выделении определенного типа волн из общей волновой картины. Для этого используется профильные наблюдения группой сейсмоприемников, сейсотрассы с которых обрабатываются группами с некоторой длиной шага по профилю, что ведет к понижению разрешающей способности по горизонтали. Вторым ограничением методов является то, что невозможно разделить низкочастотное волновое поле по типам волн вблизи пункта возбуждения из-за их интерференции между собой. Низкочастотная составляющая важна при изучении градиентных сред, которыми зачастую являются ЗМС и ВЧР.

Таким образом, среди геофизических методов имеется незаполненная ниша. Неумение работать с полноценной формой отклика, такой, какой она есть, ведет к понижению разрешающей способности и информативности методов.

В данной работе изучим возможность восстановления свойств среды по динамическим характеристикам ее отклика, не выделяя в нем определенные типы волн, а анализируя волновой процесс, как он есть. Для того чтобы использовать форму кривой отклика для восстановления свойств разреза, воспользуемся комплексом полноволнового численного моделирования [2].

Методика. Для решения обратной задачи – восстановления характеристик разреза по его отклику на импульсное воздействие, заранее было решено множество прямых задач в условиях плоскопараллельного залегания группы пластов, причем моделировались также и случаи, когда нижележащие пласты имеют пониженные скорости относительно вышележащих в различных модификациях. Схема модели приведена на рис. 1. Размеры каждой модели – 40x40 м, ячейки размером 1x1 м, время

моделирования меньше оценочного времени прохождения фронта волн от точки возбуждения до границы модели и обратно до ближайшей точки съема сигнала. Всего были получены отклики от 4 млн. возможных моделей.

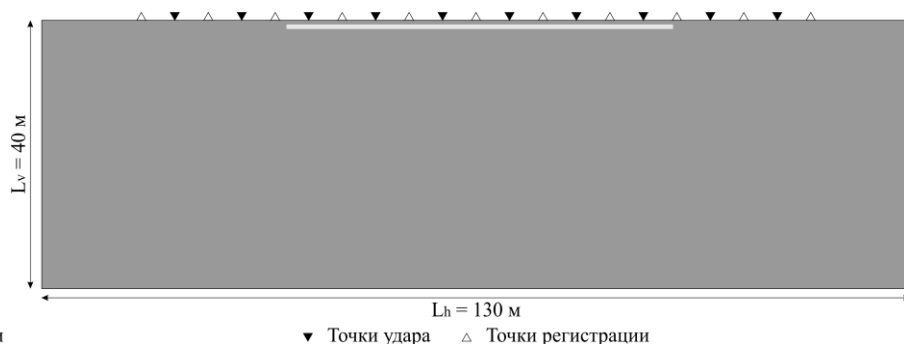
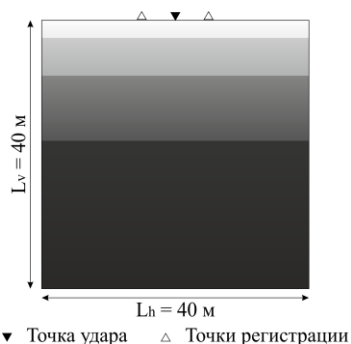


Рис. 1. Схема модели

Рис. 2. Схема модели тестовых разрезов

Проверка принципиальной работоспособности метода производилась с использованием численного моделирования. Для этого было промоделировано несколько тестовых разрезов с различными видами неоднородностей в них. Моделирование происходило по следующей схеме (рис. 2). Последовательно, через каждые 10 м вдоль профиля по поверхности создавалось импульсное воздействие, и регистрировались отклики в соседних с ним точках (справа и слева) на расстоянии 5 м от точки воздействия.

Восстановление скоростного разреза проводилось по следующему алгоритму. Для каждой точки профиля, где был произведен удар, выполнялся поиск максимально схожей формы отклика от этого удара с откликами в базе моделей. Скоростной разрез максимально схожей модели подставлялся в точку удара. В качестве метрики схожести откликов был взят коэффициент корреляции Пирсона. Таким образом, был восстановлен каждый тестовый разрез. Результаты восстановления представлены на рис. 3, где можно сопоставить исходную форму тестовых разрезов с восстановленной.

Обсуждение результатов. Несмотря на несколько прямолинейный подход к решению задачи, результаты восстановления в целом хорошо сходятся с исходными моделями разрезов. Что, в первую очередь, говорит о принципиальной работоспособности метода. Для некоторых случаев (рис. 3. б) в восстановленных разрезах наблюдаются резкие выбросы, не обоснованные структурой исходного разреза. Что может говорить о некоторой неустойчивости решения обратной задачи. Вероятно, в данном случае она связана со временем моделирования 0.06 с, что ограничивает

влияние более глубоинных свойств разреза на форму промоделированного сигнала.

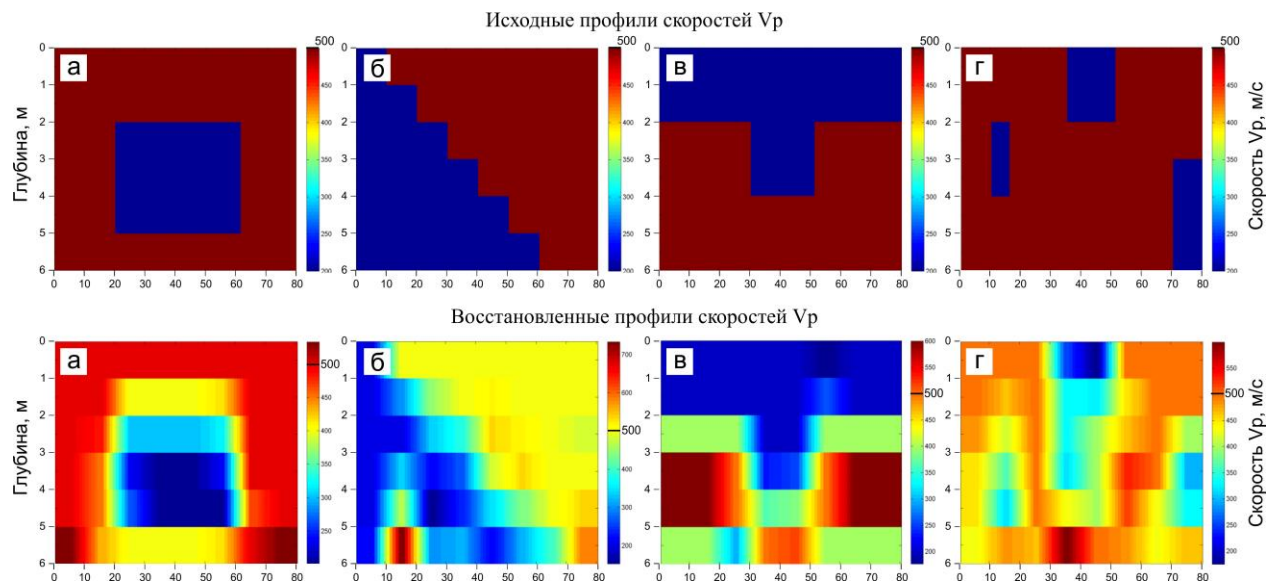


Рис. 3. Примеры решения обратной задачи

Выводы. Результаты показали принципиальную работоспособность предложенного подхода изучения среды. Идея использовать отклик среды полностью без разделения его на типы волн кажется весьма перспективной с точки зрения детальности и информативности восстановления. Очевидно, что данный подход сопровождается ресурсоемкими вычислениями, которые, вероятно, сдерживали его развития ранее. Безусловно, прямой перебор всех возможных вариантов это не оптимальный путь развития такого подхода. В качестве априорной информации могут быть использованы результаты уже известных методов. Предполагается, что дальнейшее развитие данного подхода будет происходить в направлении последовательного адаптивного восстановления характеристик модели среды.

Литература

1. Park C.B., Miller R.D. and Xia J. Multichannel analysis of surface waves. *Geophysics*. 1999 V. 64. P. 800-808.
2. Галимов М.Р. Некоторые технологические аспекты применения высокопроизводительных вычислений на графических процессорах в прикладных программных системах [Текст] / М.Р. Галимов, Е.В. Биряльцев // *Вычислительные методы и программирование*, 2010. Т. 11, С. 77-93.