

УДК 550.834:622.12

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИГРАЦИИ ДО
СУММИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ УГЛЕПОРОДНЫХ
МАССИВОВ МЕТОДАМИ ПЛАСТОВОЙ
СЕЙСМОРАЗВЕДКИ**

Глухов А. А., Бородин Д. С.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Обґрунтовано доцільність застосування дифрагованих хвильових полів і процедури міграції перед підсумовуванням для побудови сейсмічних зображень середовища в умовах проведення шахтних сейсмічних спостережень.

The expediency of application of the diffracted wave fields and migration procedures before summing for seismic imaging of environment in the context of mine seismic observations is substantiated.

Большинство методик сейсмического прогноза геологических нарушений угольных пластов основывается на лучевом представлении о распространении сейсмических колебаний. Фронт взаимодействующей с тектоническим нарушением волны определяется как параметрами самой волны, так и параметрами нарушения. В случае если геометрические размеры нарушения значительно превышают длину волны, применение лучевого представления правомерно. Однако в реальных условиях это далеко не всегда так. Более того, наибольшую сложность в наше время имеет прогноз мелкоамплитудной тектоники, когда размерности нарушения могут быть соизмеримы, а иногда и меньше характерной длины волны сейсмического сигнала. Строго говоря, невозможно получить полное решение прямой задачи при наличии границ, через которые функция скорости терпит разрыв. Значительная часть энергии будет переноситься в направлениях, от-

личных от направления распространения волны в силу законов дифракции. Этот факт целесообразно использовать при разработке современных методов пластовой сейсмической разведки.

В наземной сейсморазведке для построения сейсмических изображений широко используются методы миграции. В частности, миграция до суммирования по сейсмограммам общего пункта возбуждения [1]. Данная работа оценке целесообразности применения этой процедуры при построении сейсмических изображений углепородного массива методами пластовой сейсмической разведки.

Основная идея исследований состоит в разработке замкнутого цикла, состоящего из двух последовательных этапов. Первый заключается в моделировании процесса возбуждения, распространения и регистрации сейсмических колебаний в модели, описывающей углепородный массив. Второй – в обработке результатов расчетов и построении сейсмического изображения данной модели. Выполнение операций такого цикла и сравнение моделей и их изображений нужны не только, чтобы анализировать закономерности распространения сейсмических колебаний в углепородном массиве, но и разрабатывать процедуры обработки сейсмической информации.

Они реализованы в разработанном в УкрНИМИ НАН Украины программном комплексе моделирования распространения сейсмических колебаний в угленосной толще [2].

Использовались двумерные модели среды и систем сейсмических наблюдений. Плоскость моделирования XY лежит в плоскости угольного пласта. Схема моделирования показана на рисунке 1. Моделировался прямоугольный участок лавы 500×250 м с аномалией. Входные физические параметры модели базируются на априорных данных о горно-геологических условиях залегания угля на участке исследований и реальных условиях проведения сейсмических экспериментов. Поскольку в условиях Донбасса основным инструментом шахтной сейсморазведки являются боковые волны, распространяющиеся со скоростью волн сжатия и сдвига в углевмещающих породах, основу моделей составляет базовая однородная изотропная среда с соответствующими скоростями (например, $V_p = 3200$ м/с, $V_s = 2000$ м/с). Зона

аномалии размерами 15×15 м имитирует участок трещиноватых либо дробленых пород, для которого значения скоростей распространения волн уменьшены на 30 %. Расположение пунктов возбуждения (ПВ) с номерами $k = 1 \dots K$ и сейсмоприемников (СП) с номерами $l = 1 \dots L$ моделировались в соответствии со схемами расположения систем наблюдений в стандартных методиках проведения сейсмических экспериментов [3]. В частности, моделировались три системы сейсмоприемников, оконтуривающие зону аномалии с трех сторон так, чтобы для различных вариантов возбуждения и регистрации колебаний имитировались процессы записи сейсмограмм методами отраженных волн и сейсмопросвечивания.

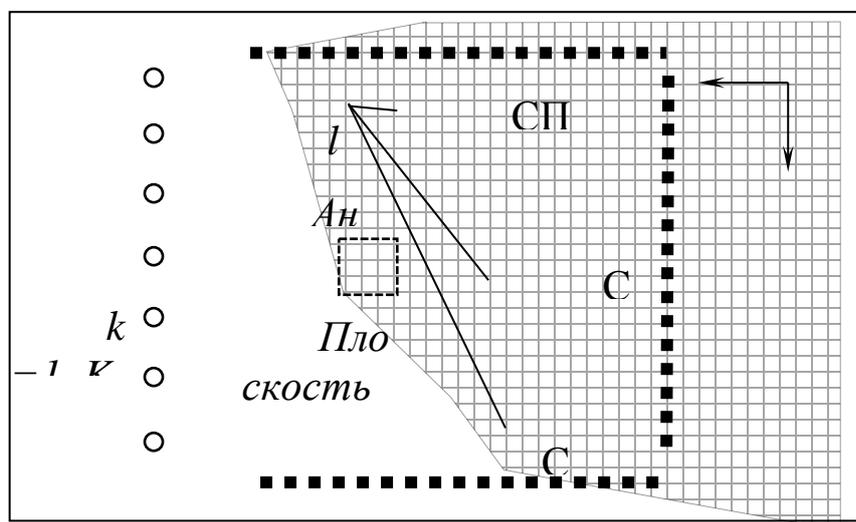


Рис. 1. Схема моделирования

Используемые в настоящих исследованиях алгоритмы конечно-разностного моделирования процесса распространения сейсмических волн подробно описаны в ряде работ (например, [4]) и не нуждаются в пояснении. Используется схема с равными шагами пространственной дискретизации вдоль всех координатных направлений и стандартными при проведении сейсмических экспериментов значения Δt . Они выбираются соответственно друг другу по схеме, приведенной на рисунке 2.

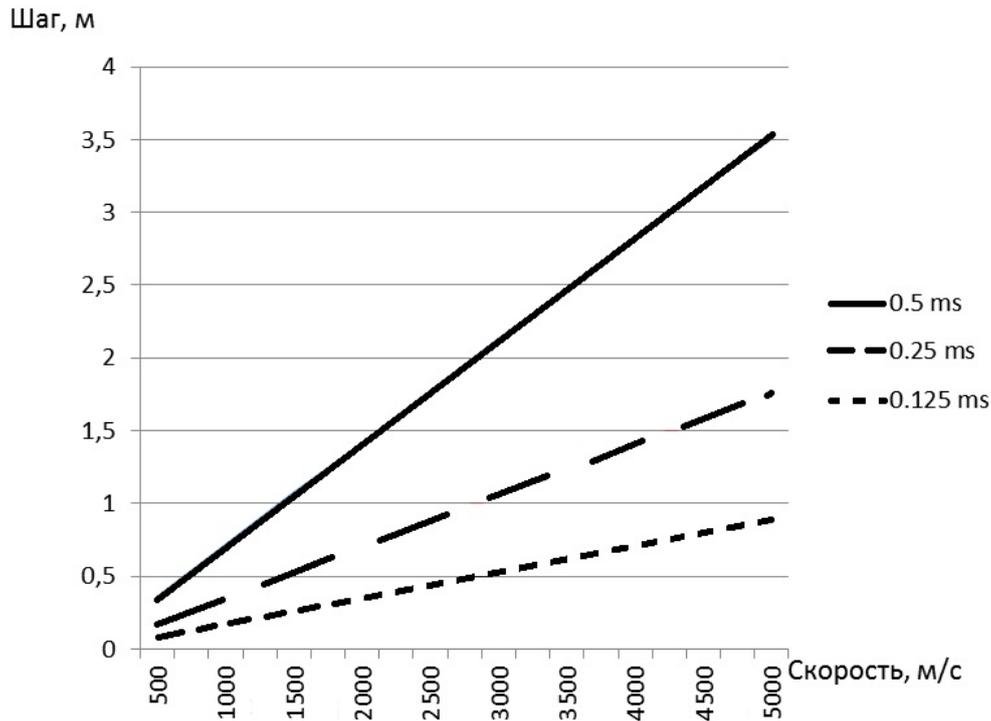


Рис. 2. Схемы выбора минимального шага пространственной дискретизации в зависимости от шага дискретизации по времени и скоростей распространения сейсмических колебаний

В результате расчетов были получены наборы сейсмограмм для всех положений ПВ и всех наборов СП. После проведения моделирования выполняется этап обработки результатов расчетов и построения сейсмического изображения данной модели. Варианты обработки проводились на основе использования той части информации, которая соответствовала определенной методике наблюдений.

Получение сейсмических изображений выполнялось на основе использования метода суммирования по гиперболам. Строится сейсмическое изображение каждой точки (x, y) в плоскости угольного пласта. Подробное изложение этих методов можно найти в работе [1]. Для построения сейсмических изображений участок углепородного массива разбивается на регулярную решетку ячеек с номерами i и j вдоль координатных осей X и Z , со-

ответственно. Каждая элементарная ячейка решетки e_{ij} имеет форму квадрата со стороной h .

Рассчитать сейсмическое изображение среды в элементарной ячейке e_{ij} можно, используя соотношение

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L A_{ij}^{kl}, \quad (1)$$

где $A_{ij}^{kl} = A(T_{ij}^{kl})$ представляет собой изображение ячейки среды, построенное по сейсмотрассе сейсмоприемника l для пункта возбуждения k ; T_{ij}^{kl} – время, за которое сигнал от пункта возбуждения k через ячейку e_{ij} достигает сейсмоприемника l . Его можно вычислить по формуле

$$T_{ij}^{kl} = h/V(\sqrt{(i-i_l)^2 + (j-j_l)^2} + \sqrt{(i-i_k)^2 + (j-j_k)^2}). \quad (2)$$

Частичные изображения мнимых источников для всех возбуждений суммируются для получения окончательного изображения среды. В соотношении (2) в качестве параметра используется миграционная скорость V . Очевидно, что при построении изображения целесообразно использовать те значения скоростей волн сдвига и сжатия, которые заданы в модели для описания базовой среды.

На рисунке 3 показаны сейсмические изображения среды, полученные на основе использования дифрагированных волновых полей при использовании в качестве базовой скорости распространения волн сдвига. Используются три варианта моделей. Модель № 1 – случай, когда в обработку принят весь набор сейсмотрасс по всем источникам и всем приемникам. Модель № 2 – случай, когда в обработку приняты сейсмотрассы по всем источникам и набору СП1. Модель № 3 рассчитана только для ПВ1 для всех СП. Компоненты X и Z составляют поле колебаний волн P и SV . Y компонента представляет собой волны SH .

Все модели соответствуют комплексированию методов сейсмодпросвечивания и отраженных волн.

Сравнивая сейсмические изображения можно сделать вывод о том, SH волны формируют более информативный результат. Несмотря на то, что размеры аномалии сопоставимы с длиной

волны, на сейсмических изображениях она четко выделяется в любом случае. Наибольшая точность достигается в том случае, если приемники сейсмических колебаний оконтуривают зону наблюдений (модели 1 и 3). Даже при использовании только одного СП расположение аномалии проявляется на сейсмическом изображении. Это ожидаемый результат, поскольку такое расположение сейсмоприемников соответствует оптимальным условиям применимости интегральной теоремы Кирхгофа-Гельмгольца [1] о возможности построения сейсмических изображений. Модель 2 больше соответствует случаю применения наземной сейсморазведки на отраженных волнах. Расположение набора СП № 1 подобно расположению системы наблюдений на поверхности земли. Тем не менее, край аномалии четко отображается на сейсмическом изображении среды.

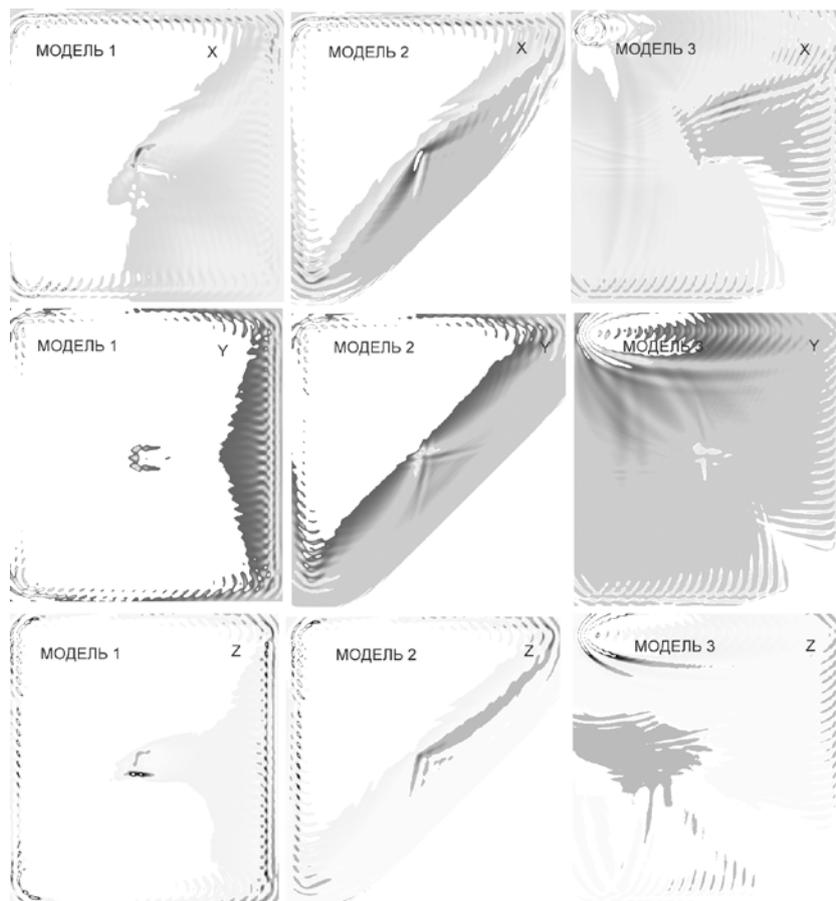


Рис. 3. Результаты построения сейсмических изображений модели среды с аномалией на основе использования различных компонент сейсмических колебаний

P и SV волны формируют менее информативный результат. Если приемники сейсмических колебаний оконтуривают зону наблюдений, изображение аномалии получается только в случае использования полного набора источников колебаний. При использовании одного источника колебаний аномалия практически не наблюдается. Изображения для модели № 2 аналогичны случаю использования SH волн.

Полученные результаты будут дополнены последующими исследованиями. Однако даже на этом этапе можно утверждать, что использование процедуры миграции позволяет построить изображение аномалий, размеры которых сопоставимы с характерной длиной волны. Обоснована целесообразность применения дифрагированных волновых полей и процедуры миграции перед суммированием для построения сейсмических изображений среды в условиях проведения шахтных сейсмических наблюдений, что является новым научно-техническим результатом, имеющим безусловное методическое значение.

В настоящее время выполняется интеграция результатов приведённой работы в методики обработки материалов пластовой сейсморазведки углепородных массивов.

Данная работа выполнена в рамках НИР «Розробка теоретичних основ застосування дифрагованих хвильових полів для прогнозу структури масиву гірських порід методом сейсмічної локації», проводимой УкрНИМИ по заказу НАН Украины.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Воскресенский Ю. Н. Построение сейсмических изображений. Учебное пособие для вузов. — М. : РГУ нефти и газа, 2006, 116 с.
2. Глухов А. А. О программном комплексе моделирования распространения сейсмических колебаний в угленосной толще // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Обчислювальна техніка та автоматизація. — Донецьк: ДонНТУ, 2005. — Вип. 88. — С. 106—113.
3. Анциферов А. В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. — Донецк: ООО “Алан”, 2002. — 312 с.

4. Анциферов А. В. Конечно-разностный подход моделирования сейсмических колебаний в угленосной толще // Геотехническая механика. — Днепропетровск : ИГТМ, 2002. — Вып. 35. — С. 108—116.