

# ДИФРАКЦИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Шубик Б.М.

*Институт проблем нефти и газа РАН, 119333 Москва, ул. Губкина, 3 ИПНГ РАН;*

*E-mail: [bmshubik@mail.ru](mailto:bmshubik@mail.ru)*

**Аннотация.** Метод ОГТ представляет собой частный случай пространственной системы возбуждения и приема сейсмических сигналов, обеспечивающей возможность фокусировки сейсмических волновых полей на внутренних точках среды. Принципиальная особенность технологии ОГТ состоит в том, что метод ориентирован главным образом на выделение горизонтальных или слабонаклоненных границ и плохо работает в сложных средах с невыдержанными границами, часто представляющими разведочный интерес. Суть развиваемого нами метода дифракционной томографии с направленным облучением сводится к использованию управляемых компьютером излучающей и приемной площадных антенн для формирования направленного излучения и приема сейсмической энергии и синхронному сканированию исследуемой среды этими двумя лучами, в процессе которого появляется возможность построения трехмерного изображения внутренней структуры среды.

## 3D SEISMIC BASED ON DIFFRACTION TOMOGRAPHY WITH BEAM STEERING

Shubik B.M.

*Oil and Gas Research Institute RAS, 119333 Moscow, Gubkina ul., 3 OGRI RAS*

**Abstract.** In fact, CMP is a particular case of the spatial seismic excitation and reception system, which ensures the focusing of seismic wave fields on interior points. The CMP principal feature is that the method is primarily oriented to the tracing of flat or gently dipping layers and does not work in complex geological media with irregular target boundaries. The emission tomography methods provide means for 3D location of fairly complex objects. The primal constraint of the emission tomography methods is confined to low resolution and low reliability of detection of passive objects. The essence of our method of 3D seismic diffraction tomography is the use of computer-controlled spatial seismic excitation and reception systems for the directional radiation and reception of seismic energy and synchronous scanning the media by these two beams in order to reconstruct 3D image of the internal structure.

До настоящего времени метод ОГТ остается основным и наиболее эффективным способом поиска и разведки структур, к которым приурочены нефтяные и газовые месторождения. По сути дела ОГТ представляет собой частный случай пространственной системы возбуждения и приема сейсмических сигналов, которая обеспечивает возможность фокусировки сейсмических волновых полей на внутренних точках среды. Принципиальная особенность технологии ОГТ состоит в том, что метод ориентирован главным образом на выделение и прослеживание достаточно пологих границ и плохо работает в сложных средах с невыдержанными границами, часто представляющими разведочный интерес.

Методы сейсмических исследований, основанные на принципах эмиссионной томографии [1], обеспечивают возможность объемной геолокации достаточно сложных объектов. Основные ограничения этих методов связаны с тем, что у них низкая разрешающая способность и надежность обнаружения структур, отличающихся слабой эмиссионной способностью, т.е. они плохо различают в исследуемой толще «молчание», неактивные объекты. Тем не менее, мы можем использовать сформулированные ранее подходы, если организуем направленную подсветку среды внешними источниками.

Суть развиваемого нами метода дифракционной томографии с направленным облучением сводится к использованию управляемых компьютером излучающей и приемной пространственных систем для формирования направленного излучения и приема сейсмической энергии и синхронному сканированию исследуемой среды этими двумя лучами, в процессе которого появляется возможность построения трехмерного

изображения внутренней структуры среды. Переизлученные точкой  $(i,j,k)$  сигналы регистрируются приемной группой из  $M$  сейсмоприемников. Для повышения отношения сигнал/помеха процедуру облучения каждого узла сетки опроса повторяют  $R$  раз, а переизлученные сигналы  $F_{ijk}^r(t)$  накапливают с помощью компьютера приемной группы. Зарегистрированные приемной антенной сейсмограммы подвергают оптимальной согласованной адаптивной фильтрации для усиления переизлученных сигналов. По отфильтрованным сейсмограммам оценивают энергию вторичных сигналов, переизлученных точками опроса. Для сравнительной оценки энергии переизлученных сигналов по отфильтрованной сейсмограмме  $\Phi_{ijk}^m(t)$  рассчитывают экспериментальные оценки отношения сигнал/помеха.

Полученная таким образом совокупность оценок рассеянной энергии  $\{SNR_{ijk}\}$  будет отражать картину пространственного распределения источников вторичного излучения или трехмерное изображение неоднородностей, скрытых в исследуемой толще.

Метод дифракционной томографии с направленным облучением позволяет повысить разрешающую способность и надежность обнаружения в исследуемой среде объектов, излучающая способность которых мала или вовсе отсутствует, и отличающихся по своим свойствам от вмещающей породы, и получить объемное изображение таких объектов за счет двойной фокусировки излучающей и приемной сейсмических групп на точках опроса внутри среды, накопления и оптимальной адаптивной фильтрации принимаемых сигналов. Метод основан не на трассировании отражающих границ, а на сканировании среды с использованием направленных свойств пространственных систем излучения и приема сигналов. В результате мы получаем не временные разрезы, а объемные изображения неоднородностей. Этот подход не противоречит, но дополняет традиционные методы разведки. Он может быть достаточно легко встроен в существующие комплексы обработки и допускает возможность переинтерпретации сложных участков разрезов по ранее полученными данным.

Параметры регистрации и обработки, технология проведения и состав натуральных экспериментов должны выбираться и уточняться на основании численного моделирования, предварительного теоретического и экспериментального оценивания.

Точность локализации объектов в сильной степени зависит от достоверности априорной скоростной модели среды. С другой стороны более точной скоростной модели будет соответствовать более контрастная  $SNR$ -карта с большими значениями максимумов в точках локализации неоднородностей. Поэтому параметры  $SNR$ -карты можно использовать в качестве критерия при оптимизации модели или выборе ее из ряда альтернативных.

Были разработаны различные модификации метода. Одна из таких модификаций основана на использовании единой приемно-излучающей антенны с совмещением координат излучателей и приемников, другая - на использовании единственной совмещенной зондирующей пары излучатель-приемник. Эти модификации базируются на принципах линейности среды и взаимности излучателей и приемников. Предлагаемый метод может быть использован для дополнительной обработки сложных фрагментов уже имеющихся сейсморазведочных данных трехмерного ОГТ с целью картирования локальных неоднородностей в зонах нарушения прослеживаемости границ. По этим исследованиям получен ряд патентов РФ.

Метод успешно опробован на экспериментальных данных. Пример обработки данных, зарегистрированных 48 канальной расстановкой (4 x 12) с использованием ударных излучателей в зоне приема, показан на Рис. 1. Работа проводилась с целью получения трехмерного изображения мелкозаглубленного объекта (инженерного туннеля). Показаны горизонтальные сечения 3D матрицы оценок энергии вторичных волн по глубинам: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 м.

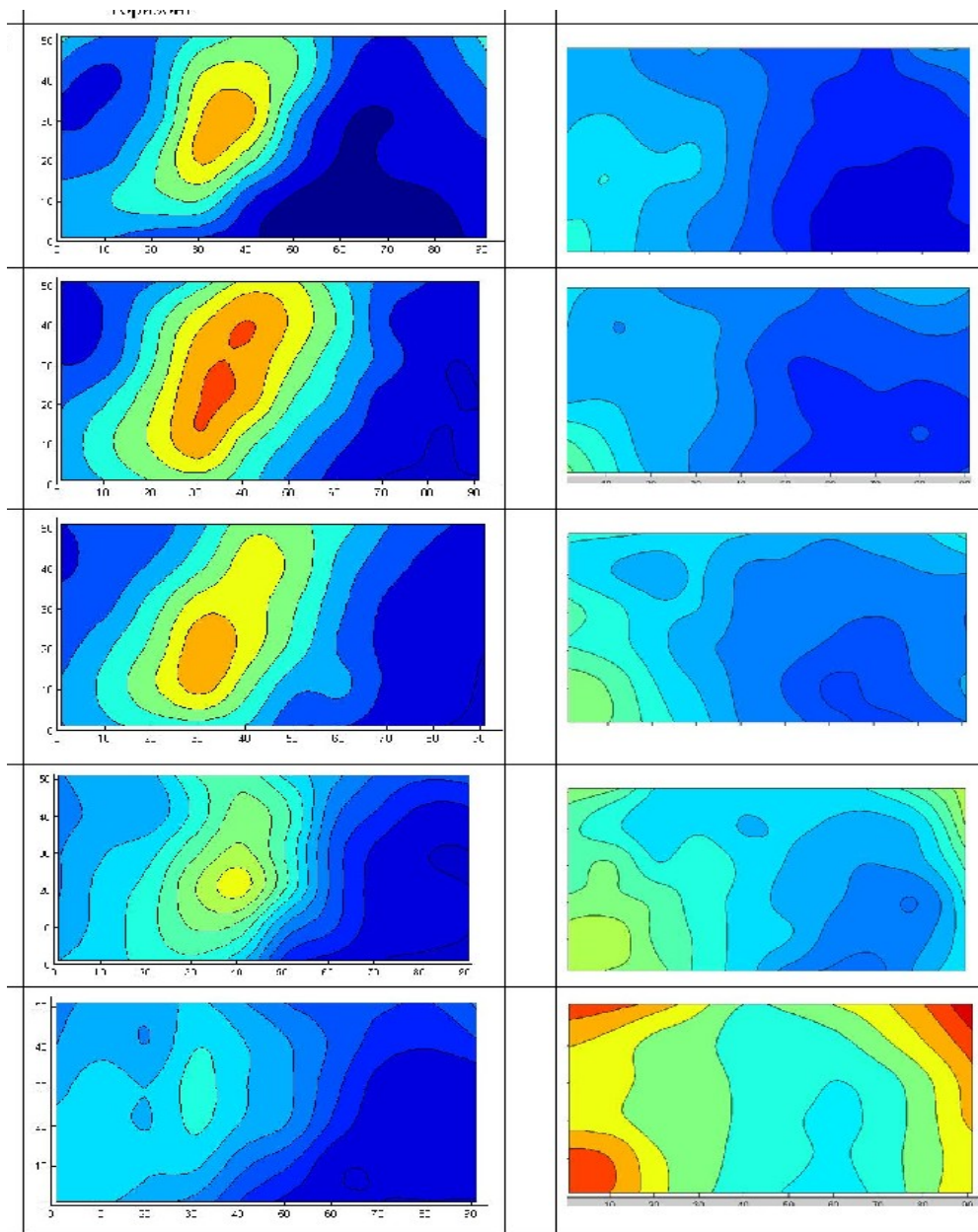


Рис. 1. Картирование инженерного объекта. Горизонтальные сечения 3D матрицы оценок энергии вторичных волн по глубинам: 4, 8, 12, 16, 20 (слева), 24, 28, 32, 36, 40 м (справа).

В подготовке и проведении экспериментов участвовала группа сотрудников геологического факультета МГУ под руководством проф. М.Л. Владова. Автор выражает им глубокую благодарность.

## Литература

1. Шубик Б.М. 3D сейсморазведка шумящих сред. Настоящий сборник. РГУ нефти и газа им. Губкина. Москва, 2012