

# **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ДИФРАКЦИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ**

Шубик Б.М.  
ИПНГ РАН

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЕЙСМОМОНИТОРИНГА**

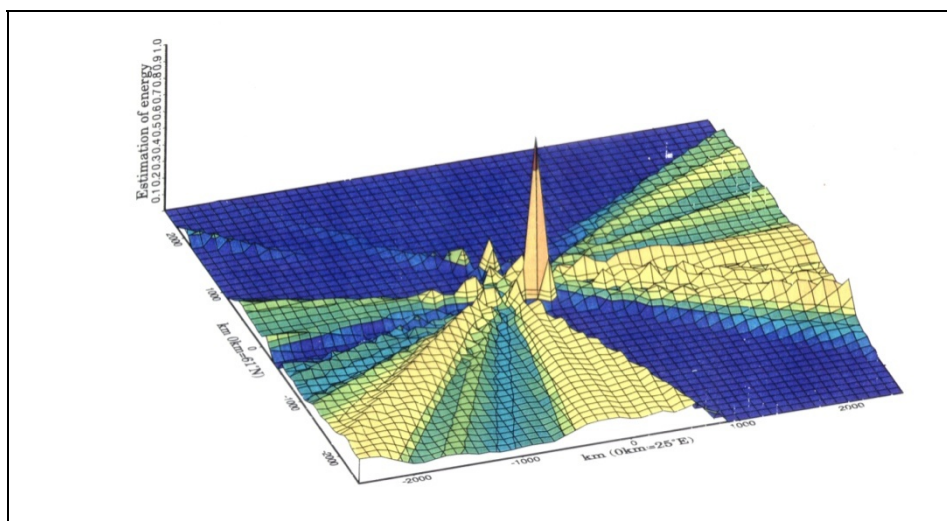
Известны многочисленные факты повышения уровня сейсмичности и, в частности, возникновение техногенных землетрясений и других деформационных явлений, связанных с изменениями геодинамического режима в районах разработки месторождений углеводородов. Для контроля деформационных и геодинамических процессов должна быть организована служба сейсмического мониторинга. Современная технология мониторинга немыслима без использования надежных и быстрых методов автоматической локации сейсмических событий во времени и пространстве.

Традиционные подходы к решению задач локализации сейсмических событий, сложившиеся еще в период становления сейсмологической науки, связаны с анализом данных, зарегистрированных одной или несколькими одиночными сейсмическими станциями. Решение задач локализации и оценки параметров источника было основано на обнаружении и идентификации ряда специфических фаз зарегистрированного сигнала по каждой отдельной записи. Интересно отметить, что современные методы компьютерной обработки унаследовали описанный выше традиционный подход к решению задачи локализации. Усилия исследователей были направлены главным образом на разработку более совершенных способов автоматического обнаружения и оценки параметров фаз на одноканальных записях. Однако автоматические процедуры, основанные на подобной идеологии ручной обработки, оказываются чрезвычайно трудоемкими и малоэффективными из-за сложности построения алгоритмов, которые были бы адекватны действиям опытного геофизика-интерпретатора.

В то же время в тех случаях, когда событие регистрируется группой или сетью сейсмических станций, полученную совокупность записей можно рассматривать в качестве своего рода многоканальной сейсмограммы. Такая сейсмограмма во многих отношениях подобна многоканальным сейсмограммам, которые регистрируются и обрабатываются в сейсморазведке и глубинном сейсмическом зондировании – областях, где разработан мощный аппарат оптимальной обработки многоканальных данных. Нами

разработан новый подход к обнаружению и локализации (эпицентров и гипоцентров) сейсмических событий разного масштаба по записям нескольких станций или сейсмической группы с использованием направленных свойств пространственной системы регистрации. Метод основан на сканировании пространства лучом сейсмической антенны и оценке энергии излучения в узлах заданной сетки опроса. Совокупность вычисленных энергетических оценок образует карту, которая отражает картину пространственного распределения источников излучения в исследуемом объеме среды. В рамках данного подхода была разработана высокоэффективная схема сканирования с использованием волн разного типа. Разработанный метод стал основой автоматической системы мониторинга в режиме реального времени. Использование данных ВСП и многомерной адаптивной фильтрации позволяет существенно повысить надежность и разрешающую способность метода.

Ниже показан пример локализации карьерного взрыва по данным, зарегистрированным сейсмической группой из 12 станций в Финляндии.



## ДИФРАКЦИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

До настоящего времени метод ОГТ остается основным и наиболее эффективным способом поиска и разведки структур, к которым приурочены месторождения углеводородов. По сути дела, ОГТ представляет собой частный случай пространственной системы возбуждения и приема сейсмических сигналов, обеспечивающей возможность

фокусировки сейсмических волновых полей на внутренних точках среды. Принципиальное ограничение технологии ОГТ состоит в том, что метод ориентирован главным образом на прослеживание горизонтальных или слабонаклоненных границ и плохо работает в сложных средах с невыдержанными границами, часто представляющими разведочный интерес. Методы сейсмических исследований, основанные на принципах эмиссионной томографии, обеспечивают возможность объемной геолокации достаточно сложных объектов. Основные ограничения этих методов связаны с низкой разрешающей способностью и надежностью обнаружения объектов, отличающихся слабой эмиссионной способностью, т.е. они плохо различают в исследуемой толще "молчащие", неактивные объекты.

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 результате появляется возможность построения трехмерных моделей сложных геологических структур. Если точка, на которую нацелены излучающая и приемная антенны, попадает на неоднородность, то сфокусированные на ней зондирующие лучи создают вторичную переизлученную сферическую волну. Если переизлучателя нет, то энергия переизлученного сигнала невысока. Полученная таким путем совокупность оценок энергии переизлученных сигналов отражает 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 объектов, излучающая способность которых мала или вовсе отсутствует, и позволяет построить трехмерное изображение сложных объектов за счет двойной фокусировки излучающей и приемной сейсмических групп, накопления и оптимальной согласованной адаптивной фильтрации принимаемых сигналов. Этот метод можно легко встроить в существующие комплексы обработки. Он обеспечивает возможность эффективной переобработки сложных участков разрезов по ранее полученным данным. Метод защищен несколькими патентами.

Следует отметить, что в процессе обработки мы сразу получаем трехмерную модель объекта, а не временные разрезы. Ниже приводится пример картирования

заглубленного тоннеля по данным площадной группы. Данные были получены в ходе совместных экспериментов с участием специалистов геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

