

ОБРАБОТКА ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ МОВ ОГТ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Гуленко Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Кубанский государственный университет, 350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Горшков Геннадий Андреевич, магистрант, Кубанский государственный университет, 350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Рудомаха Николай Николаевич, аспирант, Кубанский государственный университет, 350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Разработаны алгоритмы и программные средства для селекции сейсмических волн в области S-спектра. Созданная программа обеспечивает прямое S-преобразование трасс исходных сейсмограмм в формате SEG-Y, их двумерную фильтрацию в частотно-временной области, а также обратное S-преобразование. С применением созданных программных средств выполнена обработка модельных сейсмограмм, содержащих отраженные и поверхностные волны-помехи, и реальных сейсмограмм, полученных при инженерных изысканиях.

Результаты выполненных исследований показали, что полезные волны и волны-помехи в S-области имеют разную локализацию, поэтому применение двумерной фильтрации во многих случаях создает предпосылки для их надежного разделения. Практическое применение этого метода хотя еще требует продолжения исследований и дальнейшего совершенствования алгоритма, однако позволит повысить эффективность сейсморазведки МОВ ОГТ при инженерных изысканиях.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, сейсморазведка МОВ ОГТ, S-преобразование, двумерная фильтрация в частотно-временной области, отраженные сейсмические волны, поверхностные волны.

PROCESSING OF THE CDP-REFLECTION SEISMIC DATA IN THE ENGINEERING SURVEYS

Gulenko Vladimir I., D.Sc. in Technic, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Gorshkov Gennadiy A., Under-graduate student, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Rudomakha Nikolay N., Post-graduate student, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia, e-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Algorithms and software tools for the selection of seismic waves in the S-domain spectrum were developed. Established program provides the direct S-transform of the traces of initial seismograms in the SEG-Y format, their two-dimensional filtering in the frequency-time domain, and also inverse S-transform. With the use of the developed software tools perform processing of the synthetic seismograms, containing reflections and surface waves, and the real seismograms obtained by engineering surveys.

The results of the researches showed that the useful waves and wave-interference in the S-domain have a different location, so the use of two-dimensional filtering creates pre-

requisites for reliable separation in many cases. The practical application of this method will increase the efficiency of the CDP reflection seismic for engineering surveys, although still needs continuing research and further development of the algorithm.

Key words: *engineering seismic survey, CDP reflection seismic, S-conversion, two-dimensional filtering in the frequency-time domain, the reflected seismic waves, surface waves.*

Одной из основных проблем применения сейсморазведки МОВ ОГТ при инженерных изысканиях является высокая интенсивность волн-помех поверхностного типа и сложность выделения на их фоне отраженных волн. В этой связи применение любых методов, направленных на ослабление данного типа волн, безусловно, является актуальным.

Целью настоящей работы является разработка способов обработки данных сейсморазведки МОВ ОГТ, предусматривающих подавление (ослабление) волн-помех поверхностного типа.

Основные задачи исследования:

- 1) разработка вычислительного алгоритма прямого и обратного S-преобразования исходных сейсмограмм в формате SEG-Y;
- 2) разработка алгоритма фильтрации, предназначенного для подавления волн-помех в S-области на модельных и зарегистрированных сейсмограммах;
- 3) получение временных и глубинных разрезов МОВ ОГТ, оценка эффективности предложенных алгоритмов.

S-преобразование

S-преобразование является частотно-временным комплексным представлением временных рядов. По своей сути, S-преобразование – это комбинация оконного преобразования Фурье (STFT) и вейвлет преобразования (CWT). В качестве окна используется Гауссова функция. Данное преобразование показывает, как амплитуда и фаза фиксированной частоты меняются со временем [1, 2].

Прямое S-преобразование определяется следующим выражением:

$$S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau-t)^2 f^2}{2}} e^{-i2\pi ft} dt, \quad (1)$$

где $h(t)$ – непрерывная функция времени t ; f – частота; τ – параметр, определяющий положение Гауссова окна на оси τ .

Обратное преобразование, т.е. переход из S-области в область времен, осуществляется следующим выражением:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} S(\tau, f) dt = H(f), \quad (2)$$

где $H(f)$ – преобразование Фурье функции $h(t)$ [1, 2].

Фильтрация в S-области

Для анализа сейсмограмм в S-области была написана программа, позволяющая считывать сейсмограммы формата SEG-Y, а также рассчитывать прямое и обратное S-преобразования для каждой трассы. Затем для понимания того, как проявляются различные типы волн в S-спектре, были смоделированы сейсмограммы с заранее заданными свойствами среды. Моделирование проводилось в пакете программ «ВОЛНА-М», разработанном на кафедре геофизики КубГУ. Созданная модель содержала три отражающие границы.

При этом модельные сейсмограммы были построены для полной волновой картины, содержащей всю совокупность волн, а также для каждой волны (включая прямую волну) отдельно. Применение S-преобразования к этим модельным сейсмограммам позволило выявить характер проявления волн разных типов в полученном частотно-временном спектре (рис. 1).

Как следует из рисунка 1, применение двумерной фильтрации создает предпосылки для разделения полезных волн и волн-помех, имеющих разную локализацию в S-области.

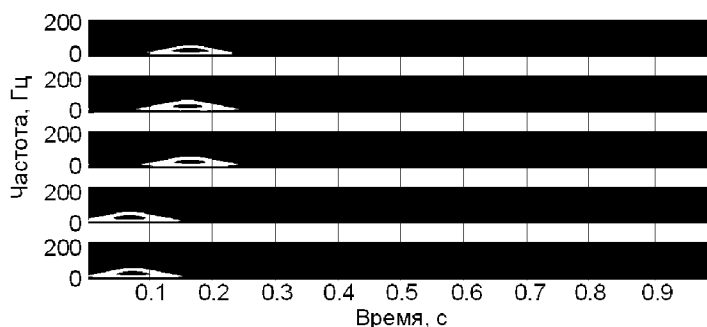


Рис. 1. S-спектр первой трассы модельной 24-канальной сейсмограммы с пунктом возбуждения на 12 канале. Сверху вниз: все волны, прямая волна и отраженные волны от границ 1–3

Для реализации этой задачи сконструированы несколько фильтров. Все они дают близкие результаты: происходит ослабление поверхностных волн, но при этом в сигнал вносится высокочастотный шум фильтра.

На рисунке 2 приведен результат работы программы для анализа сейсмограмм в S-спектре. Красными прямоугольниками отмечены зоны локализации поверхностной волны. Слева отображается модуль комплексного S-спектра 24-й трассы зарегистрированной сейсмограммы, справа – спектр той же трассы с помехой, удаленной с помощью фильтрации. Пример фильтрации в S-области показан на рисунке 3, где приведены трасса сейсмограммы и ее спектр до и после применения фильтрации.

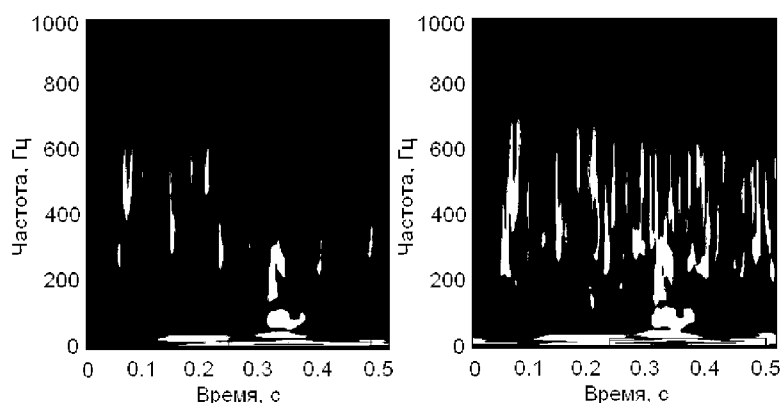


Рис. 2. Результат работы программы для анализа S-преобразования сейсмограмм

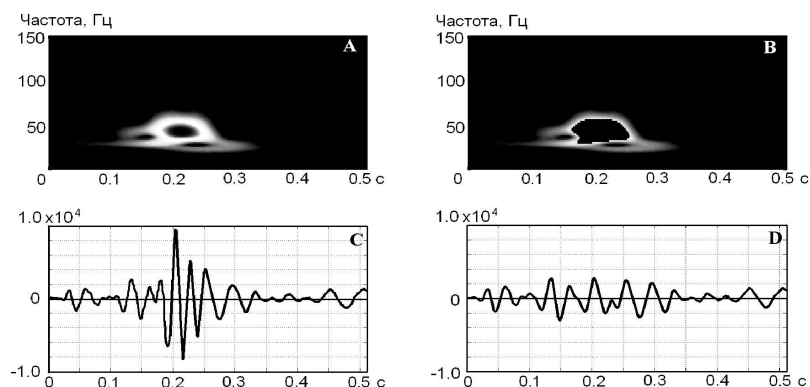


Рис. 3. Пример фильтрации в S-области: спектр до фильтрации (А) и после фильтрации (В), вид трассы до фильтрации (С) и после фильтрации (D)

Отфильтрованные в S-области сейсмограммы были обработаны в рамках расширенного графа по методике МОВ ОГТ. Пример сейсмограммы до фильтрации в S-области и после приведен на рисунке 4. В результате такого подхода удалось получить информативный и достоверный глубинный разрез, подтвержденный бурением (рис. 5).

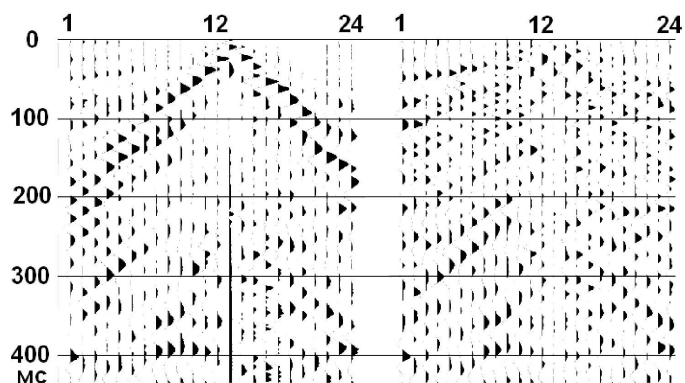


Рис. 4. Зарегистрированная сейсмограмма с интенсивными волнами-помехами поверхностного типа (слева) и та же сейсмограмма, после фильтрации в S-области (справа)

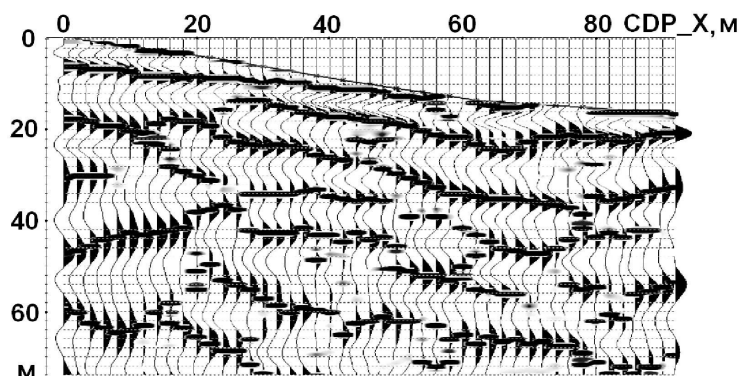


Рис. 5. Итоговый глубинный разрез, полученный из зарегистрированных сейсмограмм, подвергнутых фильтрации в S-области

В результате исследования были решены поставленные задачи: разработаны алгоритмы и созданы программные средства для селекции сейсмических волн в области S-спектра. Использование S-преобразования для подавления поверхностных волн-помех является актуальным и перспективным, однако практическое применение этого метода еще требует продолжения исследований и дальнейшего совершенствования алгоритма. Выполненная работа позволяет наметить задачи дальнейших исследований:

- 1) совершенствование алгоритмов фильтрации для минимизации шумов фильтрации;
- 2) учет скоростей и пространственного аляйсинга для лучшей локализации волн-помех в S-спектре;
- 3) модифицирование S-преобразования для достижения более высокой разрешающей способности.

Решение перечисленных выше задач позволит существенно повысить эффективность применения сейсморазведки МОВ ОГТ при инженерных изысканиях.

Список литературы

1. Askari R. Ground roll attenuation using the S and x-f-k transforms / R. Askari, H. R. Siahkoobi // *Geophysical Prospecting*. – 2008. – № 56. – P. 105–114.
2. Stockwell R. G. Why use the S-Transform? / R. G. Stockwell // *Fields Institute Communication*. – 2004. – Vol. 1. – P. 1–34.

КАРСТ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА ИНДЕР

Головачев Илья Владимирович, кандидат географических наук, Астраханский государственный университет, Астраханское отделение Русского географического общества, 414052, Россия, г. Астрахань, ул. Артельная, 16, e-mail: bask_speleo@mail.ru

В статье на основе собственных полевых наблюдений и анализа работ различных исследователей приводится характеристика сульфатного карста в окрестностях озера Индер.

Ключевые слова: *сульфатный карст, карст гипсов и ангидритов, соляные купола, гипсовые кепроки, Северный Прикаспий.*

KARST AREA OF LAKE INDER

Golovachev Ilya V., C.Sc. in Geography, Astrakhan State University, Astrakhan Department of Russian Geographical Society, 16 Artelnaja st., Astrakhan, 414052, Russia, e-mail: bask_speleo@mail.ru

In the article, on the basis of its own field observations and analysis of the work of different researchers, is given the characteristic of sulfate karst in the environments of Inder lake.

Key words: *sulfate karst, karst of gypsums and anhydrite, salt cupolas, gypsum cap rocks, northern of the Caspian region.*

Впервые автору довелось побывать в окрестностях озера Индер весной 2011 г., в ходе спелеологической экспедиции, организованной Астраханским