

## 02 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОГО ПОЛЯ В ОСАДОЧНОМ РАЗРЕЗЕ

Г.В. Голикова, К.Ю. Санников, Е.Л. Лыскова  
(СПбГУ, физический факультет, г. Санкт-Петербург)

## FORECASTING OF FREQUENCY CHARACTERISTICS OF A WAVE FIELD IN A SEDIMENTARY SECTION

G.V. Golikova, K.Yu. Sannikov, E.L. Lyskova  
(*St. Petersburg State University, Department of Physics, St. Petersburg*)

**Аннотация.** Выполнено сейсмогеологическое исследование разреза осадочных отложений Юрского и Триасового возрастов на территории Южно-Баренцовой впадины в окрестности скважины Сев. Кильдинская 82. Оно заключалось в построении сейсмической модели разреза, проведении численного моделирования волнового поля и выявлении взаимосвязи литологии изучаемого разреза с частотными характеристиками волнового поля. Процесс установления взаимосвязи состоял в выделении литологических пачек, соответствующих рассчитываемым волнам и прогнозировании возможных частот интерференционных волн, формируемых в пачках.

**Abstract.** Seismogeological research of a section of sedimentary deposits of the Jurassic and Triassic age at the South Barents hollow in the vicinity of Sev.Kil'dinskaya borehole-82 is executed. It consisted in creation of seismic model of section, carrying out numerical modeling of a wave field. It was also important to establish the interrelation between a lithology of a studied section and frequency characteristics of a wave field. The task of revealing this interrelation involved the selection of the litological packs corresponding to simulating waves and forecasting of possible frequencies of interferential waves, formed in packs.

## *Введение и задачи исследований*

В процессе обработки и интерпретации 3-х компонентного ВСП, выполненного в осадочных флюидонасыщенных отложениях, было выявлено существование аномального волнового поля, которое по своим характеристикам отличалось от обычных продольных волн. Образование аномального поля удалось связать с коллекторами. Было высказано предположение, что внутри коллекторов образуются интерференционные волны благодаря существованию на границах коллекторов условий контакта с частичным проскальзыванием. Образование интерференционных волн было подтверждено теоретическими расчетами и полевыми наблюдениями [1,2]. По нашему мнению многообразие частот в реальном поле связано с наличием интерференционных волн.

В настоящее время за рубежом развивается направление частотной декомпозиции сейсмического поля, используемое для решения различных геологических задач [3,4]. По мнению авторов указанных статей спектральная декомпозиция помогает при выделении областей насыщения углеводородами, в классификации фаций и калибровке тонкослоистых особенностей отложений.

Наше направление исследований связано в основном с изучением характера образования и распространения интерференционных волн при полевых наблюдениях, а также в модельных расчетах. В частности, на примере изучения поля в модели резервуара были выявлены особенности образования изучаемых волн в слоях повышенных и пониженных скоростей.

Следует отметить, что интересующие нас волны в основном формируются обменными волнами в тонких слоях, кинематика которых не всегда позволяет увидеть их различия с однотипными продольными волнами. Слои, принимающие участие в образовании интерференционных полей имеют мощности от 15 до 60 метров.

В настоящих работах была предпринята попытка связать частотные характеристики поля с литологией разреза. Была поставлена задача ответить на вопрос, существуют ли различия в частотах формируемых волн для стратиграфических пачек разной литологии.

### *Решение сформулированной задачи.*

На основании нашего опыта и результатов иностранных исследователей известно, что возникновение зависящего от частоты поля обычно происходит во флюидонасыщенных осадочных отложениях. Оно обладает аномальными кинематическими и динамическими свойствами. Проявления аномальных свойств поля в изучаемых регионах различно. Необходимо было доказать, являются ли аномалии поля в предлагаемом разрезе существенными для того, чтобы предсказать тип изучаемых пачек пород.

Для решения поставленных задач выполнялось математическое моделирование полного волнового поля для моделей слоисто однородных упругих сред с плоско-параллельными границами раздела [5]. Использовалась модель среды и специально построенная литологическая колонка по скважине. Основой модели являлась кривая интервальных скоростей, построение которой обычно выполняется по годографу первых вступлений прямой волны. Особенности указанной кривой заключаются в следующем: на фоне общего повышения интервальных скоростей с глубиной отмечаются проявления локальных неоднородностей значений скоростей. на интервалах мощностью в 50-70 метров. Наибольшие абсолютные значения скоростей и их перепады связаны с глинистыми отложениями (рис. 1).

С помощью модельных расчетов удалось выполнить привязку волн по глубине образования и времени регистрации. Затем результаты привязок сопоставлялись с сейсмограммами ОГТ и литологической колонкой. Из сравнения указанных данных было установлено, что рассчитываемые волны образуются либо на кровле высокоскоростных слоев, либо на кровле низкоскоростных. Обращает на себя внимание, что волновое поле в отдельных интервалах глубин представляется в виде многофазных волновых групп. Отсюда следует, что в образовании волнового поля принимают участие все выделенные пачки слоев.

#### *Разделение литологической кривой на пачки.*

Условимся, что пачка представляет собой часть литологического разреза мощностью 40-70 метров, совпадающего с геологическим циклом или его частью. Пачка ограничена сверху и снизу прослоями водонасыщенного песчаника, мощность которых может составлять первые единицы метров. Факт существования таких прослоев песчаника дает нам основание вводить в модели на его границах контакты с проскальзыванием. Благодаря этому внутри такой пачки может формироваться интерференционное колебание. Каждая пачка описывается мощностью, средним значением интервальной скорости и частотой, вычисляемой по формуле  $f = V_s / 2h$  [6], где  $V_s$  --- скорость поперечной волны,  $h$  --- мощность пачки.

#### *Результаты выполненного прогноза частот.*

Для удобства изложения результатов прогноза будем условно называть пачки с большим процентом содержания глинистых отложений - "пачками типа покрышки", а пачки, содержащие большой процент песчаников и алевролитов – "проницаемыми" пачками.

Обобщение полученных результатов оценок частот показало, что при близких мощностях изучаемых пачек в глинистых пачках формируются более высокочастотные колебания, чем в пачках, сложенных песчаниками и алевролитами. При сравнении пачек с близкими значениями интервальных

скоростей частота уменьшается с возрастанием мощности пачки. Для рассмотренных проницаемых пачек интервал изменения частот составляет от 7 до 25 Гц, а для глинистых пачек от 17 до 39 Гц. Видно, что частотные интервалы перекрываются. Это затрудняет решение поставленной задачи, поскольку нет однозначного соответствия между частотой и литологией в области значений 17-25 Гц. Необходимо привлекать дополнительные характеристики поля.

Интересные результаты были получены в решении вопроса, на каких литологических пачках образуются региональные волны. Из рассмотрения (рис.1) можно видеть, что региональная волна  $A_2$  образована на проницаемой пачке,  $f=20$  Гц; волна  $A_1$  также образована на проницаемой пачке,  $f=14$  Гц; волна  $A_0$ , формируется на двух пачках типа покрышки, прогнозируемые частоты 39 и 30 Гц. Между региональными волнами  $A_1$  и  $A_2$  существует несколько проницаемых пачек с мощностями 55 и 75 метров и прогнозируемыми частотами от 14 до 19 Гц. Этот интервал разреза представляется, как наиболее перспективный с точки зрения возможности скопления углеводородов.

Очевидно, что для повышения однозначности решения основной поставленной задачи необходимо данные о частотах дополнить другими характеристиками поля.

Сопоставление полученных результатов данной работы с выводами, которые были сделаны при анализе поля, формируемого в резервуаре нефти [7] показало, что существует соответствие кинематических и динамических особенностей поля по двум указанным регионам. Оно заключается в следующем: интерференционные волны, образованные в низкоскоростных слоях имеют повышенную интенсивность, а на высокоскоростных слоях - пониженную. Существующие кинематические особенности поля выражаются в том, что в слоях пониженной скорости отмечается возрастание времени пробега волны, отраженной от подошвы слоя или пачки. На временных разрезах отмечается возрастание временной мощности пачки. В совокупности указанные свойства поля могут быть использованы для идентификации типов пачек, а поставленная задача имеет перспективу для решения.

#### Литература.

1. Г. В. Голикова, А. А. Ковтун, М. В. Чижова /Образование интерференционного поля в коллекторе и результаты его интерпретации /Технологии сейсморазведки 2/2006. С. 54--59.
2. Г. В. Голикова, М. В. Чижова. Природа волн, формируемых в коллекторах и выделение флюидонасыщенных интервалов разреза /Технология сейсморазведки 4/2008. С. 72-77.
3. Liu J., Marfurt K.J. Instantaneous spectral attributes to detect channels. /Geophysics. V. 72. N. 2. 2007. P. 23-31.

4. Guo H., Marfurt K.J. Liu J. Principal component spectral analysis. / Geophysics. V. 74. N. 4. 2009. P. 35-43.
5. Schmidt H., Jensen F. A full wave solution for propagation in multilayered viscoelastic media with application to Gaussian beam reflection fluid – solid interfaces: /J. Acoust. Soc. Am. 77, 1985, 813-825.
6. Голикова Г.В., Санников К.Ю., Мочалов А.П. Некоторые элементы структуры резервуара, определяемые по полям интерференционных волн. /Технология сейсморазведки. 4/2010. С. 35-39.
7. Мочалов А.П., Санников К.Ю., Голикова Г.В. Уточнение природы волновых полей, формируемых в резервуарах нефти. Особенности кинематики и динамики. /Геофизический вестник 2011.