

11. Шведов С.Д. Новейшая геодинамика районов некоторых золоторудных месторождений Северо-Востока России // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. – Архангельск: Ин-т. экол. проблем Севера УрО РАН, 2004. – С. 380-383.
12. Шведов С.Д. Неотектоника и палеосейсмодислокации Мунгуджакской впадины (Омолонский массив) // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий.– Т. 3. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – С. 45-47.
13. Важенин Б.П. Принципы, методы и результаты палеосейсмогеологических исследований на Северо-Востоке России. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – 205 с.
14. Леонов В.Л. Голоценовые разломы (предполагаемые палеосейсмодислокации) и оценка сейсмической опасности территории Корякского автономного округа, Северо-Восток России // Вулканология и сейсмология. – № 2 – 2000 – С. 30-43.
15. Смирнов В.Н., Галанин А.А., Глушкова О.Ю., Пахомов А.Ю. Ледниковые кары и псевдо-сейсмодислокации в горах Примагаданья // Берингия в четвертичный период. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000 – С. 99-117.

УДК 550.831+550.2

### **О СВЯЗИ СПЕКТРОВ МИКРОСЕЙСМ С РЕЗУЛЬТАТАМИ МОВ ОГТ НА АКВАТОРИИ ОБСКОЙ ГУБЫ**

М.Ю. Шкатов<sup>1</sup>, В.И. Дубянский<sup>2</sup>, Н.Т. Дергунов<sup>1</sup>, К.Ю. Силкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУНПП "Севморгео", г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

В настоящем сообщении проводится сравнение основных результатов сейсморазведки МОГТ в северной части сейсмического профиля № 4, отработанного в шельфовой зоне Обской губы (ФГУНПП "Севморгео", 2006 г.), и спектральных изображений этого участка, полученных по записям микросейсм до первых вступлений (ДПВ) волн из источника (рис. 1А, Б). В дальнейшем будем использовать сокращение: СИ – спектральное изображение без упоминания ДПВ. Основная цель исследования заключалась в обнаружении максимального количества совпадений (отличий) спектральных изображений микросейсм ДПВ с данными детальной сейсморазведки МОГТ на рассматриваемом участке профиля (рис. 1В).

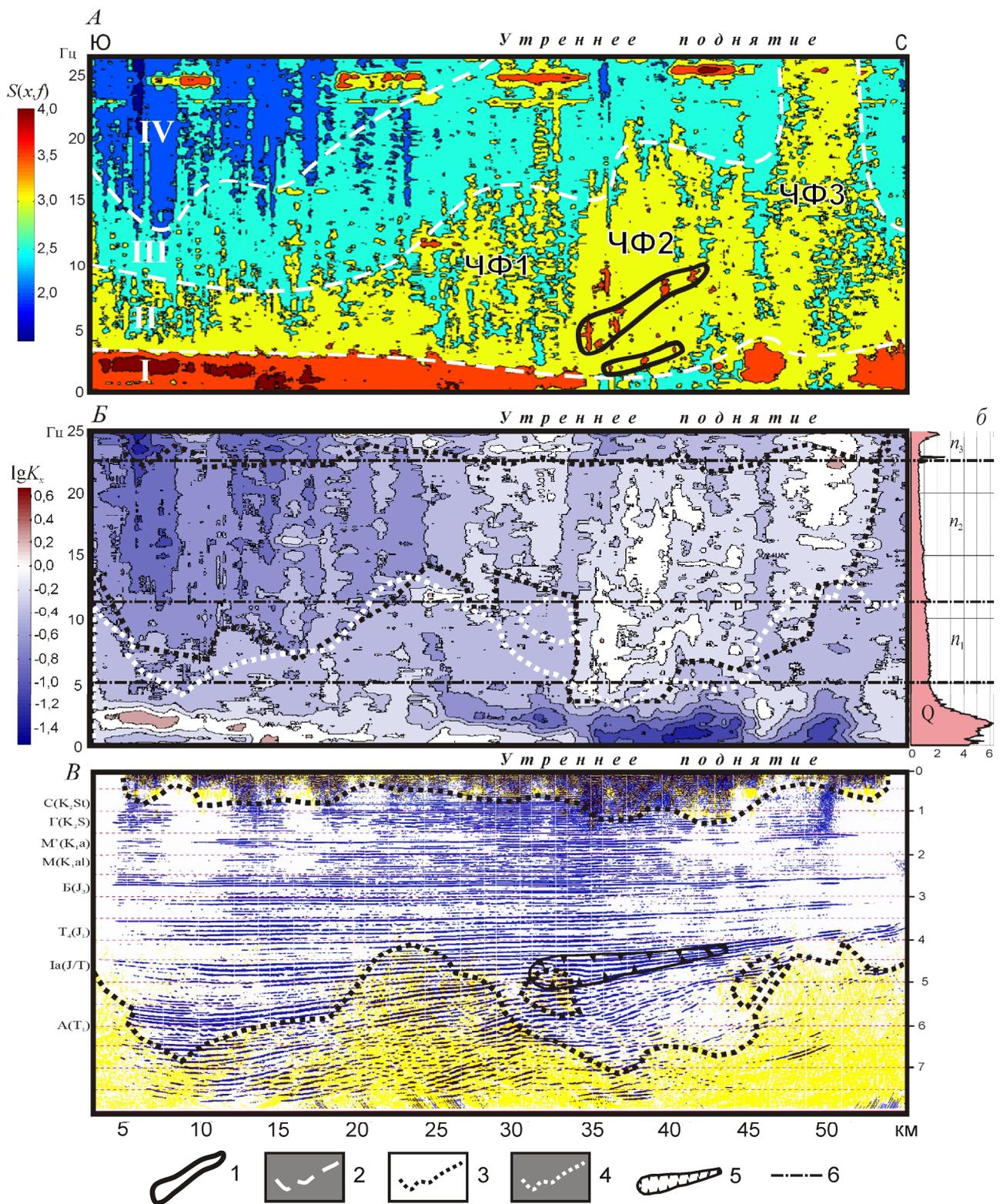
На рис. 1А демонстрируется основное СИ-1 в диапазоне частот 0-25 Гц, которое получено в результате применения алгоритма обработки спектров микросейсм, направленного на выявление общих особенностей распределения энергии спектральных составляющих в плоскости профиля.

Локальные зоны "аномалий"  $K(x, f)$  СИ выявлялись томографическим методом сравнения спектров в каждом пункте наблюдения  $S(x, f)$  с базисной спектральной функцией (БСФ) профиля  $S_x(x, f)$  (рис. 1Б). Последняя вычислялась в виде среднего спектра по всем точкам наблюдения по профилю, для всех частот в диапазоне 0,01-26 Гц (рис. 1Б, б). БСФ представляет собой спектральный отклик среды, обладающей средневзвешенными упругими и, следовательно, геофизическими, свойствами вдоль профиля наблюдений. Сравнение проводилось путём деления общих спектров на БСФ:

$$K(x, f) = \frac{S(x, f)}{S_x(x, f)}, \quad (1)$$

или в логарифмической форме:

$$\lg K(x, f) = \lg S(x, f) - \lg S_x(x, f). \quad (2)$$



**Рис. 1.** Сопоставление результатов обработки микросейсм ДПВ и материалов МОГТ на профиле № 4, Обская губа. А – Спектральное изображение разреза. Б – Спектральное томографическое изображение разреза, б – средний спектр микросейсм по профилю. В – Сейсмический разрез МОГТ (ФГУНПП "Севморгео"). 1 – контур микросейсмической радуги, 2 – граница энергетических уровней микросейсм, 3 – граница зоны дифракции в спектре микросейсм, 4 – граница области дифракторов по данным МОГТ, 5 – контур зоны максимальной аномалии скорости, 6 – граница зон различного затухания микросейм

Функция  $K(x, f)$  отображает "аномальные" отклонения спектрально – акустических свойств среды от базисной модели, заданной БСФ, и тем самым представляет собой информативный параметр томографического типа.

График БСФ профиля приведен на рис. 1б, справа от разреза. Его изучение показало, что в диапазоне частот 0-6 Гц (зона I) наблюдается главный максимум спектра микросейсм на частоте  $f = 1,7$  Гц. Из предположения, что появление этого максимума связано с обобщёнными резонирующими свойствами среды, произведена оценка её средней по профилю добротности, которая оказалась равной  $Q = 1,83$ . Низкое значение добротности (меньше 10) позволяет оценить исследуемую среду как эмиссионно-излучающую [1].

Выше по шкале частот график БСФ разделяется на зоны с различными коэффициентами " $n$ " затухания спектральных амплитуд с ростом частоты по линейному закону:  $n_2 = 52 \text{ Гц}^{-1}$  – зона II (5-16 Гц),  $n_3 = 38 \text{ Гц}^{-1}$  – зона III (16-25 Гц),  $n^4 = 0$  – зона IV (выше 25 Гц).

Таким образом, обобщённая, спектральная модель профиля представляется в виде трёхслойной горизонтально-слоистой толщи, где нижний слой I условно рассматривается как зона эмиссионного излучения; слой II – зона дифракции; слой III – зона рассеяния; слой IV – зона минимального шума.

Спектрально-томографическое изображение (СТИ) профиля представлено на рис. 1б. Заметным отличием этого изображения от основного является разделение СИ на две части: повышенной и пониженной энергетики микросейсмического поля, соответственно к северу и югу от пк. 24 км. Вычитание базисной спектральной функции из основного СИ по формуле (2) позволило выявить локальные аномалии в спектрах микросейсм, информативное содержание которых обсуждается ниже.

Для интерпретации полученных спектральных изображений используются результаты независимой обработки сейсмограмм МОГТ, представленные на рис. 1в. Здесь на глубинный сейсмический разрез нанесены границы области распределения дифракторов (жирный пунктир) и выделена клиновидная зона аномального снижения (до 30 %) скоростей упругих волн, установленная по данным сейсмической томографии (ФГУНПП "Севморгео", 2006 г.).

На СТИ рис. 1б черным пунктиром ограничена зона II – дифракционного рассеяния микросейсмического поля, а белым пунктиром – границы областей распределения дифрагирующих элементов, перенесённые с сейсмического разреза рис. 1в. За исключением некоторых деталей эти зоны совпадают. Это свидетельствует о том, что поле микросейсм отображает в своём спектре дифрагирующие элементы среды, выявленные в результате специальной обработки сейсмограмм МОГТ.

На основном СИ зоны I-IV достаточно четко выделяются по уровням спектральной энергии (рис. 1а). Здесь они имеют конфигурацию отличную от горизонтально-слоистой модели. Белые пунктирные линии, разделяющие энергетические уровни микросейсм интенсивностью 2,0 – 2,5 – 3,0 – 4,0 усл. ед., возрастают к правой части профиля, где акустический фундамент  $A(T)$  испытывает поднятие (т.н. "Утреннее поднятие"). В то же время, покрывающие фундамент породы юры ( $J_1$ ) и мела ( $K_{1al} - K_{2st}$ ) имеют горизонтально-слоистую структуру (рис. 1в).

Над "Утренним поднятием" в спектральной зоне II намечаются три зоны распределения энергии микросейсм в возрастающем к северной части профиля диапазоне частот от 2,5 до 15 Гц (пк 24-32 км), от 2,5 до 20 Гц (пк 32-44 км), от 1,5 и выше 25 Гц (пк 44-50 км). Эти зоны названы нами "частотными факелами", соответственно ЧФ1, ЧФ2 и ЧФ3 (рис. 1а). На СИ указанные спектральные формы напоминают факелы, т. к. имеют чёткую нижнюю границу, отделены друг от друга вертикальными зонами пониженной энергии, а верхняя часть размыта по шкале частот. Появление ЧФ свидетельствует о том, что микросейсм на этих участках профиля имеют характеристики случайно рассеянного или эмиссионного поля типа широкополосного белого шума. Спектральная плотность и высота ЧФ1, ЧФ2 и ЧФ3 по шкале частот свидетельствуют о том, что в местах их возникновения действуют различные механизмы генерации микросейсмического шума. ЧФ1 и ЧФ3 отображаются и на СТИ в виде аномальных зон, симметричных относительно ЧФ2 (рис. 1б). Местоположение указанных

факелов совпадает с областью распределения дифракторов. Причём, ЧФ3 охватывается зоной дифракторов только частично с северного края профиля. Изображения ЧФ1 и ЧФ3 в области их совмещения с дифракторами имеет одинаковую "разряжённую" структуру.

Таким образом, частотные факелы типа ЧФ1 в спектре микросейсм ДПВ маркируют зоны с существенно нелинейными диссипативными свойствами, создающими эмиссионное излучение широкополосного шума.

В пределах ЧФ2 проявляются локальные максимумы спектральной энергии, объединённые жирной линией на рис. 1А. Наблюдаемые всплески могут быть объяснены выборочным резонансом микросейсмического шума проходящего зону выклинивания с пониженной скоростью упругих волн. При этом резонансные сигналы должны появляться на частотах возрастающих в сторону выклинивания пласта [2]. Эта спектральная картина представляет собой микросейсмическую радугу [3]. По данным сейсмической томографии такая зона действительно существует между пк 30 и 44 профиля (рис. 1В). Эмиссионные свойства среды (кровли фундамента) в месте образования ЧФ2 и южной части ЧФ3 дополняются резонансными эффектами, способствующими концентрации спектральной энергии в локальных областях, хорошо заметных на СТИ в виде светлых пятен.

ЧФ3 проявляется в наиболее широком диапазоне частот от нуля до 25 и выше Гц. На сейсмическом разрезе здесь наблюдаются зоны нарушения корреляции отражений в осадочной толще и выклинивания слоёв на южном крыле апикальной части поднятия фундамента. ЧФ3 отображает интенсивную эмиссию микросейсмических колебаний в этом месте профиля (пк 45-48 км), которая, вероятней всего, обусловлена действующим процессом дегазации или флюидодинамики земной коры в зоне дизъюнктивного нарушения.

#### **Выводы.**

1. Сравнение спектральных изображений среды, полученных из поля микросейсм ДПВ, с результатами сейсморазведки МОГТ показало их взаимное соответствие и связь с определёнными интегральными и локальными особенностями строения геологического разреза.

2. Спектральные параметры микросейсм и спектральные изображения разреза дополняют результаты МОГТ принципиально новой информацией о современном динамическом состоянии и нелинейных свойствах выявленных сейсморазведкой структурных объектов типа зон выклинивания, аномалий скорости, разломов и дегазации, которые представляют первоочередной интерес разведки и прогнозирования залежей углеводородов.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Крауфорд Ф. Волны. / БКФ. – Т. III. – М.: Наука, 1976. – 527 с.
2. Уайт Дж. Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн. – М.: Недра. – 1986. – С. 264.
3. Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. – М.: Наука, 1980. – 304 с.

### **ПЛОТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ**

В.А. Шляховский

*Научно-производственная фирма "ЛАНЕФ", г. Казань, Россия*

Представленные результаты, в основном, были получены в рамках выполнения исследований проекта КАПГ в 1980-90 гг. Опубликованы в серии монографий "Литосфера Центральной и Восточной Европы". Но эти публикации были посвящены либо плотностным моделям отдельных геотраверсов, либо отдельным плотностным границам (астеносфере). В