

## ПРОЯВЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО МЕХАНИЗМА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ПРИМЕРЕ ГЕОТРАВЕРСА ЧЕРЕЗ ВОЛГО-УРАЛЬСКУЮ НЕФТЕГАЗОНОСНУЮ ПРОВИНЦИЮ

В. И. Дубянский

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 сентября 2008 г.

**Аннотация:** в работе проанализированы основные кинематические особенности стоячих волновых полей, образованных локальным источником и плоской отражающей границей. Установлено, что сейсмический разрез земной коры, полученный в результате детальных работ МОВ ОГТ на геотраверсе «TATSEIS-2003», содержит изображения листрических разломов и других структурных элементов, происхождение которых может быть объяснено за счет стоячих волновых полей Земли. Высказано предположение о возможной роли этих полей в процессе мобилизации и концентрации углеводородов.

**Ключевые слова:** микросейсмы, стоячие волны, структуры земной коры, листрические разломы, месторождения углеводородов.

**Abstract:** in article the basic kinematical features of the standing wave fields formed by a local source and flat reflecting border are analyzed. The seismic section of an earth's crust received as a result of detailed CDP research on a structure «TATSEIS-2003» is described. This section contains images of listric breaks which inclination varies with abrupt up to flat. These and other structural elements could be formed owing to standing wave fields of the Earth. The fields can influence mobilization and concentration of hydrocarbons.

**Key words:** microseisms, standing waves, structures of an earth's crust, listric breaks, deposits of hydrocarbons.

На основании полученных на сегодняшний день результатов «пассивной сейсморазведки» можно с уверенностью утверждать, что микросейсмическое поле Земли обладает многими еще не изученными потенциальными возможностями в части выявления новых для разведочной геофизики нелинейных свойств среды, диссипативных, рассеивающих, эмиссионных, структурных и фрактальных, напряженных и релаксационных, упругих, вязких и промежуточных состояний. Динамически функционирующие системы литосферы находятся в состоянии подвижного равновесия при условии, что часть параметров остается неизменным в определенном промежутке времени. Стабилизация механических, виброгеологических и вибро-механо-химических эффектов в геологическом пространстве и времени обеспечивается, на наш взгляд, за счет существенного влияния стоячих волновых полей (СВП), образующихся в широком спектре колебательных и автоколебательных процессов Земли.

Естественные волновые процессы рассматривались различными авторами в качестве ведущих

механизмов преобразования вещественно-структурного облика земной коры. Например, в работах В. В. Богацкого [1], на многочисленных примерах детально изученных рудных геологических объектов и месторождений различного генезиса, убедительно показана структурообразующая роль волнового фактора. В статье [2] рассматриваются общие вопросы воздействия короткопериодных колебаний Земли на геологические процессы в литосфере. Структурные построения автора работы [3] и данные из публикаций позволили ему прийти к заключению, что в большинстве случаев нефтяные и рудные месторождения находятся в обрамлении наклонных и/или листрических разломов – отражающих границ на сейсмических изображениях. В целом картина разрывной тектоники представляется в виде цветка, лепестками которого являются отражающие поверхности. Механизм формирования подобных структур практически не обсуждается.

В результате исследовательских работ, выполняемых на геологическом факультете ВГУ [4,5] обозначена, возможно, фундаментальная роль стоячих волновых полей (СВП) Земли в процессах формирования структурного облика консолидиро-

ванной коры: от интрузивных тел и рудных районов в целом до региональных и глобальных геологических образований. Из физической акустики известно, что СВП является составляющим компонентом акустического поля Земли и образуется при взаимодействии квазигармонического поля источника с его отражением от любой поверхности, а также в замкнутом объеме физической (геологической) неоднородности.

При наличии локального источника и плоской отражающей границы образуется СВП в форме вложенных гиперболических поверхностей, а в вертикальной плоскости сечения – гипербол. Оси симметрии гиперболических фронтов СВП располагаются на перпендикуляре, из источника к отражающей границе. Если отражающая (образующая СВП) граница находится снизу гармонического источника, то фронты СВП выглядят как веерообразные восходящие ветви от точек минимумов гипербол, которые расположены на оси симметрии с интервалом в половину длины взаимодействующих волн (рис. 1). При наличии образующей границы сверху источника, наблюдается обратная картина: фронты СВП направлены вниз. Таким образом, геометрия поверхностей волновых фронтов СВП от локального источника в трехмерной среде напоминает лепестки цветка с источником в осевой части.

Важно отметить, что стоячие волновые поля действуют всегда на фоне микросейсмического поля планеты, которое повсеместно и постоянно держит окружающую среду, в том числе земную кору, в энергетически возбужденном состоянии. В областях возникновения СВП в широком спектре случайного поля микросейсм дополнительно появляется постоянно действующий регулярный компонент, способный преобразовать среду по

своему образу и подобию. Как продольные (волны давления), так и поперечные (волны сдвига) образуют узлы и пучности вдоль гиперболических фронтов СВП, которые пространственно не смещаются за время существования источника и образующей границы. Соответственно, волновое давление локально воздействует на уже возбужденную среду, что приводит, в общем случае, к ее преобразованиям за счет пондеромоторных сил, реологических и механо-химических процессов. Известно, что сопротивление консолидированных горных пород к напряжениям растяжения в 6–15 раз меньше чем к сжатию. Поэтому разрушения сплошности среды следует ожидать преимущественно в зонах растяжений СВП. При этом возможно возникновение дискретных, фрагментарных структур земной коры, зон брекчирования, проницаемых для флюидов и магматических расплавов, каналов миграции и концентрации химических элементов, в том числе углеводородов [4, 5].

Механизм течения и перемещения вещества в поле стоячих волн требует специального изучения. Согласно установленным физическим особенностям СВП, классические (неподвижные) стоячие волны образуются в ближней зоне локального источника, ограниченной первой зоной Френеля и только для чисто когерентных интерферирующих волн. Здесь отсутствует поток энергии, которая существует в ограниченном объеме среды между узлами стоячих волн, где напряжения равны нулю, тогда как в пучностях – максимальны. В реальных условиях квазикогерентные волновые поля образуют квази-СВП, где наблюдаются, так называемые, «биения», в результате которых происходит пульсация волнового поля и его распространение в направлении от источника. Квазистоячая волна характеризуется коэффициентом бегучести, равным от-

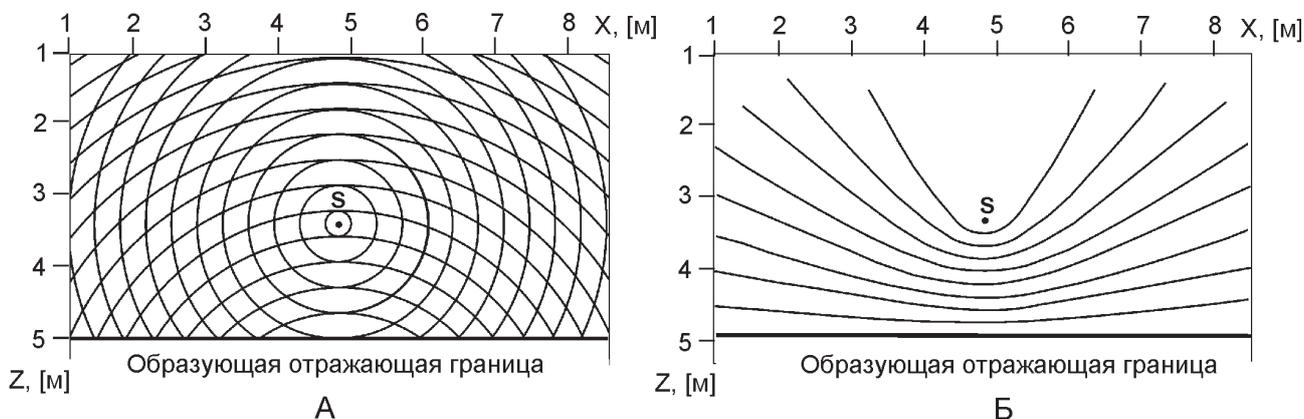


Рис. 1. Модель волновых фронтов из локального источника: А – бегущая прямая и отраженная волны; Б – фронты стоячего волнового поля, возникающего в модели «А»

ношению меньшего из волновых сопротивлений к большему на контакте сред образующей границы [6]. Допустимо предположение, что постоянно действующее волновое давление в направлении распространения или эффект растяжения–сжатия в пучностях СВП, которые действуют как цепочки последовательно установленных насосов, – обеспечивают направленную миграцию подвижных химических элементов и растворов в земной коре, например, снизу-вверх против силы тяжести.

Вопрос о локальном источнике квазигормонического излучения упругих волн является не столь очевидным, как существование стоячих волновых полей, которые образуются, например, при взаимодействии плоских волн от удаленных источников формирования микросейсмического поля Земли таких как волновая динамика Мирового океана, автоколебания планеты, атмосферные вихри и др. Локальный (в математическом приближении – точечный) источник упругих волн в земной коре может быть трех принципиально различных типов: самоизлучающий (эмиссионный), резонансный и виртуальный.

Свойствами самостоятельного излучения упругих волн (отвлекаясь от их частотного состава и когерентности) обладают подземные водяные и грязевые термические источники, магматические очаги вулканов в активной стадии и, возможно, подводные «курильщики».

Резонансными источниками могут быть и являются контрастные по акустическим свойствам локальные области геологической среды, излучающие упругие волны за счет резонансного переизлучения возбужденного их внешнего волнового поля. Эффект вынужденной эмиссии углеводородной залежи зарегистрирован как «Открытие» и практически используется в методах АНЧАР и СЛБО для прямых поисков залежей углеводородов [7]. Области акустиче-

ских контрастов типичны для тектонических контактов блоков и зон разломов земной коры, которые активизируются, например, проходящими поверхностными волнами Релея, расстраивающимися из акваторий мирового океана [8, 9].

Виртуальными или мнимыми источниками локального акустического излучения могут быть области фокусировки или каустики волнового поля, прошедшего линзовидное акустически контрастное включение или криволинейную границу раздела двух сред [10, 11].

Яркий пример реального проявления СВП, по нашему мнению, можно наблюдать на изображении сейсмического разреза земной коры, полученного по геотраверсу «Татсейс-2003» и приведенного в публикации [12]. Главной задачей этих работ, на профиле протяженностью более 1000 км, являлось изучение земной коры Северо-Татарского свода, Казанско-Кажимского прогиба, Котельничского свода и юго-восточной части Московской синеклизы в сравнении с нефтеносным Южно-Татарским сводом.

В результате глубокой обработки и комплексного анализа полученных данных автор публикации [12] делает главный вывод о существовании связи нефтеносности осадочного чехла со строением земной коры и верхней мантии. Кроме этого отмечается, вслед за другими авторами, что природа отражающих границ в земной коре связана с напряженным состоянием среды, а не сменой состава пород в разрезе. Основную роль в формировании наблюдаемого волнового поля играют границы, связанные с интенсивной динамической переработкой пород, с зонами дробления, катаклаза, милонизации. На сейсмическом разрезе эти зоны проявляются в виде выполаживающихся вниз осей синфазности (листрической) формы (рис. 2). Соответствующие им отражающие границы ве-



Рис. 2. Фрагмент глубинного разреза по геотраверсу «Татсейс-2003» в едином масштабе по вертикали и горизонтали с наложенными фронтами стоячих волновых полей: 1 – отражающая граница; 2 – образующая отражающая граница; 3 – фронты СВП; 4 – месторождения нефти

рообразно наклонены в юго-восточном направлении от некоторого центра, находящегося в северо-западном участке профиля на границе Котельнического свода и Казанско-Кажимского авлакогена, где их направление меняется на противоположное. Наклонные отражатели в некоторых случаях пересекают уровень МОХО на глубину порядка 15–20 км. Частотный состав отражений от нижних, пологих частей границ, совпадающий по глубине с границей МОХО, смещается в область аномально высоких частот. На сейсмическом изображении земная кора отделена от мантии как область насыщенная отражающими площадками. Богатые нефтяные месторождения смещены к юго-восточному участку профиля в сторону Урала и отсутствуют в его северо-западной части, выходящей на Московскую синеклизу.

Перечисленные особенности структурного строения земной коры, отображенные на сейсмическом разрезе геотраверса «ТАТСЕЙС-2003», могут быть объяснены с позиций структурообразующей роли стоячих волновых полей Земли.

Методика исследования заключалась в аппроксимации отражающих границ на сейсмическом разрезе фронтами СВП из локальных источников. Для этой цели изображение сейсмического разреза трансформировалось в единый вертикальный и горизонтальный масштабы. Модель СВП строилась с учетом залегания образующей границы на глубине раздела МОХО, а положение локального источника задавалось на поверхности кристаллического фундамента. В первом приближении, скорости упругих волн в среде считались постоянными, а также не учитывался частотный состав взаимодействующих полей порождающих СВП. Тем не менее результаты сравнения моделей фронтов СВП с формой и наклоном отражающих границ на сейсмическом разрезе показало их полное соответствие и прямое совпадение, что не является случайным фактом. При этом однозначно выявлены, по меньшей мере, три источника СВП, приуроченных к зонам контактов крупных геотектонических структур (с северо-запада на юго-восток): Котельнического свода, Казанско-Кажимского авлакогена, Северо-Татарского свода и Южно-Татарского свода. На последнем сейсмический профиль пересекает Ромашкинское нефтяное месторождение-гигант (рис. 2).

Таким образом, на материалах регионального профиля, пересекающего восточную часть ВЕП принципиально подтверждается структурообразующая роль СВП и находят объяснение

причины образования листрических разломов, реальных и, возможно, «фантомных» отражающих границ в сейсморазведке, которыми могут быть стабильные фронты стоячих волн. Изменение акустического импеданса среды в области существования СВП связано с дополнительной энергонасыщенностью ее объема, а также стабильными в пространстве областями напряжений и разгрузки в узлах и пучностях.

Важно отметить, что восстановленное нами направление энергетического воздействия СВП на объем земной коры и верхней мантии, очевидно, способствует перемещению по горизонтали и снизу-вверх углеводородов. Возможно, по этой причине на геотраверсе «Татсейс-2003» все районы богатых нефтяных месторождений сосредоточены в юго-восточной части профиля, то есть в зоне однонаправленного действия источников СВП  $S_2$  и  $S_3$ . Естественно предположить, что за счет аналогичного эффекта происходит миграция рудных растворов и элементов в условиях платформ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Богацкий В. В.* Механизм формирования структур рудных полей / В. В. Богацкий. – М.: Недра, 1986. – 89 с.
2. *Чиков Б. М.* Короткопериодные колебания в геологических процессах литосферы (обзор проблемы) / Б. М. Чиков // Литосфера. – 2005. – № 2. – С. 3–20.
3. *Кузин А. М.* Диалектика интерпретации сейсмических данных / А. М. Кузин // Мат-лы Всерос. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». – М., 2008. – С. 242–246.
4. *Дубянский В. И.* О проявлении стационарных волновых процессов в некоторых структурах земной коры / В. И. Дубянский // Вестник ВГУ. Сер. геол. – 2005. – № 2. – С. 161–168.
5. *Дубянский В. И.* Стационарные волновые поля Земли как фактор формирования дискретных образований земной коры / В. И. Дубянский // Мат-лы XII Междунар. конф. «Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения». – Воронеж, 2006. – С. 192–194.
6. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
7. *Арутюнов.* Технологии АНЧАР 10 лет / Арутюнов [и др.] // Технологии сейсморазведки. – 2004. – № 2. – С. 127–131.
8. *Shapiro N. M.* High-Resolution Surface-Wave Tomography from Ambient Seismic Noise / N. M. Shapiro,

M. Campillo, L. Stehly, N. M. Ritzwoller // *Geophysics*. – 2005 – V. 307. – Science..

9. *Weaver Richard L. Information from seismic noise / Richard L. Weaver // Geophysics*. – 2005 – V. 307. – Science. – P. 1568–1569.

10. *Каневский И. Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн / И. Н. Каневский. М. : Наука, 1977. – 336 с.*

*Дубянский Владимир Игоревич – доцент кафедры общей геологии и геодинамики, Воронежский государственный университет. Тел.: (4732) 208-682, e-mail: vdb20062@yandex.ru*

11. *Кравцов Ю. А. Геометрическая оптика неоднородных сред / Ю. А. Кравцов, Ю. И. Орлов. М. : Наука, 1980. – 304 с.*

12. *Трофимов В. А. Глубинные сейсмические исследования МОВ-ОГТ на геотраверсе ТАТСЕЙС-2003, пересекающем Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию / В. А. Трофимов // Геотектоника. – 2006. – № 4. – С. 3–21.*

*Dubjansky Vladimir – Associate Professor, Chair of General Geology and Geodynamics, Voronezh State University. Tel.: (4732) 208-682, e-mail: vdb20062@yandex.ru*