

ЛАТЕРАЛЬНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПОД СИБИРСКИМ КРАТОНОМ

Елена Александровна Мельник

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией лаборатории глубинных геофизических исследований и региональной сейсмичности, тел. (383)330-60-18, e-mail: MelnikEA@ipgg.sbras.ru

Владимир Дмитриевич Суворов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории глубинных геофизических исследований и региональной сейсмичности, тел. (383)330-60-18, e-mail: SuvorovVD@ipgg.sbras.ru

Евгений Владимирович Павлов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории глубинных геофизических исследований и региональной сейсмичности, тел. (383)330-41-22, e-mail: PavlovEV@ipgg.sbras.ru

Показаны результаты лучевого моделирования верхней мантии Сибири по данным мирных ядерных взрывов по профилям Рифт, Метеорит и Кратон. Используется слоисто-неоднородная модель с существенными латеральными вариациями скорости продольных волн. Обсуждаются вопросы разделения вертикальной расслоенности литосферы и ее латеральных неоднородностей совместно с гравитационным моделированием.

Ключевые слова: ядерные взрывы, верхняя мантия, Сибирская платформа, сейсмоплотностное моделирование.

LATERAL SEISMIC HETEROGENEITIES OF THE UPPER MANTLE BENEATH THE SIBERIAN CRATON

Elena A. Melnik

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Chief of laboratory of deep geophysical investigations and regional seismology, tel. (383)330-60-18, e-mail: MelnikEA@ipgg.sbras.ru

Vladimir D. Suvorov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Principal Research Scientist, Laboratory of deep geophysical investigations and regional seismology, tel. (383)330-60-18, e-mail: SuvorovVD@ipgg.sbras.ru

Evgeny V. Pavlov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Research Scientist, Laboratory of deep geophysical investigations and regional seismology, tel. (383)330-41-22, e-mail: PavlovEV@ipgg.sbras.ru

Shows the results of ray tracing modeling of the upper mantle of Siberia according to the peaceful nuclear explosions for the Rift, Kraton and Meteorite. Uses a layered-inhomogeneity mod-

el with significant lateral variations of the velocity of P waves. Discusses the separation of the vertical layering of the lithosphere and its lateral heterogeneities. To narrow the ambiguity of the solution was used seismic gravitational modeling.

Key words: nuclear explosions, upper mantle, Siberian platform, seismic and gravity modeling.

Оценка сейсмической мощности литосферы в Сибири остается дискуссионной, несмотря на имеющиеся уникальные наблюдения подземных ядерных взрывов вдоль сверхдлинных профилей. В работах [3, 4, 8, 11, 13–15] в верхней мантии выделяются протяженные слои с относительно пониженной и повышенной скоростью продольных волн. Вместе с тем при расстояниях между пунктами взрыва около 1000 км нет возможности однозначно разделить изменения скорости вследствие слоистости и/или латеральной неоднородности. В этой связи имеет смысл использовать латерально неоднородные модели, в которых введение протяженных субгоризонтальных, слабо неоднородных слоев рассматривается как вынужденная мера, без которой не удастся получить достаточную согласованность наблюдаемых и теоретических времен пробега волн. При таком подходе модель значительно упрощается, выделяемые аномалии скорости, отчетливо выраженные в изменениях кажущейся скорости, характеризуются размерами более 300 км и поэтому представляются достаточно обоснованными [9, 12, 16].

Построение сейсмических разрезов верхней мантии по профилям Рифт, Метеорит и Кратон (рис. 1) выполнено с применением двумерного лучевого моделирования непосредственно в сферической модели Земли [18].

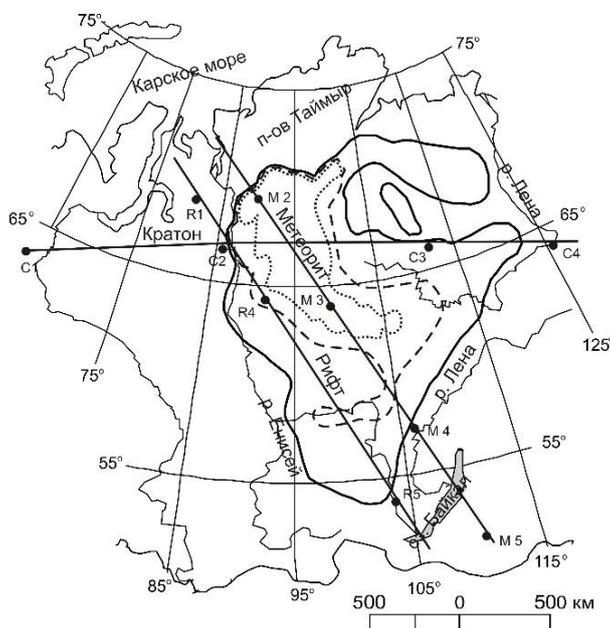


Рис. 1. Схема расположения профилей Рифт, Метеорит и Кратон. Обозначены области преобладающего распространения траппов (контур точечной линией), туфогенных толщ (штриховой) и развития интрузивных траппов (силлы, дайки, сплошная линия) [5]. Кружки – положение и номера пунктов взрыва в соответствии с [17]

Интерес представляет сравнение скоростных неоднородностей литосферы под Сибирской платформой, Западно-Сибирской плитой, Тунгусской и Вилуйской синеклизами. Интерпретационный аспект наших моделей связан с проблемой изучения природы внутриплитного магматизма в Восточной Сибири за счет влияния высокотемпературных плюмов [2].

В качестве примера рассмотрим разрез по профилю Кратон (рис. 2) [16].

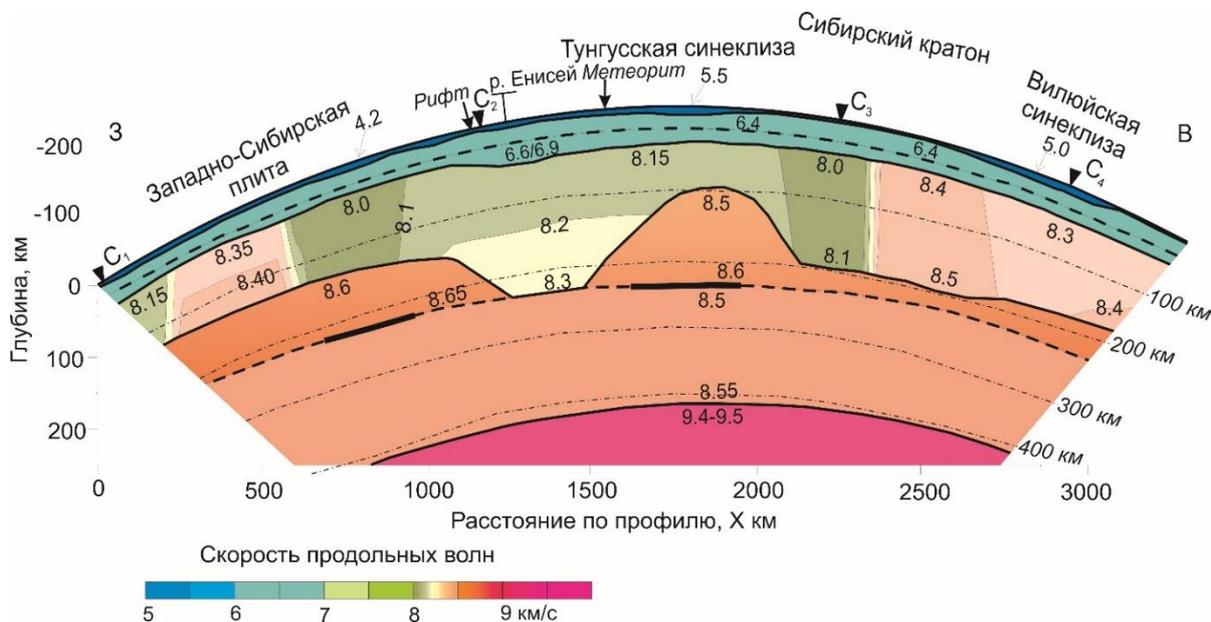


Рис. 2. Скоростная модель верхней мантии по профилю Кратон.

Тонкими линиями показаны изолинии скорости в км/с, толстыми – со скачком скорости, треугольники – пункты взрыва. X – хорда сегмента большого круга Земли с длиной дуги $L=3570$ км. Штриховыми линиями показаны уровни глубин 100, 200, 300 и 400 км, а стрелками – пересечения с профилями Рифт и Метеорит

В верхней мантии выделяются два структурных этажа: наиболее неоднородный верхний и практически однородный до границы «410 км» нижний. Наблюдается исключительно контрастное латеральное изменение скорости в верхней мантии от 8,0 км/с в области сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы до 8,4 км/с на восточном борту Вилуйской синеклизы. Также скорость 8,4–8,5 км/с характерна для кимберлитовой провинции. Интерес вызывает область повышенной до 8,4 км/с скорости в центральной части Западно-Сибирской плиты. Видно, что для верхнего этажа характерна корреляция латеральных изменений скорости с региональными геологическими структурами фундамента. Пониженные значения скорости под Мохо соответствуют синеклизам, повышенные – выступам фундамента.

На глубине 110–180 км выделена кровля слоя мощностью до 100 км с аномально повышенной до 8,5–8,7 км/с скоростью. Существенно, что он может значительно утоняться или быть прерывистым. Подошва слоя по используемым

сейсмическим данным определяется неуверенно, так как ниже залегают породы с пониженной до 8,5 км/с скоростью. Так, на профиле Кратон мощность слоя с аномальной скоростью изменяется от утонения (выклинивания) в области сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы до 100 км под Тунгусской синеклизой.

Интервал глубины между подошвой литосферы и границей «410 км» характеризуется незначительным нарастанием скорости с глубиной от 8,5 до 8,55 км/с. На границе «410 км» скорость скачком увеличивается до 9,4–9,45 км/с.

В пространственном отношении наибольший интерес в структуре литосферы вызывает рельеф кровли слоя повышенной скорости, который резко меняется по площади. Области максимально глубокого залегания кровли слоя с повышенной скоростью (более 200 км) тяготеют к стабильным районам, включая алмазоносные области Иркутского амфитеатра и западную часть Якутской кимберлитовой провинции. Протяженность на юг может свидетельствовать о перспективах поиска кимберлитов в Красноярском крае и Иркутской области (имеются находки россыпных алмазов). Области минимальной глубины залегания кровли слоя с повышенной скоростью (100–130 км) тяготеют к областям проявления траппового магматизма на Сибирской платформе [10]. Это хорошо коррелируется с распределением в пространстве различных магматических фаций в Восточной Сибири. Так, эффузивы распространены в основном в северо-западной части Тунгусской синеклизы, где максимальная мощность трапповой формации достигает 3,5 км. Уменьшение мощности базальтовых потоков происходит в южном и юго-восточном направлениях, где они выклиниваются, фациально замещаясь туфогенными породами [7].

Двумерное сейсмогравитационное моделирование по программе решения прямой и обратной двухмерной гравитационной задачи ADM-3D [6] по профилям Метеорит и Кратон показывает удовлетворительное соответствие сейсмических и гравитационных данных. Выявленная в работе [1] положительная гравитационная аномалия для подкоровой части верхней мантии коррелируется с аномалией повышенной скорости на глубине 100–200 км на профилях Метеорит и Кратон. Особый интерес вызывает различие в изостатическом состоянии земной коры Вилюйской и Тунгусской синеклиз (профиль Кратон).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грачев А.Ф., Кабан М.К. О причинах высокого стояния Сибирской платформы // Физика Земли. – 2006. – № 12. – С. 20–33.
2. Добрецов Н.Л. Пермо-триасовые магматизм и осадконакопление в Евразии как отражение суперплюма // ДАН. – 1997. – Т. 354, № 2. – С. 220–223.
3. Егоркин А.В. Изучение мантии на сверхдлинных геотраверсах // Физика Земли. – 1999. – № 7–8. – С. 114–130.
4. Егоркин А.В. Строение мантии Сибирской платформы // Физика Земли. – 2004. – № 5. – С. 37–46.
5. Золотухин В.В., Альмухамедов А.И. Базальты Сибирской платформы: условия проявления, вещественный состав, механизм образования. Траппы Сибири и Декана: черты сходства и различия. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1991. – С. 7–39.

6. Кочнев В.А. Адаптивные методы решения обратных задач геофизики: учеб. пособие. – Красноярск: Красноярский госуниверситет, 1993. – 131 с.
7. Оценка объемов и проблема генезиса пермо-триасового траппового магматизма Сибирской платформы / Ю.Р. Васильев, В.В. Золотухин, Г.Д. Феоктистов, С.Н. Прусская // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 12. – С. 1696–1705.
8. Павленкова Н.И., Павленкова Г.А. Строение земной коры и верхней мантии Северной Евразии по данным сейсмического профилирования с ядерными взрывами. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2014. – 192 с.
9. Сейсмические неоднородности верхней мантии под Сибирским кратоном (профиль Метеорит) / В.Д. Суворов, Е.А. Мельник, З.Р. Мишенькина и др. // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 54 (9). – С. 1411–1426.
10. Старосельцев В.С. Тектоника базальтовых плато и нефтегазоносность подстилающих отложений. – М.: Недра, 1989. – 259 с.
11. Структура верхней мантии по профилю Байкал-Ямал (Рифт), полученная с применением мирных ядерных взрывов / А.В. Егоркин, Н.И. Павленкова, Т.В. Романюк, Л.Н. Солоников // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 9. – С. 66–76.
12. Суворов В.Д., Мишенькина З.Р., Мельник Е.А. Сейсмические верхнемантийные корни структур фундамента Сибирской платформы по профилю Рифт // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51 (8). – С. 1134–1150.
13. Cipar J., Priestley K. Cantal Siberia upper mantle cross-section from deep seismic sounding explosions / Ed. K. Fuchs. Upper mantle heterogeneities from active and passive seismology. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997. – P. 75–87.
14. Pavlenkova G.A., Pavlenkova N.I. Upper mantle structure of the Northern Eurasia from peaceful nuclear explosion data // Tectonophysics. – 2006. – N 416. – P. 33–52.
15. Pavlenkova N.I. Seismic structure of the upper mantle along the long-range PNE profiles – rheological implication // Tectonophysics. – 2011. – N 508. – P. 85–95.
16. Seismic and density heterogeneities of lithosphere beneath Siberia: Evidence from the Craton long-range seismic profile / E.A. Melnik, V.D. Suvorov, E.V. Pavlov, Z.R. Mishenkina // Polar Science. – 2015. – Vol. 9. – P. 119–129.
17. Sultanov, D.D., Murphy, J.R., Rubinstein, Kh.D. A seismic source summary for soviet peaceful nuclear explosions // Bull. Seismol. Soc. Am. – 1999. – N 3. – P. 640–647.
18. Zelt C.A., Smith R. Seismic travelttime inversion for 2D crustal velocity structure // Geophys. J. Int. – 1992. – Vol. 108. – P. 183–204.

© Е. А. Мельник, В. Д. Суворов, Е. В. Павлов, 2017