

УДК 550.361+550.834.551.24

**СКОРОСТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ
ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО (БАЛТИЙСКОГО) ЩИТА**

© 2014 г. Н. В. Шаров, академик Ф. П. Митрофанов

Поступило 05.09.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565214020212

Скоростному строению литосферы Фенноскандинавского щита уделяют большое внимание. Такой интерес определяется двумя основными факторами: классическими проблемами познания глубинного строения Земли, с одной стороны, и задачами, связанными с определением перспективных минерагенических областей. При решении этих задач наиболее используемыми являются методы сейсмической томографии, обеспечивающие решение обратной линейаризованной трехмерной кинематической задачи сейсмоки. Методы развиваются с 60-х годов XX в. и в настоящее время активно используются для решения задач глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) и сейсмологии.

На Фенноскандинавском щите выполнен большой объем международных и региональных сейсмических исследований с целью изучения особенностей строения земной коры. Наблюдения проведены в областях развития различных комплексов кристаллических пород. Сравнительный анализ волновых полей по всем профилям позволяет выбрать некую общую (базовую) модель земной коры, которую можно использовать как исходную для выявления общих тенденций изменения физических параметров кристаллической коры по площади. Такая модель является определенной формой аппроксимации реальной скоростной структуры коры, позволяет представлять разрезы для всех профилей в единой форме и проводить построение трехмерной скоростной модели [1–4].

В качестве такой модели для кристаллической коры Фенноскандинавского щита авторами выбрана четырехслойная модель со скоростями продольных волн 5.9–6.2 в верхнем слое (верхний этаж); 6.3–6.5 в среднем; 6.6–6.8 в нижнем; 7.0–

7.3 км/с в коро-мантийном слое. Четвертый высокоскоростной слой отчетливо выделяется в районах с повышенной мощностью земной коры (рис. 1а) и часто входит в третий (нижний) слой. Предположительно он устанавливается на профилях ГСЗ, отработанных с длинными годографами 280–350 км, и разрезах, полученных методом обменных волн землетрясений (МОВЗ). Слои разделены отражающими горизонтальными слоями K_1 и K_2 и отделены от верхней мантии границей М со скоростью 8.0–8.2 км/с. Граница слоя K_1 залегает на различных глубинах. В верхней части коры имеются высокоскоростные участки (внедрения) и низкоскоростные пропластки мощностью 3–8 км в отдельных блоках. Из опыта моделирования следует, что граница K_1 чаще всего отражает увеличение основности пород разреза, что, как правило, отражается в повышенной плотности. Граница слоя K_2 , скорее всего, обусловлена изменением реологических свойств пород на больших глубинах и поэтому с ней не связано изменение плотности.

Накоплен обширный сейсмический материал, освещающий глубинное строение Европейского Севера [5]. Опыт показал, что поверхность Моховичича (М) — наиболее выдержанная сейсмическая граница, создающая устойчивые отраженные, преломленные и обменные волны [6]. Это обстоятельство дает возможность рассматривать ее в качестве опорного сейсмического репера и, следовательно, изображать ее на соответствующих картах системой изогипс (рис. 1а).

Сейсмический материал показал, что граница М не является постоянной непрерывной границей даже в разрезе одного профиля ГСЗ и ее рельеф зависит от внешних и внутренних факторов, характерных для того или иного геоструктурного элемента [1]. В одних (северо-западная часть Кольского п-ова, Онежско-Ладожская площадь) в поле отраженных волн раздел М динамически выразителен, в других (профиль Кировск–Дальние Зеленцы, северный участок профиля Поляр) на сейсмограммах отсутствуют характерные группы

*Институт геологии Карельского научного центра
Российской Академии наук, Петрозаводск
Петрозаводский государственный университет
Геологический институт Кольского научного центра
Российской Академии наук, Апатиты*

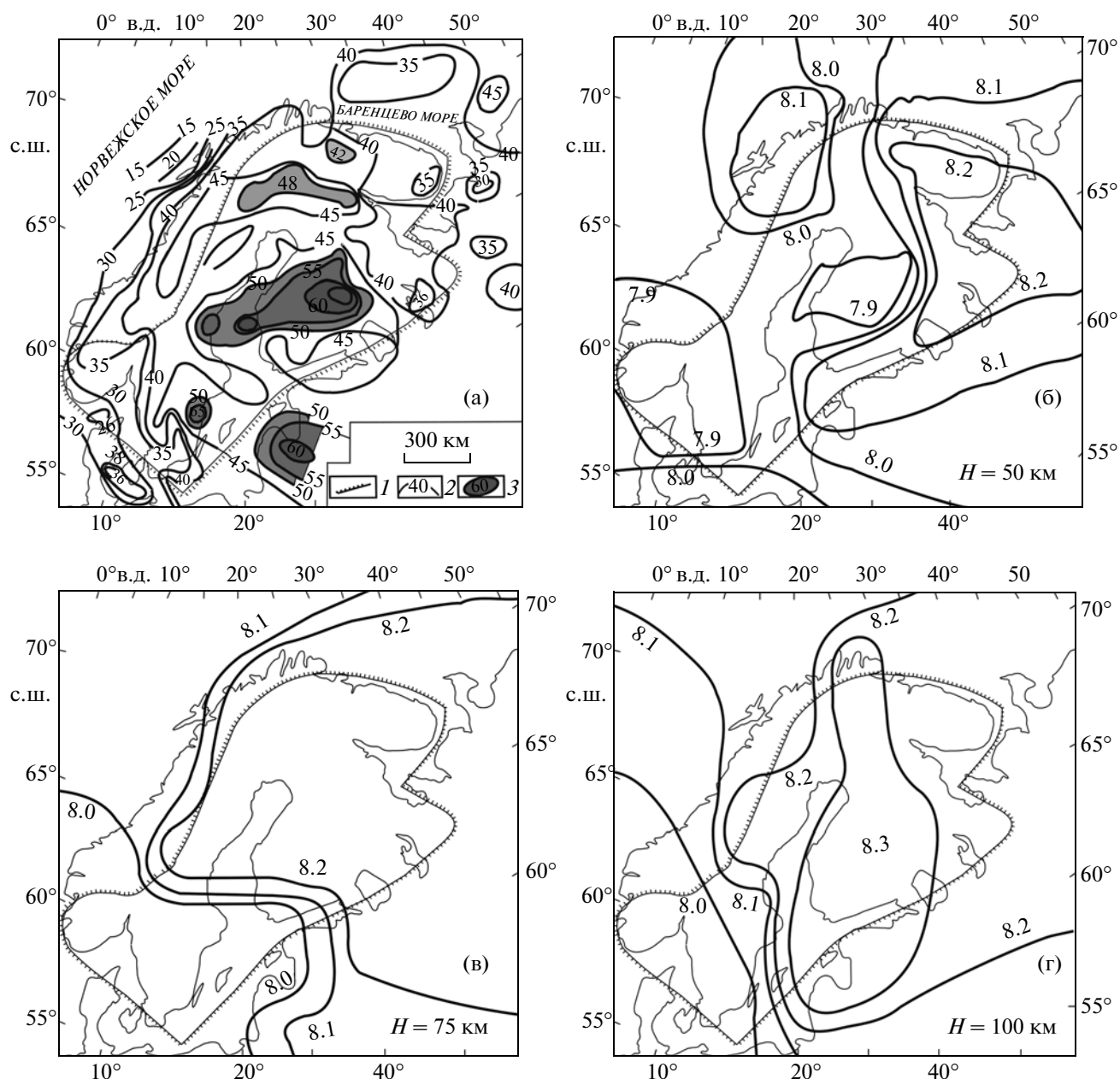


Рис. 1. Схема поверхности М (а) и распределение скорости продольных волн (изолинии, км/с) в литосфере на глубинах 50, 75, 100 км (б–г). 1 – граница Фенноскандинавского щита; 2 – изогипсы раздела М, км; 3 – поверхность скоростного уровня 7.0–7.3 км/с (коромантийные слои).

волн $P_{отр}^M$. В южной части Кольского п-ова и Северной Карелии волны, отраженные от поверхности М, часто регистрируются в виде двух-трех групп осей синфазности, близких по интенсивности и форме колебаний, разделенных интервалом времени 0.2–0.5 с. В этом случае в переходной зоне от коры к мантии выделяются не одна, а две-три сейсмические границы, располагающиеся друг над другом с разницей по глубине до 5–8 км [7]. Высокоскоростной слой в низах коры распространен не повсеместно. На рис. 1а сделана по-

пытка выявить его на наиболее изученных методом ГСЗ профилях. Главная трудность состоит в том, что для такого большого региона пока не существует одинаково надежного и полного по объему сейсмического материала об этом слое, поэтому показана ограниченная часть информации о его наличии или отсутствии.

Мощность земной коры на Европейском Севере 25–62 км (рис. 1а). Максимальная установлена под Свекофенской провинцией Фенноскандинавского щита в районе Ладожско-Ботнической

зоны — 62 км, в зоне сочленения Беломорского мегаблока с Карельским — 48 км. Минимальная зафиксирована под Южно-Баренцевоморской впадиной — 30 км. Мощность земной коры на западе Кольского п-ова 40–42, на востоке — 35 км. В Белом море 40–42, в районе Ладожского озера 50, на севере Мезенской синеклизы 30 км.

Приведенная схема рельефа поверхности М отражает ее строение лишь в самых общих чертах. Фактически данная поверхность может быть построена гораздо сложнее, так как в отдельных сечениях зоны ее поднятия и погружения имеют довольно большие амплитуды. В связи с тем, что плотность сейсмических систем наблюдений была недостаточной, эти локальные участки требуют дополнительного изучения.

Таким образом, в строении земной коры Фенноскандинавского щита установлено:

- мозаично-неоднородная структура коры;

- внутри нее не обнаружено выдержанных сейсмических границ в пределах всего щита;

- в верхней части коры локально развиты волноводы и высокоскоростные зоны, коррелирующие с геологическими телами определенного состава;

- несоответствие структурных планов изолиний скорости разных глубинных срезов;

- основные геологические провинции отличаются по мощности коры и сейсмической неоднородности;

- вулканогенные раннепротерозойские пояса характеризуются повышенной скоростью, мощностью земной коры и аномально высокой граничной скоростью вдоль поверхности М.

Полученные согласно 3-D *P*-скоростные модели мантии под Евразией [8, 9] позволили построить трехмерную скоростную модель литосферы Фенноскандинавского щита, которая представлена в виде трех карт-срезов изолиний скорости для фиксированных глубин 50; 75; 100 км (рис. 1б, в, г).

Как видим, среда в первом слое (нижняя кора и верхняя мантия) слабодифференцированная по скорости (рис. 1б). Скорость продольных волн изменяется от 7.9 до 8.2 км/с, т.е. контраст скорости некоторых аномалий 0.2–0.3 км/с. Только главные геотектонические провинции слабо отражаются на пространственном изменении скоростных параметров, но их нет между поверхностной геологией, мощностью коры и скоростью продольных волн в верхней части литосферы.

В литосфере между границей кора–мантия и глубиной 100 км скорость распространения продольных волн изменяется от 7.9 до 8.3 км/с. Имеются скоростные неоднородности с вертикальным размером 10–40 км и латеральной протяженностью 200–1000 км (рис. 1в, г). Отсутствуют низкоскоростные аномалии, где скорость продольных волн снижалась бы до 8 км/с. Наоборот,

появляются высокоскоростные (8.3 км/с) тела. Аномалии скорости с глубиной не менее выражены, чем на первом скоростном срезе. Отмечено несоответствие структурных планов изолиний скорости разных глубинных срезов литосферы. Наибольшее изменение скорости и ее увеличение до 8.3 км/с на томографических срезах наблюдается в архейской части щита (Кольско-Лапландско-Карельская провинция) и на западе Архангельской области.

Именно на этой огромной по площади территории щита, а также в северной части фундамента Русской платформы, т.е. в пределах Лапландско-Среднерусско-Южноприбалтийского орогена [10] с архейской консолидированной корой континентального типа, выделена самая сохранившаяся в мире, наиболее полно представленная характерными формациями палеопротерозойская Восточно-Скандинавская базитовая обширная изверженная провинция (ВСКБООП – EScBLIP) плюмовой природы с промышленными ортомагматическими месторождениями Cr, Ni, Co, Cu, Au, Pt, Pd, Ti, V [11]. Самая нижняя высокоскоростная часть земной коры по отдельным профилям МОВЗ–ГСЗ этой провинции [3, 7] и данным по составу гипоксенолитов в трубках взрыва [5], а также сведения по высокоплотным и высокоскоростным слоям мантийной литосферы (рис. 1б, в, г), позволяют рассматривать их как содержащие огромные массы плюмовых базитов (мантийных астенолитов). Это продукты палеопротерозойской магматической базификации – результат плюмового андерплейтинга архейской континентальной литосферы [11].

Наблюдаемые сейсмические границы отражают современную структуру земной коры. Однако этим не отрицается наличие реликтовых сейсмических границ в литосфере при условии, что новейшие процессы не столь активны. Границы могут сохраняться в случаях совмещения новообразующих структур с древними. По-видимому, структуры литосферы Фенноскандинавского щита, перенесшие интенсивную переработку в протерозое, сопровождающуюся обменом коромантийного вещества, должны быть подвергнуты тщательным металлогеническим исследованиям, так как большинство твердых полезных ископаемых щита приурочено к этим структурам.

Таким образом, составлена сейсмогеологическая модель неоднородностей литосферы. Выявлены зоны развития высокоскоростного этажа (7.0–7.3 км/с) в низах консолидированной коры, установлено, что чем мощнее кора, тем меньше контраст скорости на границе М. Построена карта поверхности М, учитывающая последние результаты сейсмических исследований. В литосфере выделены слои с аномально высокой скоростью и неоднородные по латерали.

Дальнейшая детализация полученных зависимостей и привлечение дополнительных геолого-геофизических материалов могут послужить не только основой для решения теоретических вопросов геологии и сейсмологии, но и помочь в решении проблем связи между глубинной структурой литосферы, строением верхних горизонтов земной коры и их металлогенического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаров Н.В. Литосфера Балтийского щита по сейсмическим данным. Апатиты: КНЦ РАН, 1993. 144 с.
2. Korja A., Korja T., Luosto U., et al. // Tectonophysics. 1993. V. 219. P. 129–152.
3. Mitrofanov F.P., Sharov N.V., Zagorodny V.G., et al. // Intern. Geol. Rev. 1998. V. 40. № 11. P. 990–997.
4. Павленкова Н.И. // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 2006. № 12. С. 43–54.
5. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под ред. Н.В. Шарова, Ф.П. Митрофанова, М.Л. Вербь, К. Гиллена. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
6. Шаров Н.В. // Геофиз. журн. 1982. Т. 14. № 1. С. 91–97.
7. Шаров Н.В., Куликов В.С., Исанина Э.В., Крупнова Н.А. // Геофиз. журн. 2010. Т. 32. № 3. С. 3–17.
8. Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. // Геофиз. журн. 2009. Т. 31. № 1. С. 53–72.
9. Цветкова Т.А., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н. // Геофиз. журн. 2010. Т. 32. № 1. С. 60–76.
10. Минц М.В. // Геотектоника. 2011. № 4. С. 3–29.
11. Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Корчагин А.У., Грошев Н.Ю., Малич К.Н., Жиров Д.В., Митрофанов А.Ф. // Геология рудных месторождений. 2013. № 5. С. 1–17.