Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXIX, 1981 г.

УДК 550.834

ГЛУБИННЫЙ РАЗРЕЗ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРЕЛИИ И ЕГО СЕЙСМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

И.В.ЛИТВИНЕНКО, С.А.АНКУДИНОВ,
И.А.ГАВРИЛОВ, Л.М.ДВОРЕЦКАЯ,
К.А.КАЛЬНИН, Н.Н.МАТВЕЕВА,
Л.Н.ПЛАТОНЕНКОВА, Н.Г.РОМАНЕНКО

В 1976-1979 гг. производственно-геологическое объединение Севзапгеология и Проблемная научно-исследовательская лаборатория геолого-геофизических исследований Балтийского щита Ленинградского горного института выполнили глубинные сейсмические исследования (ГСЗ) в Центральной Карелии вдоль профиля город Кемь - озеро Тулос, который является продолжением международного геотраверса I [3], проходящего от Альп до Балтийского щита через территории ФРГ, ЧССР, ПНР и СССР.

Профиль Кемь - Тулос ориентирован вкрест простирания основных структур Центральной Карелии (рис.I) и пересекает с северо-востока на юго-запад Чупинский сегмент Беломорского мегаблока, Восточно-Карельскую мобильно-проницаемую зону в области развития Лехтинской и Компаковской структур, Центрально-Карельский сегмент Карельского мегаблока, объединяющий Центрально-Карельский и Войницкий блоки [I].

Рассматриваемый профиль существенно отличается по степени детальности изучения от аналогичных отечественных и зарубежных профилей глубинных сейсмозондирований. На первом этапе работ (1976-1978) методом отраженных волн (МОВ) были детально исследованы верхние части разреза коры до глубин 10-20 км. При этом вдоль всего профиля (225 км) проведено почти непрерывное продольное двойное профилирование с элементами пространственных наблюдений. Расстояние между группами сейсмоприемников составляло 75-100 м. Для всех пунктов взрыва (ПВ) получены годографы длиной 30-40 км. Регистрация сейсмических волн производилась серийными многоканальными станциями типов „Поиск-I-48" и „СМОВ-24" с магнитной аналоговой записью.

На втором этапе исследований профиля Кемь - Тулос (1979) с целью изучения всего разреза земной коры Карельского мегаблока выполнены наблюдения методом ГСЗ. На этом этапе проведено дискретно-непрерывное продольное профилирование линейными и точечными зондированиями через I-5 км, а также

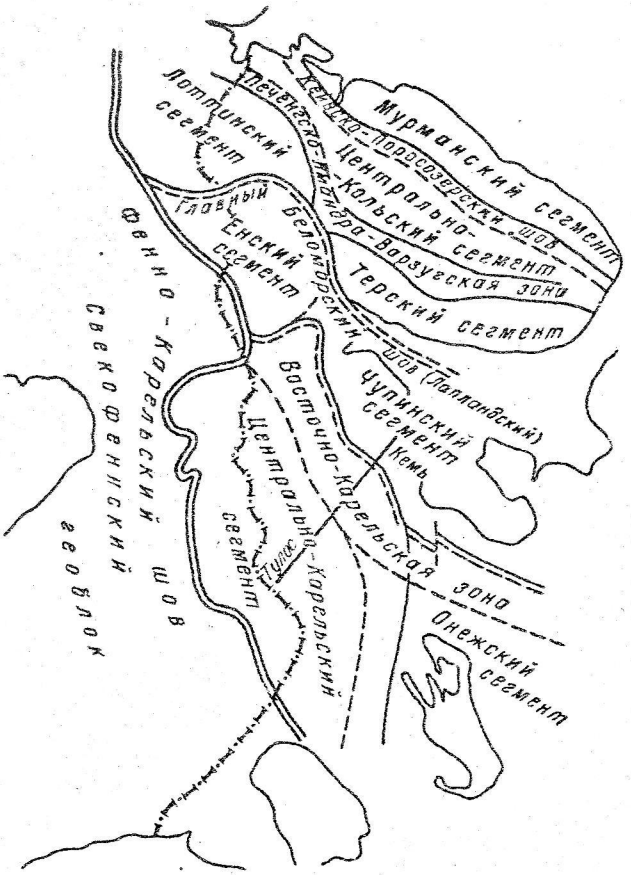


Рис.1. Схема блокового строения восточной части Балтийского щита [1]

непродольные наблюдения в северо-восточной части профиля. Система наблюдений ГСЗ была рассчитана на прослеживание закритических отраженных волн от поверхности М и других глубинных волн. Годографы получены из семи пунктов взрыва, максимальная длина их достигает 225-250 км. Расстояние между группами сейсмоприемников было принято равным 200 м. Наблюдения выполнены с помощью модернизированных серийных многоканальных станций, указанных выше, и в опытном порядке с помощью региональных сейсмологических станций АСС-3.

В результате вдоль профиля прослежен ряд опорных групп волн, имеющих достаточно полные корреляционно увязанные системы годографов, на основании которых построен глубинный сейсмогеологический разрез (рис.2).

Особенностью волновых полей МОВ является группировка многих волн в сложные пакеты, которые хотя и коррелируются на протяженных участках профиля, но позволяют строить в разрезе лишь разрозненные отражающие элементы. В верхней части земной коры по данным МОВ выделены многочисленные крутопадающие и пологие сейсмические границы. Большинство крутых границ связано с зонами разрывных нарушений или с контактами пород различного состава. Эти границы хорошо согласуются с известными у дневной поверхности структурами древних комплексов пород и дают основание предположить продолжение последних на значительные глубины, определяя таким образом блоковое строение коры.

Отмечены случаи пересечения крутых и пологих границ, что может указывать на их различную природу. Если многие крутые границы связаны, вероятно, главным образом с первичными структурами верхней части разреза (контакты пород разного состава, древние разломы), то пологие могут рассматриваться скорее как вторичные (наложенные). Само положение пологих границ на Балтийском щите, как и в других регионах, не согласуется с разви-

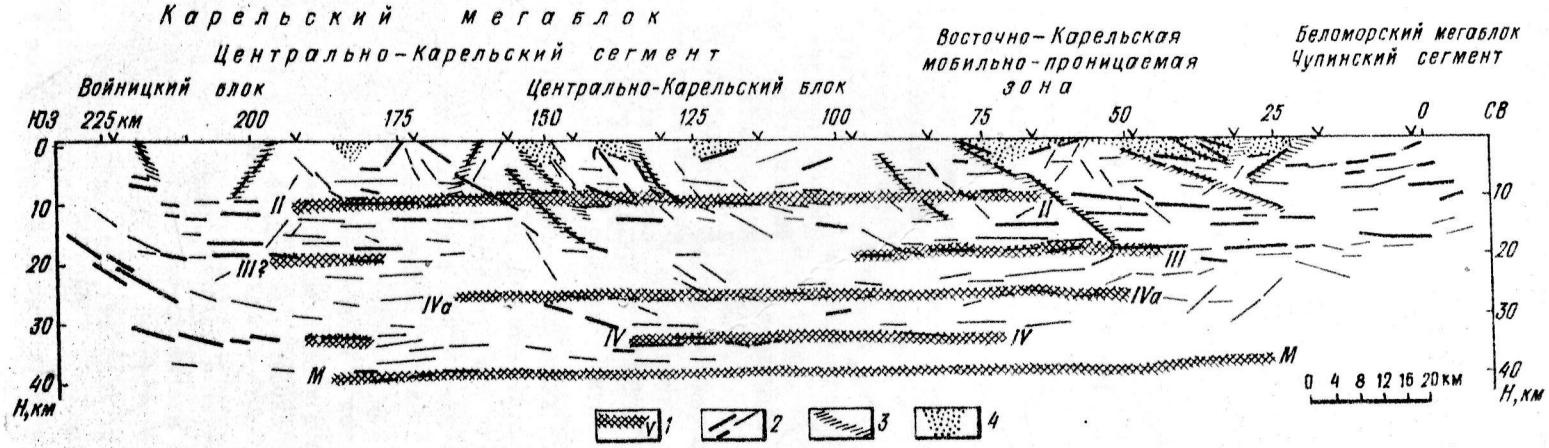


Рис.2. Схематизированный глубинный разрез земной коры по профилю Кемь – Тулос

1 – сейсмические глубинные горизонты, выделенные при ГСЗ и их индексы II–1У и M (возможные значения граничной скорости для горизонтов соответственно 6,2–6,3; 6,5–6,6; 7,0; 8,0–8,2 км/с); 2 – отражающие границы по данным региональных работ МОВ; 3 – предполагаемые зоны тектонических нарушений; 4 – осадочно-вулканогенные толщи протерозоя

тыми вблизи дневной поверхности сильно дислоцированными структурами и также свидетельствует в пользу предположения о вторичной их природе.

В верхней части разреза по данным МОВ выделены осадочно-вулканогенные протерозойские структуры Восточно-Карельской мобильно-проницаемой зоны и Карельского мегаблока. Такие структуры приурочены к тектоническим зонам глубинного заложения, в основном северо-восточного падения, которые намечены непосредственно по отраженным волнам.

Самая крупная из протерозойских структур, пересекаемых профилем, - Лехтинская, расположенная в северо-восточной части разреза, - имеет сложное глубинное строение, характеризуется горизонтальной и косой "сейсмической" слоистостью, инверсионным распределением скорости. Мощность Лехтинской структуры, вероятно, около 5 км.

При ГСЗ с учетом данных первого этапа работ МОВ выделено шесть групп основных волн, из которых первая прослеживается на расстояниях от ПВ до 70 км и соответствует слабопреломленным волнам в верхней части коры. Группы глубинных волн II, III и M последовательно сменяют друг друга в первых вступлениях. Каждая из этих групп вначале представлена растянутым во времени пакетом отражений, который по мере удаления от ПВ сужается, а за областью возможной начальной точки разделяется на закритическую отраженную и преломленную волны. На основании глубинных волн в разрезе коры намечены региональные сейсмические границы с индексами II, III, IУ, IУа и M (рис.2).

Опорный сейсмический горизонт II в интервале глубин 9-I2 км выделен по данным МОВ и ГСЗ. По ГСЗ горизонт II прослежен непрерывно на всем интервале наблюдений в сглаженном, осредненном виде, величина предполагаемой граничной скорости для него 6,2-6,3 км/с. По отраженным волнам горизонт представлен серией пологих прерывистых границ, залегающих с небольшими отклонениями от горизонтального положения на отдельных участках, которые возможно отмечают особенности морфологии этого горизонта.

Горизонт III на глубинах около I8-20 км прослежен надежно лишь в пределах Восточно-Карельской мобильно-проницаемой зоны, определенная для него величина граничной скорости 6,5-6,6 км/с. В Войницком блоке данный горизонт намечен условно, а в Центрально-Карельском блоке, вероятно, отсутствует.

Региональный сейсмический горизонт IУа прослежен на уровне 26 км только по данным ГСЗ, так как соответствующие горизонту волны начинают регистрироваться лишь на удалении от источника свыше 60 км (часто в виде доминирующих на записи колебаний). Предполагаемая граничная скорость для горизонта IУа 6,8-6,9 км/с.

Видимо, с динамическими особенностями распространения волн связано ненадежное прослеживание горизонта IУ при ГСЗ, в то время как по отраженным волнам, наблюдаемым в докритической области, этот горизонт хорошо прослежен в центральной части профиля в пределах Войницкого и Центрально-Карельского блоков на глубине 32-34 км.

Сейсмический горизонт M определен только по данным ГСЗ, которые обеспечили уверенное прослеживание поверхности M по всему профилю. Таким образом, мощность земной коры по профилю составляет 38-40 км, гранич-

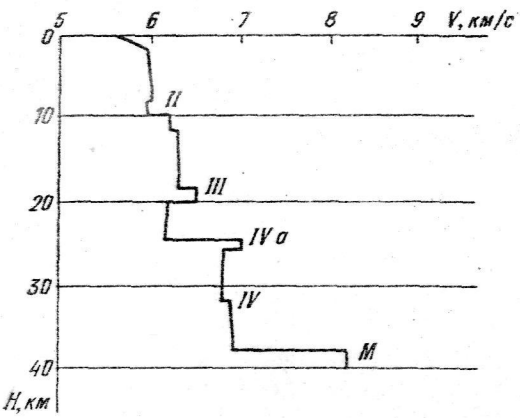


Рис.3. Обобщенная сейсмическая модель земной коры по профилю Кемь - Тулос

ная скорость для поверхности М 8,0-8,2 км/с. Подъем поверхности М в северо-восточном направлении с приближением к Белому морю намечен по недостаточно полным данным.

В целом земная кора на профиле Кемь - Тулос имеет слоисто-блоковое строение. Слоистость коры проявляется в наличии рассмотренных выше региональных пологих сейсмических горизонтов.

Особенности структуры волновых полей и симметричность встречных годографов глубинных волн привели к построению в первом приближении сейсмической модели коры как горизонтально-слоистой среды, в которой статистически осреднены некоторые выявленные неоднородности верхней части разреза [2]. Одной из основных особенностей этой модели являются относительно маломощные интервалы разреза с повышенными значениями скорости. Хотя определенные параметры этих слоев (мощность, скорость, положение по глубине) недостаточно точны, сам факт существования их в коре представляется обоснованным (рис.3).

Слабореfрагированные волны вблизи ПВ характеризуют верхнюю часть коры как среду с заметным положительным градиентом скорости до глубины 3-5 км. Значение скорости у дневной поверхности изменяется от 5,5 км/с в гранито-гнейсовых комплексах архейского возраста до 6,3-6,5 км/с в протерозойских осадочно-вулканогенных породах. Закономерности изменения скорости с глубиной существенно различны для разных геологических блоков земной коры.

Глубинные сейсмические горизонты в коре могут рассматриваться как границы сред со скачком скорости или как сравнительно тонкие более высокоскоростные слои (или их пачки), разделенные между собой более мощными интервалами разреза с относительно пониженными скоростями. Для моделей коры с тонкими высокоскоростными слоями удается удовлетворительно согласовать теоретически рассчитанные и экспериментальные годографы. Приведенную модель скоростного разреза следует воспринимать, как удобную формализацию разреза для расчета волновых полей, близких по кинематике к наблюдаемым на расстояниях 60-220 км от ПВ. Такая модель обеспечивает отображение годографа не в линию, а в ограниченную область на плоскости разреза - высокоскоростной слой конечной мощности. Для сейсмических горизонтов II, III, IУа мощность слоя не превышает I-2 км, для горизонта М может быть значительно больше.

Представляется вероятным, что сложные группы глубинных волн формируются в некоторых интервалах разреза земной коры, а не на отдельных границах между толстыми слоями. Параметры высокоскоростных слоев объясняют основные особенности наблюдаемых волновых полей: существование вблизи ПВ довольно широкого пакета отражений и постепенное сужение этого пакета во

времени по мере удаления от источника с переходом к почти постоянному значению кажущейся скорости в области выхода волны в первые вступления. Скоростная характеристика среды, вмещающей горизонты с высокой скоростью, определяется по докритическим отраженным волнам.

В горизонтальном направлении вдоль профиля наблюдаются изменения сейсмических горизонтов или перерывы в их прослеживании, что подтверждает блочное строение коры. Особенно характерно прекращение прослеживания горизонта Ⅲ в пределах Центрально-Карельского блока, отмечающее существенные изменения его в латеральном направлении. Прослеживаемые при ГСЗ группы волн из-за больших баз наблюдений неизбежно сглаживают латеральные неоднородности среды. Последние значительно лучше отмечаются на докритических отраженных волнах.

Поскольку волновое поле профиля Кемь - Тулос в целом характерно для восточной части Балтийского щита, принципиальные черты модели сейсмического разреза коры, построенной в первом приближении для профиля Кемь - Тулос, должны быть учтены и для других профилей ГСЗ на Балтийском щите.

Одной из основных особенностей сейсмических моделей консолидированной коры щита является сложная закономерность изменения скорости и по вертикали, и по горизонтали. В вертикальном разрезе наметилось чередование тонких высокоскоростных слоев с более мощными толщами относительно низкоскоростных комплексов пород. Изменения скорости в горизонтальном направлении четко связаны с неоднородностями в разрезе коры, определяющими ее блоковое строение. Преобладающее падение большинства наклонных границ в сторону Белого моря свидетельствует о горизонтальных напряжениях в коре, развивавшихся, возможно, длительное время с востока на запад. Такие напряжения могут привести к сколам коры типа надвигов, которые и контролируются наклонными, иногда выполаживающимися на глубину сейсмическими границами.

Дальнейшее уточнение представленных сейсмических глубинных разрезов и их сейсмических моделей должно проводиться с более полным учетом не только кинематических, но и динамических характеристик регистрируемых волн, для чего необходимо усовершенствовать и методику полевых наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земная кора восточной части Балтийского щита / Под ред. К.О.Кратца. Л., Наука, 1978.

2. Матвеева Н.Н., Антонова Л.Н. Программа решения прямой и обратной задачи сейсмологии. - В кн.: Программы для интерпретации сейсмических наблюдений. Л., Наука, 1972. Т. 1.

3. Структура земной коры Центральной и Восточной Европы по данным геофизических исследований / Под ред. В.Б.Соллогуба. Киев, Наукова думка, 1980.

1441 30

