Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCII, 1982 г.

УДК 550.834

К РАСЧЕТУ СЕЙСМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ КОРА – МАНТИЯ ПО ДАННЫМ ГСЗ НА ПРИЛАДОЖСКОМ ПРОФИЛЕ

А.Г.ГОНЧАРОВ

В 1980 г. на Приладожском профиле (г.Лахденпохья – оз.Сегозеро) производственно-геологическим объединением „Севзапгеология" и Проблемной научно-исследовательской лабораторией геолого-геофизических исследований Балтийского щита Ленинградского горного института им. Г.В.Плеханова выполнено глубинное сейсмозондирование (ГСЗ). Обработка материалов ГСЗ проведена большим коллективом сотрудников этих организаций. В данной статье рассматривается один из вопросов интерпретации этих данных.

В волновом поле центральной части Приладожского профиля, связанном с подошвой земной коры, выделены три группы волн, прослеженные из большинства пунктов взрыва (ПВ). По началам этих уверенно выделяемых групп построены фантом-годографы (рис.I).

Волна P_1 наблюдается на сейсмограммах в последующих вступлениях, начиная с расстояния 120–130 км от ПВ, а в первых вступлениях – на расстояниях более 210–220 км, где имеет кажущуюся скорость v^x около 8,5 км/с. Зона прослеживания волны P_2 находится в последующих вступлениях относительно волн от внутрикоровых сейсмических горизонтов и на расстояниях более 200 км от ПВ не выделена. Эта волна имеет скорость v^x = 7,9–8,I км/с, характерную для волны, преломленной на подошве земной коры – поверхности М. Наконец, волна P_3, по своему положению в волновом поле и интенсивности, могла бы соответствовать отражению от поверхности М, но она имеет высокую скорость v^x = 7,5 км/с практически во всем диапазоне ее регистрации.

Для интерпретации такого волнового поля были проведены расчеты теоретических годографов волн, рефрагированных в переходной от земной коры к верхней мантии зоне, имеющей мощность в несколько километров и переменный вертикальный градиент скорости сейсмических волн, по программе Н.Н.Матвеевой [3]. Возможность такого подхода обоснована следующими предпосылками.

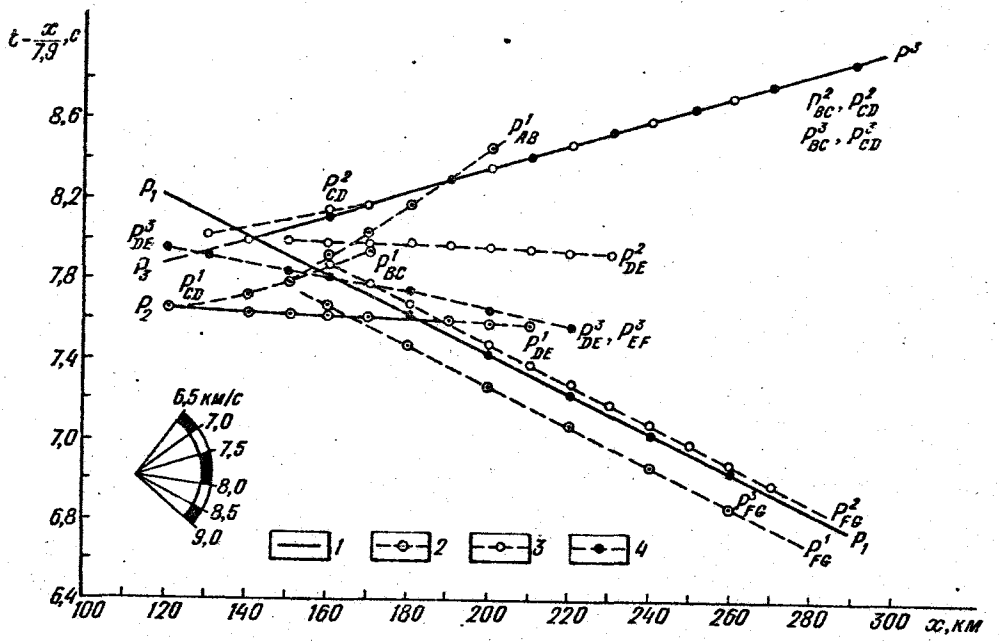


Рис.1. Сопоставление экспериментальных и теоретических годографов волн, связанных с подошвой земной коры на Приладожском профиле
1 – экспериментальные фантом-годографы; 2-4 – схематические теоретические годографы моделей 1, 2 и 3 соответственно

Во-первых, как следует из расчетов динамики сейсмических волн, признаком того, что поверхность M – граница первого рода, является наличие докритических отражений [2]. На Приладожском профиле ГСЗ, как и во многих других районах Балтийского щита [I], волны группы M надежно выделены лишь при расстояниях от ПВ, превышающих 100 км (рис.I). Поэтому наличие в переходной зоне кора – мантия сейсмических границ только второго рода представляется правомерным.

Во-вторых, годограф отраженной от поверхности M волны часто не является правильной гиперболой, соответствующей отраженной волне от границы первого рода, ниже которой скорость постоянна. Заметим, что при обобщении сейсмических данных по структуре границ M в Северной Америке и Западной Европе сделаны аналогичные предположения [4]: скорее всего эта волна образуется в переходной зоне мощностью в несколько километров, в которой скорость довольно быстро меняется с глубиной. В такой переходной зоне формируется рефрагированная волна с годографом, напоминающим гиперболу отраженной волны.

Квазигиперболический годограф может быть получен в результате рефракции сейсмических волн в градиентной переходной зоне (рис.2). Лучи волны, рефрагирующей в слое *BC*, отличающемся от вмещающей среды повышенным вертикальным градиентом скорости, имеют каустику *FNS*. Лучи, близкие к лучу *OEFKL*, касаются каустики на большей глубине и выходят к поверхности

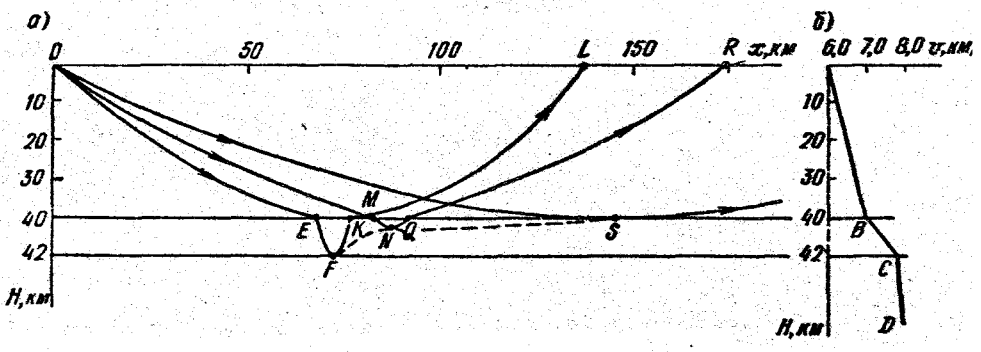


Рис.2. Схема распространения сейсмических лучей при наличии градиентной переходной зоны (а) и сейсмическая модель соответствующей зоны

наблюдений на расстоянии меньшем, чем луч *OMNQR*. Глубина „залегания" каустики *FNS* пропорциональна скорости сейсмических волн, а кажущаяся скорость годографа рефрагированной волны, как известно, равна истинной на глубине максимального „погружения" соответствующего луча. Таким образом можно объяснить характерное для рассматриваемого годографа уменьшение кажущейся скорости с увеличением расстояния от ПВ.

При проведенных расчетах теоретических годографов волн, образующихся в переходной зоне кора – мантия, средняя скорость до вышележащего внутрикорового горизонта IV^a (рис.3) была принята постоянной. Эта скорость установлена в результате цифрового моделирования соответствующей части разреза коры на рассматриваемом профиле.

В результате перебора нескольких вариантов сейсмической модели установлено, что годограф волны, рефрагированной в слое $DE(P^1_{DE})$ модели I (рис.3,а), хорошо совпадает с годографом волны P_2 (см. рис.I). Однако

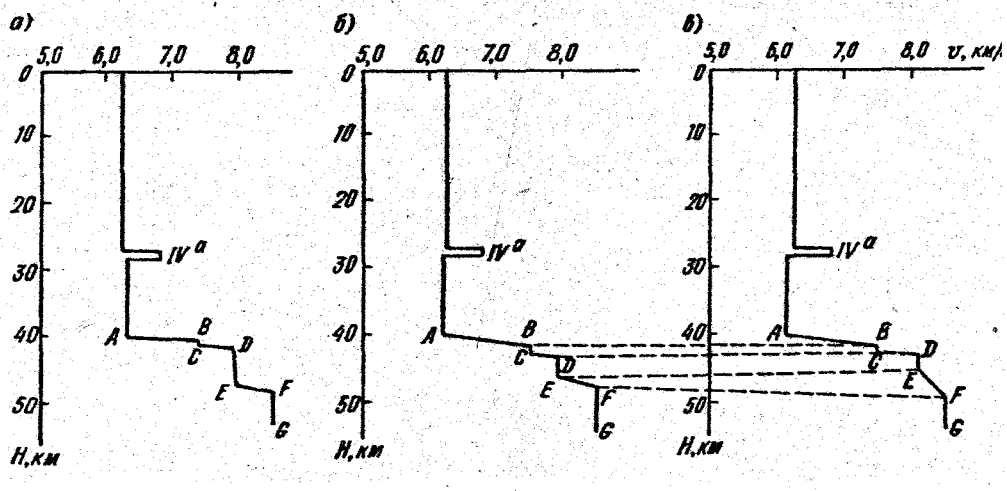


Рис.3. Сейсмические модели нижней части земной коры и переходной зоны „кора – мантия" на Приладожском профиле: а–в – модели 1, 2 и 3 соответственно

при этом годографы волн P^1_{AB} и P^1_{BC}, связанные со слоями, имеющими скоростную характеристику от 6,3 до 7,4 км/с, значительно опережают годограф волны P_3, хотя и близки к нему по кажущейся скорости. В таком же соотношении находятся и годографы волн P^1_{FG} и P_1. В модели 2, чтобы приблизить теоретические годографы P^1_{AB} и P^1_{BC} к экспериментальному P_3, а годограф P^1_{FG} к годографу P_1, пришлось понизить скорость сейсмических волн в нижней части коры (рис.3,б).

Как видно из сопоставления теоретических годографов, соответствующих этой модели, с экспериментальными (см. рис.I), волны P^2_{BC} и P^2_{CD} имеют кинематические характеристики, хорошо согласующиеся с годографом волны P_3, а годограф волны P^2_{FG} весьма близок к годографу P_1 (различия не более 0,05 с во всем диапазоне прослеживания), но теоретический годограф волны P^2_{DE} имеет времена существенно большие, чем экспериментальный годограф P_2 (разница времен около 0,4 с).

Таким образом, модель I объясняет волны группы P_2, а модель 2 – волны группы P_1 и P_3. Чтобы составить единую всеобъемлющую модель, можно попытаться сократить мощность интервала между слоями AB и BC с одной стороны и EF и FG с другой, добиваясь при этом получения годографов волн, связанных со слоями CD и DE (со скоростной характеристикой 7,5-8,I км/с), на меньших временах. Происходящее при этом уменьшение времен вступления волн со скоростью $v^* = 8,5$ км/с может быть скомпенсировано некоторым увеличением мощности переходного градиентного слоя EF.

После перебора нескольких вариантов моделей, изменяемых в таком направлении, была получена модель 3 (рис.3,в). Годографы волн P^3_{BC} и P^3_{CD}, соответствующие этой модели, вполне объяснят фантом-годограф P_3; экспериментальный годограф P_1 при этом идеально совпадает с теоретическим P^3_{FG}. Теоретические годографы P^3_{DE}, P^3_{EF} близки к экспериментальному P_2, но все же несколько „отстают" от него (не более, чем на 0,25 с).

Общей особенностью всех рассмотренных моделей является наличие в нижней части коры в интервале глубин 28–40 км зоны значительно пониженных скоростей (до 6,I-6,2 км/с), что впервые обнаружено на восточной части Балтийского щита и требует дальнейшего изучения.

Представляется важным проверить возможность повышения скорости сейсмических волн в этой части коры и компенсации происходящего при этом уменьшения времен вступления волн, связанных с подошвой коры, за счет увеличения глубины переходной зоны. Расчет теоретических годографов для ряда сейсмических моделей, имеющих более „привычную" скоростную характеристику низов земной коры ($v \geq 6,6 \div 6,7$ км/с), показал, что в этом случае могут быть объяснены лишь два экспериментальных фантом-годографа из трех, связанных с зоной перехода от коры к мантии. При этом начальные точки теоретических годографов оказываются дальше от ПВ, чем предполагаемые по экспериментальным данным. Таким образом, наличие в нижней части земной коры, изученной на Приладожском профиле ГСЗ, мощной зоны инверсии скорости сейсмических волн нельзя исключать.

В заключение заметим, что если окажется справедливым объяснение волнового поля, связанного с подошвой земной коры, существованием мощной

(8-9 км) переходной зоны от коры к верхней мантии, имеющей переменный вертикальный градиент скорости и сейсмические границы исключительно второго рода, термины типа граница **М**, поверхность Мохоровичича целесообразно будет заменить более точными - типа слой **М**, зона **М** или переходная зона кора - мантия.

Существование и природу наметившейся мощной зоны инверсии скоростей в низах земной коры Приладожья необходимо исследовать с помощью более полных экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита / Под ред. К.О.Кратца. Л., Наука, 1968.

2. Давыдова Н.И. Изучение тонкой структуры области перехода от коры к мантии. М., Наука, 1977.

3. Матвеева Н.Н. Программа решения прямой и обратной кинематической задачи сейсмологии. В кн.: Программы для интерпретации сейсмических наблюдений / Под ред. Н.Н.Матвеевой. Л., Наука, 1972. Т. 1.

4. Продель К. Структура зоны перехода от коры к мантии для территории Северной Америки и Западной Европы. В кн.: Исследование литосферы и астеносферы на длинных профилях ГСЗ / Под ред. Н.И.Павленковой. М., Наука, 1980.