Записки Санкт-Петербургского горного института имени Г.В.Плеханова.
Т.130. СПб, 1992

УДК 550.334.32 (470.25)

Н.И.СУВОРОВА, В.И.ЛИТВИНЕНКО

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА И РУССКОЙ ПЛИТЫ

Зона сочленения юго-восточной часть Балтийского щита и Русской плиты охватывает территорию Южной Финляндии, Южной Карелии и Прибалтики. К настоящему времени здесь выполнен значительный объем глубинных сейсмических исследований на нескольких профилях северо-восточного направления (рис.I). Это профили ГСЗ Советск – Рига – Кохтла-Ярве (Прибалтийский), Лахденпохья – оз.Сегозеро (Приладожский) в Южной Карелии [3] и профили в Южной и Центральной Финляндии Балтик и Свека [2, 4].

Эта система профилей оставляет неизученной область вокруг Финского залива, по оси которого и проводится условно граница между щитом и плитой [I, 6, 7]. Здесь в настоящее время силами Проблемной научно-исследовательской лаборатории геолого-геофизических исследований Балтийского щита Санкт-Петербургского горного института проводятся исследования методом ГСЗ по направлению Йыгева – Каменногорск с целью получения данных о глубинном строении земной коры под Финским заливом. Для этого должны быть зарегистрированы волновые поля по обе стороны Финского залива. Для решения поставленной задачи в наиболее полном виде должен быть выполнен большой объем работ методом ГСЗ, что под силу только производственной организации. В этом случае будет заполнен разрыв в международном геотраверсе I, в который входят профили Приладожский, Прибалтийский и Балтик [4].

Рассматриваемая территория занята образованиями карельской на севере и свекофенно-карельской складчатостей с включениями в Прибалтике пород частично переработанного в процессе свекофеннского тектогенеза архейского комплекса. Проведенные сейсмические исследования свидетельствуют о чрезвычайно разнообразном строении земной коры этой, в целом небольшой области.

Финские профили Свека и Балтик пересекли территорию с принципиально иным типом коры, нежели в Карело-Кольском регионе [2, 5]. На профиле Свека и в центральной части профиля Балтик установлены аномально большие времена регистрации волн, связанных с подошвой земной коры. На поверхности им соответствует Ладого-Ботническая разломная зона (Фенно-Карельский шов по К.О.Кратцу [I]).

Сейсмический разрез по профилю Балтик представлен тремя блоками. Южный блок совпадает на поверхности с Выборгским массивом гранитов рапакиви. Центральный блок соответствует сложному комплексу пород свекофенно-карельской складчатости и характеризуется большой мощностью коры и сложными пере-

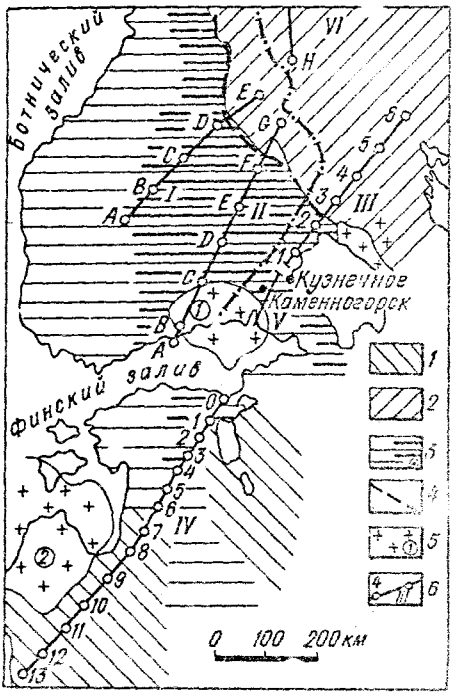


Рис.1. Схема расположения профилей ГСЗ в зоне сочленения юго-восточной части Балтийского щита и Русской плиты [1, 6, 7]

1 - архейские комплексы пород; 2 - досвекофенно-карельские складчатые комплексы; 3 - свекофенно-карельские складчатые комплексы, а - метаморфические комплексы; 4 - трансформные разломы; 5 - раннеплатформенные плутоны гранитов рапакиви: Выборгский (1) и Рижский (2); 6 - профили ГСЗ и пункты взрывов: Свека (I), Балтик (II), Приладожский (III), Прибалтийский (IУ), Йыгева-Каменногорск (У), Печенгская губа - Костомукша (УI)

ходами к южному и северному блокам. Северный блок соотносится на поверхности с более древними образованиями щита, по глубинному строению принадлежит уже к Карело-Кольскому региону.

Профиль Свека располагается в 100-170 км западнее профиля Балтик, его южная часть проходит по массиву протерозойских гранитоидов, далее на север он пересекает метаморфизованную толщу свекофеннид, Ладого-Ботническую зону, образования карельского комплекса. Волновое поле на профиле Свека повторяет волновое поле центральной части профиля Балтик.

Приладожский профиль расположен в 100-160 км восточнее профиля Балтик и пересекает область перехода от Свекофеннского геоблока к Карельскому. Самая южная его часть расположена в области развития свекофеннид и в Ладого-Ботнической зоне, северная, большая, - в области карельской складчатости. Волновое поле по профилю более однородно по сравнению с волновым полем профиля Балтик, хотя профиль пересекает разноскладчатые области и на нем осуществлена регистрация волновых полей из пунктов взрыва, расположенных как в свекофеннских образованиях (пункты взрыва Каменногорск и Кузнечное), так и в карельских комплексах и в зоне перехода от свекофеннид к карелидам. Полученный сейсмический разрез является уже не типичным для Карело-Кольского региона, но не повторяет и аномального разреза центральной части профилей Балтик и Свека.

Прибалтийский профиль ГСЗ пересек области архейской, нижнепротерозойской (свекофеннской и свекофенно-карельской) и раннеплатформенной (хогландской) складчатости (рис.1). Архейские области большей частью переработаны нижнепротерозойскими складчатыми движениями. В Северной Прибалтике преобладает свекофеннский тектогенез, в Центральной и Южной - свекофенно-карельский. Хогландский вулканизм проявился в образовании Выборгского и Рижского гранитных массивов. Волновое поле по профилю отчетливо характеризует три сейсмических блока: северный и южный приурочены к свекофеннидам, центральный - к области развития переработанных архейских комплексов и

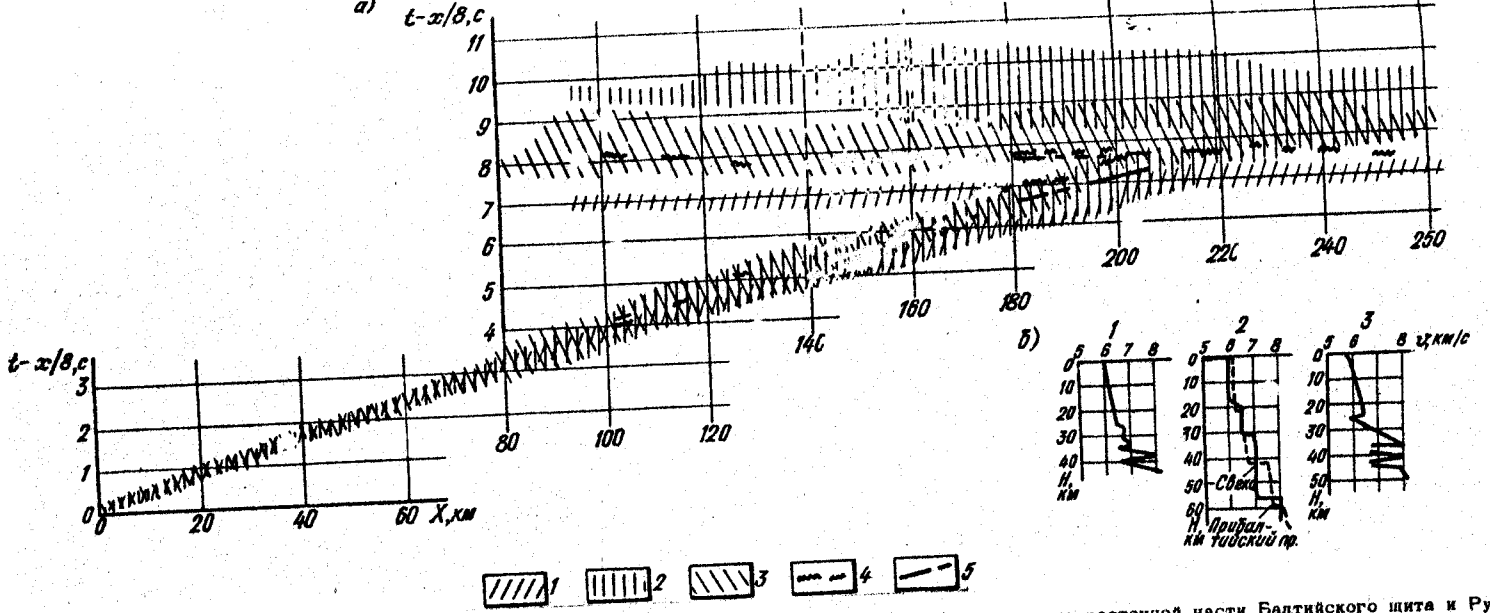


Рис.2. Три группы схематизированных годографов вступлений основных волн в области сочленения юго-восточной части Балтийского щита и Русской плиты (а) и некоторые варианты соответствующих сейсмических моделей (б)

1 – годографы первой группы и сейсмическая модель для южной части профиля Печенгская губа – Костомукша (К.А.Кальнин, 1987); 2 – годографы второй группы и сейсмическая модель для центральной части профиля Свека (Р.Луосто, 1984) и центральной части Прибалтийского профиля (А.Г.Гончаров, 1985); 3 – годографы третьей группы и сейсмическая модель для Приладожского профиля (К.А.Кальнин, 1987); 4 – годографы основных волн из пункта взрыва Кузнечное Приладожского профиля; 5 – годографы основных волн из пункта взрыва Кохтла-Ярве профиля Йыгева – Каменногорск

Рижскому массиву. Соответственно в сейсмическом разрезе выделено три блока, различающиеся как скоростными характеристиками, так и мощностью коры. Переходы между блоками чрезвычайно осложнены.

Профиль по направлению Йыгева – Каменногорск параллелен профилю Балтик и проходит по области развития архейских комплексов, переработанных свекофеннской складчатостью, и свекофеннских образований и пересекает Выборгский массив. Фрагмент волнового поля из пункта взрыва Кохтла-Ярве на участке Приморск – Каменногорск аналогичен волновому полю из пунктов взрыва Каменногорск и Кузнечное Приладожского профиля.

Все перечисленные профили характеризуют область сочленения юго-восточной части Балтийского щита и Русской плиты, и поэтому представляет интерес их взаимное рассмотрение с позиций различия или сходства основных черт волновых полей, полученных на сравнительно небольшой территории, по которой проходит условная граница между этими двумя крупными структурами. До сих пор отсутствует представление о том, как эта граница проявляется в глубинном строении земной коры. Тем более, что вся территория зоны сочленения щита и плиты была вовлечена в преобразования разной степени в процессе единой свекофеннской складчатости.

На рис.2 приведены схематизированные редуцированные (со скоростью редукции 8,0 км/с) годографы первых вступлений и вступлений волн, связанных с подошвой коры (M), полученные на перечисленных профилях.

Совместное рассмотрение этих годографов свидетельствует о том, что они могут быть объединены в три основных группы.

П е р в а я г р у п п а. В нее входят годографы, которые можно назвать карельскими, поскольку они характеризуют волновые поля, аналогичные регистрируемым в Карело-Кольском регионе. Наиболее типично для этих годографов выделение компактной группы волн M с кажущейся скоростью $v^* \simeq$ = 8,0 км/с в интервале 100–300 км. При этом на плоскости редуцированного годографа уровень времен регистрации этой группы волн составляет около 7 с. Как правило, будучи в последующих вступлениях доминирующей по интенсивности, эта группа в первых вступлениях является очень слабой. Выход в первые вступления группы зарегистрирован на удалении 200–210 км от пункта взрыва. На рассматриваемой территории такие годографы получены на профиле Балтик из южных пунктов взрыва А, В, $С_ю$, $Д_ю$ (индексы ю и с в дальнейшем указывают на регистрацию волн на юг и север от пункта взрыва соответственно) и северного пункта взрыва Н (Костомукша). В эту группу укладывается и типичный карельский годограф из пункта взрыва Костомукша профиля Печенгская губа – Костомукша, расположенного целиком в пределах Карело-Кольского региона и, следовательно, пересекающего образования карельской и беломорской складчатостей. На рис.2,б приведен один из вариантов сейсмической модели разреза (1), мощность коры при этом 38–40 км. При общем характере годографов вступлений волн группы M существенно различаются годографы первых вступлений внутрикоровых волн для обоих профилей в интервале 90–190 км.

Вторая группа. В ней объединены годографы принципиально иного типа, которые не наблюдались в Карелии и на Кольском полуострове. Впервые они зарегистрированы на профилях Балтик и Свека, позднее на Прибалтийском профиле. На профиле Балтик это годографы из пунктов взрыва, освещающих центральную часть профиля ($Д_С$, $С_С$, $Г$, $Г_Ю$, $Е_Ю$), годографы из всех пунктов взрыва на профиле Свека, на Прибалтийском – также годографы для центральной части (пункты взрыва $7_а$–$10_а$, $4_б$–$7_б$, индекс $а$ обозначает наблюдения на север, а $б$ – на юг от пункта взрыва).

Для этой группы характерны высокий уровень вступлений волн пакета M на редуцированном годографе (9–10 с), большой разброс значений кажущейся скорости волн этой группы (8–10 км/с), асимметрия встречных годографов и отсутствие хорошо выраженных стабильных отражений в интервале 100–200 км от пункта взрыва. Выход в первые вступления на удалении от пункта взрыва 240–280 км. На профиле Балтик корреляция мантийных волн в первых вступлениях возможна в двух вариантах: рефрагированная волна с постепенно нарастающей кажущейся скоростью от 8 до 10 км/с и более или ступенчатая корреляция волн с $v^* \simeq 8{,}0$ км/с.

Годографы первых вступлений внутрикоровых волн на финских профилях укладываются в относительно компактную группу, в то время как на Прибалтийском профиле они рассеиваются в большом интервале времени.

На рис.2,б приведен один из вариантов (2) сейсмической модели для этой зоны на Прибалтийском профиле и профиле Свека.

Рассматриваемые годографы характеризуют области, которым соответствуют существенные погружения подошвы коры. На территории Финляндии такая область совпадает с развитием метаморфизованных комплексов и вулканических поясов свекофеннской складчатости, а также с зоной разломов между блоком архейского фундамента и свекофенно-карельского геосинклинального комплекса (Ладого-Ботническая зона). В Прибалтике соответственно Рижский блок представляет собой огромную впадину до 50–65 км глубиной, на поверхности ей отвечает сложный комплекс архейских образований, переработанный нижнепротерозойскими складчатыми движениями. Эта область ограничена с запада Рижским плутоном, а с востока – Инчукалнской свекофенно-карельской складчатой зоной.

Эти аномальные зоны с их сложным внутренним строением и осложненными переходами к участкам коры с меньшей мощностью могут рассматриваться как активные мобильные глубинные зоны с повышенной проницаемостью и неоднократным проявлением тектонических процессов. В Финляндии эта зона совпадает с Главным полиметаллическим поясом.

Третья группа. Она представлена годографами из южных и северных пунктов взрыва Прибалтийского профиля (II–I3; 2–4), годографами из всех пунктов взрыва Приладожского профиля и из пункта взрыва Кохтла-Ярве профиля Йыгева – Каменногорск на участке Приморск – Каменногорск. Эти годографы имеют достаточно хорошо выраженные вступления волн группы M на уровне 7,5–9 с редуцированного годографа, выдержанную кажущуюся скорость (для этой группы около 8,0 км/с), выход в первые вступления на удалении 220–240 км от пункта взрыва. Первые вступления внутрикоровых

волн регистрируется в широком интервале времени (до I с). Для годографа волн группы M из пункта взрыва Кузнечное на больших удалениях (220-290 км) намечается, как и на финских профилях, тенденция к уменьшению редуцированного времени первых вступлений. Один из вариантов сейсмической модели разреза Приладожского профиля приведен на рис.2,б, вариант 3.

Таким образом, эта группа годографов может быть определена как промежуточная между первой «карельской" и второй «аномальной" группами годографов. Мощность коры соответственно оценена в среднем в 42-45 км.

В восточной части Балтийского щита помимо рассматриваемой территории в средней части профиля Печенгская губа - Костомукша между пунктами взрыва 7 и 9 была также установлена область с аномальным строением нижней части коры. Она совпадает с зоной контакта Карельского и Беломорского геоблоков. Эта область характеризуется увеличенным временем прихода волн группы M и аномальной кажущейся скоростью [4]. На разрезе этой зоне соответствует либо прекращение прослеживания границы M, либо увеличенная мощность коры. Эти годографы вписываются в третью промежуточную группу.

Таким образом, в Южной Финляндии и Приладожье выполнены наблюдения методом ГСЗ на трех параллельных направлениях, отстоящих друг от друга на расстоянии 100-170 км: Свека и профили геотраверса I. Тем не менее, волновые поля на них получены принципиально разные. При этом совершенно определенно устанавливается взаимосвязь между геологической ситуацией на поверхности и особенностями волнового поля и соответственно глубинными сейсмическими разрезами. Эта связь тем очевиднее, чем масштабнее блоковое строение коры. Наряду с этим можно отметить, что даже в пределах области развития свекофенно-карельской складчатости аномалии сейсмических характеристик коры весьма существенны. При аномально больших временах регистрации глубинных волн, связанных с подошвой земной коры, и соответственно максимальной глубине поверхности M на профилях Свека и Балтик, на профилях Приладожском и Йыгева - Каменногорск времена прихода этих волн значительно меньше. Возможно, аномальная зона центральной Финляндии «замыкается" в соответствии с генеральным рисунком геологических структур Южной и Центральной Финляндии и не имеет продолжения на юго-восток под чехлом Русской плиты.

Если учесть, что Прибалтика также вовлечена в свекофеннский складчатый процесс, переработавший архейские блоки, и тоже имеет разнообразные волновые поля и соответственно различное глубинное строение, можно утверждать, что глубокие грабенообразные погружения земной коры или мощная переработка верхней мантии с утратой сейсмических границ со скоростью примерно 8,0 км/с, принимаемых за подошву коры, являются характерной чертой свекофеннской области.

С другой стороны, именно в области свекофеннской складчатости существуют сейсмически различные блоки земной коры, не превышающие в поперечнике нескольких сотен километров, а это свидетельствует о том, что процессы складчатости так глубоко переработали кору и верхнюю мантию, что до сих пор не произошло выравнивания физических параметров коры по латерали.

Вероятно, сочленение щита и плиты в рассматриваемом районе представ-
ляет собой широкую зону, охватывающую область развития сейсмически различ-
ных блоков земной коры и верхней мантии, участвовавших в свекофеннском
кладчатом процессе. Зона характеризуется тремя группами годографов основ-
ных волн, зарегистрированных на профилях ГСЗ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зандер В.Н., Томамулос Ю.И., Берковский А.Н. и др. Геологическое строе-
ние фундамента Русской плиты. Л.: Недра, 1967. 123 с.

2. Корхонен Х., Луосто У., Кооминасае И.П. и др. Международные профили ГСЗ
„Фенноларе" и „Балтик" в Скандинавии // Изучение глубинного строения восточной части Бал-
тийского щита и прилегающих акваторий сейсмическими методами / Кольский филиал АН СССР.
Апатиты, 1986. С. 39-55.

3. Литвиненко И.В., Анкудинов С.А., Дворецкая Л.М. и др. Глубинный сейсми-
ческий разрез земной коры Приладожья и Юго-Западной Карелии // Записки Ленинградского гор-
ного ин-та. Л., 1982. Т. 92. С.3-9.

4. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы I, II, У. / Гл. редактор А.В.Че-
кунов. Киев: Наукова думка, 1987. 167 с.

5. Суворова Н.И. Сравнительный анализ годографов основных волн по профилям ГСЗ
в юго-восточной части Балтийского щита // Записки Ленинградского горного института. Л.,
1987. Т. 113. С. 16-20.

6. Тектоника Прибалтики // Труды Литовского научно-исслед. геолого-разведочного ин-та.
Вильнюс: Мокслас, 1979. Вып.33. 90 с.

7. Тектоническая карта Европы и смежных областей. М 1:10 000 000 / Отв. редакторы
В.Е.Хаин, Ю.Г.Леонов. Главное управление геодезии и картографии при Совмине СССР. М., 1979.