

УДК 551.241:550.834.32(477.7)

Н. В. Сологуб

СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРЫ ГОРНОГО КРЫМА
ПО ДАННЫМ ГСЗ

Геологию Крыма изучают более полутора столетий (в 1841 г. французом Гюо была составлена первая геологическая карта масштаба 1 : 420 000), однако многие вопросы тектонического строения, особенно глубинного, еще полностью не решены. Некоторые сведения о строении земной коры и верхней мантии в последние годы были получены по данным геофизических исследований. Так, по результатам гравиметрии в 1961 г. Р. М. Деменицкая отметила [6], что толщина земной коры в области Крымских гор составляет всего 25—28 км. Т. С. Лебедев и др. в работах [7, 8] приводят несколько разрезов вдоль и вкрест простирания Крымских гор, рассчитанных по данным гравиметрии, из которых видно, что толщина коры в указанном районе равна 42 км. В. Е. Бураковский [2] считал (по данным гравиметрии), что под Горным Крымом имеются «корни» гор, и поверхность Мохоровичича залегает на глубине от 40 до 50 км. По материалам одиночных сейсмических зондирований, выполненных в 1962 г. [13], толщина земной коры под Горным Крымом равна 50 км и, следовательно, здесь имеются «корни» гор.

Как известно, горное сооружение Крыма вытянуто вдоль его южного берега в виде пологой дуги протяженностью около 100 км. Западный конец этой горной системы выходит к морю в районе Балаклавы и мыса Айя, а восточный — между мысом Ильи и Киик-Атлама (близ Феодосии). Особенностью Крымского хребта является резкая асимметрия его склонов: южный склон крутой и узкий (15—10 км), северный — более пологий и широкий (40—45 км). Крымские горы подразделяются на три гряды. Первая из них, самая южная — Главная гряда, на которой в основном и расположен сейсмический профиль ГСЗ.

До 1974 г. в Горном Крыму сейсмические исследования практически не проводились. Севернее и восточнее горного сооружения (Степной Крым и Керченский полуостров) в последние 10—15 лет были проведены сейсмические исследования методом отраженных волн, корреляционным методом преломленных волн и глубинным сейсмическим зондированием, на основании которых можно примерно судить о сейсмогеологических условиях Крымского полуострова.

В Степном Крыму методом отраженных волн освещается, как правило, осадочная толща до поверхности меловых отложений. Отражения от более глубоких горизонтов (нижнего мела) регистрируются спорадически. При изучении рассматриваемого региона корреляционным методом преломленных волн регистрируется достаточно интенсивная головная (или слаборефрагированная) волна с $V^* = 5,7—6,5$ км/сек, которая характеризует поверхность палеозойского фундамента (в пределах Скифской платформы). Методом глубинного сейсмического зондирования изучены сейсмические границы в толще консолидированной коры. На профиле Джанкой — Белогорск фиксируются две-три волны, вероятно, отраженные и построенные по ним границы залегают на глубинах 10—30 км. Наиболее мелкая сейсмическая граница (10—15 км) может

быть условно отождествлена с поверхностью молодого фундамента и от нее получены достаточно хорошо коррелируемые интенсивные волны. На продолжении профиля Джанкой — Белогорск в 1962 г. выполнены одиночные сейсмозондирования, по данным которых толщина земной коры под Горным Крымом на участке Белогорск — Приветное равна 50 км [12].

На Керченском полуострове корреляционным методом преломленных волн также изучена поверхность палеозойского фундамента, головные волны от которой регистрируются в виде 2-3-фазного малоинтенсивного колебания. Волны от более глубоких горизонтов в этом районе регистрировались только спорадически.

В 1974—1975 гг. Институт геофизики АН УССР осуществил исследование методом глубинного сейсмического зондирования по профилю Севастополь — Керчь для освещения глубинного строения земной коры и верхней мантии Крымского горного сооружения и, в частности, изучения глубинных разломов, на основании которых возможно было бы определить блоки земной коры и сейсмоопасные зоны этого региона.

На рассматриваемом профиле, протяженностью 210 км, выполнены исследования из семи пунктов взрыва, однако, из-за сложного рельефа на некоторых участках его, как и проектировалось, наблюдения проводились дискретно, а пункты взрыва располагались не строго на линии профиля.

При интерпретации, из-за непрямолинейности линий наблюдений, составлялись исправленные годографы, где были учтены все отклонения от нормального положения профиля.

В результате работ 1974—1975 гг. на профиле Севастополь — Керчь получена весьма сложная волновая картина, по особенностям которой можно условно разделить профиль на два участка — западный и восточный. Это обусловлено тем, что на востоке профиль проходит в районе Индоло-Кубанского прогиба, где мощная толща мезокайнозойских отложений достигает 10 км, в то время как на западе (вдоль Горного Крыма) мощность осадков указанного возраста резко сокращается. Анализ волновой картины, регистрируемой на рассматриваемом профиле, позволяет выделить следующие волны:

Волна t_1 с $V^* = 3,5—3,7$ км/сек, характеризующая осадочные отложения в Индоло-Кубанском прогибе.

Волна t_2 с $V^* = 5,0—5,8$ км/сек выделена из всех пунктов взрыва. В горной части профиля эта волна регистрируется на удалении 3—5 км от пунктов взрыва в первых вступлениях, а в восточной — на расстоянии 10 км от пунктов взрыва в последующих вступлениях и на удалении 15—16 км выходит в первые вступления. Природа волны t_2 сложна. В последующих вступлениях она является отраженной, а при выходе ее в первые вступления — преломленной или слаборефрагированной. Обычно длина ветви годографа на востоке составляет 30—35 и 20—25 км для горных пунктов взрыва. Данная волна характеризует кровлю молодого юрско-триасового или палеозойского фундамента на востоке или кровлю таврической серии на западе профиля.

Природу последующих волн t_3 , t_4 , t_5 от более глубоких горизонтов в консолидированной коре определить сложнее. Даже когда волны зарегистрированы в первых вступлениях — их нельзя отнести к головным или рефрагированным. Проведенный кинематический анализ свидетельствует о том, что эти волны необходимо отнести к отраженным.

В последующих вступлениях на расстоянии 20—25 км на востоке и 10—15 км на западе от всех пунктов взрыва регистрируется отраженная волна t_3 , характеризующая, по-видимому, поверхность докембрийского фундамента. Это — четкое 2-3-фазное колебание с большой амплитудой. Однако при удалении от пункта взрыва динамическая характеристика его меняется. Четкая форма записи рассматриваемой волны, ее

выразительность позволяют легко опознать ее в различных блоках вдоль всего профиля.

Волна t_4 регистрируется на расстоянии 40—50 км от пункта взрыва в последующих вступлениях на временах 10—12 сек и выходит в первые вступления на расстояниях 60—75 км от пункта взрыва. Это интенсивное колебание, прослеженное по всему профилю резко выделяется на фоне других волн, но интенсивность записи падает с удалением от пункта взрыва.

Волна t_5 , выделенная на расстоянии 45—60 км от пункта взрыва в последующих вступлениях на временах 12—14 сек, фактически не выходит в первые вступления. Она представляет собой четкое 2-3-фазное колебание. Это отражение удалось выделить на сейсмограммах в восточной части профиля и частично в западной.

На профиле получены критические отраженные волны от поверхности Мохоровичича (волна t_6), которые следятся на временах 23—32 сек на удалении 90—180 км от пункта взрыва. Это — характерные отражения, легко опознающиеся на сейсмограммах, имеющие яркую амплитудную выразительность и выделяющиеся на фоне других волн: особенно они подчеркиваются на низкочастотных фильтрациях ($f_{рез} = 7—10$ герц).

В результате интерпретации волнового поля нами построен разрез вдоль профиля Севастополь—Керчь, характеризующий структурные особенности строения земной коры, включая поверхность Мохоровичича (рисунок).

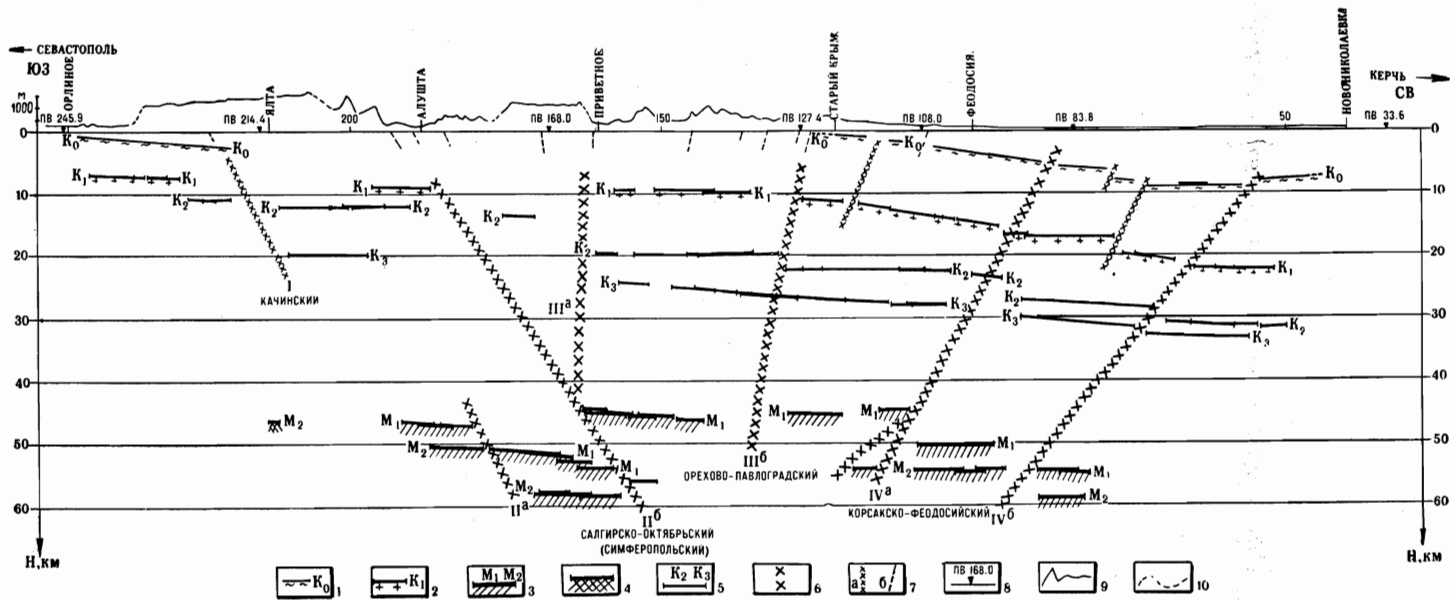
Первый сейсмический горизонт (K_0) в восточной части профиля (Индоло-Кубанский прогиб) отождествляется с поверхностью фундамента Скифской платформы и характеризуется $V_r = 5,4—5,6$ км/сек. Здесь этот горизонт образует довольно глубокую синклинали, с максимальной глубиной (9 км) в районе пикетов 56—72 (с. Бранное поле). В западном направлении поверхность фундамента постепенно воздымается и в районе пикета 130.0 (Переваловка) как бы выходит на дневную поверхность. Необходимо заметить, что примерно на этом участке на дневную поверхность, согласно геологической съемке, выходят отложения таврической свиты. Таким образом, так называемый палеозойский фундамент Индоло-Кубанского прогиба и породы таврической свиты Горного Крыма аналогичны по скоростным параметрам, а возможно, и по геологическим признакам. В западной части профиля на участке пикетов 220—243 (Орлиное-Алупка) также наблюдается аналогичный сейсмический горизонт ($V_r = 5,4$ км/сек), который залегает на глубинах 1—3 км. Здесь этот горизонт характеризует, по-видимому, кровлю таврических отложений.

Второй сейсмический горизонт K_1 характеризует поверхность докембрийского фундамента. Он прослежен вдоль всего профиля, причем в восточной части залегает на глубине 22, а на западе 7—9 км.

Оба фундамента залегают примерно согласно и во многих местах осложнены тектоническими нарушениями, амплитуда которых достигает 2,0—2,5 км. Необходимо отметить, что на участке пикетов 160—185 км (Алушта—Приветное) отсутствие горизонта K_1 объясняется невозможностью получения корреляционно-увязочных годографов по указанной волне из-за очень сложного горного рельефа.

Таким образом, мощность дислоцированных юрско-триасовых и палеозойских отложений в районе Керченского полуострова достигает 13 км и постепенно уменьшается в западном направлении до 6—7 км в районе Качинского антиклинария.

Сейсмический горизонт М или вернее целый ряд отражающих площадок, построенных по характерным критическим отражениям, отождествляется с переходной зоной земная кора — верхняя мантия. Структура этой переходной зоны очень сложная.



Сейсмический разрез земной коры вдоль профиля Севастополь — Керчь. 1 — поверхность юрско-триасового (палеозойского) фундамента; в Горном Крыму — кровля таврической толщи, 2 — поверхность докембрийского фундамента, 3 — поверхность М₁, 4 — глубина до поверхности М₂ по данным сейсмондирования, 5 — сейсмические горизонты в консолидированной коре, 6 — глубинные разломы, 7 — разломы по данным: а — КМПВ и ГСЗ, б — геологии, 8 — пункты взрыва, 9 — рельеф дневной поверхности, где проводились сейсмические наблюдения, 10 — условный рельеф на проектной линии профиля, снятый с топографических карт.

В первую очередь, необходимо отметить, что на различных участках профиля прослеживается или одна граница Мохоровичича (M_1), или две (M_1 и M_2). Так, в восточной части профиля от Приморского до Старого Крыма (пикеты 90—110) наблюдаются две поверхности Мохоровичича, залегающие на глубинах 50 и 54 км. Далее на запад имеется протяженный участок (порядка 50 км), где прослежена только одна граница Мохоровичича (M_1), залегающая на глубинах 44—45 км. Этот участок находится между Старым Крымом и Приветным. В районе пикета 170 (Рыбачье) поверхность M_1 резко опущена по разлому на глубину 52—54 км, причем на этом же участке появляется вторая граница Мохоровичича (M_2), залегающая на глубине 58 км.

Указанный глубинный разлом фиксируется и по более мелким сейсмическим горизонтам, в частности по горизонту K_2 , хотя в верхней части разреза консолидированной коры опущено восточное крыло, в то время как по поверхности Мохоровичича восточное крыло приподнято.

Далее в западном направлении прослеживаются уже две поверхности Мохоровичича, которые воздымаются к западу, причем в районе пикета 180 наблюдается небольшое по амплитуде нарушение (порядка 4 км), в результате чего в районе пикета 190 глубина до первой границы M_1 равна 46, а до второй M_2 —50 км.

Таким образом, по поверхности Мохоровичича на рассматриваемом профиле можно выделить три блока: погруженные (50,0—54,0 км) — западный и восточный и приподнятый (44,0—45,0 км) — центральный, ограниченный глубинными разломами. Можно предположить, что зоны с толстой корой имеют по ширине небольшие размеры, так как на востоке в пределах рассматриваемого района на Азовском море по профилю Ногайск — мыс Казантип толщина коры равна всего 40 км, а на западе, судя по сейсмическим зондированиям в Степном Крыму и по профилям ГСЗ на акватории Черного моря (западнее Севастополя), толщина коры менее 40 км.

В толще консолидированной коры, кроме трех основных описанных выше горизонтов, выделены еще две сейсмические границы (K_2 и K_3), природа которых пока не ясна.

Горизонт K_2 залегает ниже поверхности докембрийского фундамента в интервале 11—30 км, уверенно прослежен вдоль всего профиля. На востоке в районе Индоло-Кубанского прогиба он залегает на глубине 30 км и постепенно воздымается в западном направлении, причем в районе Качинских скважин (пикеты 220—230) глубина его уменьшается до 10—11 км. Этот протяженный горизонт нарушен во многих местах разломами с максимальной амплитудой, достигающей 6 км (в районе пикета 170), и залегает несогласно с поверхностью Мохоровичича и с горизонтом K_1 (поверхность докембрийского фундамента). Необходимо отметить, что по мощности пород толщи, заключенной между горизонтами K_1 и K_2 , по профилю можно выделить не три блока, как было сделано по поведению поверхности Мохоровичича, а два — западный, совпадающий с одноименным блоком (Севастополь—Рыбачье), и восточный (Рыбачье — Новониколаевка), включающий центральный и восточный блоки, выделенные по границе Мохоровичича. Западный блок имеет небольшую мощность указанной толщи, 4 км, второй 9—10 км.

Горизонт K_3 , характеризующий границу в консолидированной коре на глубине 20—33 км, залегает согласно с горизонтом K_2 . Следует отметить, что при интерпретации для горизонта K_3 были получены эффективные скорости несколько ниже, чем для горизонта K_2 , что может косвенно свидетельствовать о некотором уменьшении скорости в толще между этими горизонтами. Изменение этой толщи имеет несколько иную закономерность, чем вышележащей.

В восточном блоке минимальная мощность наблюдается в Индоло-Кубанском прогибе (2 км), затем она постепенно увеличивается к западу

до 4—5 км (в районе Приветного) и далее в западном блоке достигает 8 км.

На основании анализа поведения сейсмических горизонтов и мощности толщ, заключенных между ними, нами намечены глубинные разломы, которые ограничивают отдельные блоки земной коры на рассматриваемом профиле. Всего выделено четыре основных глубинных разлома и несколько второстепенных.

Первый разлом I, названный Качинским, наклоненный в восточном направлении, проведен на основании разрывов сейсмических горизонтов K_1 и K_2 и условно по поверхности Мохоровичича (M_2). В районе Ялты, по данным сейсмозондирования, глубина до поверхности горизонта M_2 составляет 46 км.

Второй глубинный разлом IIa и IIб — Салгирско-Октябрьский, именуемый некоторыми исследователями Симферопольским, проявляется по всем сейсмическим горизонтам. Этот разлом, или зона разломов, также наклонен в восточном направлении, а поверхность Мохоровичича погружена на глубину 52—58 км. Почти вертикальный разлом IIIa фиксируется в верхней части консолидированной коры по горизонтам K_1 , K_2 и K_3 , который связан с продолжением на юг Орехово-Павлоградской нарушенной зоны. По данным геологической съемки (В. И. Славин и др.) на дневной поверхности здесь фиксируются многочисленные нарушения, которые хорошо согласуются с выявленной глубинной зоной разломов по сейсмическим исследованиям.

В районах Старого Крыма и Переваловки проходит глубинный разлом IIIб — Орехово-Павлоградский, который фиксируется на сейсмическом разрезе несколько по-иному, чем ранее описанные. Так, по поверхности Мохоровичича здесь наблюдается разрыв, несмотря на то, что глубина залегания до Мохоровичича остается примерно одинаковой в обоих блоках. По горизонтам K_1 и K_2 фиксируются нарушения, с амплитудой, достигающей 2,0 км. Сама зона разлома расположена здесь примерно вертикально или несколько наклонно к западу.

И, наконец, четвертая зона глубинных разломов IVa и IVб — Корсакско-Феодосийская имеет значительный наклон в западном направлении и проявляется по всем сейсмическим горизонтам в земной коре. Эта зона вблизи дневной поверхности приурочена к Индоло-Кубанскому прогибу.

Ранее нами была построена схема [15] по поверхности Мохоровичича на территории Степного Крыма, где были выделены две зоны: с толстой коры на западе полуострова и тонкой — в центральной части рассматриваемой площади.

Все эти зоны отображены в Горном Крыму: зона с толстой корой (50—58 км), расположенная в районе Ялты — Рыбачье, и зона с относительно тонкой корой (40—45 км), охватывающая восточную часть Горного Крыма от Рыбачье до Старого Крыма.

Участок рассматриваемого профиля, расположенный на территории Степного Крыма и западной части Керченского полуострова, необходимо отнести к самостоятельному блоку, где толщина коры также значительна (54—58 км).

Таким образом, Горный Крым по поведению поверхности Мохоровичича и сейсмических границ в консолидированной коре можно разбить на два самостоятельных блока. Глубинный разлом, разделяющий эти два блока, расположен на пикетах 160—170 и соответствует Салгирско-Октябрьскому разлому, выявленному по поверхностным горизонтам. Вследствие значительного наклона указанного глубинного разлома создается впечатление, что восточный блок Горного Крыма надвинут на западный. Это предположение имеет принципиальное значение для районирования Горного Крыма и определения сейсмоактивных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белокуров В. С.—Поле скоростей продольных сейсмических волн в земной коре Черноморского региона. Геофиз. сб. АН УССР, 44, К., 1971, стр. 10—19.
2. Бураковский В. Е.—Некоторые результаты изучения глубинного строения земной коры Черноморской впадины и прилегающих территорий. В кн.: Строение Черноморской впадины. «Наука», М., 1966, стр. 22—26.
3. Бурьянов В. В., Павленкова Н. И.—О строении земной коры Горного Крыма. Сов. геол., 7, 1974, стр. 112—119.
4. Гаркаленко И. А., Пустыльников М. Р., Славин В. И. и др.—Геофизические исследования и тектоника юга Европейской части СССР. «Наукова думка», К., 1969, стр. 247.
5. Горшков Г. Б., Левицкая А. Я.—Некоторые данные по сеймотектонике Крыма. БИОИП, отд. геол., 3, 1947.
6. Деменицкая Р. М.—Основные черты строения коры Земли по геофизическим данным. В кн.: Труды НИИ геол. Арктики, 115, 1961, стр. 223.
7. Лебедев Т. С., Болюбах К. А.—К вопросу о строении земной коры Горного Крыма и впадины Черного моря. В кн.: Материалы геофизических исследований территории Украины, 6 (8), 1963, стр. 15—22.
8. Лебедев Т. С., Болюбах К. А.—Глубинное строение земной коры Крыма и Черноморско-Азовского бассейна по данным геофизических исследований. В кн.: Геофизические исследования строения земной коры, Геофиз. сб., 8 (10), К., 1964, стр. 18—27.
9. Муратов М. В. Тектоника и история развития Альпийской геосинклинальной области юга Европейской части СССР и сопредельных стран, Тектоника СССР, 2, Изд-во АН СССР, М., 1943.
10. Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. Изд-во АН СССР, М., 1960.
11. Славин В. И. Современные геологические процессы в юго-западном Крыму. Изд-во МГУ, 1975.
12. Соллогуб В. Б. Тектоника передовых прогибов Альпийской геосинклинальной области и сопредельных районов Европейской части СССР. Изд-во АН УССР, К., 1960.
13. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В., Павленкова Н. И. и др.—Глубинное строение Равнинного Крыма и Присивашья по геофизическим данным. В кн.: Материалы геофизических исследований территории Украины. 6 (8), Изд-во АН УССР, К., 1963, стр. 3—15.
14. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В.—Глубинное строение и эволюция земной коры. В кн.: Проблемы физики Земли Украины, «Наукова думка», 1975, стр. 118—142.
15. Соллогуб Н. В.—Некоторые данные о глубинном строении земной коры Степного Крыма. Геофиз. сб. АН УССР, К., 68, 1975, стр. 45—55.
16. Чекунов А. В.—Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. «Наукова думка», 1972.

Институт геофизики АН УССР,
г. Киев

Поступила в редакцию
29.I 1976 г.

N. V. Sologub

STRUCTURE OF THE MOUNTAIN CRIMEA EARTH'S CRUST FROM THE DATA OF DEEP SEISMIC SOUNDING (DSS)

Summary

The article deals with results of seismic studies of DSS along the Sevastopol-Kerch profile elucidating the structure of Earth's crust and zone of transition to the mantle. On the basis of seismic horizons behaviour, the deep fault zones and crustal blocks characterized by different thickness of the crust are distinguished.

Institute of Geophysics, Academy of Sciences,
Ukrainian SSR, Kiev