Записки Санкт-Петербургского горного института им. Г.В.Плеханова.
1992. Т.135

УДК 551.241:550.834.32 (477.4/6)

О.М.ХАРИТОНОВ, Н.П.САННИКОВА,
А.А.ТРИПОЛЬСКИЙ

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАССЛОЕННОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Сейсмические волновые поля, зарегистрированные при региональных геофизических исследованиях методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) на Украинском щите, являются главным источником информации о строении литосферы этой крупной структуры Восточно-Европейской платформы. Одна из главных особенностей сейсмических записей ГСЗ заключается в регистрации выдержанных и устойчивых волн, связанных с кровлей, промежуточными границами и подошвой консолидированной коры, а также большого количества непротяженных осей синфазности, формирующих „штриховое" волновое поле.

„Штриховой" характер волнового поля обусловлен, по-видимому, интерференционными явлениями, связанными с дискретно-слоистой структурой консолидированной коры. Статистический анализ различных параметров „штрихового" поля позволяет изучать особенности распределения расслоенности и сопоставлять ее с глубинным строением Украинского щита. Такой анализ был выполнен по результатам интерпретации материалов ГСЗ на Украинском щите и некоторых сопредельных и однотипных структурах, в результате чего установлена взаимосвязь между расслоенностью, геолого-геофизическими и скоростными характеристиками земной коры [6-9, II, I2]. Выявлены следующие закономерности этой взаимосвязи:

I. Земная кора расслоена по глубине весьма неравномерно.

2. Области повышенной расслоенности проявляются в виде интерференционных аномалий волнового поля, пространственно сопоставляющихся в интервале глубин I0-I7 км с поверхностью K_2, в некоторых местах с подошвой волновода, а на глубине 38-47 км с разделом М.

3. Минимальная расслоенность земной коры отмечается в интервале глубин 26-37 км (область перехода от „гранитного" к „базальтовому" слою) [6].

4. Расслоенность консолидированной коры таких структур, как Украинский и Индийский щиты и Воронежский кристаллический массив, имеет близкие характеристики [7].

5. В пределах протоплатформенных блоков Украинского щита расслоенность земной коры удовлетворяет указанным общим закономерностям, в то время как раннепротерозойские геосинклинальные системы характеризуются максимумом расслоенности на глубине I5-35 км, между границами K_2 и М.

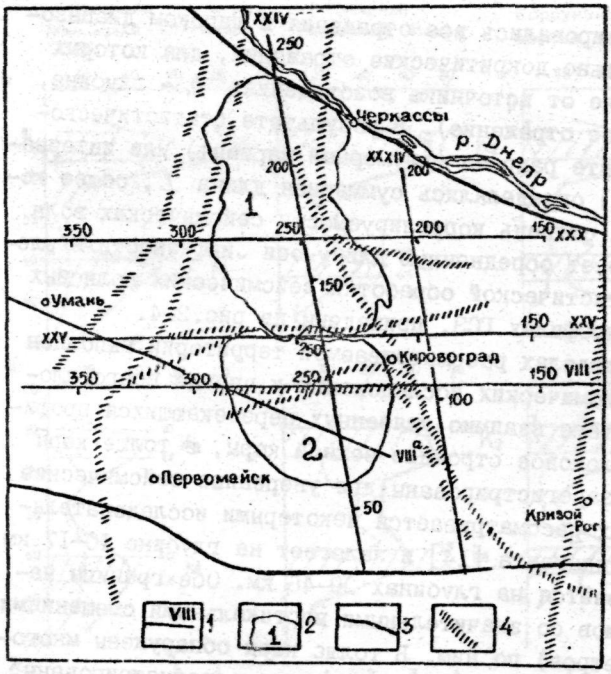


Рис.1. Обзорная карта района исследований
1 – профили ГСЗ; 2 – контуры структурных подразделений Украинского щита: Корсунь-Новомиргородского плутона (1) и Новоукраинского массива (2); 3 – контуры Украинского щита; 4 – главные глубинные разломы

По спектральным характеристикам коэффициентов отражения основных продольных волн изучена тонкослоистая структура границы K_2 и переходной зоны кора – мантия [9, 10]. Составлены акустические модели границы K_2 для различных блоков Украинского щита, представленные слоисто-инверсионными пачками с пониженными по сравнению со вмещающей средой скоростями. Установлено два типа акустических моделей перехода кора – мантия [4, 9, 13].

Настоящая работа представляет собой продолжение и развитие начатого ранее исследования расслоенности земной коры Украинского щита. Основное внимание уделялось детальному изучению расслоенности отдельных структур центральной части Украинского щита. С этой целью проанализированы сейсмические материалы региональных профилей ГСЗ Кировоград – Голованевск (УШ), Николаев – Канев (XXIУ) и Маньковка – Болтышка (XXX). В геологическом отношении наиболее крупными структурами изучаемой части Украинского щита являются Корсунь-Новомиргородский плутон и Новоукраинский массив (рис.I).

Корсунь-Новомиргородский плутон площадью 7800 км^2 сложен гранитами рапакиви и их фациальными разновидностями (80 % общей площади), основными породами типа габбро, анортозитов и габбро-анортозитов (20 % общей площади). Контакты гранитов с вмещающими породами имеют интрузивный характер без признаков ассимиляции.

С юга к Корсунь-Новомиргородскому плутону примыкает Новоукраинский массив площадью около 4000 км^2, сложенный преимущественно трахитоидными гранитами с небольшими включениями чарнокитов и монцонитов. Многие исследователи отмечают генетическую общность гранитоидов Новоукраинского массива и гранитов рапакиви Корсунь-Новомиргородского плутона.

Объектом изучения являлось „штриховое" волновое поле, зарегистрированное в последующей части записи и состоящее из большого числа непротяженных отрезков отраженных волн. Статистическая обработка волнового поля

велась по методике [II]. Анализировались все отражения в широком диапазоне углов падения, а также отдельно докритические отражения, для которых $l/h \leq 0{,}5$ (здесь l – удаление от источника возбуждения; h – глубина, от которой получено элементарное отражение). В результате статистического суммирования в каждом элементе разреза (двумерный вариант) или интервала глубины (одномерный вариант) определялись суммарная длина L, общее количество n осей синфазности и степень коррелируемости сейсмических волн $k = L/n$, которая характеризует осредненную длину оси синфазности в элементе разреза. Результаты статистической обработки сейсмических волновых полей, зарегистрированных на профилях ГСЗ, приведены на рис.2-4.

К настоящему времени в пределах рассматриваемой территории выполнен большой объем региональных сейсмических исследований и прежде всего площадные работы ГСЗ-КМПВ по системе взаимно увязанных пересекающихся профилей [I-5]. Выявлено слоисто-блоковое строение земной коры, в толще коры и верхней мантии повсеместно зарегистрированы две уверенные сейсмические границы: K_2 и М. Первая из них рассматривается некоторыми исследователями как реликт лунного протофундамента [I4] и залегает на глубине I0-I7 км, вторая – раздел М – прослеживается на глубинах 39-46 км. Обе границы нарушены рядом глубинных разломов со значительными вертикальными смещениями (величиной в несколько километров) по ним. В толще коры обнаружены многочисленные непротяженные элементы, отражения от которых зарегистрированы как в докритической, так и в закритической области регистрации. Данные отражающие элементы и оси синфазности, по которым они построены, представляют главный объект исследований, выполненных в настоящей работе.

Рассмотрим вначале графики расслоенности, составленные по материалам широтного профиля Маньковка – Болтышка (XXX) и субмеридионального профиля Канев – Николаев (XXIУ). Характер распределения закритических отражений с глубиной для обоих профилей сходен: максимумы расслоенности приходятся в общем на диапазоны глубин залегания границ K_2 и М (рис.2, а и б). Максимум, приуроченный к границе K_2, несколько шире (глубины I0-20 км), чем область существования данной границы (I0-I7 км). Это хорошо согласуется с результатами исследования тонкослоистой структуры границы K_2 [I0], согласно которым рассматриваемый горизонт в центральной части Кировоградского блока представлен мощной слоисто-инверсионной пачкой пород, залегающей в интервале глубин I0-I9 км. Отражения от элементарных слоев этой пачки и формируют наблюдаемые максимумы расслоенности. Отмечается некоторое расхождение между областью залегания раздела М и соответствующим максимумом (рис.2,а). Забегая вперед, отметим, что такое расхождение, при котором максимум пространственно смещен в нижнюю кору, фиксируется и на графиках, составленных по материалам наблюдений по Корсунь-Новомиргородскому плутону и Новоукраинскому массиву. На наш взгляд, такое расхождение вызвано тем, что нижняя часть коры Кировоградского блока характеризуется интенсивной инверсионной дифференциацией при мощности отдельных слоев от 0,5 до 3 км [9]. При такой дифференциации среды плотность отражений от отдельных слоев, естественно, возрастает.

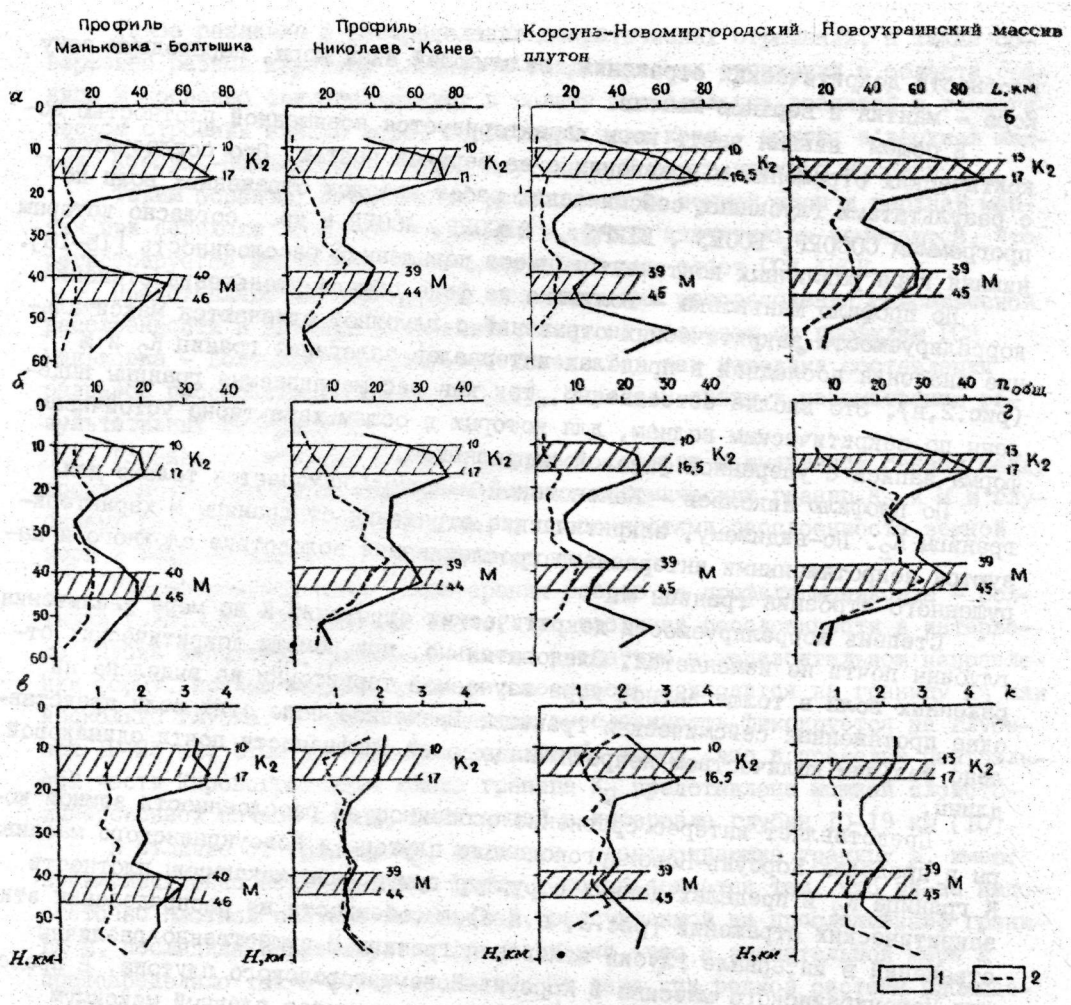


Рис.2. Особенности сейсмической расслоенности по профилям Маньковка - Болтышка, Николаев - Канев, Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива: а - зависимости суммарной длины осей синфазности L в элементе разреза от глубины H; б - зависимости количества осей синфазности n в элементе разреза от H; в - зависимости степени коррелируемости $k = L/n$ от H

1 - учтены все отражения в широком диапазоне углов падения; 2 - учтены докритические отражения

В отличие от закритических, докритические отражения распределяются по глубине иным образом. Для них, как правило, не отмечается характерное для закритических отражений соответствие между максимумами расслоенности и интервалами залегания границ K_2 и М. Закономерности пространственного распределения отражений здесь совершенно другие. Как видно из графиков (рис.2, а и б), увеличение плотности докритических отражений наблюдается, начиная с глубин 20-30 км. Максимум может быть либо четко выражен (низы коры), либо проявляться в виде растянутой по глубине области повышенной

плотности докритических отражений, включающей низы коры, переходную зону кора – мантия и верхнюю мантию.

В общем нижняя часть коры характеризуется повышенной плотностью докритических отражений в сравнении с ее верхней частью. Это согласуется с результатами глубинных сейсмических работ методом отраженных волн по программам COCORP, ECORS, BIRPS, DECORP, ACORP и др., согласно которым нижняя кора различных континентов имеет повышенную расслоенность [15-18].

По профилю Маньковка – Болтышка на фоне общего уменьшения степени коррелируемости закритических отражений с глубиной отмечаются максимальные значения последней в пределах интервалов залегания границ K_2 и M (рис.2,в). Это вполне естественно, так как рассматриваемые границы выделены по закритическим волнам, для которых в общем характерна устойчивая форма записи с уверенной фазовой корреляцией.

По профилю Николаев – Канев такой максимум намечается только для границы K_2. По-видимому, закритические отражения от границы M характеризуются непротяженными интервалами прослеживания вследствие сложного и нарушенного строения границы M.

Степень коррелируемости докритических отражений K по мере увеличения глубины почти не изменяется. Следовательно, при помощи докритических отраженных волн в толще земной коры изучаемой территории не выделена ни одна протяженная сейсмическая граница. Временное поле этих волн представлено большим количеством непротяженных осей синфазности почти одинаковой длины.

Представляет интерес сравнение особенностей расслоенности земной коры в пределах Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива. К границе K_2 в пределах данных структур приурочены максимумы плотности закритических отражений (рис.2, а и б). Особенности же распределения этих отражений в интервале глубин залегания границы M существенно различны для Новоукраинского массива и Корсунь-Новомиргородского плутона. В пределах Новоукраинского массива границе M соответствует плавный максимум плотности закритических отражений. Для границы M Корсунь-Новомиргородского плутона характерен минимум отражений, а максимумы фиксируются в низах коры (выше границы M на несколько километров) и в верхней мантии.

Таким образом, при генетической общности гранитоидов Новоукраинского массива и гранитов рапакиви Корсунь-Новомиргородского плутона наблюдается существенное различие между этими структурами в расслоенности границы M и нижней коры. Такое же различие фиксируется при сравнении докритических отражений.

В Корсунь-Новомиргородском плутоне небольшое повышение плотности докритических отражений отмечено на глубине 33-50 км (низы коры – верхи мантии). Верхняя и средняя кора имеет невысокую плотность отражений.

Для земной коры и верхней мантии района Новоукраинского массива характерна высокая плотность данных отражений в интервале 18-55 км с небольшим максимумом на уровне границы M.

Такое различие в распределении докритических отражений, а также совершенно разный характер плотности закритических отражений в области границы М косвенно свидетельствуют в пользу значительных различий в геологическом строении нижней коры, переходной зоны кора – мантия и верхней мантии Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива.

Таким образом, особенности расслоенности земной коры и верхней мантии при переходе от одной структуры к другой значительно изменяются, что регистрируется при помощи детальных площадных работ ГСЗ-КМПВ.

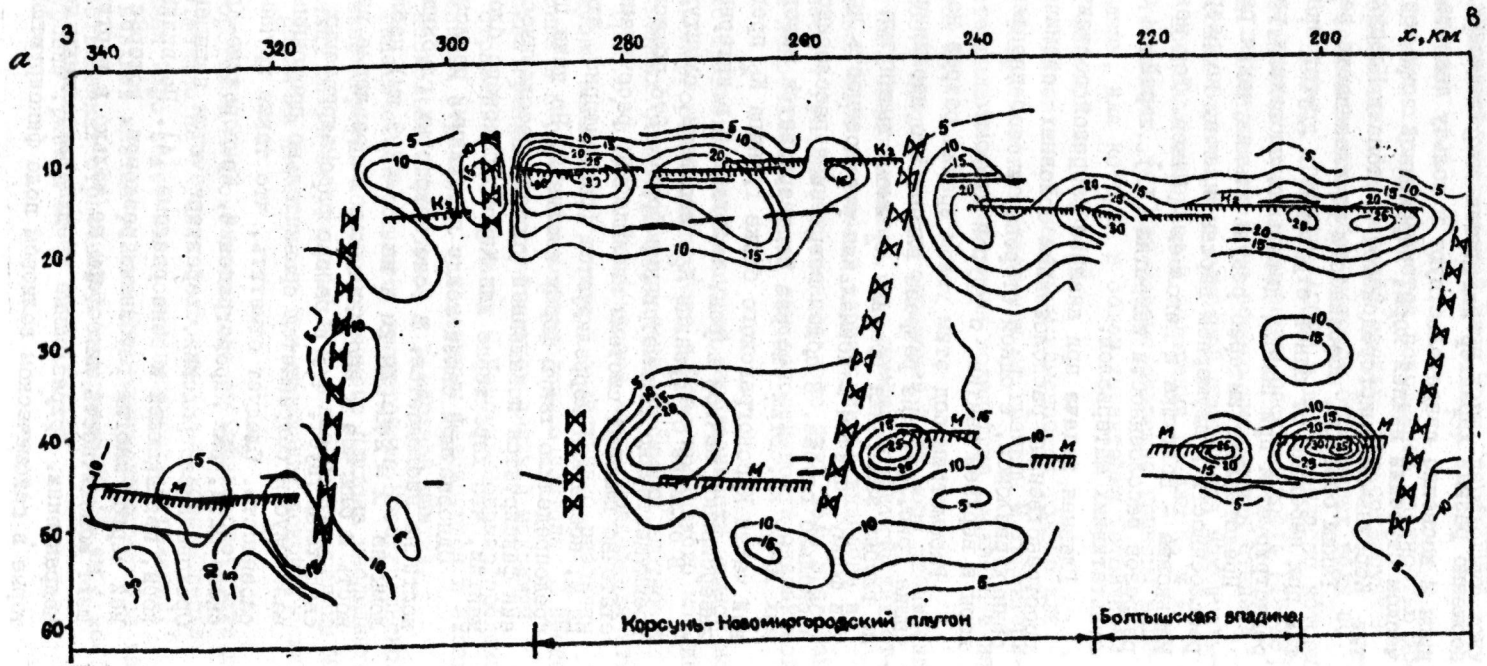
Представляют интерес результаты изучения распределения сейсмической расслоенности в двумерном варианте, т.е. на разрезах по профилям ГСЗ Маньковка – Болтышка и Николаев – Канев. Так как методика составления разрезов расслоенности известна [II], перейдем сразу к рассмотрению результативных материалов.

Главная задача при анализе разрезов состоит в выявлении связей между пространственным расположением основных сейсмических границ K_2 и М и глубинных разломов, с одной стороны, и особенностями расслоенности земной коры и верхней мантии, с другой стороны.

Рассмотрим под этим углом зрения разрез по профилю Маньковка – Болтышка (рис.3,а). Из разреза видно, что изолинии расслоенности в интервале глубин залегания границы K_2 имеют вытянутую в горизонтальном направлении форму, причем максимальная расслоенность приходится на границу K_2 или несколько глубже. В общем повышенная расслоенность фиксируется на глубинах 10–25 км. Этим еще раз подтверждается вывод, что в пределах центральной части Кировоградского блока граница K_2 представлена мощной слоисто-инверсионной пачкой пород, залегающей в интервале глубин 10–19 км [10].

В отличие от границы K_2, изолинии, оконтуривающие границу М, имеют преимущественно асимметричную форму. Это объясняется тем, что из-за недостаточно плотной системы наблюдений, рассчитанной на прослеживание границы М, последняя коррелируется фрагментарно, что в значительной мере и предопределило такую форму изолиний. Но даже при редкой системе наблюдений фиксируется повышенный уровень расслоенности нижней коры и верхней мантии, что характерно для Кировоградского блока [9].

Однозначной связи между глубинными разломами и характером расслоенности не наблюдается. В зоне некоторых глубинных разломов (например, разломы на $x = 240 \div 245$ км и на $x = 295$ км) наблюдается повышенная расслоенность и близкое к вертикальному направление изолиний. Такое направление свидетельствует, что в районе рассматриваемых разломов в некотором интервале глубин сохраняется сравнительно постоянный и повышенный уровень расслоенности. Следует отметить, что такие крупные глубинные разломы Украинского щита, как Кировоградский, Криворожско-Кременчугский, Тальновский и Орехово-Павлоградский, характеризуются повышенной расслоенностью земной коры, примыкающей к зоне разлома [4]. По-видимому, это является характерной чертой многих глубинных разломов, которые при своем образовании нарушают монолитность литосферы не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении. Приразломные трещины заполнены межпластовыми интрузиями, которые в сейсмическом волновом поле фиксируются серией коротких годографов отраженных волн.


а
3
6
340
320
300
280
260
240
220
200
x, км
10
20
30
40
50
60
Корсунь-Новомиргородский плутон
Болтышская впадина

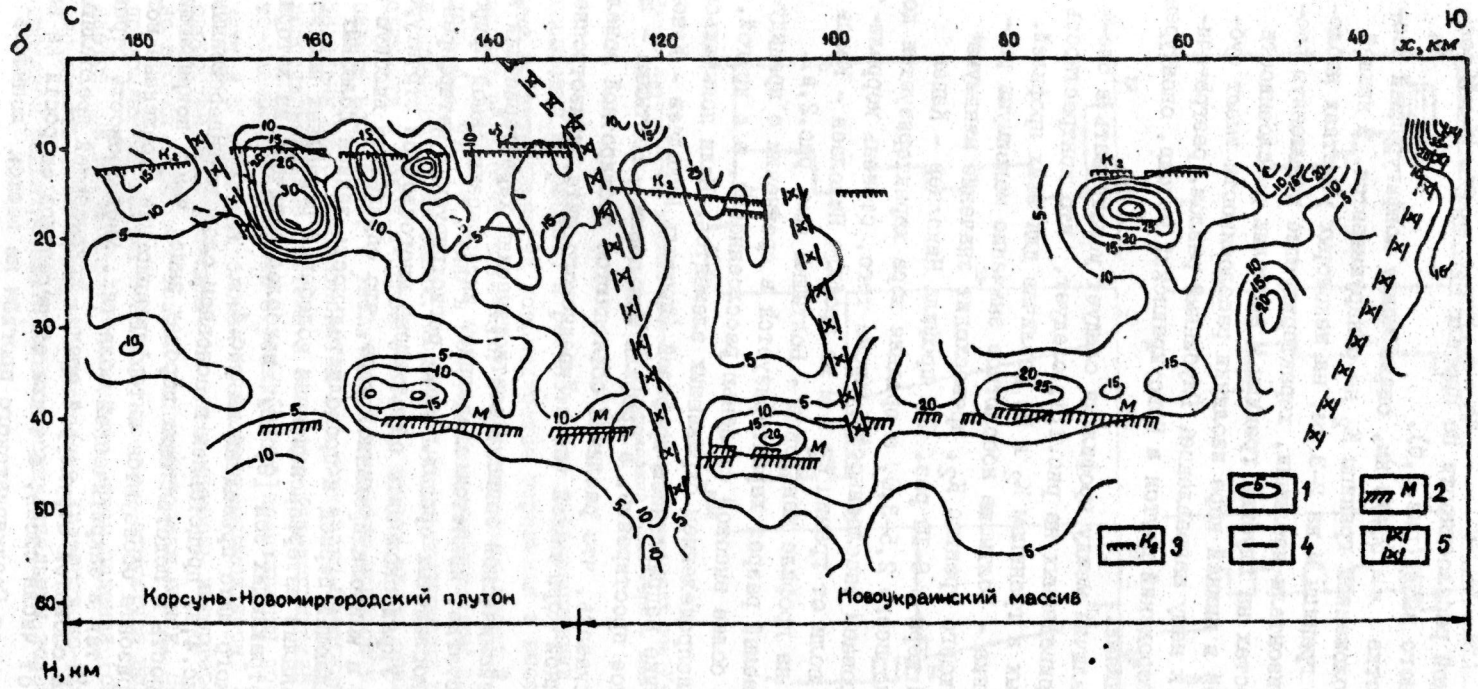


Рис.3. Глубинный разрез и характер сейсмической расслоенности земной коры и верхней мантии по профилю Маньковка – Болтышка (а) и Николаев – Канев (б)

1 – изолинии расслоенности; 2 – поверхность раздела М; 3 – граница K_2; 4 – отражающие площадки в толще земной коры; 5 – глубинные разломы по данным ГСЗ

Характер сейсмической расслоенности по профилю Николаев – Канев резко отличается от описанного выше (рис.3,б).

За исключением участка $x = 55 \div 70$ км, связь между конфигурацией изолиний расслоенности и положением границы K_2 не обнаруживается. В нижней части земной коры, выше границы М на 2–3 км, на некоторых участках наблюдаются вытянутые по горизонтали изолинии, характеризующие повышенную расслоенность. В других местах на глубине границы М аномалии расслоенности не прослежены. В средней и нижней коре изолинии расслоенности имеют субвертикальное и близкое к нему направление. Глубинный разлом, разграничивающий Корсунь-Новомиргородский плутон и Новоукраинский массив, оконтурен субвертикальными изолиниями.

Причину такого различия между профилями следует усматривать в следующем. Из графиков, приведенных на рис.2,а, следует, что контрастность максимумов, приуроченных к границам K_2 и М, различна для этих профилей. Так, на профиле Маньковка – Болтышка абсолютное значение максимума расслоенности, соответствующего границе K_2, превосходит значение минимума в средней части земной коры в 8–10 раз. Для профиля Николаев – Канев такое соотношение равно всего 2,5–3,0, а средняя кора характеризуется довольно значительным уровнем расслоенности. Кроме того, степень коррелируемости сейсмических волн от границ K_2 и М на профиле Николаев – Канев значительно ниже, чем на профиле Маньковка – Болтышка (см. рис.2,в).

Итак, рассматриваемый разрез характеризуется в сравнении с предыдущим, с одной стороны, более высокой степенью расслоенности, а с другой, менее упорядоченным распределением отражающих элементов. Если попытаться объяснить такое различие направлением профилей (профиль Николаев – Канев имеет субмеридиональное простирание, а профиль Маньковка – Болтышка – широтное), то следует сказать, что различия объясняются субширотной зональностью консолидированной коры южной части Украинского щита, анизотропией ее структуры.

Многофазность сейсмической записи, статистические характеристики которой рассмотрены в статье, является следствием интерференционной природы волновых полей в тонкослоистых средах. Форма регистрируемых интерференционных колебаний на Украинском щите обусловлена многослойной структурой отражающих элементов в консолидированной коре, что определяет высокую интенсивность, преобладающий период и продолжительность записи полезных волн. Спектральный анализ интерференционных колебаний позволяет построить эффективные модели отражающих зон [9, 10], наиболее типичные из которых для условий Украинского щита приведены на рис.4.

Горизонт K_2 (рис.4,а) представлен в основном слоисто-инверсионными пачками, причем скорость в подстилающих породах выше, чем в покрывающих. Поэтому от этого горизонта образуются интерференционные отраженные волны как в докритической, так и закритической областях. Многофазность отраженных волн обусловлена слоистой структурой среды, покрывающей преломляющую границу, и зависит от числа слоев, а также от перепадов скорости на их границах. С удалением от Предкарпатского прогиба на восток мощность

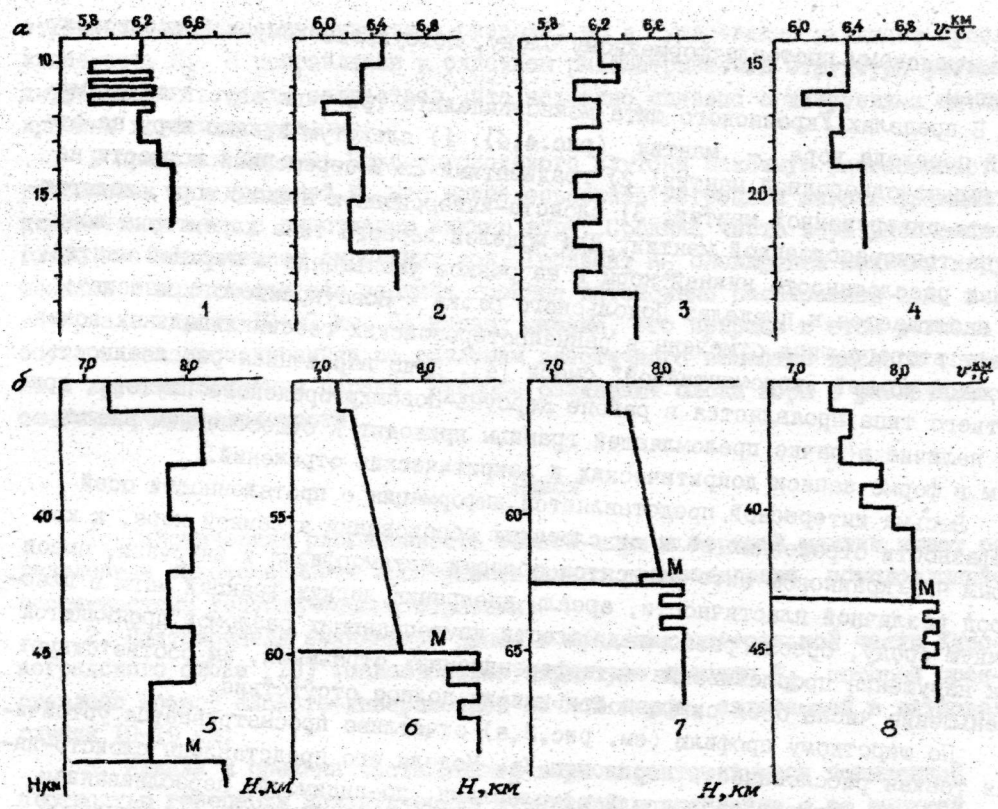


Рис.4. Акустические модели наиболее типичных отражающих зон Украинского щита: а – горизонта K_2 (модели 1–4); б – переходной зоны кора – мантия (модели 5–8)

горизонта K_2 растет, а резкость его дифференциации убывает. Слабовыраженные по интенсивности докритические отражения и высокая амплитуда закритических волн свидетельствуют о сравнительно простой структуре пачки (модель 4), что отмечено в Корсунь-Новомиргородском плутоне, Новоукраинском и Приазовском массивах. Моделям 1–3 соответствуют отражения высокой интенсивности в докритической области, причем число осей синфазности в волновом пакете возрастает с увеличением мощности горизонта. В этом отношении показательны Одесско-Ядловская и Белоцерковско-Одесская раннепротерозойские геосинклинальные системы и особенно Кировоградский протоастенолит. Слоисто-инверсионные пачки ограниченного простирания достаточно надежно выделяются в отдельных блоках консолидированной коры. В их пределах перепады скоростей незначительны, но интенсивность интерференционных волн достаточно высока в связи с тонкой расслоенностью пачек. Вероятность появления преломляющих границ невелика, поэтому структура волновых пакетов сохраняется при значительном изменении углов падения (см. рис.2). Подобная расслоенность средней коры свойственна Криворожско-Крупецкой и Орехово-Павлоградской раннепротерозойским геосинклинальным зонам [4], в какой-то мере

Кировоградскому протоплатформенному блоку, Новоукраинскому и Приазовскому массивам.

В пределах Украинского щита можно выделить три типа акустических моделей перехода кора – мантия (рис.4,б): I) слоистую нижнюю кору на относительно однородной мантии; 2) градиентный слой переменной мощности на слоисто-инверсионной мантии; 3) слоисто-инверсионную нижнюю кору, залегающую на тонкорасслоенной мантии. Для моделей первого типа характерна повышенная расслоенность нижней коры и ее резкое уменьшение в верхней мантии, что наблюдается в пределах Подольского блока и Новоукраинского массива; модели второго типа отмечены в раннепротерозойских геосинклинальных зонах с мощной толщей «коромантийной" смеси [4]. Ярко выраженная расслоенность третьего типа проявляется в районе Корсунь-Новомиргородского плутона, причем наличие в пачке преломляющей границы приводит к существенным различиям в форме записи докритических и закритических отражений.

Весьма интересной представляется информация о протяженности осей синфазности отраженных волн от слоистых образований в земной коре, к которым на Украинском щите относятся области метаморфизма и интрузии, смеси пород различной пластичности, ареалы внедрения легких фракций магм в пластичную среду, ореолы разломов. Области крутопадающих разломов проявляются как нарушения прослеживания интерференционных отражений, им соответствует уменьшение числа осей синфазности или их полное отсутствие.

По широтному профилю (см. рис.3,а) отчетливо просматривается устойчивая тонкая расслоенность горизонта K_2. Модели его представлены слоисто-инверсионными пачками, а природа обусловлена, по-видимому, переслаиванием кислых пластичных и хрупких основных пород с развитой субгоризонтальной трещиноватостью. Субвертикальные глубинные разломы служат каналами миграции пластичного вещества и высокотемпературных флюидов и поэтому оконтуриваются прилегающими слоистыми отражающими пачками. Субгоризонтальные и наклонные разломы могут проявляться как отражающие элементы разреза. Нижняя кора Корсунь-Новомиргородского плутона характеризуется повышенной расслоенностью в областях нарушения корреляции границы М, что можно объяснить внедрением интрузий из верхней мантии. Миграцией мантийного вещества объясняется также расслоенность литосферы до глубин около 60 км. Болтышская впадина характеризуется не только погружением границы K_2, но и повышением глубины залегания раздела М до 40–42 км, причем последнему соответствует максимум устойчивой расслоенности переходной зоны кора – мантия.

На профиле Канев – Николаев отмечено изменение структуры земной коры при переходе от центральной части Украинского щита (Корсунь-Новомиргородский плутон) к его южному склону (Новоукраинский массив). Здесь изменяется мощность всей литосферы, и в верхней мантии Новоукраинского массива появляются астенолиты, влияние которых на слоистость нижней литосферы отчетливо видно на рис.3,б. Под указанным массивом максимум расслоенности переходной зоны кора – мантия соответствует границе М на фоне достаточно интенсивной дифференциации нижней коры. В центральной части Новоукраинского массива земная кора слабо дифференцирована, что не только обусловливает отсутствие

отражений от локальных участков разреза, но и существенно ухудшает прослеживаемость K_2. В направлении к окраинам рассматриваемой структуры резкость дифференциации среды возрастает, что, возможно, связано с интрузиями вдоль краевых глубинных разломов.

В пределах Корсунь-Новомиргородского плутона максимум расслоенности расположен над границей М, что можно объяснить миграцией легких фракций пиролитовых магм в пластичную нижнюю кору. Средняя часть коры расслоена слабо, за исключением окраинных зон. Горизонт K_2 блокирован мелкими нарушениями и выделяется как верхняя граница интенсивно расслоенной зоны в интервале глубин 10-20 км. По нашему мнению, его природа в этом регионе обусловлена просачиванием по разломам пластичного вещества кислого состава в хрупкие основные породы. Разломы разделяют блоки коры с различными особенностями слоистости.

Вывод

1. Сейсмическая расслоенность земной коры и верхней мантии имеет определенные закономерности пространственного распределения, обусловленные особенностями тектонического строения.

2. Подтверждена выявленная ранее в пределах центральной части Кировоградского блока [10] тонкослоистая структура границы K_2, которая представлена мощной слоисто-инверсионной пачкой пород, залегающей в интервале глубин 10-19 км.

3. Нижняя и средняя части земной коры характеризуются повышенной плотностью генерации докритических отражений в сравнении с ее верхней частью. Этот вывод принципиально согласуется с результатами зарубежных сейсмических работ МОВ по программам COCORP, ECORS, BIRPS, DECORP, ACORP и др., согласно которым нижняя кора различных континентов имеет повышенную расслоенность.

4. Корсунь-Новомиргородский плутон и Новоукраинский массив отличаются друг от друга многими особенностями сейсмической расслоенности, что может косвенно свидетельствовать о значительных различиях в строении литосферы этих структур.

5. На основании различий в характере расслоенности по профилям Маньковка – Болтышка и Николаев – Канев сформулировано предположение о существовании субширотных неоднородностей консолидированной коры при переходе от центральной части Украинского щита к его южному склону.

6. Спектральный анализ интерференционных записей позволяет построить эффективные модели отражающих зон в консолидированной коре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильченко Т.В. Результаты обработки материалов метода ГСЗ по профилю Черкассы – Новый Буг (Украинский щит) и их точность // Геофизический журнал. 1983. Т.5. № 4. С.51-57.

2. Ильченко Т.В., Крюченко В.А. Результаты комплексной интерпретации сейсмических и гравиметрических данных по профилю ГСЗ ХХУ Бабанка – Пятихатки // Геофизический журнал. 1981. Т.3. № 1. С.94–104.

3. Крюченко В.А., Половинкин Б.В., Трипольский А.А. Глубинное строение земной коры центральной части Украинского щита по профилю ГСЗ Николаев – Канев // Геофизический журнал. 1981. Т.3. № 2. С.82–88.

4. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IУ, У1, УIII / Т.В.Ильченко, Н.В.Сологуб, А.А.Трипольский и др. Киев: Наукова думка, 1988. 172 с.

5. Сейсмическая модель верхней мантии Украинского щита / А.В.Чекунов, А.А.Трипольский, В.С.Гейко и др. // Докл. АН СССР. 1986. Т.291, № 2. С.440–443.

6. Трипольский А.А. О слоистости земной коры Украинского щита // Докл. АН УССР. Сер.Б. 1979. № 4. С.266–269.

7. Трипольский А.А. Характер расслоенности земной коры Восточной Украины // Докл. АН УССР. Сер.Б. 1980. № 8. С.24–27.

8. Трипольский А.А. Сопоставление слоистости земной коры Украинского и Индийского щитов // Докл. АН УССР. Сер.Б. 1981. № 7. С.32–34.

9. Трипольский А.А., Харитонов О.М. Исследование тонкослоистой структуры переходной зоны кора – мантия на примере Украинского щита // Геофизический журнал. 1984. Т.6. № 2. С.43–48.

10. Трипольский А.А., Харитонов О.М. Тонкослоистая структура горизонта K_2 в верхней части консолидированной коры Украинского щита // Геофизический журнал. 1984. Т.6. № 6. С.19–24.

11. Трипольский А.А., Квачук Л.А., Трипольская В.А. Особенности сейсмической расслоенности земной коры Кировоградского блока // Геофизический журнал. 1984. Т.6. № 3. С.88–94.

12. Трипольский А.А. Тонкая слоистость земной коры Украинского щита // Докл. АН УССР. Сер.Б. 1987. № 7. С.33–34.

13. Трипольский А.А., Харитонов О.М. Сейсмические исследования тонкослоистой структуры Украинского щита // Литосфера Центральной и Восточной Европы. Восточно-Европейская платформа. Киев: Наукова думка, 1989. С.160–165.

14. Чекунов А.В. Земная кора Украинского щита и некоторые важные моменты становления фундамента древних платформ // Докл. АН УССР. Сер.Б. 1976. № 10. С.893–896.

15. Operations and main results of the ECORS project in France / Bois C., Damotte B., Masele A. et al. // Geophysical Journal of Royal Astronomic Society. 1987. V. 89, N. 1. P. 279-286.

16. Results of the DECORP 4/KTB Oberpfalz deep seismic reflection investigation / Bortfeld R.K., Keller F., Sieron B. et al. // Journal of Geophysics. 1988. V. 62, N. 2. P. 69-101.

17. COCORP: new perspectives on the deep crust / Brown L., Ville D., Zheng L. et al. // Geophysical Journal of Royal Astronomic Society. 1987. V. 89, N. 1. P. 47-54.

18. Mooney W. D., Brocher T. M Coincident seismic reflection / refraction studies of the continental lithosphere: a global review Reviews of Geophysics. 1987. V. 25, N. 4. P. 723-742.