

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ им. С. И. СУББОТИНА

На правах рукописи

ТРИПОЛЬСКИЙ АЛЕКСАНДР АНДРЕЕВИЧ

УДК 550.834.32/5:551.14

**СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРЫ ДРЕВНИХ ЩИТОВ
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Специальность 04.00.22.— Геофизика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Киев 1995

АВ 32.784

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Институте геофизики им. С. И. Субботина Национальной Академии наук Украины

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук В. А. Дядюра (Институт геофизики НАН Украины, г. Киев),

доктор геолого-минералогических наук Ю. Б. Щербаков (Институт геохимии, минералогии и рудообразования, г. Киев), профессор

доктор геолого-минералогических наук Ю. К. Щукин (ВНИИ-Геофизика, г. Москва), профессор

Ведущая организация:

Государственное геологическое предприятие «Геопрогноз», г. Киев

Защита состоится 6 октября 1995 г. в 13.00 час. на заседании специализированного совета Д 01.95.01 при Институте геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины: 252680, г. Киев-142, пр. Палладина, 32.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины

Автореферат разослан «20» . июля . . . 1995 г.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00755401 (M)

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор физико - математических наук

В. С. Гейко

Общая характеристика работы .

Актуальность проблемы. В настоящее время наблюдается лавинообразное возрастание объемов исследований литосферы и земной коры сейсмическими методами. В сферу изучения вовлекаются все новые и новые регионы, растет глубинность и разрешающая способность методов. Вместе с тем, темпы и масштабы осмысливания и обобщения новых материалов все еще значительно отстают от темпов роста экспериментальных исследований, осуществляемых в различных уголках земного шара. Отдельные попытки обобщений и сопоставлений в пределах крупных, но все же ограниченных регионов, на современном этапе не могут удовлетворить геолого-геофизическую науку. В то же время, не вызывает сомнения необходимость и актуальность глобальных обобщений, результаты которых позволяют верно оценить основные итоги исследований и наметить новые пути развития геолого-геофизических наук, во многом определяемые адекватным осмысливанием пройденного пути.

Принятая в настоящее время трехслойная сейсмическая модель консолидированной коры древних платформ во многом устарела, так как уже не соответствует новым результатам исследования методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) в пределах докембрийских щитов, что будет показано в настоящей работе. Не лучше обстоит вопрос и с синтезом данных глубинных исследований методом отраженных волн - общей глубинной точки (МОВ-ОГТ). Отдельные обобщения, выполненные для ограниченных регионов на основании неполных данных (Кунин, 1989; Sadowiak, Meisner, 1992), не охватывают все многообразие материалов, полученных в последние годы.

Вместе с тем, глобальные обобщения региональных сейсмических материалов ГСЗ и МОВ-ОГТ, полученных на всех континентах Земли, отсутствуют. Назрела настоятельная необходимость в сис-

тематизации и осмысления этих материалов, что позволит повысить их информативность и наметить перспективы новых исследований.

Этим определяется актуальность настоящей работы, где на основании анализа и синтеза обширных материалов ГСЗ, с одной стороны, и МОВ-ОГТ, с другой, предложены новые сейсмические модели земной коры континентов. Работа направлена на изучении фундаментальных закономерностей строения земной коры, синтезированных в сейсмических моделях.

Целью исследований является обобщение материалов ГСЗ и МОВ-ОГТ и выявление на этой основе общих закономерностей строения кристаллической коры докембрийских щитов северного полушария Земли и земной коры континентов.

Основные задачи работы. Для реализации поставленной цели в работе сформулированы следующие задачи:

1. Анализ и обобщение результатов региональных сейсмических исследований ГСЗ и МОВ-ОГТ, проведенных к настоящему времени на территории докембрийских щитов северного полушария (ГСЗ) и крупных континентальных структур различного возраста (МОВ-ОГТ).

2. Составление обобщенных сейсмических моделей земной коры докембрийских щитов северного полушария Земли по данным ГСЗ.

3. Составление принципиальной сейсмической модели земной коры континентов по данным МОВ-ОГТ.

Научная новизна. В работе с целью определения средней мощности, изучения скоростных параметров и других характеристик земной коры докембрийских щитов северного полушария рассмотрено и проанализировано свыше 20000 пог. км сейсмических разрезов ГСЗ. Установлено, что средние мощности земной коры щитов лавразийской группы мало отличаются друг от друга: Украинский щит - 44.6 км, Балтийский щит - 43.8 км, Канадский щит - 43.5 км.

Анализ распределения сейсмических скоростей в земной коре показал, что щиты лавразийской группы (а также Индийский щит) характеризуются близкими скоростными параметрами.

Установлено, что на щитах волновод залегает преимущественно в верхней коре щитов на глубинах 4-17 км, осредненный интервал- 6.0-12.3 км. Средняя глубина волновода остается постоянной в областях с разными мощностями земной коры, то есть, не зависит от ее мощности. Это объясняется тем, что геолого-геофизические процессы и явления, определяющие природу волновода (зона повышенной пористости и трещиноватости, дилатационные явления, геодинамические процессы, сопровождаемые землетрясениями), наблюдаются в близких интервалах глубин.

Скорости сейсмических волн в зонах щитов с утолщенной корой в среднем на 0.05-0.10 км/с выше, чем в областях с нормальной корой. Превышение отмечено во всей толще коры, за исключением небольшого интервала глубин - 11-17 км. Это отличается от существующих в настоящее время представлений, согласно которым повышенные скорости в зонах с утолщенной корой приурочены к их низам и к переходной зоне кора-мантия. Повышенные скорости вызваны уплотнением зон с утолщенной корой, которые в сравнении с нормальной корой глубже погружены в подкоронный субстрат.

Сейсмическая расслоенность коры щитов неоднородна и подвержена значительным изменениям по латерали и по вертикали. Волны от промежуточных границ регистрируются в общем фрагментарно. Сейсмические границы, которые можно было бы проследивать от региона к региону, за исключением поверхностей Мохоровичича и докембрийского фундамента, в коре щитов не прослеживаются.

В результате анализа и сопоставления данных глубинных сейсмических исследований составлена обобщенная одномерная сейсмическая модель земной коры Украинского, Балтийского, Канадского

и Индийского щитов.

Предложена двухмерная сейсмическая модель земной коры докембрийских щитов северного полушария Земли. В основу модели положены основные особенности прослеживания на многочисленных разрезах ГСЗ поверхности раздела Мохоровичича (поверхности М), волноводов, переходной зоны кора-мантия, граничных скоростей на поверхности М, областей повышенной и пониженной расслоенности, глубинных разломов и т.д.

На основании изучения и сопоставления данных исследований МОВ-ОГТ на континентах установлено, что между областями докембрийской и фанерозойской консолидации не существует принципиальных различий в характере расслоенности земной коры. Этим были созданы благоприятные предпосылки для разработки принципиальной сейсмической модели земной коры континентов по данным МОВ-ОГТ, осуществленной в настоящей работе.

Практическая ценность работы вытекает из результатов обобщения большого объема сейсмических материалов и данных ГСЗ и МОВ-ОГТ, что имеет важное значение для решения различных геолого-геофизических проблем. Предложенные в работе сейсмические модели могут быть использованы при составлении комплексных геофизических, петрофизических и реологических моделей земной коры и литосферы в целом, при сопоставлении глубинного строения докембрийских щитов и других структур, при геотектоническом районировании, для решения общих задач тектоники и сейсмологии.

Реализация результатов. Результаты исследований глубинного строения Украинского щита, проведенных при участии автора, неоднократно использовались при составлении тектонических и геолого-структурных карт Украинского щита, при составлении прогнозной металлогенической карты территории Украины и Молда-

вии, при глубинном тектоническом районировании и составлении плотностной, магнитной, геотермической, электромагнитной и петрофизической моделей Украинского щита, при составлении схемы поверхности М Украинского щита.

Предложенные в работе сейсмические модели по данным ГСЗ могут быть использованы при составлении геофизических, петрофизических и геологических моделей земной коры докембрийских щитов северного полушария, при синтезе и обобщениях регионального и глобального масштаба.

Сейсмогеологическая модель земной коры континентов по данным МОВ-ОГТ может использоваться при исследованиях закономерностей стратификации литосферы, определяющих особенности пространственного расположения месторождений полевных ископаемых, при изучении сейсмических неоднородностей, перспективных с точки зрения металлогении земной коры, при составлении геологических моделей земной коры и литосферы.

Апробация работы и публикации. Основные результативные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международном рабочем совещании по вопросам изучения глубинного строения земной коры сейсмическими методами (Киев, 1974), на Международных совещаниях по проектам I и II-I КАПГ (Киев, 1981, 1982, 1983, 1986, Ялта, 1983), на XIX, XX и XXIV Генеральных Ассамблеях Европейской сейсмологической комиссии (Москва, 1984; София, 1988; Афины, 1994), на XVIII Совещании КАПГ (Дагомыс, 1985), на XV, XVIII, XIX и XX Генеральных ассамблеях Европейского геофизического общества (Копенгаген, 1990; Висбаден, 1993; Гренобль, 1994; Гамбург, 1995), на XXVII и XXVIII Международных геофизических конгрессах (Москва, 1984; Вашингтон, 1989), на Международном совещании по проекту 275 МПГК (Лунд, 1990), на Международных совеща-

щениях по Глобальным геотрансектам (Копенгаген, 1990; Варшава, 1991), на IУ и UI Международных Симпозиумах "Сейсмические исследования отраженными волнами континентов и их окраин" (Байролт, 1990; Будапешт, 1994).

Основные положения диссертации изложены в 37 научных статьях и 7 научных отчетах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 345 наименований. Объем работы 335 страниц, в том числе 64 рисунка.

Фактический материал и личный вклад автора. Часть экспериментальных материалов, которые легли в основу диссертации, получена автором в 1965-1979 г.г. в процессе региональных исследований методом ГСЗ на Украинском щите. При активном участии автора отработана восточная часть IУ геотраверса Таганрог-Днепропетровск-Могилев-Подольский, профили Канев-Николаев и Маньковка-Болтышка. Помимо полевых исследований, автор в качестве руководителя камеральной группы принимал участие в обработке экспериментальных материалов на протяжении 1965-1982 г.г. Результаты обработки изложены в 6 научных отчетах, многочисленных публикациях и монографии "Литосфера Центральной и Восточной Европы, Геотраверсы IУ, UI и UIII" (Т.В. Ильченко, Н.В. Сологуб, А.А. Трипольский и др. - Киев; Наук. думка, 1988. - 172 с.).

В 1972-1975 г.г. автор принимал участие в полевых и камеральных работах при осуществлении исследований ГСЗ на Индийском щите (профили Кавали-Удипи и Койна-I). Результаты обработки материалов представлены в научном отчете и в публикациях.

При анализе и обобщении данных ГСЗ на Украинском, Балтийском, Канадском и Индийском щитах автор, кроме своих материалов, пользовался публикациями в зарубежных и украинских перио-

дических журналах и монографиях, а также фондовыми материалами.

При обработке данных сейсмических исследований МОВ-ОГТ на разных континентах земного шара автор пользовался многочисленными публикациями в зарубежных и украинских периодических научных журналах и монографиях.

Автор благодарен академику НАН Украины А.В. Чекунову, чл.-корреспонденту НАН Украины О.М. Харитонову, доктору геол.-мин. наук Ю.П. Оровецкому и доктору геол.-мин. наук С.С. Красовскому за консультации, замечания и полезные советы, которые были учтены при работе над диссертацией.

Отдельные положения работы обсуждались с докторами геол.-мин. наук О.Б. Гинтовым и В.Г. Гутерманом, с кандидатами геол.-мин. наук М.А. Бородулиным, Л.Т. Калужной, С.Н. Куликом и И.М. Логвиновым, за что автор выражает им свою благодарность.

Автор благодарен В.А. Трипольской за участие в интерпретации сейсмических материалов и за оформление данной работы.

Содержание работы.

ГЛАВА I. РЕГИОНАЛЬНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗЕМЛИ.

В главе рассмотрены главные черты геологического строения, сейсмическая изученность и основные геолого-геофизические характеристики земной коры докембрийских щитов северного полушария Земли (сейсмические волновые поля, мощность земной коры, скоростные параметры, граничные скорости на поверхности раздела М, расслоенность, волноводы, переходная зона кора-мантия, глубинные разломы и некоторые специфические структуры) по данным ГСВ.

К настоящему времени на территории щитов северного полушария выполнен большой объем региональных сейсмических исследо-

ваний. В пределах Украинского и Индийского щитов исследования осуществлялись по методике непрерывного профилирования, в пределах Балтийского и Канадского щитов - преимущественно по методике точечного профилирования.

Украинский щит представляет собой сложную неоднородно-блоковую структуру Восточно-Европейской платформы площадью около 250000 км² с общим юго-восточным простиранием. Щит сложен кристаллическими породами архея и раннего протерозоя с возрастом 3,8-1,7 млрд. лет. Глубинными разломами, основными из которых являются Тетеревский, Тальновский, Криворожско-Кременчугский и Орехово-Павлоградский, Украинский щит разделен на крупные блоки: Волынский, Подольский, Кировоградский, Приднепровский и Приазовский.

Первые сейсмические работы корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) на Украинском щите проведены в 1959-1963 г. на территории Белозерского железорудного района, в Криворожском бассейне, на Коростенском плутоне и Овручском грабен-синклинии и носили опытно-методический характер (В.Б. Соллогуб, А.В. Чекунов, Л.Т. Калужная, Л.А. Хилинский, 1963, 1965, 1966). В последующие годы выполнен большой объем профильных исследований КМПВ и ГСВ на территории основных структур щита (В.Б. Соллогуб, А.А. Трипольский, 1969; В.Б. Соллогуб, Л.Т. Калужная и др., 1970; А.В. Чекунов, 1972; В.Б. Соллогуб, А.В. Чекунов, А.А. Трипольский и др., 1977; В.Б. Соллогуб, 1982; Т.В. Ильченко, 1983; А.В. Чекунов, А.А. Трипольский, В.С. Гейко и др., 1986; В.Б. Соллогуб, 1986 и др.).

Балтийский щит занимает площадь 11 млн. км² и представляет собой наиболее крупный выступ раннедорифейского фундамента Восточно-Европейской платформы. Щит сложен кристаллическими породами архея и протерозоя преимущественно кислого состава.

В структуре щита различают три главные геотектонические провинции, разграниченные крупными глубинными разломами: центральную или Свекофеннскую, западную — Дальсландскую и восточную — Лапландско-Кольско-Карельскую.

Региональные сейсмические исследования проводятся на территории Балтийского щита более 30 лет (И.В. Литвиненко, К.А. Некрасова, 1962; И.В. Литвиненко, 1963, 1965, 1968, 1971; Земная кора.....1978; И.В. Литвиненко, 1984; М.А. Sellevoll, 1973; D.A. Galson, St. Mueller, 1986; H. Korhonen, U. Luosto, E. Lanne et al., 1987; V.N. Glaznev, A.B. Reevsky, N.V. Sharov, 1989; Yu.A. Burmakov, I.P. Kosminskaya, N.V. Sharov et al., 1991; Н.В. Шаров, 1993 и др.).

За последние 10-15 лет, благодаря отработке ряда международных профилей ГСЗ, региональные сейсмические исследования на Балтийском щите получили широкое развитие (профили Феннолора, Свека, Балтик, Полар, Финлеп, Кварц, Рубин, геотраверс I, программы BABEL, EISENO-S и др.) (Литосфера....., 1987; Н.В. Шаров, И.П. Косминская, И.Я. Азбель и др., 1990; A. Guterch, R. Materzok, E. Perchuc et al., 1985; U. Luosto, H. Korhonen, 1986; M. Grad, U. Luosto, 1987; EUGENO-S Working Group, 1988; D. Snyder, A. Barthelsen, S. Klempere et al., 1990; С.-Е. Lund, 1990; U. Luosto, 1990; B. Guggisberg, W. Kaminski, C. Prodehl, 1991; The BABEL Project, 1992; BABEL Working Group, 1993 и др.).

Канадский щит площадью около 5 млн. кв² занимает северо-восточную часть континента Северной Америки. Щит сложен архейскими гранитами и сланцами, претерпевшими интенсивный метаморфизм. По особенностям строения и развития щит разделяется на крупные провинции — Черчилл, Сьюпириор и Гренвилл. Широким развитием на щите пользуются раннепротерозойские складчатые поя-

са различного простирання, которые характеризуются большим сходством.

Региональные сейсмические исследования на Канадском щите начались в 1953 г. (М.Дж. Берри, 1969), проводились преимущественно на юге и востоке щита и, начиная с 1977 г., осуществлялись преимущественно по программам COCRUST и LITHOPROBE (A.G. Green, O.G. Stephenson, G.D. Mann et al, 1980; A.G. Green and R.M. Clowes, 1983; A.V. Boland, R.M. Ellis, 1988; W.T. Geis, A.F. Cook, A.G. Green et al., 1990; A. Green, B. Milkereit, J. Percival et al., 1990; S. Hughes, J.H. Luetgert, 1992; J.Wu, R.F. Mereu, 1992; R.M. Clowes, 1993 и др.).

В 1985 г. учеными Канады и США начата реализация программы GLIMPSE (J.C. Behrendt, H. Lee et al., 1990; GLIMPSE Seismic Refraction Working Group, 1989).

Индийский щит является крупнейшей составной частью Индийской платформы, которая представляет собой изолированный и сравнительно высоко поднятый над уровнем моря крупный (площадь свыше 2 млн. км²) южный выступ Азиатского континента. В пределах щита выделяются складчатые дарварская, восточно-гатская, сатпурская и делийская системы.

В южной части щита широко развиты сложенные кристаллическими сланцами синклиналильные структуры пояса дарварской складчатости и последарварские массивы гранитоидов.

Сейсмические исследования методом ГСЗ на Индийском щите осуществлялись с 1972 г. совместно украинскими и индийскими геофизиками вдоль профилей в районах с широким развитием поясов дарварской складчатости (южная часть щита) (Г.Е. Харченко, 1983; K.L. Kaila, K.Roy Chowdhury, P.R. Reddy et al., 1979; K.L. Kaila, H.C. Tewari, K.Roy Chowdhury et al., 1987), в области декканских траппов (северо-западная часть щита)

(К.Л. Kaila, P.R. Reddy, M.M. Dixit and M.A. Lazarenko, 1981;
K.L. Kaila, V.K. Rao and G.E. Kharechko, 1981; Г.Е. Харечко,
1983, V.G. Krishna, K.L. Kaila, P.R. Reddy, 1989)

и на территории некоторых грабенообразных впадин (в частности, грабена Годавари) (К.Л. Kaila, P.R.K. Murthy, V.K. Rao and N. Venkateswarlu, 1990).

Волновые поля докембрийских щитов северного полушария имеют много общих черт, обусловленным геологическим родством этих структур.

Повсеместно в первых вступлениях на удалениях $0 + 80 + 120$ км от источника возбуждения регистрируются преломленно-рефрагированные волны. Начиная с $170-280$ км, в первых вступлениях регистрируются малоинтенсивные преломленные волны от поверхности М.

Из волн, прослеженных в последующей части записи, наиболее выдержанными и интенсивными являются волны, отраженные от поверхности М. Область регистрации - $80 - 320$ км, годографы имеют четко выраженную гиперболическую форму. Отмечается многофазная и неустойчивая форма записи, осложненная интерференцией между отдельными фазами, что свидетельствует о сложном строении переходной зоны кора-мантия.

Волны, отраженные от промежуточных границ в коре, следятся на непротяженных интервалах - от нескольких километров до $10-15$ км. Исключение составляют волны от границы K_2 (Украинский щит) и некоторые волны от границ в коре Балтийского и Индийского щитов. В совокупности непротяженные волны формируют "штриховое" поле, характеризующее сейсмическую расслоенность коры.

По материалам 20000 пог. км глубинных сейсмических разрезов нами определены средние мощности земной коры изучаемых щитов в отдельности (Украинский - 44.6 км, Балтийский - 43.8 км, Канадский - 43.5 км, Индийский - 38.2 км) и всех щитов в целом - 43.0

км. Для перечисленных щитов (исключая Индийский) характерны близкие средние мощности коры. В общем, мощность коры щитов изменяется в широких пределах (30-65 км).

Анализ 67 графиков $V=f(H)$ показал, что щиты характеризуются также близкими скоростными параметрами. Начальные скорости изменяются в широких пределах (5.4-6.3 км/с), средняя начальная скорость равна 5.90 км/с. До глубины 3-4 км скорости нарастают с максимальным градиентом ($+0.06 \frac{I}{KM}$), далее увеличение скорости замедляется и в интервале 10-43 км скоростной градиент остается постоянным $-+0.020 \frac{I}{KM}$. Местами отмечен отрицательный градиент, обусловленный наличием волноводов.

В низах коры скорости достигают значения 6.7-7.1 км/с, в зонах с утолщенной корой (Украинский, Балтийский и Канадский щиты) - 7.1-7.8 км/с. Скорости в таких зонах на 0.05-0.10 км/с выше, чем в областях с нормальной корой. Этот результат является новым, так как в настоящее время существует представление, согласно которому повышенные значения скоростей приурочены исключительно к нижней части утолщенной коры (В.Л. Drummond, С.Д.Н. Collins, 1986). На наш взгляд, это объясняется уплотнением зон с утолщенной корой, вследствие чего они глубже погружены в подкоровый субстрат.

В областях развития гранитов рапакиви превышение скоростей имеет волнообразный характер и постепенно уменьшаются с глубиной. Всего выделяется четыре высокоскоростных интервала, маркирующих, по-видимому, повышенное содержание плотных пород основного состава.

Граничные скорости на поверхности М изменяются в широких пределах - от 7.8 до 8.6 км/с, 83% значений приходится на интервал 8.0-8.3 км/с при среднем $y_{\Gamma}^M = 8.15$ км/с.

Сейсмические границы, которые можно было бы непрерывно

коррелировать от региона к региону и от щита к щиту, в земной коре не выделяется. Это является важной чертой внутренней структуры щитов.

Во многих районах щитов преимущественно в верхней и средней коре (глубины 4-15 км) регистрируются слои с пониженными скоростями (волноводы). Средняя глубина залегания кровли и подошвы волновода соответственно 6.0 и 12.3 км, скорости в волноводе снижены, как правило, на 0.1-0.2 км/с. Отмечаются отдельные случаи регистрации волноводов в нижней коре.

Анализ связи между глубинами залегания волноводов и мощностью земной коры показывает, что при значительных колебаниях мощностей коры щитов средняя глубина волновода остается неизменной. Это может объясняться тем, что геолого-геофизические процессы и явления, определяющие природу волновода (зона повышенной пористости и трещиноватости, дилатационные явления, геодинамические процессы, сопровождаемые землетрясениями), наблюдаются в близких интервалах глубин.

Переходная зона кора-мантия различной мощности и степени расслоенности характерна для всех рассматриваемых щитов. Самая тонкая переходная зона мощностью 2 км установлена на Индийском щите (район Койна), самая толстая (до 30 км) - в пределах рифтовой системы Мидконтинент (Канадский щит).

Глубинные разломы щитов определяют их тектоническое районирование, деление на блоки различного строения, вещественного состава, метаморфической переработки и истории развития. Большинство глубинных разломов наклонено, углы падения изменяются в широких пределах, от субвертикальных до субгоризонтальных.

Результаты анализа и обобщения данных ГСЗ, рассмотренных в настоящей главе, легли в основу разработанных нами сейсми-

ческих моделей докембрийских щитов.

ГЛАВА 2. СЕЙСМИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА.

В настоящей главе работы на примере изучения сейсмической расслоенности Украинского щита и других структур показана возможность извлечения новой информации о свойствах земной коры в результате статистического анализа волновых полей ГСЗ. В последующем эта информация будет использована при составлении сейсмических моделей.

Объектом изучения являлись регулярные продольные волны от основных глубинных границ, большое количество непротяженных волн, формирующих "штриховое" поле. Изучены основные закономерности расслоенности земной коры Украинского щита и некоторых сопредельных структур, составлены скоростные модели зон аномальной расслоенности и проведены комплексные исследования расслоенности земной коры центральной части Украинского щита.

С учетом результатов интерпретации материалов ГСЗ изучена взаимосвязь между расслоенностью, геолого-геофизическими и скоростными характеристиками земной коры Украинского щита и получены следующие результаты:

- 1) расслоенность земной коры весьма неравномерна;
- 2) области повышенной расслоенности сопоставляются с сильной отражающей границей K_2 в коре, с нижними кромками источников локальных магнитных аномалий, с поверхностью M и местами с подошвой волновода;
- 3) минимальная расслоенность приходится на интервал глубин 26-37 км (область перехода от "гранитного" к "базальтовому" слою) (А.А. Трипольский, 1979).

Ближкие особенности расслоенности земной коры выявлены

для Украинского и Индийского щитов, Днепровско-Донецкого авлакогена и Воронежского массива (А.А. Трипольский, 1980, А.А. Трипольский, 1981).

При изучении расслоенности отдельных блоков Украинского щита обнаружилось, что максимум расслоенности раннепротерозойских Криворожско-Крупецкой и Орехово-Павлоградской протогеосинклинальных зон фиксируется в интервале глубин 15-35 км между границей K_2 и поверхностью М (А.А. Трипольский, О.М. Харитонов, 1984). Это связано, на наш взгляд, с повышенной расслоенностью средней части коры, что вызвано межпластовыми интрузиями в районе Криворожско-Кременчугского и Орехово-Павлоградского разломов.

Изучена сейсмическая расслоенность земной коры Кировоградского протоплатформенного блока, результаты изучения сопоставлены с глубинным строением блока (А.А. Трипольский, Л.А. Квачук, В.А. Трипольская, 1984).

По материалам ГСЗ на IV геотраверсе составлены скоростные модели зон аномальной расслоенности, приуроченных к границе K_2 и поверхности М (А.А. Трипольский, О.М. Харитонов, 1984).

Акустические модели границы (горизонта) K_2 представлены слоисто-инверсионными пачками с общим понижением скорости по сравнению с вмещающими породами и разделяются на две группы-многослойные, характерные для Кировоградского протоплатформенного блока, и преимущественно трехслойные (Приазовский протоплатформенный блок, Криворожско-Кременчугская и Орехово-Павлоградская протогеосинклинальные зоны).

Для глубинных структур Украинского щита выявлено два типа акустических моделей переходных зон кора-мантия. Первый тип присущ протоплатформенным блокам и характеризуется интенсивной инверсионной дифференциацией нижней коры, в меньшей

степени верхней мантии. Мощность отдельных слоев изменяется от 0.5 до 3.0 км в коре и до 2.0 км в мантии. В раннепротерозойских протогеосинклинальных зонах (второй тип) в нижней коре на интервале 3-9 км происходит плавное нарастание скорости.

Высокая детальность профилейных работ методом ГСЗ-КМПВ и МОВ-ОГТ в центральной части Украинского щита (Кировоградский блок) создала благоприятные предпосылки для комплексного исследования расслоенности земной коры центральной части Украинского щита по сейсмическим данным (О.М. Харитонов, Н.П. Санникова, А.А. Трипольский, 1992; А.О. Аронский, О.А. Трипольский, 1991).

Нами установлено, что степень расслоенности земной коры Кировоградского блока сильно изменяется вдоль профилей ГСЗ как по вертикали, так и по латерали. Отдельные структуры блока (Корсунь-Новомиргородский плутон, Новоукраинский массив) также различаются по характеру и степени расслоенности.

Нижняя кора Кировоградского блока характеризуется повышенной плотностью генерации докритических отражения, что принципиально согласуется с результатами сейсмических исследований МОВ-ОГТ по программам *S O S O R P*, *V I R P S*, *D E K O R P*, *S O S R I S T*, *B A V E L*, *L I T H O P R O B E* и др., согласно которым нижняя кора континентов имеет повышенную расслоенность.

Анализ сейсмической расслоенности земной коры Украинского щита и некоторых других структур неизбежно ведет к пересмотру существующих двух- и трехслойных моделей консолидированной коры древних платформ и щитов. Результатам изучения расслоенности, приведенным в настоящей главе, наилучшим образом соответствует неоднородно-слоистая, мозаично-гетерогенная модель консолидированной коры щитов.

ГЛАВА 3. ГЛУБИННЫЕ РАЗРЕЗЫ ВЕРХНЕЙ ЛИТОСФЕРЫ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗЕМЛИ ПО ПРОФИЛЯМ ГЭС.

В настоящей главе рассмотрены основные глубинные разрезы верхней литосферы Украинского, Индийского, Балтийского, Канадского и Аравийского щитов. Несмотря на то, что разрезы составлены по материалам, полученным при разных системах наблюдения (Украинский и Индийский щиты - непрерывное профилирование с расстоянием между сейсмоприемниками 100-200 м, Балтийский, Канадский и Аравийский щиты - преимущественно точечное профилирование при расстояниях между регистраторами 1-3 и более км), на них в общем отражены основные параметры земной коры (сейсмические границы, мощности коры, скорости, главные глубинные разломы).

На разрезе вдоль IV геотраверса (Украинский щит) прослежено две сейсмические поверхности - K_2 и M, залегающие на глубинах II-IV и 38-57 км соответственно. Исследованиями на геотраверсе установлено, что поверхность M залегает в широком интервале глубин и нарушена глубинными разломами с вертикальными смещениями, достигающими 8-10 км. Особенности залегания поверхности M, нарушенной Тальновским, Криворожско-Кременчугским и Орехово-Павлоградским глубинными разломами, значительные различия в мощностях коры между отдельными участками разреза и другие геолого-геофизические признаки позволили осуществить глубинное геотектоническое районирование земной коры по IV геотраверсу.

На разрезе по VIII геотраверсу (Украинский щит) прослежено две сейсмические поверхности - K_2 (глубины 10-18 км) и M (35-58 км). Главной особенностью разреза являются серии пологоспадающих разломных зон, которые выделены не по косвенным признакам, а как отражающие и дифрагирующие сейсмические горизонты (В.Б. Соллогуб, Т.В. Ильченко, 1986).

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Для сейсмического разреза по профилю Кавалит-Удипи (Индийский щит) характерны высокая степень сейсмической расслоенности земной коры и наличие многочисленных глубинных разломов (В.Б. Соллогуб, А.В. Чекунов, Г.Е. Харечко и др., 1984; Г.Е. Харечко, 1983). Несмотря на большое количество преимущественно непротяженных отражающих границ и элементов, повсеместно прослежена лишь одна выдержанная сейсмическая граница - поверхность М (глубины 34-45 км).

Для разреза по профилю Келси-Дони (Индийский щит) характерно также большое количество отражающих элементов и границ, но из них наиболее выдержанными и интенсивными являются отражения от поверхности М, залегающей на глубинах 31,5-39,0 км (K.L. Kaila, P.R. Murty, V.K. Rao and Kharatchko, 1981).

Мощность земной коры по профилю Свека (Балтийский щит) составляет 55-57 км, глубинными разломами разрез разделяется на четыре блока, в верхней части коры повсеместно зарегистрирован слой с пониженной скоростью мощностью 3-8 км (M. Grad, U. Lusto, 1987). На разрезе выделены преломляющие и отражающие границы, разделяющие земную кору на три (центральная часть разреза) или четыре (северо-восточная часть) слоя.

Профиль Феннолора на протяжении около 2000 км пересекает в субмеридиональном направлении Скандинавский полуостров от скандинавских каледонид на севере через архейскую и протерозойскую провинции Балтийского щита до зоны Тейссеяра-Ториквиста и европейских каледонид на юге. Сейсмический разрез по профилю имеет две важные особенности: 1) земная кора уверенно разделяется на верхнюю и нижнюю части; 2) скорости в приповерхностной части земной коры и в переходной зоне кора-мантия подвержены значительным изменениям по латерали и по вертикали. Мощность земной коры изменяется в широких пределах - от 35 до 56 км (V. Guggis-

berg, W. Kaminski, C. Prodehl, 1991).

Для разреза структурной зоны Капелльскойсинг (СЭК) (архейская провинция Сьюпириор Канадского щита) характерны значительные изменения начальных скоростей - от 5,9 км/с в гнейсах купола Вава до 6,5 км/с в породах гранулитовой фации блока Чапли (южная часть СЭК) (A.V. Boland, R.M. Ellis, 1989). Поверхность М залегает на глубине 48-53 км. В коре СЭК регистрируются две отчетливые отражательные зоны, кровля которых залегает на глубине 15-19 и 23-27 км и уверенно коррелируется с сильными отражателями, зарегистрированными при детальных работах MOB (W.T. Geis, A.F. Cook, A.G. Green et al., 1990).

Скоростной разрез земной коры профиля Онтарио-Нью-Йорк-Новая Англия характеризует глубинное строение юго-восточной части провинции Гренвиль (Канадский щит) (S. Hughes, J.H. Luetgert, 1992). Скорости возрастают от 5,45 км/с у дневной поверхности до 7,2 км/с в низах коры, поверхность М залегает на глубине 44-45 км.

Земная кора большей части разреза состоит из четырех слоев. Среднекоровый слой с аномально высокой скоростью (7,1 км/с) - комплекс Тахавус, представляет собой слоистое тело мощностью 5 км, которое имеет форму пологого купола, залегающего на глубине 18-24 км.

Земная кора Аравийского щита, согласно скоростному разрезу по профилю Рияд-Таразанские острова, состоит из четырех слоев (M. Badri, 1991). Скорости возрастают от 6,08 км/с у дневной поверхности до 6,93 км/с в низах коры. Мощность земной коры составляет 38-42 км и постепенно уменьшается в юго-западном направлении. Мощность коры Аравийского щита и скорости в нижней коре несколько ниже, чем на других докембрийских щитах.

Рассмотренные сейсмические разрезы составлены по материа-

лам, полученным с применением систем наблюдений разной детальности, и могут быть разделены на две группы.

При малодетальных системах наблюдения (точечное профилирование на Балтийском, Канадском и Аравийском щитах - первая группа) фазовая корреляция основных волн невозможна, ввиду больших расстояний между регистраторами (1-3 км и более), в несколько раз превышающих длину сейсмической волны. В этих случаях применяется групповая корреляция, основанная на представлениях о p - слоном строении среды, которому должны соответствовать выдержанные и протяженные волны. При отсутствии уверенности, что на соседних регистраторах записана одна и та же волна, корреляция между ними все же осуществляется, что часто приводит к выделению волн-фантомов. После перевода в разрез эти волны трансформируются в протяженные сейсмические границы, определяющие p - слоное строение среды. В зависимости от особенностей волновой картины, выделяется 1-3 границы, которые разделяют ко-ру на два (разрез по профилю Феннолора), три (центральная часть разреза по профилю Свека), или четыре (разрезы по профилям Онтарио- Новая Англия и Рияд-Фаразанские острова) слоя.

Нарушение корреляции волн от поверхности М, сопровождаемое их смещением во времени, характеризует глубинные разломы. Вместе с выделенными слоями, последние определяют слоисто-блоковое строение земной коры щитов по данным малодетальных исследований ГСЗ.

С другой стороны, детальные системы наблюдений (вторая группа) позволяет дополнительно выделить и после определения скоростей перевести в разрез большое количество коротких отражающих элементов и точек дифракции, которые в совокупности с основными сейсмическими границами и глубинными разломами определяют структуру верхней литосферы (Украинский щит- разрез

зы по геотраверсам IV и VIII, Индийский щит - разрез по профилям Кавали-Удипи и Келси-Лони).

При высокой насыщенности разрезов отражающими элементами и сейсмическими границами, в толще верхней литосферы щитов выделена единственная граница, возможность корреляции которой от разреза к разрезу не вызывает сомнения, - это поверхность М. Все другие границы следятся преимущественно фрагментарно, формируя вместе с многочисленными отражающими элементами неоднородно-слоистое и мозаично-гетерогенное строение земной коры по данным детальным исследованиям ГСЗ.

ГЛАВА 4. СЕЙСМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ ГСЗ.

Одним из важных вопросов в изучении глубинного строения земной коры региональными сейсмическими методами является проблема внутреннего расчленения или создания обобщенной сейсмической модели ее консолидированной части. Краткий анализ глубинного строения и скоростных характеристик верхней литосферы докембрийских щитов северного полушария, приведенный в главах I-3, показал принципиальную возможность создания обобщенной сейсмической модели земной коры этих крупных структур. Несмотря на территориальную разобщенность, щиты характеризуются почти одинаковыми средними мощностями коры (43.5-44.6 км, исключение составляет Индийский щит) и близкими скоростными характеристиками.

Обобщенная сейсмическая модель земной коры представляет собой синтез представления о пространственном распределении основных параметров среды, базирующийся на количественной и качественной интерпретации сейсмического поля. Полнота информации о среде, которая зависит от систем наблюдения и методов

интерпретации, определяет вид сейсмической модели.

В настоящее время среди геологов и геофизиков широким признанием пользуется трехслойная модель консолидированной коры древних платформ (Н.И.Павленкова, 1979). На основании систематизации различных сейсмических характеристик земной коры (микронеоднородность или мутность, число сейсмических границ, законы распределения скоростей и градиентов, наличие протяженных границ и т.д.) последняя подразделяется на три основных слоя или скоростных этажа: верхний, промежуточный и нижний.

За последние 10-15 лет в пределах докембрийских щитов северного полушария Земли выполнен огромный объем исследований ГСЗ, результаты которых противоречат основным положениям трехслойной модели. Назрела необходимость разработки модели, адекватной новым данным о глубинном строении докембрийских щитов.

Достоверность любой n -слойной сейсмической модели земной коры определяется, прежде всего, наличием в ее толще $n-1$ выдержанных сейсмических границ, которые можно было бы коррелировать от региона к региону и от щита к щиту. Существование таких границ делает правоочной операцию разделения коры на отдельные слои, отсутствие - исключает эту возможность.

Приведенное в главе 3 и в настоящей главе работы детальное рассмотрение многочисленных сейсмических разрезов ГСЗ Украинского, Балтийского, Индийского и Канадского щитов показало, что в земной коре этих структур, за исключением поверхности докембрийского фундамента и поверхности M , отсутствуют глобально выдержанные сейсмические границы, напротив, они имеют, как правило, локальное распространение и не могут коррелироваться одна с другой в пределах всей территории щитов. Подобный характер прослеживания внутрикоровых границ в равной мере присущ всем рассмотренным щитам. Количество и качество региональных

сейсмических границ и степень расслоенности земной коры щитов настолько значительно изменяются от региона к региону (или даже в пределах одного региона), что в настоящее время невозможно представить кору этих структур какой-то единой двумерной ρ - слойной моделью, которая удовлетворяла бы всем локальным моделям.

Всесторонний анализ большого объема сейсмических материалов, приведенный в настоящей главе, показывает, что наиболее обоснованными сейсмическими моделями земной коры щитов по данным ГСЗ являются одномерная модель, представленная графиком скорость-глубина и двумерная модель, отражающая неоднородно-слоистое, мозаично-гетерогенное строение коры.

Таким образом, осредненная скоростная кривая $V = f(H)$, составленная для вместе взятых Украинского, Балтийского, Канадского и Индийского щитов, рассматривается нами в качестве обобщенной одномерной сейсмической модели земной коры этих щитов. Кривая составлена в результате осреднения 67 скоростных графиков. В полосе значения скоростей шириной 0.30 км/с (± 0.15 км/с) укладывается 70-85% всех измерений. Наименьший разброс скоростей приходится на верхнюю и среднюю части коры (особенно на интервалы глубин 4-10 и 18-24 км), в верхах и низах коры разброс несколько возрастает.

За исключением верхних 7-8 км, где скорость в коре Индийского щита в среднем на 0.1-0.15 км/с ниже, чем на других щитах, максимальное расхождение осредненных значений скоростей для разных щитов, не превышает 0.1 км/с.

Как отмечалось в главе I, несколько повышенные скорости характерны для зон с утолщенной корой и для областей развития гранитов рапакиви.

В основу предложенной нами двумерной модели

земной коры докембрийских щитов северного полушария Земли положены основные особенности и закономерности прослеживания на многочисленных разрезах ГСЗ поверхности раздела М, волноводов, переходной зоны кора-мантия, граничных скоростей на поверхности М, областей повышенной и пониженной сейсмической расслоенности, глубинных разломов и т.д., установленные в результате анализа, проведенного в главе I настоящей работы.

Статистический анализ более 20000 пог.км глубинных разрезов ГСЗ показал, что вероятность залегания поверхности М в интервале глубин 35-50 км равна 80%, в интервале 30-35 - 9.5% и в интервале 50-65 км - 10.5%. Следовательно, при широком диапазоне глубин залегания поверхности М на щитах (30-65 км), в подавляющем большинстве случаев (80%) он сокращен более, чем вдвое.

Волновод прослежен преимущественно в верхней и средней коре щитов на глубинах 4-15 км, в отдельных случаях - в нижней коре. Нашими исследованиями (глава I) установлено, что средняя глубина кровли и подошвы волновода равна соответственно около 6 и 12,3 км и не зависит от мощности земной коры. Наше объяснение отсутствия такой зависимости приведем в гл. I.

В коре щитов выделен ряд субвертикальных и пологих разломов. В районе субвертикальных разломов, сопровождающихся смещением поверхности М, часто фиксируется повышенная расслоенность земной коры и верхней мантии (Тальновский, Кировоградский, Криворожско-Кременчугский, Орехово-Павлоградский и другие глубинные разломы Украинского щита). Пологие разломы часто выделяются не по косвенным признакам, как некоторые субвертикальные разломы, а как отражающие и дифрагирующие сейсмические горизонты.

Области повышенной и пониженной расслоенности имеют на

разрезах, как правило, расплывчатые, неясные очертания и изометричную либо вытянутую преимущественно по горизонтали форму. В совокупности с глубинными разломами, поверхностью М, переходной зоной кора-мантия и волноводами они формируют неоднородно-слоистую, мозаично-гетерогенную модель земной коры докембрийских щитов северного полушария Земли.

ГЛАВА 5. СЕЙСМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ

КОНТИНЕНТОВ ПО ДАННЫМ МОВ - ОГТ

К настоящему времени на всех континентах (кроме Антарктиды) выполнен большой объем глубинных сейсмических исследований литосферы МОВ-ОГТ. Как правило, они составляют основу ряда национальных и международных программ и проектов, направленных на систематическое и планомерное изучение земной коры и верхней мантии. Наиболее крупными из них являются *С O C O R P* (США), *Р E K O R P* (ФРГ), *В I R P S* (Великобритания), *Е C O R S* (Франция), *А C O R P* (Австралия), *L I T H O P R O В E* (Канада), *С L I M P S E* (международная программа с участием США и Канады), *В A В E L* (международный проект с участием Дании, ФРГ, Финляндии, Швеции и Великобритании) и многие другие.

Реализация этих программ и проектов, а также результаты сейсмических работ подобного рода в Украине, Казахстане, Швеции, Финляндии и в других странах, позволили выяснить ряд принципиально важных вопросов строения и развития литосферы.

Исследования проводились преимущественно в пределах обширных областей послерифтовой консолидации и были направлены на изучение глубинного строения регионов, перспективных на нефть и газ. Значительный объем исследований МОВ-ОГТ выполнен также на территории докембрийских щитов и платформ.

При глобальных масштабах сейсмических работ МОВ-ОГТ по-

пытки осмыслить и систематизировать основные результаты, а в некоторых случаях и предложить элементы обобщенной сейсмической модели земной коры континентов по данным отраженных волн, пока еще немногочисленны (Н.Я. Кунин, 1989; R. Meissner, Th. Mever, P. Sadowiak, 1990; P. Sadowiak, R. Meissner, 1992). Вместе с тем, необходимость этого не вызывает сомнений, так как подобная модель дополнит существующие модели земной коры по данным региональных сейсмических исследований, что расширит наши знания о строении и развитии земной коры.

В настоящей главе приведены краткий обзор и сопоставление важнейших исследований МОВ-ОГТ в областях после- и дорифейской консолидации, критически рассмотрены некоторые обобщения сейсмических материалов и предложена новая сейсмогеологическая модель земной коры континентов по данным МОВ-ОГТ.

Выполнение программы S O S O R P началось в марте 1975 г., отработкой профиля МОВ в Гардеман Каунти (Техас). Исследования проводились на четырех региональных траверсах: 1) Провинция Бассейнов и Хребтов; 2) юго-восток Аппалачского орогена; 3) северо-западные Кордильеры и соседний кратон; 4) плато Колорадо и его юго-западная окраина (L. Brown, D. Wille, L. Zheng et al., 1987).

Установлена значительная гетерогенность упругих свойств земной коры при заметной роли в сейсмических разрезах наклонных отражателей. Последние рассматриваются американскими учеными как надвиги или нормальные разломы, которые часто имеют выдержанный характер, пересекая большую часть коры.

В ФРГ сейсмические работы методом отраженных волн проводятся, начиная с 50-х годов. Вначале особое внимание уделялось статистической обработке данных. Так, Х. Лишер провел статистическую оценку отражений, зарегистрированных на различных

площадах Баварского молассового форланда. По гистограммам распределения отражений по глубине, ему удалось прокоррелировать от площади к площади пики отражений и выделить по ним границы Фёрча, Конрада и Мохоровичича (Н.Ж. Liebscher, 1962, 1964). Следует отметить, что существование границы Фёрча, как глобальной или трансрегиональной, не подтвердилось. В большей мере это относится и к границе Конрада.

В 1984 г. отработкой субмеридионального профиля DEKORP-2 началась реализация программы DEKORP. В результате площадных работ МСВ, выполненных в 1985 г. на северо-востоке Баварии (район заложения сверхглубокой скважины) согласно национальным программам DEKORP и КТВ, обнаружилось, что изучаемый район является одним из самых сложных в средневропейском варисцианском поясе (Н.К. Bortfeld, P. Keller, B. Sierop, et al., 1988). К наиболее важной особенности разрывов по всем профилям относятся упорядоченно залегающие группы падающих к югу наклонных отражателей, прослеженных через всю кору. Так же, как и их коллеги из США, исследователи ФРГ идентифицируют наклонные отражатели с надвиговой тектоникой и с разломами предположительно мезозойского возраста.

В 1981 г., с целью изучения реологии континентов и разломообразования литосферы методом отраженных волн английские геофизики приступили к реализации программы BIRPS .

Подобие волновой картины на многих профилях позволило исследователям составить обобщенный временной разрез BIRPS , отражающий главные черты глубинного строения региона (D.H. Mattews and the BIRPS group, 1987). Согласно разрезу, в земной коре зарегистрировано две зоны повышенной расслоенности. Среди коротких наклонных отражателей (угол наклона около 30°), прослеженных от дневной поверхности до нижнекоровой зоны по-

вышенной расслоенности, отождествляются с пологими разломами.

Работами по программе BIRPS зарегистрирован также ряд наклонных отражений в верхней мантии.

В 1983 г. началась реализация проекта ECORS. Задача проекта заключалась в изучении фундаментальных механизмов гвоиди-
намики Франции (С. Bois and ECORS Scientific Party, 1990).

На большинстве профилей ECORS обнаружена сильно отража-
тельная горизонтальная слоистость нижней коры, местами выявле-
ны серии наклонных отражателей, которые идентифицируются с над-
вигами вариссийского и каледонского возраста.

В середине 80-х годов начата реализация программы ACORP. Ее задача заключалась в исследовании методом отраженных волн
главных геологических структур тектонических провинций Австра-
лии, с которыми связаны месторождения металлов и углеводоро-
дов (P.J. Mose, S.P. Mathur, 1986).

Сейсмические исследования МОВ на Урале проводились, как
правило, в комплексе с магниторазведкой и гравиразведкой и бы-
ли направлены преимущественно на детальное изучение верхней
части земной коры до глубины 8-10 км (В.Б. Соколов, 1988; В.
Б. Соколов, 1992). В коре по отражающим элементам уверенно
прослежены наклонные нарушения и надвиги различного ранга и
глубины заложения.

Значительный объем глубинных исследований среднечастотной
сейсморазведкой МОВ выполнен в Казахстане (Т.А. Акишев, 1984;
В.А. Ерхов, К.А. Попов, М.М. Розенблат, 1989). В земной коре
выделено два основных типа отражающих границ: крутопадающие,
связанные с тектоническими нарушениями, контактными поверх-
ностями интрузий и наклонными границами толщ с различными
литолого-петрографическими свойствами, и субгоризонтальные,
связанные со слабодислоцированными эффузивно-осадочными тол-

щами и глубинными границами.

В областях дорифейской складчатости основной объем исследования МОВ-ОГТ выполнен на территории Канадского, Балтийского и Украинского щитов.

На Канадском щите наибольший интерес представляют исследования, проведенные на оз. Верхнем, в зоне сочленения провинции Черчилл и Сьюпириор, в пределах структурной зоны Капейскейсинг и в районе Гренвилльского фронта. Выделенные на разрезах многочисленные, преимущественно наклонные отражатели на основании сопоставления с геологическими данными, идентифицируются исследователями с разломными зонами, надвигами, первичной слоистостью пород и с зонами милонитизации (A.G. Green, R.M. Clowes, 1983; W.T. Geis, A.F. Cook, A.G. Green et al., 1990; A.Green, B.Milkereit, J.Perciva et al., 1990, R.Clowes, 1993).

До 1989 г. исследования методом отраженных волн на Балтийском щите имели преимущественно локальный характер - изучались небольшие участки щита (Милонитовая зона - C.Juhlin, D.Dyreglins, C.-E. Lund, N. Palm, 1989), Лапландский гранулитовый пояс - V. Bekrens, S. Goldfarb, P. Heikkinen et al., 1989, метеоритный кратер Сильян Ринг - C: Juhlin, 1990), привлекающие внимание геологов и геофизиков. На разрезах МОВ в коре выделены области повышенной и пониженной расчлененности, многочисленные горизонтальные и наклонные отражатели.

Крупномасштабными исследованиями МОВ-ОГТ в комплексе с ГСЗ, проведенными в 1989 г. согласно международному проекту BABEL (акватория Ботнического залива и Балтийского моря), ознаменовался новый этап в изучении Балтийского щита сейсмическими методами (R. Meissner, D. Snyder, N. Balling, E. Staroste, 1992; BABEL Working Group, 1993) . До 1989 г. земной коре докембрийских щитов и платформ приписывались осо-

бне отражательные свойства, снижающаяся с глубиной отражательность, дифракционные явления и низкая интенсивность отражений от поверхности М. Исследования по проекту VABEГ, показали, что принятая концепция подлежит пересмотру по многим позициям.

На Украинском щите работы МОВ и МОВ-ОГТ проведены в пределах его северного, западного и южного склонов, на Побужье, в районе Криворожско-Дременчугского и Сурского синклинориев, на Корсунь-Новомиргородском плутоне и Новоукраинском массиве (И.И. Антушевич, М.С. Богданов, В.А. Корнилова, 1983; М.А. Бородулин, М.Н. Байсарович, 1992; Г.М. Дрогицкая, 1987; В.Б. Соллогуб, Н.Е. Гринь, Г.М. Дрогицкая и др., 1985; В.Б. Соллогуб, 1986; В.И. Шаров, 1984 и другие). Глубинность исследований не превышала 10-15 км, что снижало их информативность.

Важное место принадлежит исследованиям МОВ-ОГТ в центральной и южной частях Украинского щита с продолжительностью регистрации 20-30 с, что соответствует глубинам 70-120 км (М.А. Бородулин, М.Н. Байсарович, 1992). Основные результаты исследований состоят в следующем.

1. В коре и верхней мантии выделены как горизонтальные, так и наклонные отражающие границы. На основании пространственной корреляции с закартированными разломами последние отождествляются с тектоническими нарушениями.

2. Наклонные границы прослежены в верхней и нижней коре. Иногда они пересекают всю ее толщу. В средней коре следятся прерывистые горизонтальные границы.

3. С учетом структурного положения отражающих границ, земная кора может быть разделена на три слоя.

Результаты исследований в областях дорифейской консолидации показали высокую эффективность МОВ-ОГТ при изучении внутренней структуры земной коры. В волновых полях преобладают от-

дельные отражения и их серии, связанные с тектоническими нарушениями и с контактами пород различного состава. Последнее дает исследователям возможность уверенно выделять такие структуры, как Сурская, Криворожская, Корсунь-Новомиргородский плутон (все-Украинский щит), Капеевский синг (Канадский щит), Сильян Ринг (Балтийский щит) и другие, сложенные породами, которые заметно отличаются по составу от вмещающих гранитоидов. По той же причине создаются благоприятные предпосылки для изучения внутреннего строения перечисленных структур.

С другой стороны, отождествление многих отражателей и их пачек или серий с нарушениями, известными по геологическим данным, позволяет выделить и трассировать последние до глубин, недоступных для других геолого-геофизических методов.

Для решения вопроса о принципиальной возможности составления обобщенной сейсмической модели земной коры континентов необходимо сопоставить разрезы МОВ-ОГТ в регионах с разным возрастом консолидации.

В работе приведены примеры такого сопоставления.

На субмеридиональном профиле в Шварцвальде (область герцинско-вариссийской складчатости) в верхней коре выделены многочисленные серии пологих отражателей, идентифицируемых с известными по геологическим данным надвиговыми зонами вариссийского возраста (КТВ-Research Group Black Forest, 1987). В средней коре отражатели исчезают и после разрыва вновь прослеживаются в нижней коре до поверхности М. На разрезах Украинского щита наблюдается в общем близкий рисунок расслоенности (М.А. Бородулин, М.Н. Байсарович, 1992). Сопоставление разрезов Шварцвальде и Украинского щита показывает, что они подобны общим характером пространственного расположения отражателей и их природой.

На разрезах по профилям А и 4 проекта BABEL (Балтийский щит) нижняя кора имеет устойчиво высокий уровень расслоенности (BABEL Working Group, 1993). Повышенная расслоенность фиксируется также в нижней коре на многих профилях DEKORP, ECORS и BIRPS - области палеозойской складчатости (Mooney and Brocher, 1987).

Кроме того, одной из глобальных черт глубинных разрезов МОВ-ОГТ, независимо от возраста изучаемых структур, является прослеживание через всю толщу коры непрерывных серий наклонных отражающих элементов, которые уверенно выделяются в областях дорифейской (Гренвилльский фронт, южная часть провинции Сьпириор, блок Арунта, юг Балтийского щита) и послерифейской (варисциды южной Германии, провинции Бассейнов и Хребтов) консолидации.

Обилие экспериментальных материалов МОВ-ОГТ побудило исследователей к их генерализации - разработке типичных осредненных разрезов или моделей земной коры. И здесь, несмотря на то, что материалы получены в разных геологических регионах, результаты генерализации имеют много общих черт. Так, на обобщенном временном разрезе BIRPS (области каледонской и варисцидской складчатости) и в сейсмической модели Украинского щита в толще коры выделены наклонные отражатели, отождествляемые в обоих случаях с тектоническими нарушениями. Области повышенной расслоенности пространственно близки одна к другой - на разрезе BIRPS это нижняя кора, на сейсмической модели Украинского щита - переходная зона кора-мантия.

Приведенные примеры свидетельствуют, что между областями до- и послерифейской консолидации не существует принципиальных различий в характере и особенностях пространственного распределения отражателей (узоре записи) на разрезах МОВ-ОГТ.

Это создает благоприятные предпосылки для составления принципиальной сейсмической модели земной коры континентов.

Первые шаги по пути классификации разных типов сейсмической отражательности и составления принципиальной сейсмической модели сделаны несколько лет назад.

Согласно представлениям Н.Я. Кунина, кратоны и области послерифейской складчатости имеют разный характер расчлененности и, следовательно, разные сейсмогеологические модели (Н.Я. Кунина, 1989). Кратонам свойственны ансамблированные и диффузные субгоризонтальные отражающие фрагменты, в то время как области послерифейской складчатости характеризуются отчетливым преобладанием непротяженных серий наклонных фрагментов, а субгоризонтальным отводится подчиненная роль. Отражательные массивы послерифейских складчатых сооружений характеризуются чрезвычайной латеральной изменчивостью и разделены на четыре разновидности группирования отражающих фрагментов (пакеты, рой, клиноформы и холмовидные ансамбли), каждой из которых дана геологическая трактовка.

Анализ новых данных исследования МОВ-ОГТ во многих странах мира показывает, что модели Н.Я. Кунина по некоторым принципиальным позициям противоречат этим данным.

Во-первых, как показано нами в работе на ряде примеров, между областями до- и послерифейской консолидации не существует различий в пространственном расположении отражателей на разрезах МОВ-ОГТ. В моделях Н.Я. Кунина эти различия, напротив, подчеркиваются.

Во-вторых, в модели кратонов Н.Я. Кунина отсутствуют серии наклонных отражателей, непрерывно прослеженных через всю толщу коры. В то же время из нашего обзора следует, что подобные серии регулярно регистрируются в различной геологической си-

туации, в том числе и в коре кратонов.

В результате анализа данных МОВ-ОГТ в западной, северной и центральной Европе, П. Садовьяк Р. Майснер выделили ряд типов сейсмической отражательности, характерных для тех или иных тектонических обстановок (P. Sadowiak, R. Meisner, 1992).

1. Пластинчатость и полосы отражения в нижней коре широко распространены в посткаледонских и постварисцийских бассейнах западной и центральной Европы.

2. Концентрация отражательности в верхней коре наблюдается преимущественно на докембрийских щитах и в докембрийских массивах юга Великобритании.

3. "Крокодилы" (отражатели, сходящиеся под острым углом) прослежены в молодых и старых поясах сжатия доорогенических массивов.

4. На многих профилях, пересекающих Североварисцийский деформационный фронт, наблюдается рамповая и плоская структура отражателей.

Некоторые положения приведенной классификации требуют корректировки. Так, исследования МОВ-ОГТ на Балтийском (проект ВАВЕЛ) и на Украинском щитах показали, что древняя докембрийская кора в равной мере отражательна на всех глубинах, а не только в ее верхней части. Эти же исследования свидетельствуют, что приведенные типы отражательности прослежены не только в пределах фанерозойских структур, но и на докембрийских щитах.

Классификация П. Садовьяк и Р. Майснера не претендует на обобщение глобального масштаба и может рассматриваться лишь как попытка увязать сейсмическую расслоенность земной коры с конкретной геологической ситуацией в рамках одного крупного региона.

Приведенный анализ показывает, что к настоящему времени исследователи еще не разработали четкие модельные представления

о строении земной коры континентов по данным МОВ-ОГТ. Осмыслены и систематизированы данные, относящиеся либо к одному региону (P. Sadowiak, R. Meisner, 1992), либо несколько устаревшие данные по областям до- и послерифейской складчатости (Н.Я. Куни, 1999).

Предлагаемая в работе сейсмическая модель призвана в какой-то мере восполнить пробелы и недостатки рассмотренных моделей и составить, насколько это возможно, обобщенное изображение земной коры континентов в поле субвертикально распространяющихся отраженных волн.

Значительное место в нашей модели занимает наклонные отражающие фрагменты и их серии. Большая роль наклонных отражателей в коре областей послерифейской складчатости установлена давно и не вызывает сомнений. В последнее время работами МОВ-ОГТ вначале на Канадском, а позднее на Балтийском и Украинском щитах, убедительно показано, что характерной чертой волновых полей щитов являются интенсивные пакеты отражений, связанных с наклонными отражающими фрагментами или с границами в коре и верхней мантии. Таким образом, независимо от возраста последней складчатости, наклонные отражающие фрагменты и их серии являются одной из главных черт разрезов МОВ-ОГТ, что дало нам основание включить их в обобщенную сейсмическую модель.

Природа наклонных отражателей трактуется в настоящее время неоднозначно. Господствующими являются представления, что они имеют дислокационную природу и связаны с надвигами и разломными зонами различного возраста, с тектоническими нарушениями не установленного происхождения, со слоистостью внутри надвиговых комплексов пород, с наклонными зонами милонитизации и с косо слоистой пород гнейсовой серии.

Наибольший интерес, на наш взгляд, представляют серии

непрерывно прослеженных через всю толщу наклонных отражателей. Их география весьма обширна, так как они характерны для структур любого возраста. Такие отражатели прослежены в мезокайнозойском бассейне Кампос (восточный шельф Бразилии), у побережья полуострова Лабрадор (северо-восточная часть Канадского щита), в пределах протерозойского орогена Пинджара и архейского кратона Йилгари (Австралия), в раннемеловом Срединно-Атлантическом хребте, Центральном Паннионском бассейне и во многих других регионах.

Как правило, вблизи дневной поверхности эти отражатели уверенно коррелируются с разломными зонами, известными по геологическим данным.

Выделение по данным МОВ-ОГТ прямолинейных и наклонных дизъюнктивов, пересекающих всю толщу коры, подтверждает, на наш взгляд, единство законов деформации земной коры на всех ее уровнях — от дневной поверхности и до раздела М.

Все же преимущественно наклонные отражатели прослеживаются не через всю кору, а на сравнительно непротяженных интервалах в широком диапазоне глубин. У дневной поверхности они также идентифицируются с разрывными нарушениями, установленными по геологическим данным.

Как один из элементов модели, нами выделены субгоризонтальные и наклонные отражающие фрагменты в верхней мантии, которые отождествляются с поверхностями срыва, с разломами, сдвиговыми зонами и с реликтовыми зонами субдукции.

Горизонтальные отражатели, так же как и наклонные, рассеяны во всей толще коры и прослежены в виде отдельных фрагментов, полос, серий, сгущений и т.д. В верхней и средней коре часто следятся один или несколько горизонтов, характеризующихся высоким уровнем сейсмической расслоенности. Природа

горизонтов может быть различной. Чаще всего, это силы пород мафического состава (комплекс Тахавус провинция Гренвиль, район сверхглубокой скважины Гравберг-I, провинция Арунта) или субгоризонтальные равнинные зоны в верхней коре (Кировоградский блок Украинского щита).

Преимущественно в средней коре прослеживаются клинообразные структуры или серии отражателей, сходящихся под острым углом. Они характерны для шовных коллизонных зон и образуются в обстановке сжатия и сокращения пространства при расщеплении литоферы на два комплекса: нижний и верхний, формирующие поддвига- надвиговую клинообразную структуру (А.В. Чекунов, 1993). Анализ географии подобных структур обнаруживает их широкое распространение на разных континентах, независимо от геологической обстановки и возраста последней складчатости.

Особое место в модели принадлежит нижнекоревой отражательности, которая почти повсеместно регистрируется в платформенных областях многих континентов. Высокая отражательность может объясняться горизонтальными глубинными нарушениями или внедрением пластовых интрузий мафического и ультрамафического состава.

Кровля отражательной нижней коры рассматривается некоторыми исследователями как граница между хрупкой верхней и пластичной нижней корой и одновременно как поверхность, на которой вылаживаются литрические разломы. Подошва отражательной нижней коры в платформенных областях, как правило, пространственно совпадает с поверхностью раздела М, выделенной методом ГСВ.

В толще коры прослежены многочисленные сейсмически прозрачные зоны различной формы и размеров, характеризующиеся минимальной плотностью отражателей.

Иногда в средней и нижней коре фиксируются явления дифракции. Предположительно они вызваны мелкомасштабными неоднород-

ностями, кривизной отражателя или значительным перепадом акустических жесткостей в ограниченном объеме, вызванными внедрением вертикальных интрузий.

Многие выделенные нами типы отражательности (если не большинство) имеют диффузно-рассеянный характер с расплывчатыми и часто неясными контурами расслоенных областей. В трехмерном изображении эти области представляют собой, по-видимому, геологические тела различных размеров и форм, от изометричных до вытянутых в одном или двух направлениях. В физическом отношении эти тела можно рассматривать как геофизические неоднородности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В работе представлены результаты анализа и обобщения проведенных автором исследований и литературных данных. Региональные геофизические исследования методом ГСЗ и МОВ-ОГТ выполнены к настоящему времени на территории докембрийских щитов северного полушария Земли и других обширных регионов. Предложены сейсмические модели земной коры докембрийских щитов и сейсмическая модель земной коры континентов.

Основные результаты анализа и обобщения заключаются в следующем.

1. Средние мощности земной коры Украинского, Балтийского и Канадского щитов почти равны между собой и составляют около 44 км, средняя мощность земной коры Индийского щита равна 38,2 км. Украинский, Балтийский, Канадский и Индийский щиты характеризуются близкими скоростными параметрами.

2. Скорости в зонах с утолщенной корой в среднем на 0,05 - 0,10 км/с выше, чем в областях с нормальной корой. Повышенные скорости вызваны уплотнением зон с утолщенной корой, вследствие чего они глубже погружены в подкоровый субстрат.

3. Во многих районах щитов преимущественно в верхней коре в интервале глубин 4-17 км регистрируются слои с пониженными скоростями (волноводы). Средняя глубина волновода (6-12,3 км) не зависит от мощности земной коры. Это объясняется тем, что геолого-геофизические процессы, определяющие природу волновода (зона повышенной пористости и трещиноватости, дилатационные явления, геодинамические процессы, сопровождаемые землетрясениями) наблюдаются в близких интервалах глубин.

4. Сейсмическая расслоенность земной коры щитов неоднородна и подвержена значительным изменениям по латерали и по вертикали. Волны от промежуточных границ в коре регистрируются в общем фрагментарно. Сейсмические границы, которые можно было бы коррелировать от региона к региону и от щита к щиту, за исключением поверхностей М и докембрийского фундамента, в земной коре щитов не прослеживаются.

5. В результате анализа и обобщения данных региональных исследований методом ГСЗ составлена одномерная сейсмическая модель земной коры Украинского, Балтийского, Канадского и Индийского щитов, которая имеет вид графика скорость-глубина.

6. Предложена двумерная сейсмическая модель, отражающая неоднородно-слоистую, мозаично-гетерогенную структуру земной коры докембрийских щитов. В основу модели положены установленные нами основные закономерности прослеживания поверхности волноводов, переходной зоны кора-мантия, областей повышенной и пониженной сейсмической расслоенности, глубинных разломов и т.д. на многочисленных разрезах ГСЗ.

7. Глубинные сейсмические разрезы МОВ-ОГТ объединяются рядом следующих характерных черт, свойственных как отдельно взятому разрезу, так и их совокупности: дискретность прослеживания отражающих элементов (отражателей); гетерогенное строе-

ние среди, что проявляется в ярко выраженной неравномерности их размещения; широкое распространение наклонных отражателей, которые временами группируются в упорядоченно расположенные серии, прослеживающиеся через всю кору или ее часть; диффузно-рассеянный характер почти всех выделенных типов отражения.

8. Между областями докембрийской и фанерозойской консолидации не выявлены различия в особенностях сейсмической расслоенности, что создает благоприятные предпосылки для разработки обобщенной сейсмической модели земной коры континентов.

9. В результате анализа и сопоставления данных континентальных исследований МОВ-ОГТ предложена принципиальная двухмерная сейсмическая модель земной коры континентов. Выделены и охарактеризованы различные типы отражателей, формирующих архитектуру коры, освещаемой субвертикально распространяющимися сейсмическими волнами.

Основные защищаемые положения диссертационной работы формулируются следующим образом.

1. Скорости в зонах с утолщенной корой в среднем на 0,05-0,10 км/с выше, чем в областях с нормальной корой.

2. Средняя глубина залегания волновода (6-12,3 км) не зависит от мощности земной коры.

3. Сейсмическая расслоенность земной коры щитов неоднородна и подвержена значительным изменениям по латерали и по вертикали; волны от промежуточных границ регистрируются в общем фрагментарно; медрегиональные сейсмические границы, за исключением поверхностей М и докембрийского фундамента, в коре щитов не прослеживаются.

4. В результате анализа и обобщения данных региональных геофизических исследований методом ГСЗ предложена одномер-

ная сейсмическая модель земной коры Украинского, Балтийского, Канадского и Индийского щитов.

5. Составлена двухмерная сейсмическая модель, отражающая неоднородно-слоистую мозаично-гетерогенную структуру земной коры докембрийских щитов. В основу модели положены установленные нами особенности и закономерности прослеживания поверхности М, переходной зоны кора-мантия, областей повышенной и пониженной расслоенности, глубинных разломов и т.д. на многочисленных разрезах ГСЗ.

6. Разработана принципиальная двухмерная сейсмическая модель земной коры континентов; на модели выделены и охарактеризованы различные типы отражателей, формирующих архитектуру коры, освещаемой субвертикально распространяющимися сейсмическими волнами.

7. Выделение по данным МОВ-ОГТ прямолинейных и наклонных дизъюнктивов, пересекающих всю толщу коры, подтверждает единство законов деформации земной коры на всех уровнях - от дневной поверхности и до раздела Мохоровичича.

Основные положения диссертаций опубликованы в следующих работах:

1. Некоторые данные о глубинном строении земной коры по профилям ГСЗ Таганрог-Кировоград // Геофиз. сб. - 1969. - Вып. 31. - С. 5-24 (соавтор Соллогуб В.Б.).

2. Тектоническое районирование Украинского щита в свете данных глубинных геофизических исследований // Геофиз. журн. - 1972. - 32, №4. - С. 3-11 (соавторы Соллогуб В.Б., Чекунов А.В.).

3. New DSS-data on the crustal structure of the Baltic and Ukrainian shields // Tectonophysics. - 1973. - 20. - P. 67-84 (соавторы Соллогуб В.Б., Литвиненко И.В., Чекунов А.В., Анку-

динов С.А., Иванов А.А., Калыжная Л.Т., Кокорина Л.К.).

4. Глубинное строение Украинского щита по сейсмическим данным /Строение земной коры и верхней мантии по данным сейсмических исследований.- Киев: Наук. думка, 1977.- С. 42-52 (соавторы Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Калыжная Л.Т., Гонтовая Л.И.).

5. Результаты исследования глубинного строения Украинского щита /Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы.- Киев: Наук. думка, 1978.- С. 136-147 (соавторы Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Бабинец В.А.).

6. О слоистости земной коры Украинского щита //Докл. АН УССР. Сер. Б.- 1979.- №4.- С. 266-279.

7. Геотравверс IV. Северо-Германская впадина-Свентокшиские горы- Украинский щит / Структура земной коры Центральной и Восточной Европы по данным геофизических исследований.- Киев: Наук. думка, 1980.- С. 18-23 (соавторы Милицер Х., Померанцева И.В., Полшков М.К., Мозменко А.Н., Шмит К., Хеккелер В., Ланге В., Зисберг Р.П., Кернер Д., Гутерх А., Матезок Р., Папхель Я., Перхуць Э., Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Бабинец В.А., Гейко В.Ф., Ливанова Л.П.).

8. Характер верстуватості земної кори Східної України //Доп. АН УРСР. Сер. Б.- 1980.- №8.- С. 23-26.

9. Зіставлення верстуватості земної кори Українського та Індійського щитів //Доп. АН УРСР. Сер. Б.- 1981.- №7.- С. 32-34.

10. Глубинное строение земной коры центральной части Украинского щита по профилю ГСЗ Николаев-Канев //Геофиз. журн.- 1981.- 3, №2.- С. 82-88 (соавторы Кривченко В.А., Половинкин Б.В.).

11. Розподіл швидкостей сейсмічних хвиль у земній корі

Кировоградского блока //Дон. АН УССР. Сер. Б.- 1983.- №2.- С. 14-17 (соавторы Гейко В.С., Цветкова Т.А., Трипольская В.А., Ливанова Л.П.).

12. Исследование тонкослоистой структуры переходной зоны кора-мантия на примере Украинского щита //Геофиз. журн.- 1984.- 6, №2.- С. 43-48 (соавтор Харитонов О.М.).

13. Особенности сейсмической расслоенности земной коры Кировоградского блока //Геофиз. журн. - 1984.- 6, №3.- С. 88-94 (соавторы Квачук Л.А., Трипольская В.А.).

14. Тонкослоистая структура горизонта K_2 в верхней части консолидированной коры Украинского щита // Геофиз. журн.- 1984.- , №6.- С. 19-24 (соавтор О.М. Харитонов).

15. Комплексная интерпретация кинематических и динамических характеристик объемных интерференционных волн в ГСЗ //Геофиз. журн.- 1986.- 8, №1.- С. 70-78 (соавторы Харитонов О.М., Вльченко Т.В., Сологуб Н.В.).

16. Сейсмическая модель верхней литосферы Украинского щита //ДАН СССР.- 1986.- 291, №2.- С. 440-443 (соавторы Чекунов А.В., Гейко В.С., Ливанова Л.П., Трипольская В.А., Цветкова Т.А.).

17. Тонкая слоистость земной коры Украинского щита //Докл. АН УССР. Сер. Б.- 1987.- №7,-С. 33-34.

18. СейсмоTECTонoфизическая модель литосферы //Геофиз. журн.- 1987.- 9, №6.- С. 5-28 (соавторы Чекунов А.В., Соллогуб В.Б., Гинтов О.Б., Исая В.М.).

19. Сейсмическая модель земной коры /Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы **IУ, УI, УIII**.- Киев: Наук. думка, 1988.- С. 13-25 (соавторы Гейко В.С., Ливанова Л.П., Трипольская В.А., Цветкова Т.А.).

20. Интерпретация спектральных характеристик аномалии

волнового поля в пределах Украинского щита (восточная часть геотраверса) /Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IV, VI, VIII.- Киев: Наук. думка, 1988.- С. 25-31 (соавтор О.М. Харитонов).

21. Комплексование сейсмометрических и тектонофизических данных при изучении структуры и динамики литосферы //Физика Земли.- 1989.- №5.- С. 16-34 (соавторы Чекунов А.В., Соллогуб В.Б., Гинтов О.Б., Исай В.М.).

22. Seismo-tectonophysical model of the upper lithosphere // Jour. Geodynamics.- 1989.- 11.- P 55-75 (соавторы Чекунов А.В., Соллогуб В.Б., Гинтов О.Б., Исай В.М.).

23. Пологі розломи в кристалічній корі Українського щита //Доп. АН УРСР.- 1991.- №3.- С. 89-92 (соавтор А.А. Аронский).

24. Сейсмические исследования литосферы за рубежом (краткий обзор) //Геофиз. журн.- 1991.- 13, №3.- С. 66-86 (соавтор Чекунов А.В.).

25. Глубинное строение литосферы и динамика шовных зон Украинского и Балтийского щитов //Изв. РАН. Сер. геол.- 1992.- №6.- С. 39-48 (соавторы Чекунов А.В., Митрофанов Ф.П., Шаров Н.В., Харитонов О.М., Загородный В.Г.).

26. Сейсмическая структура и эволюция Украинского щита //Белор. сейсмол. бюллетень.- 1992.- 2.- С. 5-23 (соавторы Чекунов А.В., Калужная Л.Т., Харитонов О.М., Дрогицкая Г.М.).

27. Глубинное строение зоны Тейссеира-Торнквиста на территории Украины по данным региональных сейсмических исследований //Геофиз. журн.- 1992.- 14, №4.- С. 3-8 (соавтор Чекунов А.В.).

28. Сравнительный анализ глубинного строения Балтийского и Украинского щитов по данным ГСЗ /Исследования континентальной земной коры комплексом сейсмических методов.- С.Пб: С.Пб. Гор. Ин-т, 1992.- С. 74-91 (соавторы Чекунов А.В., Калужная

Л.Т., Харитонов О.М., Шаров Н.В., Бородулин М.А., Гутерх А., Матажок Р., Перхуць Э., Град М.).

29. Особенности сейсмической расслоенности земной коры Украинского щита /Исследования континентальной земной коры комплексом сейсмических методов.- С.Пб: С.Пб Гор. Ин-т, 1992.- С. 108-120 (соавторы Харитонов О.М., Санникова Н.П.).

30. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным //Геофиз. журн.- 1993.- 15, №1.- С. 3-23 (соавторы А.В. Чекунов, Л.Т. Калужная).

31. Расслоенность земной коры Украинского щита по сейсмическим данным //Геофиз. журн.- 1993.- 15, №1.- С. 35-46 (соавторы Харитонов О.М., Санникова Н.П.).

32. Изучение сейсморазведкой МОВ субвертикальных разломов коры центральной части Украинского щита //Геофиз. журн.- 1993.- 15, №5.- С. 41-52 (соавторы Аронский А.А., Крюченко В.А.).

33. Разломы и динамика литосферы континентального типа /Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследования.- Киев: Наук. думка, 1993.- С. 163-191 (соавторы Гинтов О.Б., Исаев В.М., Солмогуб В.Б., Чекунов А.В.).

34. Structure of the Ukrainian shield. Part 1: Seismic data and 1-D models //Acta Geophysica Polonica.- 1993.- 41, №3.- P. 177-195 (соавтор М. Град).

35. Structure of the Ukrainian shield. Part 2: 2-D models of the upper crust from P and S waves //Acta Geophysica Polonica.- 1993.- 41, №4.- P. 325-336 (соавтор М. Град).

36. Structure of the Ukrainian shield. Part 3: seismic and petrological models of the crust //Acta Geophysica Polonica.- 1994.- 42, №1.- P. 23-44 (соавтор М. Град).

37. Stratification of the upper lithosphere of the Ukrai-

nian shield by seismic sounding data //Acta Geophysica Polonica.- 1994.- 42, №2.- P. 137-148 (соавтор Харитонов О.М.).

Трипольский А.А. Структура земной коры древних щитов по сейсмическим данным.
Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 04.00.22- геофизика, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, 1995.
Защищается 37 научных работ, которые содержат результаты анализа и обобщения данных региональных геофизических исследований методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), выполненных на территории докембрийских щитов северного полушария Земли, и сейсмических исследований континентов методом отраженных волн-общей глубинной точки (МОВ-ОГТ).
По данным ГСЗ предложены одномерная сейсмическая модель земной коры Украинского, Балтийского, Канадского и Индийского щитов и двухмерная сейсмическая модель, отражающая неоднородно-слоистую, мозаично-гетерогенную структуру докембрийских щитов северного полушария Земли. По данным МОВ-ОГТ разработана принципиальная двухмерная сейсмическая модель земной коры континентов.
Ключевые слова: сейсмическая модель земной коры, скорость, расслоенность, отражатель, докембрийский щит, поверхность Мохоровичича, сейсмическая граница, разрез, волновод, ГСЗ, МОВ - ОГТ.

Tripolsky A.A. Structure of the ancient shields earth's crust by seismic data.

The Geology and Mineralogy doctors thesis on speciality 04.00.22 - geophysics, Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin of National Academy of Sciences of Ukraina, Kiev, 1995.

37 scientific works having results of analysis and data generalization of regional geophysical investigations by DSS method done on the territory of precambrian shields of the Northern hemisphere of the Earth, and seismic investigations of the continents by CDP-seismic reflection profiling method are being defended. By DSS- data an one-dimension seismic model of the Earth's crust of the Ukrainian, Baltic, Canadian and Indian shields and two-measured seismic model, reflecting heterogeneous-layered mosaic heterogeneous structure of precambrian shields of the northern hemisphere of the Earth are given here. Principled two-dimension seismic model of the Earth's crust of the continents is elaborated by CDP-seismic reflection profiling data.

Key words: seismic model, the Earth's crust, velocity, layering, reflector, precambrian shield, K'-surface, seismic interface, section, low velocity layer, DSS, CDP, seismic reflection profiling.

Подп. к печ. 28.06.95

Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага тип. № 3 . Способ печати офсетный. Условн. печ. л. 219

Условн. кр.-отт. 20 . Уч.-изд. л. 210 .

Тираж 150 . Зак. № 3-3034.

Фирма «ВНПОЛ»

252151, г. Киев, ул. Воынская, 60.

454298

AB 32.784

AB 32.784