

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ

Институт геофизики им. С.И. Субботина

На правах рукописи

УДК 550.831.015.072+551.14(262.5)

Макаренко Ирина Борисовна

СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРЫ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ ПО
ДАННЫМ ГРАВИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Специальность: 04.00.22 - Геофизика

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

И. Макаренко

Киев - 1997

1700000
Работа выполнена в Институте геофизики им.С.И.Субботина НАН Украины

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
В. Г. Козленко

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор С. С. Красовский

доктор геолого-минералогических наук,
профессор А. Ю. Митропольский

Ведущая организация: Государственная Горная Академия,
г. Днепропетровск

Защита состоится “ 10 ” октября 1997 г. в 13 часов
на заседании специализированного совета Д 016.02.01 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 “ 9 ” октября 1997 г.

Отзывы на автореферат просим направить в двух экземплярах ученому секретарю
специализированного совета по адресу: 252680, г. Киев-142, пр. Палладина, 32.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор физико-математических наук

В. С. Гейко.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751237 (P)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Черноморская впадина уже давно привлекает внимание геологов и геофизиков своей специфической морфологией и глубинным строением. Это относительно молодая структура. Глубоководная ее часть испытывает погружение последние 65 млн. лет. За это время, начиная с эоцена, накопилась мощная толща осадков. И сейчас море остается глубоким, несмотря на большой снос осадочного материала впадающими в него реками. Поэтому естественен интерес исследователей к вопросам происхождения и эволюции такой активной тектонической структуры. Детальная проработка этих вопросов затруднена отсутствием данных по всей акватории о строении кристаллической части коры и ее мощности. Многие структуры, проявляющиеся в осадках, не пересечены профилями ГСЗ. Имеющиеся схемы глубины залегания подошвы коры в Черноморской впадине по данным сейсмометрии мелкомасштабны и малоинформативны. Важная дополнительная информация в этом плане может быть получена посредством количественной интерпретации поля силы тяжести с использованием материалов проведенных к настоящему времени детальных геофизических наблюдений, в первую очередь сейсморазведки МОГТ.

Цель работы. Новая геолого-геофизическая информация содержится в карте гравитационного поля масштаба 1:1000000 и в подробных картах мощности разновозрастных осадочных отложений того же масштаба. Их наличие позволяет составить и проанализировать детально плотностную модель земной коры Черноморской впадины с применением новых вычислительных программ для трехмерных моделей с непрерывным распределением плотности [Оганесян, 1987], а также для трехмерных моделей горизонтальных слоев с произвольными нижней и верхней поверхностями и со сложным изменением плотности по вертикали [Старостенко, Курганова, 1991] с абсолютной привязкой расчетных аномалий [Бурьянов, Гордиенко и др., 1983, 1985, 1987].

Основной целью являлось построение схемы подошвы коры для всей акватории по гравитационным данным. При этом реализован принцип интерпретации гравитационного поля сложных сред — разделение эффектов аномалиеобразующих слоев тектоносферы. Примененная методика исследования включает выделение из наблюдаемого поля гравитационных эффектов воды и осадков, интрузивных тел и мантийных неоднородностей. В итоге получена карта эффекта нижней части коры, по которой рассчитана глубина залегания подошвы коры Черноморской впадины.

Второй целью работы являлось моделирование скоростных разрезов коры по отдельным профилям ГСЗ.

Основные этапы работы. 1. Рассчитан гравитационный эффект верхней части модели в интервале глубин $0 \div 16$ км (до уровня наибольшего погружения осадков Черноморской впадины).

2. Этот эффект вычтен из карты наблюдаемого гравитационного поля и получена карта разностных аномалий, обусловленных плотностными неоднородностями глубже 16 км.

3. Рассчитан и вычтен гравитационный эффект интрузивных образований, которые создают интенсивные гравитационные аномалии по периферии Черноморской впадины.

4. По материалам гравитационного моделирования, проведенного ранее [Бурьянов и др., 1983], составлена схема мантийной составляющей гравитационного поля.

5. После вычитания значений мантийной составляющей получена карта гравитационного эффекта слоя от 16 км до подошвы коры.

6. Гравитационный эффект слоя земной коры, верхняя граница которого горизонтальна, проинтерпретирован в итерационном режиме. Определена нижняя поверхность этого слоя — подошва коры.

7. Полученная схема подошвы коры сопоставлена с данными сейсмогравитационного моделирования по профилям ГСЗ.

Научная новизна работы. Впервые для Черноморской впадины, которая включает разнообразные по строению структуры:

1. Создана трехмерная плотностная модель земной коры в масштабе 1:1000000 и послыбно изучен гравитационный эффект осадков.

2. Количественно проанализированы положительные аномалии силы тяжести, расположенные по периферии Черноморской впадины.

3. В результате площадной интерпретации гравитационного поля построена схема подошвы коры в Черноморской впадине.

4. Получена дополнительная информация о строении земной коры Черноморской впадины посредством переинтерпретации отдельных профилей ГСЗ по методике сейсмического моделирования.

Практическое значение и реализация результатов исследований.

Трехмерная плотностная модель масштаба 1:1000000 на площади 1150×650 км демонстрирует возможность решения задач, связанных с большими объемами работ по описанию модели и заданию информации в ЭВМ. Такая модель позволяет выявить общие закономерности и различия в строении основных тектонических структур Черноморской впадины и их связи со структурами континента. Научно-прикладное значение построенной модели определяется тем, что эта модель может служить базисом всех последующих интерпретаций геофизических наблюдений на черноморской акватории. Полученные характеристики строения и мощности коры будут полезны при дальнейшем изучении закономерностей

сти строения и развития каждой крупной тектонической структуры Черноморской впадины, что важно в научном и практическом аспектах.

Результаты данной работы подытоживают первый этап программы изучения тектоносферы Черноморской впадины гравитационным моделированием, которой запланировано с целью как детального изучения отдельных участков верхней части коры, так и исследования мантийных неоднородностей.

Основные защищаемые положения. 1. Схема залегания подошвы коры в Черноморской впадине, которая является результатом площадной интерпретации гравитационного поля, отражает особенности глубинного строения всех крупных тектонических структур региона. Поверхностные и глубинные планы структур взаимосвязаны морфологически. Погружение подошвы коры от впадины к континентальным структурам коррелируется с подъемом дна Черноморской впадины.

2. Интенсивные положительные аномалии гравитационного поля, расположенные по периферии Черноморской впадины, по данным количественной интерпретации соответствуют аномальным телам с плотностью, свойственной базитам. Расположение вдоль кромки шельфа указывает на наличие их генетической связи с внедрением в кору мантийного вещества в процессе развития Черноморской впадины.

3. По данным переинтерпретации профилей ГСЗ поднятие Шатского простирается параллельно береговой линии, в его пределах широко развит основной магматизм. В консолидированной коре, а возможно и в осадочном чехле Черноморской впадины, существуют локальные неоднородности.

Фактический материал и личный вклад автора. Для построения трехмерной плотностной модели Черноморской впадины использовались карты мощностей разновозрастных осадочных отложений масштаба 1:1000000, полученные коллективом под руководством Д. А. Туголосова в ПО «Южморгеология» Министерства геологии СССР, данные о глубинном строении прилегающих континентальных структур, а также гравитационные наблюдения в Черноморском регионе.

Автор диссертации принимала непосредственное участие в разработке методики и технологии исследования. В процессе его выполнения использовались методика и техника трехмерного гравитационного и двухмерного сейсмического моделирования, а также вычислительные программы, разработанные в Институте геофизики НАН Украины. Все расчеты и построения автор выполняла самостоятельно. Анализ полученных результатов проведен под руководством доктора геол.-мин. наук В. Г. Козленко и научного сотрудника Института геофизики НАН Украины В. Б. Бурьянова.

Апробация работы. Отдельные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-практической конференции “Нафта і газ України” (Киев, 17—19 мая 1994 г.). Кроме того, основные положения диссертации изложены в 7 печатных работах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 85 названий. Текст сопровождается 39 рисунками и одной таблицей.

Работа выполнена в Институте геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины в отделе глубинных процессов Земли и гравиметрии под руководством доктора геол.-мин. наук В. Г. Козленко.

Автор особо благодарна руководителю отдела академику НАН Украины В. И. Старостенко за постоянное внимание, за возможность использования разработанных им программ и за совместные исследования. Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю доктору геол.-мин. наук В. Г. Козленко за постоянное внимание и помощь при выполнении настоящей работы. Автор также глубоко благодарна научному сотруднику ОГПЗиГ В. Б. Бурьянову за совместные исследования, обсуждение многих вопросов при написании данной работы и неоднократные консультации. Автор считает своим долгом выразить глубокую признательность член-корреспонденту НАН Украины О. М. Харитонову и доктору геол.-мин. наук Ю. П. Оровецкому за совместные исследования и оказанное внимание к настоящей работе. Автор благодарна профессору С. С. Красовскому, профессору Е. Г. Булаху и доктору геол.-мин. наук О. Б. Гинтову за ценные замечания при обсуждении данной работы. На протяжении всего исследовательского периода автор пользовалась советами и поддержкой старшего научного сотрудника Э. Л. Шена и научного сотрудника И. Ю. Гуровой. Автор благодарит Л. В. Курганову за помощь и содействие в освоении программного обеспечения. Неоценимая помощь в оформлении работы была оказана Н. Г. Миногиной и А. Н. Логвиновой, которым автор выражает искреннюю благодарность. Наконец, автор глубоко признательна мужу и сыну за их терпение и поддержку в течение длительного времени подготовки данной работы, когда она не могла уделить семье должного внимания.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ВВЕДЕНИИ рассмотрены актуальность, цели, задачи, научная новизна и основные результаты выполненных исследований.

Глава I. ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ РЕГИОНА. В главе дается краткое описание современных представлений об образовании Черноморской впадины и строении основных тектонических структур. Освещены данные геофизических наблюдений: сейсмических, сейсмологических, термических, магнитометрических. Приведено краткое описание районирования гравитационного поля Черноморской впадины.

В Черном море проведена детальная гравиметрическая съемка и построена карта аномалий поля силы тяжести в свободном воздухе с сечением 5 мГал масштаба 1:1000000. В целом гравитационное поле отражает особенности глубинного строения Черноморской впадины как единой структуры на фоне окружающих ее тектонических элементов. Оно имеет закономерное концентрическое строение. Над Центрально-Черноморским поднятием уровень поля около -25 мГал; в Западно- и Восточно-Черноморской впадинах несколько выше нуля. При большой мощности осадков и их фациальной выдержанности в глубоководной части наблюдаются локальные аномалии обоих знаков, интенсивность которых достигает нескольких десятков мГал.

Акватория между центральной частью моря и шельфом — область интенсивных минимумов. На юге зона минимумов смыкается с интенсивным отрицательным полем Восточного и Западного Понта.

В краевой зоне впадины, на континентальном склоне и шельфе, по периметру впадины располагаются крупные положительные аномалии значительно большей интенсивности, чем известные на континентальной коре. На турецком побережье чередуются аномалии разных знаков, уходящие вглубь континента.

Глава II. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЛОТНОСТНОЙ МОДЕЛИ КОРЫ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ.

II. 1. Методика исследований. В 1966 году Б. К. Балавадзе и П. Ш. Миндели в результате количественной интерпретации данных гравиметрии построили первую схему мощности коры в бассейне Черного моря. Поскольку фактического материала было недостаточно, а вычислительные возможности ограничены, схема отобразила особенности строения подошвы коры лишь в общих чертах. Позже в Черноморской впадине количественная интерпретация гравитационных данных проводилась как по отдельным профилям [Бурьянов, Павленкова, 1974], так и по площади в масштабе 1:2500000 [Бурьянов и др., 1987; Егорова и др, 1996]. Мелкий масштаб исследований помешал выявить особенности структуры многих тектонических элементов впадины.

В настоящей работе применена методика исследований, которая является модификацией известного способа, называемого геологическим редуцированием. Из наблюдаемого поля вычитались гравитационные эффекты воды и осадков, интрузивных образований и мантийного разуплотнения. По уровню наибольшего погружения в Западно-Черноморской впадине подошвы осадков (16 км) модель коры была разделена на два этажа. Эффект верхнего вычитался из наблюдаемого поля силы тяжести; полученное разностное поле (Δg_p) анализировалось на предмет учета всех неоднородностей во втором этаже коры и под ним. После вычитания мантийной составляющей путем подбора распределения плотностей во втором этаже построена его нижняя поверхность — подошва коры.

При интерпретации гравитационного поля применялась методика абсолютной привязки, основанная на сравнении эффектов изучаемых структур и "нормальной" коры докембрийской платформы [Бурьянов, Гордиенко и др. 1983, 1985, 1987]. При этом нормировании все гравитационные аномалии полагаются обусловленными структурой коры. Расчетные плотности принимались относительно плотности пород мантии под разделом Мохо ($\rho = \rho_{\text{слоя}} - 3,32 \text{ г/см}^3$). Расчетный эффект при нулевом наблюдаемом поле составил -870 мГал . К этой величине и нормировался гравитационный эффект земной коры изучаемых структур.

Для вычислений использована программа М. Оганесяна, позволяющая вычислять гравитационные эффекты по площади по нерегулярной сети значений верхней и нижней кромок пласта переменной плотности. В результате получено разностное поле с необходимой детальностью.

Площадь исследований размерами 1150×650 охватывает собственно Черноморскую впадину и прилегающие континентальные структуры. Расчетные профили заданы через $20\text{--}25 \text{ км}$ с разрежениями до 50 км на участках безаномального поля и монотонного залегания границ раздела в осадках, всего 36 профилей по 20 точек на профиле. Для учета влияния бокового эффекта модель наращивалась на 500 км во все стороны по латерали с упрощенным распределением плотности.

II. 2. Районирование наблюдаемого гравитационного поля. Для Западно-Черноморской впадины характерен градиент наблюдаемого поля g_n с востока на запад от $+10$ до -35 мГал , на фоне которого фиксируются многочисленные локальные аномалии интенсивностью порядка $\pm 10 \text{ мГал}$. С положительной аномалией до $+35 \text{ мГал}$ коррелируется выраженный в рельефе дна хребет Моисеева [Туголесов и др. 1985], который проходит от периферии к центру впадины с северо-запада. В центре Черноморской впадины поле относительно спокойное, интенсивность его $-25 \div -30 \text{ мГал}$. Высокоамплитудные локальные аномалии выделя-

ются в области, примыкающей к континентальному подножию на западном продолжении Горного Крыма. В восточной части впадины (34,5° в. д.) наблюдаются локальные сопряженные аномалии разных знаков с экстремумами +17 и -16 мГал с расстоянием между ними 12 км. Юго-восточнее прослеживается положительная линейная аномалия, которая цепочкой экстремумов интенсивностью свыше +20 мГал уходит на анатолийское побережье, где гравитационное поле достигает высокой интенсивности (+60 мГал).

В пределах *Восточно-Черноморской впадины* интенсивность гравитационного поля несколько выше, чем в Западно-Черноморской впадине и в максимуме составляет +40 ÷ +45 мГал. На юго-востоке к Аджаро-Триалетии наблюдается постепенное понижение поля до -50 мГал. Изолинии поля впадины имеют очень сложную рисовку из-за наличия многочисленных локальных положительных аномалий.

Центрально-Черноморскому поднятию соответствует относительно ровное, слабо отрицательное поле g_n интенсивностью до -25 мГал, которое постепенно понижается до -50 мГал на хребте Архангельского. На значительной части *поднятия Шатского* гравитационное поле резко отрицательное. Юго-восточнее, на локальных Гудаутском и Очамчирском поднятиях, наблюдаются относительные максимумы интенсивностью в несколько десятков мГал. Контакт между *Туапсинской впадиной* и поднятием Шатского в гравитационном поле не так выразителен, как на геологической карте. Наблюдается постепенное повышение значений до +50 мГал в области шельфа. *Впадина Сорокина* в гравитационном поле проявляется интенсивным минимумом (до -90 мГал).

В общем, области Западно- и Восточно-Черноморской впадин, с большим количеством осадков и высоким положением подошвы коры, имеют сложный характер гравитационного поля. Причем эти осложнения двух видов: локальные изометрические и радиальные аномалии, вытянутые от центра впадин к периферии глубоководной части (особенно между Восточно-Черноморской впадиной и турецким шельфом). Поднятиям Шатского и Центрально-Черноморскому, которые являются областями отсутствия майкопских и эоценовых отложений и характеризуются высоким положением мелового фундамента, присуще спокойное гравитационное поле выдержанной интенсивности.

По периферии Черноморской впадины, на шельфе и континентальном склоне, наблюдаются интенсивные положительные аномалии. Их описание и интерпретация приведены в разделе II.5.

II. 3. Выбор плотности слоев верхней части модели. Существенным моментом построения плотностных моделей глубоководных впадин является максимально полный учет строения и физических свойств осадоч-

ной толщи. Фактические сведения о значениях плотности осадков для Черного моря крайне ограничены. Прямые измерения плотности в Черном море выполнены только в поверхностном слое осадков. Поэтому плотности отдельных слоев осадков приняты с учетом осреднения значений измерений плотностей образцов пород на прилегающей суше, но в основном использована зависимость плотность/скорость ($\rho(V)$) $\rho = 1,8822 - 0,0871V + 0,1104V^2 - 0,0132V^3$, полученная Б. К. Балавадзе и П. Ш. Миндели [1975] для Западной Грузии и Кубано-Ставрополя и распространенная ими на Черное море. По этой зависимости рассчитаны значения плотности для трех слоев, выделяемых по сейсмическим данным. Это: 1) слой мощностью 1—2 км со скоростями прохождения продольных сейсмических волн $V_p = 1,8—2,7$ км/с — новейшие плиоцено-четвертичные отложения, представленные исключительно выдержанными по площади переслаивающимися песчано-глинистыми отложениями; 2) слой мощностью 3—5 км с $V_p > 3,0$ км/с — широко распространенные миоценовые отложения вместе с майкопской серией (олигоцен—нижний миоцен) большой мощности, особенно в отдельных котловинах; 3) слой мощностью 2—8 км с $V_p = 4,5—5,0$ км/с — в основном, палеогеновые (палеоцен—эоценовые) осадки [Непрочнова 1966, 1972; Белокуров 1972].

Интервалы значений плотности, характерные для описанных трех слоев, получены в результате обобщения работ [Балавадзе, 1957; Строев, 1966; Белокуров, 1976; Непрочнов и др., 1977; Безверхов, 1988]. Установлено, что плотность пород в Черноморской впадине увеличивается в зависимости от возраста, а не от глубины, причем некоторое увеличение плотности в глинистых и песчанистых породах с глубиной происходит внутри подразделений плиоцена и верхнего миоцена.

На основе рассмотренных данных принята следующая структура трехмерной плотностной модели верхнего этажа земной коры Черноморской впадины.

1. Слой морской воды. Плотность этого слоя фундаментально исследована Морским гидрофизическим институтом НАН Украины на всю глубину Черного моря [Богуславский и др., 1980]. Начиная с глубины 500 м значения плотности не превышают $1,017$ г/см³. Для этого слоя принято значение $\rho = 1,02$ г/см³.

2. Слой рыхлых (неуплотненных) осадков. В глубоководной части моря этот слой представлен антропогеном и неогеном (плиоцен), а в обрамлении Черноморской впадины — и более древними осадками, составляющими самую верхнюю часть осадочного покрова на континенте. Среднее $\rho = 2,15$ г/см³.

3. Слой полуплотненных осадков: майкопские отложения (олигоцен-нижний миоцен) в глубоководной части впадины и неметаморфизованные более древние осадки на континенте. Среднее $\rho = 2,35 \text{ г/см}^3$.

4. Слой уплотненных осадков: палеоцен и эоцен в глубоководной части, а на континенте — метаморфизованные осадки палеозоя. Для этого слоя с $V_p = 4,5\text{—}5,0 \text{ км/с}$ принято $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$, а в глубоководной части $2,65 \text{ г/см}^3$.

5. “Гранитный” слой: разновозрастные складчато-метаморфические комплексы от архейских до раннемезозойских включительно. На континентальных структурах обрамления Черноморской впадины гранитный слой составляет всю верхнюю часть модели, за исключением 1—2 км легких осадков. Значение средней плотности бралось обобщенным по данным ГСЗ, в частности на Украинском щите) [Соллогуб, 1986]. Для величин V_p в интервале от 6,0 до 6,5 км/с плотность меняется от 2,6 до 2,83 г/см³ при среднем значении 2,72 г/см³. В Черноморской впадине такая плотность принята для двух структур с большой мощностью пород, которые можно отнести к “гранитному” слою: Центрально-Черноморского поднятия и поднятия Шатского.

В Восточно-Черноморской впадине в интервале глубин от 12 до 16 км принята плотность $\rho = 3,02 \text{ г/см}^3$, характерная для базальтового слоя.

II. 4. Гравитационный эффект верхней части модели коры. Основой части плотностной модели от 0 до 16 км Черноморской впадины являются структурные карты осадочных отложений масштаба 1:1000000, построенные Д. А. Туголесовым с соавторами в ПО “Южморгеология” Министерства геологии СССР. Этой организацией методом ОГТ была выполнена систематическая съемка всей глубоководной впадины с интервалом 20—25 км. По временным разрезам МОГТ выяснено строение кровли мела, откартированы поверхности опорных отражающих горизонтов, интерпретируемые как кровля эоцена, кровля майкопской серии, подошва антропогена с точностью определения границ 100 м. С точки зрения гравитационного моделирования эти материалы оказались более удобными (оптимальный масштаб карт, большая детальностью построения для всех осадочных слоев) в сравнении с другими аналогичными (например, [Monograph, 1988; Строение, 1989]). Основные закономерности поведения границ осадочного комплекса всеми авторами даются одинаково.

При составлении модели верхнего этажа (до 16 км) использовались данные о залегании фундамента [Соллогуб и др., 1986; Геология, 1987], а также многочисленные сведения о мощности осадков окружающих Черноморскую впадину континентальных структур, за исключением мало изученной южной части.

На карте рассчитанного суммарного эффекта глубоководная часть впадины выделяется как единая структура, принципиально отличаясь от континентальных структур. Гравитационный эффект структур, расположенных вокруг моря, примерно одинаковый — от -380 до -440 мГал. Минимальное значение суммарного гравитационного эффекта, -380 мГал, — на склоне УЩ, где осадки отсутствуют.

В Западно-Черноморской впадине, где мощность осадков максимальна, отмечаются экстремальные значения эффекта -720 мГал. В Восточно-Черноморской впадине величина эффекта уменьшается до -640 мГал. Поднятие Шатского и Центрально-Черноморское, где развиты плотные осадки, характеризуются повышенными значениями гравитационного эффекта (-600 и -620 соответственно).

Таким образом, в пределах глубоководной части гравитационный эффект интервала $0 \div 16$ км на западе меньше по отношению к континентальным структурам на -340 мГал, а на востоке — на -250 мГал. Если учесть, что поле $\Delta g_{с.в}$ на акватории и $\Delta g_{буге}$ на континенте примерно одинаковое, то можно сделать вывод, что ниже 16 км в Черноморской впадине имеет место подъем плотных пород, компенсирующих влияние осадков и слоя воды.

Градиент увеличения гравитационного поля от впадины к континенту соответствует градиенту уменьшения глубины дна моря. Общая морфология изолиний гравитационного эффекта верхнего этажа модели соответствует рисунку изолиний глубин подошвы осадочных отложений. Это указывает на то, что внутри слоев плотность мало меняется по латерали, подтверждая правильность выбора единой плотности в каждом из расчетных слоев.

II. 5. Количественный анализ аномалий силы тяжести периферии Черноморской впадины. Крупные локализованные аномалии гравитационного поля краевой зоны Черноморской впадины занимают практически всю периферию впадины, причем на севере это только положительные аномалии, а на Анатолийском побережье — положительные и отрицательные. С запада на восток выделяются максимумы g_{II} : *Бургасский* и *Губкинский* (до 100 мГал), *Южно-Крымский* (свыше 200 мГал), *Западно-Кавказский*, который, пересекая море южнее Керченского пролива, следит вдоль побережья от полуострова Абрау-Дюрсо, где его амплитуда превышает 100 мГал, до г. Сочи. В восточной части Черного моря расположена *Аджарская* положительная аномалия интенсивностью свыше 40 мГал.

В южном обрамлении впадины выделяются две положительные аномалии интенсивностью до 70 мГал — у мыса Бафра и возле города Илиши на 34° в.д. Эти аномалии принципиально различны. Первая аномальная зона, узкая и протяженная, начинается у восточного замыкания

Западно-Черноморской впадины и уходит на континент. Она объединяет шесть локальных максимумов, интенсивность которых возрастает к югу. Седьмой расположен западнее наиболее интенсивного локального максимума. Морская часть аномальной зоны совпадает с Синопской впадиной, которая заполнена осадками, характерными для глубоководной части. Здесь же увеличена глубина моря, в частности, под экстремумом g_d более 1 км. Аномалия возле города Илиши, по-видимому, изометрическая по форме и простая по строению. Северное ее крыло, параллельное берегу, совпадает с областью увеличения мощности осадков к центру впадины.

У побережья Турции находятся также четыре интенсивные отрицательные аномалии. В пределах Западного Понта локальная часть двух таких аномалий превышает -30 и -35 мГал на фоне средних значений южного побережья, составляющих ≈ -35 мГал. В Восточном Понте интенсивность аномалий составляет -30 и -55 мГал соответственно. Экстремумы этих аномалий находятся за пределами имеющейся карты поля силы тяжести.

Положительным аномалиям присущи следующие *особенности*: 1) четкая приуроченность к шельфу и верхней части континентального склона — они начинаются на глубине дна примерно 1 км и заканчиваются на континенте, характеризуясь большими градиентами; 2) чрезвычайно высокая интенсивность большинства из них — их амплитуда значительно выше самых крупных положительных аномалий поля силы тяжести над структурами континентального типа; 3) наличие локальных экстремумов, вероятно отражающих относительно неглубокое залегание верхней кромки аномалиеобразующих пород; 4) отсутствие корреляции с тектоническими структурами, которые выделяются на геологической карте.

Сейсмическая информация о наличии в верхней части земной коры высокоскоростных (плотных) пород имеется практически только для Крыма [Бурьянов и Павленкова, 1974; Гобаренко и др., 1991; Гордиенко, Стадниченко, 1994; Сейсмогравитационное, 1994]. Фактического материала о физических свойствах интрузивных образований по периметру Черноморской впадины мало. Они выходят на дневную поверхность лишь в Бургасском синклинии. Здесь известны интрузивные тела состава от кислого до ультраосновного при значениях плотности, определенных по многочисленным образцам, от 2,4 до 3,4 г/см³ [Дачев, 1988].

Положительные аномалии по периметру впадины были количественно проинтерпретированы с помощью программы [Старостенко, Курганова, 1991]. При интерпретации они аппроксимированы 18 расчетными телами (как правило призмами). Вследствие влияния на форму аномалий осадочного заполнения прилегающих впадин как правило при

снятии “регионального фона” выходы на асимптоты получить не удалось. Поэтому рассчитанные параметры являются оценочными.

На каждом объекте выполнено 5—6 итераций. Верхние кромки аномалиеобразующих тел подобраны в среднем на глубине 4 км, нижние — на 30 км в восточной части и на 20 км в западной. В телах, соседствующих с участками с большой мощностью осадков, верхняя кромка залегает существенно глубже, чем в объектах у подножия континентального горного рельефа. Кроме того, в телах, приуроченных к тонкой коре, нижняя кромка также залегает выше — на глубине 20 км. Переменные значения аномальной плотности — от $+0,1$ до $+0,25$ г/см³ — связаны, вероятно, с вариациями процентного содержания основных и ультраосновных пород, внедрявшихся в консолидированную кору. Намечается корреляция местоположения аномальных тел с осложнением рельефа границ в осадочной толще. Так, например, интерпретационное тело, замыкающее Западно-Кавказскую аномальную зону, совпадает в плане с локальным поднятием кровли эоцена; локальная интенсивная аномалия, идущая от Губкинского максимума к центру Западно-Черноморской впадины, в точности соответствует локальному подъему дна. В области перерыва между объектом, замыкающим Западно-Кавказскую аномальную зону и объектом, который сопоставляется с восточным продолжением Горного Крыма, сейсмометрией зафиксирован глубокий прогиб, заполненный майкопскими отложениями.

Один из восемнадцати объектов соответствует отрицательной аномалии, расположенной в болгарском секторе Черного моря. Интерпретация этой аномалии ранее не проводилась. Рассчитанные варианты наиболее вероятных параметров не имеют однозначного толкования. Проверено расчетами, что ее можно объяснить только изменением вещественного состава, но если объяснять эту аномалию внедрением кислых интрузивных пород до уровня кровли отложений эоцена, находящейся здесь на глубине 5,5 км, то их средняя плотность будет примерно 2,5 г/см³, что для крупных массивов гранитоидов не характерно. В качестве гипотезы можно предположить, что тело образовано протрузией ультраосновных пород, которая по каким-то местным причинам подверглась сильной серпентинизации. Этот процесс, как известно, приводит к резкому уменьшению плотности [Саркисов, 1989].

Полученные расчетные поля от отдельных объектов обобщены в сводную карту поля Δg_0 интрузий, которая хорошо соответствует аномалиям наблюдаемого поля в плане, по амплитуде, а также по конфигурации изолиний. Эффекты при суммировании образуют единую аномальную полосу, огибающую всю северную периферию впадины.

Данные интерпретации сопоставлены с информацией о времени и характере проявления магматизма. В частности, набор физических свойств аномального тела в земной коре Южного Крыма отвечает про-

трузии мантийного происхождения, состоящей из габброидов и ультрабазитов ($\rho_{\text{ср}} \approx 3,15 \text{ г/см}^3$). По рассеянию сейсмической энергии заполнение мантийными породами объема оценивается в 30%, следовательно, аномальное тело не монолитно, а состоит из многочисленных дайкообразных тел. Протрузия возникла в результате быстрого поступления в кору значительных масс частично расплавленных пород во время меловой разломно-магматической активизации [Гобаренко и др., 1991]. Массивы гипербазитовых магматических пород в большинстве случаев четко пространственно связаны с зонами крупных, длительно развивающихся разломов и залегают как в виде интрузий, так и протрузий. Видимо, их внедрение происходило многократно в течение длительного периода времени.

Большое количество интенсивных локальных аномалий поля силы тяжести, которое наблюдается в глубоководной части Черноморской впадины, вызвано, вероятнее всего, проникновением в верхнюю часть кристаллической коры и даже в осадочную толщу интрузий плотных (мантийных ?) пород. Возможно, что эти интрузии настолько многочисленны, что физические параметры "гранитного" слоя стали адекватны параметрам "базальтового" слоя.

II. 6. Мантийная составляющая гравитационного поля. В результате комплексной интерпретации по профилю 25 ГСЗ выделен эффект мантийной составляющей в среднем -75 мГал , который объяснен тепловым разуплотнением мантии [Бурьянов и др., 1983]. В работе [Бурьянов и др., 1987] для всего Черноморского бассейна мантийная составляющая оценена примерно такой же величиной. С опорой на эти данные при участии диссертанта построена схема мантийной составляющей для всей акватории. В самой Черноморской впадине схема строилась путем экстраполяции от пр. 25 ГСЗ, на основе следующих фактов: 1) осадки антропогенного и неогенового возраста имеют одинаковую мощность во всей впадине; 2) рельеф дна выдержан в пределах $2175 \pm 25 \text{ м}$ при максимальной глубине дна в центре моря (2200 м); 3) значения граничных скоростей под разделом Мохо изменяются мало и группируются вокруг величин $8,0\text{—}8,2 \text{ км/с}$ [Строение, 1989]; 4) по данным сейсмометрии в районе профилей ГСЗ 25 и 27 в пределах блока коры размером 200 км выдерживаются одинаковые свойства по горизонтали [Галкин и др., 1976]; 5) по результатам исследований анизотропии волн в мантии [Галкин и др., 1976] Черноморская впадина оказалась латерально однородной; скорости продольных волн в мантии в направлении север-юг отличаются от субширотных, хотя в каждом из направлений значения выдержаны. При построении схемы использовались также сведения о структурах континента, взятые из работ [Бурьянов и др., 1985, 1987]. В северной части, в области Украинского щита величина мантийной составляющей, со-

гласно принятой методике интерпретации, равна нулю. Величина теплового потока в западной Турции оценена в 107 ± 45 мВт·м⁻² [Algtekin, 1991]. Столь большие вариации теплового потока объясняются присутствием вулканитов новейшего времени (в Восточной Турции последние извержения происходили уже в историческое время). Это дает основание принять значение мантийной составляющей для Турции по аналогии с Кавказом, то есть порядка –100 мГал.

Детальные исследования теплового потока Черноморской впадины, проведенные в последнее время, выделили локальные неоднородности — участки более интенсивного теплового поля. Такова аномалия в районе Центрально-Черноморского поднятия со значениями теплового потока $40 \div 80$ мВт·м⁻² [Строев, 1989], по другим данным — $50 \div 60$ мВт·м⁻² [Кутас и др., 1996]. Однако, размеры источников невелики и включение их эффектов в мантийную составляющую приведет к изменению величины гравитационного эффекта на единицы мГал.

II. 7. Интерпретация гравитационного эффекта слоя нижней части коры — определение глубины подошвы земной коры. После вычитания из g_n влияния осадков, “гранитного” слоя, периферийных интрузивов и мантийной составляющей в разностном поле остаются аномалии, обусловленные нижним этажом земной коры. Его верхнее ограничение — уровень 16 км, нижнее — подошва земной коры. Задаваясь распределением плотности в слое, можно получить глубину залегания подошвы земной коры. Интерпретация проведена методом подбора по площади в объемном варианте.

Плотность интерпретируемого слоя в модели первого приближения в Западно- и Восточно-Черноморской впадинах была принята $3,04$ г/см³ как среднее значение интервала $2,95 \div 3,12$ г/см³ для верхней и нижней кромок “базальтового” слоя. Это значение соответствует средней плотности пород основного состава в нижней части коры в реальных физико-геологических условиях [Красовский, 1989]. В Центрально-Черноморском поднятии, где “базальтовый” слой предполагается глубже 18 км [Литосфера, 1994], плотность уменьшается до $3,02$ г/см³. В пределах поднятия Шатского и в Туапсинской впадине, где мощность “гранитного” слоя увеличена, плотность принята $3,0$ г/см³. В континентальной части плотность, как правило, равна $2,95 \div 2,97$ г/см³, при минимальном ее значении в Мизийской плите $2,9$ г/см³ [Дачев, 1988].

В процессе интерпретации выполнено шесть итераций. Точность подбора в итоговом варианте составляет менее 10 мГал (в отдельных точках, в области континентального склона, — до 20 мГал). В полученной схеме глубины залегания подошвы коры рисунок изолиний подошвы коры соответствует рельефу кристаллического фундамента и границам

раздела осадочных слоев. Плотности в интерпретируемом слое незначительно отличаются от заданных в модели первого приближения.

Дана оценка величине ошибок при интерпретации, источниками которых являются: (1) точность определения скорости (1,5—15% в зависимости от глубины) и положения разделов (первые сотни м) в осадочном чехле; (2) точность определения плотности по скорости в каждом слое ($\pm 0,03 \div 0,05$ г/см³); (3) неравномерность снятия параметров и получения расчетных значений. Изменение плотности на 0,05 г/см³ в наиболее погруженной части эоценовых отложений (на глубинах 11—16 км в Западно-Черноморской впадине) дает изменение их эффекта на 6 мГал. Изменение глубины залегания подошвы коры в 1 км дает эффект 12 мГал в континентальных структурах и 25 мГал во впадине. На основании таких оценок точность построения схемы составляет 1,5—2 км, это позволяет провести изогипсы с интервалом в 4 км.

Полученная схема залегания подошвы коры (рис. 1) более детальная по сравнению со схемами раздела Мохо, построенными ранее по профилям ГСЗ.

Глава III. СЕЙСМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПО ПРОФИЛЯМ ГСЗ.

III. 1. Данные переинтерпретации основных профилей ГСЗ по методике ЛИНКМОД. В этом разделе кратко освещены результаты сейсмогравитационного моделирования по методике ЛИНКМОД [Сейсмогравитационное, 1994] по девяти профилям ГСЗ, отнаблюденным на акватории Черного и Азовского морей: 17, 18, 20, 25—30. Для связи моделей по профилям 18, 17 и 29 расчеты проводились также по профилю V КМПВ Керчь-Севастополь. Результаты сейсмогравитационного моделирования по Черноморскому региону детально освещены в главе 17 монографии [Сейсмогравитационное, 1994]. Они существенно уточнили, а в ряде мест и изменили представление о структуре земной коры акватории. С добавлением данных сейсмологии [Гобаренко, Нестеров, 1992] строение литосферы глубоководной части Черного моря и ее преобразование рассмотрено в рамках развития астенолитной концепции [Чекунов, 1987]. Детализирующая трактовка сводится к тому, что единый на глубине астенолит образовал три апофиза (мантийных диапира), различающихся формой, размерами, интенсивностью проявления и временем активизации. Наиболее активен в настоящее время небольшой диапир, располагающийся в центральной части Черного моря непосредственно к югу от Крыма. Более крупный регрессирующий диапир предполагается под центральной частью Западно-Черноморской впадины. Тектоника восточной части бассейна определяется развитием гребневидного диапира диагонального простирания [Козленко, Макаренко, 1993].

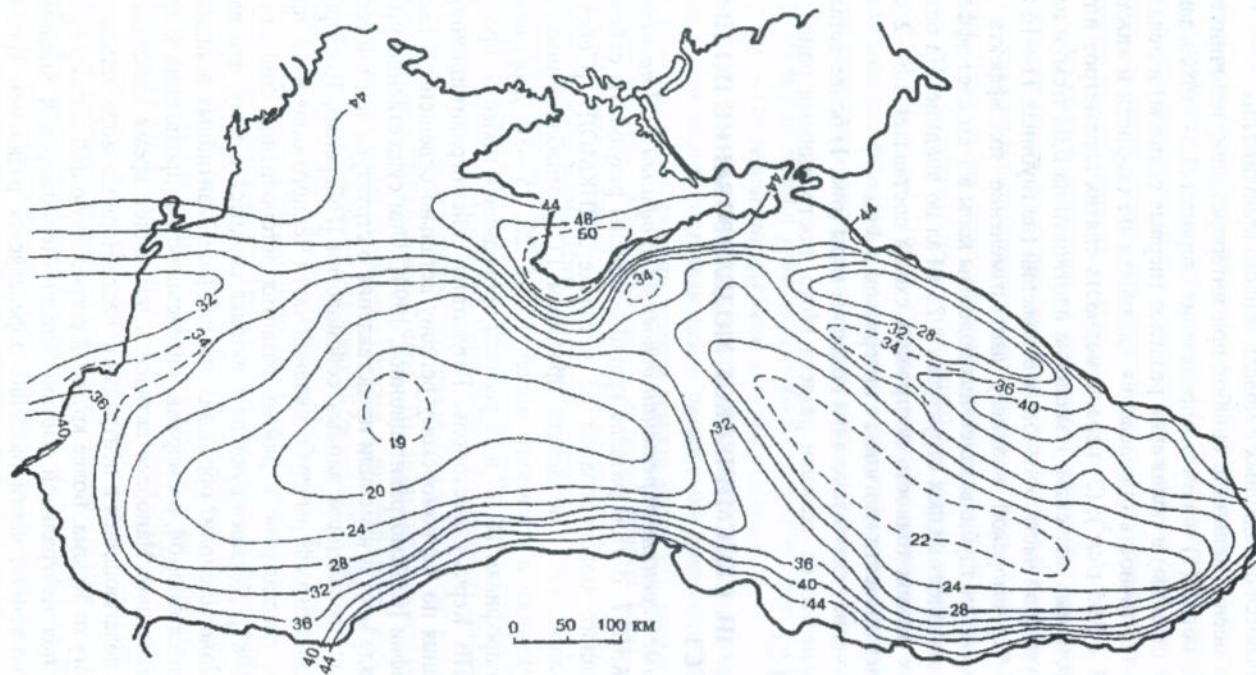


Рис. 1. Схема расчетной глубины залегания подошвы коры в Черноморской впадине (в км).

III. 2. *Интерпретация по методике СЕЙСМОД 13—15, 19 и 21 профилей ГСЗ.* В продолжение описанных выше работ диссертантом проведено численное моделирование по шести профилям ГСЗ (10, 13—15, 19, 21) по методике СЕЙСМОД. В результирующих моделях вычисленных скоростей $V_v(l, H)$ граница $V_v = 3,0/3,5$ км/с, определенная формальным подбором, очень хорошо совпадает с кровлей майкопских отложений, а граница $5,5/6,5$ км/с сопоставима с кровлей мела. По всем профилям достаточно устойчиво проявляется дифференциация разрезов по латерали. Локальные положительные аномалии V_v выделены в средней части *профиля 19* и *профиля 21*. Вероятно, эти аномалии связаны с неоднородностями фундамента. Центральное-Черноморское поднятие четко выражено повышением V_v в центральной части *профиля 10*. В разрезе V_v по *профилю 13* выделено три блока, из которых южный, совпадающий с Восточно-Черноморской впадиной, включает аномалию, характерную для всех рифтогенов; северный блок по физическим параметрам отвечает континентальной коре, а в структурном плане — западной перекликалки поднятия Шатского; средний блок — промежуточный между останцом континентальной коры и рифтогеном. Контакт между блоками — тектонический, глубокого заложения, по нему, по-видимому, проникали к поверхности мантийные выплавки, формируя небольшие тела базитов. Главной особенностью северной части разреза является аномальное тело шириной 30 км, расположенное на глубине от 10 до 17 км, вычисленные скорости в котором превышают 7,0 км/с. Под ним выделяется зона инверсии, а к северу от него намечается уплощенная положительная аномалия. В плане аномальная область по профилю 13 совпадает с объектом, замыкающим Западно-Кавказскую зону максимумов g_H .

Численное моделирование по *профилям 14 и 15* позволило получить представление о глубинном строении переходной зоны к континенту в восточной части Черного моря. По профилю 14 разрез $V_v(l, H)$ расчленяется на три блока, которые разнятся глубиной залегания границы $7,5/8,0$ км/с. В западном блоке, который соответствует Восточно-Черноморскому рифту, эта граница расположена на $H \approx 20$ км. В центральном блоке она занимает промежуточное положение, а в восточном уходит глубже 41 км. Восточный блок представляет типичную континентальную кору с повышенной гранитизацией (судя по погружению скоростного уровня $5,5$ км/с глубже 10 км). Различия в структуре скоростной модели по пр. 14 прослеживаются до самых верхних горизонтов земной коры.

Данные о глубинной структуре по профилю 15 отсутствуют. Однако распределение скорости до $H = 10—12$ км подобно таковому на профиле 14. Разрез может быть расчленен на те же три блока. Над контактом между центральным и восточным блоками по профилю 15 выяв-

лены высокоскоростные включения, аналогичные аномалиям V_b по пр. 14, только они располагаются ниже, в среднем на $H \approx 6$ км и разделяются на этажи (не менее двух). Особенностью, отсутствующей на разрезе по профилю 14, является пласт мощностью около 3 км с $V_b > 7,0$ км/с, залегающий на глубине от 9 до 12 км.

С учетом результатов моделирования по профилям 14 и 15 намечены черты тектонической ситуации. Гудаутский и Очамчирский своды не являются продолжением поднятия Шатского — оно простирается параллельно береговой линии и на юго-востоке срезается олигоцен-четвертичной Гурийской впадиной, наследующей глубокоководный палеогеновый Аджаро-Триалетский прогиб. Поднятие Шатского, вероятно, было частью Грузинской глыбы, до мелового времени устойчивой к погружению, но затем захваченной процессами деструкции в связи с образованием Восточно-Черноморского и Туапсинского рифтов. Высокоскоростные аномалии в разрезах пр. 14 и 15 свидетельствуют о широком развитии в этом регионе базитового магматизма.

Получение прямых доказательств существования локальных неоднородностей в консолидированной коре, а возможно и в осадочном чехле Черноморской впадины, не только по данным гравиметрии и магнитометрии, но и по первым вступлениям проходящих (преломленных) волн является важным следствием проделанной работы.

Глава IV. ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВПАДИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО И ВОЛНОВОГО ПОЛЕЙ

IV. 1. *Сравнительная характеристика результатов объемного гравитационного моделирования и моделирования по методике СЕЙСМОД.* Интерпретация отдельных профилей ГСЗ по методике СЕЙСМОД в совокупности с ранее полученными данными сейсмогравитационного моделирования обобщена в виде схемы $V_b = 8,0$ км/с — подошвы коры. Хотя схема носит фрагментарный характер (сеть профилей неравномерна), в ней проявляются общие закономерности строения Черноморской впадины, которые отражены на схеме, приведенной на рис. 2.

На обеих схемах Западно-Черноморская впадина выделяется подъемом изогипсы подошвы коры 20 км в центральной части. Минимальные отметки в Восточно-Черноморской впадине — 22 км, на Центрально-Черноморском поднятии порядка 30 км; в северо-западной части поднятия Шатского $V_b = 8,0$ км/с находится на глубине от 35 до 40 км. По данным объемного гравитационного моделирования мощность коры здесь составляет 33 км, а до 40 км она возрастает на юго-востоке. На обеих схемах выделяется Горный Крым изогипсами подошвы коры 40—48 км и Мизийская плита, где изогипсы 35—36 км уходят на континент.

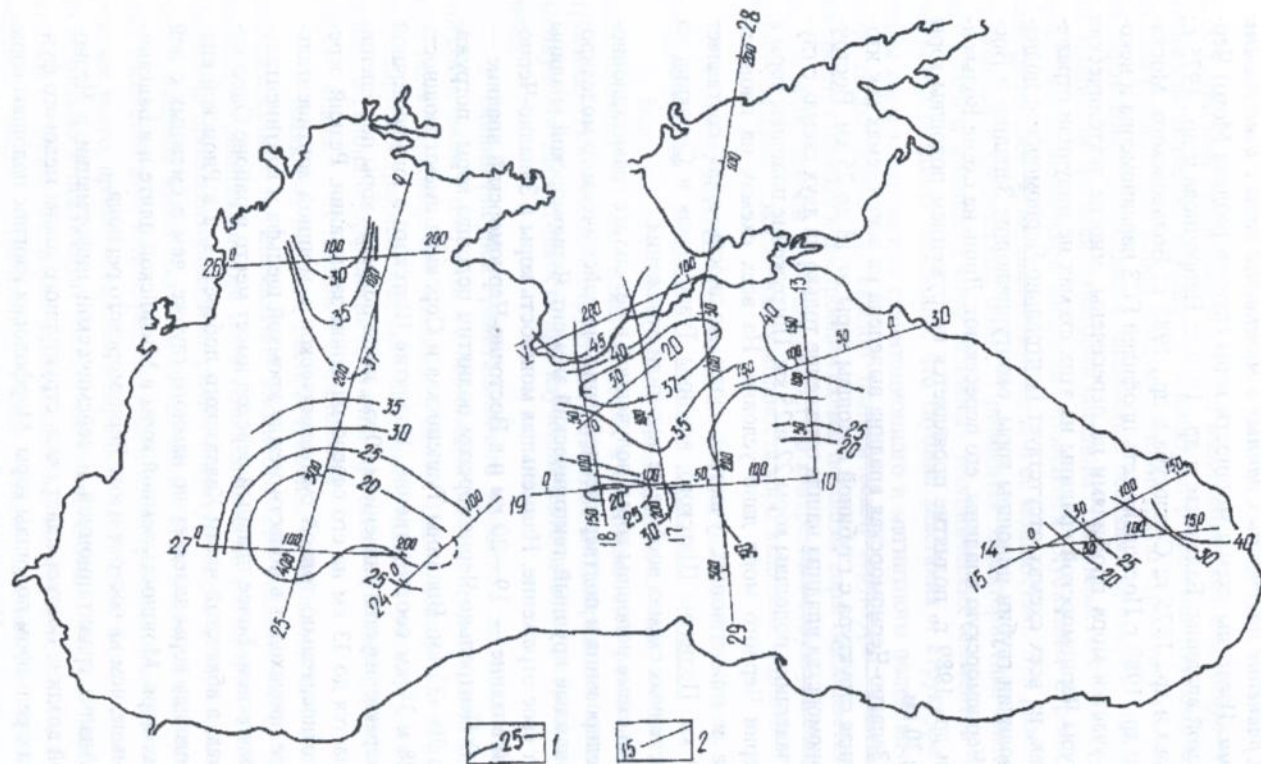


Рис. 2. Схема гипсометрии скоростного уровня $V_n = 8,0$ км/с Черноморской впадины:
 1 - изогипсы $V_n = 8,0$ км/с; 2 - профили ГСЗ.

IV. 2. Сравнение полученных данных о мощности коры с известными схемами. Известны схемы мощности коры (глубин раздела Мохо) Черноморской впадины: Балавадзе и др., 1970 г.; Непрочнова и др., 1975 г.; Чекунова и др., 1975 г.; Соллогуба и др., 1985 г.; Вольвовского, Москаленко и др., 1989 г. Поскольку сеть профилей ГСЗ неравномерна и некоторые участки моря профилями не пересечены, многие тектонические структуры Черноморской впадины на этих схемах не получили отражения. Так, на всех схемах отсутствует Центрально-Черноморское поднятие; изолинии глубин подошвы коры, оконтуривающие Западно- и Восточно-Черноморскую впадины, его пересекают. Лишь на схеме Вольвовского и др., 1989 г., поднятие проявляется погружением подошвы коры глубже 30 км.

Западно-Черноморская впадина выделена на всех схемах как изометричная структура с глубиной подошвы коры от 18 до 25 км. Восточно-Черноморская впадина нашла отражение только на двух схемах с глубиной залегания подошвы коры 22 и 25 км. Погружение подошвы коры к периферии Черного моря дано условно. На всех схемах на площади шельфа и прилегающих участках суши мощность коры составляет 35—40 км. Поднятие Шатского, впадины Туапсинская и Сорокина на перечисленных схемах вообще не получили отражения.

На схеме подошвы коры, полученной в результате гравитационного моделирования и подтвержденной данными сейсмического моделирования, каждый крупный тектонический элемент Черноморской впадины находит свое отражение. Наименьшая мощность коры в Западно-Черноморской впадине — 19—20 км и в Восточно-Черноморской впадине — 22 км. В Центрально-Черноморском поднятии подошва коры погружается до 30—33 км. Впадины Туапсинская и Сорокина имеют мощность коры 28 и 34 км соответственно. Поднятие Шатского в юго-восточной части характеризуется значением 40 км, затем подошва коры постепенно поднимается до 33 км на его северо-западном замыкании. Резкий переход от относительно тонкой субокеанической к мощной континентальной коре происходит в области между кромкой шельфа и континентальным подножием. Более плавный переход имеет место в районе Одесского залива, в абхазской части Кавказского побережья, а в Рионской впадине подошва коры залегает не намного глубже, чем в смежных с ней участках моря. Мощность земной коры в Мизийской плите и в Балканидах меньше, чем на востоке и юге Черноморского региона.

Анализ гравитационной и сейсмической информации в Черноморской впадине подтверждает связь структурного плана мелового фундамента с рельефом подошвы коры. Морфология изогипс подошвы коры крупных структур Черноморской впадины хорошо коррелируется с их тектоническим планом, и это соотношение отражено в гравитационном поле.

IV. 3. Глубинное строение основных тектонических структур Черноморской впадины. Начиная с плиоценового времени Черноморская впадина представляет собой единую тектоническую структуру, для которой характерно прогибание и заполнение осадками примерно одинаковой мощности по всей акватории впадины. Основные тектонические структуры Черноморской впадины отличаются глубинным строением осадочного слоя, кристаллической коры и ее мощностью. Эти различия отражаются в физических полях. Приводится характеристика физических полей и мощности коры основных тектонических элементов Черноморской впадины. Показано, что глубина залегания и структура подошвы коры и параметры гравитационного и магнитного полей качественно сопоставимы для каждой тектонической структуры. Учитывая, что средняя ошибка в построении схемы подошвы коры оценивается в 2 км, а перепад глубин этой поверхности в конкретных структурах значительно больший, относительная мощность коры выделена надежно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенная работа позволяет сделать следующие выводы.

1. Выполненное на большой площади, имеющей интенсивное знакопеременное гравитационное поле и охватывающей различные по строению тектонические структуры, объемное моделирование показало высокую его эффективность при изучении тектонического строения региона.

2. Общий рисунок гравитационного эффекта осадочных отложений сопоставим с контуром и с основными особенностями гравитационного поля Черноморской впадины в целом. Вдоль периферии впадины коррелируется градиент эффекта осадочной толщи и рельеф континентального склона. Морфология изолиний эффекта отдельных структур хорошо совпадает с их тектоническим планом.

3. Выявлено широкое распространение в Черноморской впадине локализованных тел аномальной плотности. Они создают интенсивные аномалии гравитационного поля обоих знаков по периферии впадины. Подробно проанализирована их роль в структуре коры. В глубоководной части впадины наблюдается большое количество интенсивных локальных аномалий двух видов, радиальных и изометричных, вызванных, вероятно всего, проникновением в верхнюю часть кристаллической коры (и возможно в осадочную толщу) интрузий плотных пород. Вероятно, что эти интрузии настолько многочисленны, что физические параметры верхней части "гранитного" слоя стали адекватны значениям "базальтового".

4. В полученной схеме глубины залегания подошвы коры каждая крупная тектоническая структура выделяется мощностью коры. Отмечается соответствие морфологии поверхностных и глубинных планов структур. Погружение подошвы коры от впадины к континентальным структурам коррелируется с подъемом дна Черноморской впадины.

5. Геофизические данные показывают, что в Черноморской впадине существует обратное соответствие величин мощности осадочного слоя и мощности коры во всех крупных ее тектонических элементах. Из этого можно сделать вывод, что интенсивность осадконакопления (прогибание) и степень преобразования коры (ее переработка и утонение) — две, одновременно проявляющиеся, грани единого тектонического процесса.

6. Переинтерпретацией сейсмических наблюдений по отдельным профилям ГСЗ получены дополнительные данные о строении земной коры Черноморской впадины. Наиболее существенна информация о поднятии Шатского: оно не выходит на побережье под Гудаутским и Очамчирским сводами, а простирается параллельно береговой линии. Важны сведения о широком развитии базификации верхней части коры. Мантийный материал проникал вверх как по зонам глубинного заложения, так и по коровым разломам. Мафитовые породы внедрялись в осадочный чехол и изливались на поверхность морского дна.

Данные гравитационного и сейсмического моделирования дополняют друг друга и дают возможность расширить представления о глубинном строении Черноморской впадины.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Козленко В. Г., Макаренко И. Б. Мантийные диапиры Черного моря (уточняющие данные) / Доклады АН Украины, 1993. — № 9. — С. 100—104.

2. Бурьянов В. Б., Макаренко И. Б., Старостенко В. И. Мощность и структура коры Черноморской впадины по данным гравитационного моделирования / Геофиз. журн. — 1996, 18. — № 5. — С. 17—31.

3. Бурьянов В. Б., Макаренко И. Б. Раздел Мохо в Черноморской впадине как результат интерпретации гравитационных данных / Доклады НАН Украины, 1996. — № 8. — С. 105—111.

4. Козленко В. Г., Макаренко И. Б. Земная кора Восточно-Черноморской транзитали по данным сейсмогравитационного моделирования / Доклады НАН Украины, 1996. — № 9. — С. 109—114.

5. Харитонов О. М., Бурьянов В. Б., Макаренко И. Б., Пустовитенко Б. Г. Глубинное строение и сейсмичность Черноморского бассейна / Доклады НАН Украины, 1996. — № 9. — С. 119—123.

6. Егорова Т. П., Козленко В. Г., Макаренко И. Б., Старостенко В. И. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии. В кн. "Геофизические параметры литосферы южного сектора Альпийского орогена" / Отв. ред. Б. С. Вольвовский, В. И. Старостенко. — 1996. — С. 73—89.

7. Козленко В. Г., Макаренко И. Б. Тектоника и эволюция // В кн. "Геофизические параметры литосферы южного сектора Альпийского орогена" / Отв. ред. Б. С. Вольвовский, В. И. Старостенко. — 1996. — С. 94—98.

Макаренко І. Б. “Структура земної кори Чорноморської западини за даними гравітаційного моделювання”. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата геолого-мінералогічних наук по спеціальності 04.00.22 — геофізика. Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, 1997.

Методом моделювання по площі проаналізовано гравітаційне поле Чорноморського регіону. Вперше вивчено внесок в гравітаційне поле інтрузивних тіл, розташованих по периметру Чорноморської западини, які утворюють великі локалізовані аномалії обох знаків. Складено схему мантіїної частини гравітаційного поля регіону. Отримано гравітаційні ефекти головних неоднорідностей літосфери та обчислена потужність земної кори Чорноморської западини. Проаналізовано будову великих тектонічних елементів, які виділяються не тільки потужністю і віком осадової товщі, але і глибиною подошви земної кори.

В результаті численного моделювання по профілях ГСЗ виявлені швидкісні аномалії, які відображають локальні неоднорідності кори Чорноморської западини. Отримані дані про глибинну будову Східно-Чорноморської перехідної зони море—континент, а також докази активної базифікації верхньої частини земної кори.

Ключеві слова: Чорноморська западина, трьохвимірне гравітаційне моделювання, потужність земної кори, двохвимірне сейсмічне моделювання, неоднорідності земної кори.

Makarenko I. B. “Earth’s crust structure of the Black Sea Basin by gravity modelling”. Thesis for degree of Candidate of science of Geologic and Mineralogy’s with speciality 04.00.22 — Geophysics. S. I. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of the Ukraine, Kiev, 1997.

The analysis of the gravity field of the Black Sea region with the method of modelling on area was conducted. The contribution of intrusive bodies that were at the perimeter of Black Sea Basin and produced very intensive local anomalies of both signs in gravity field has been studied here for the first time. Scheme of mantle components of the region gravity field was compiled. Structure of the Earth’s crust of main tectonic elements which differ not only by thickness and age of sedimentary cover, but also by the crust thickness, have been analysed.

As a results of seismic modelling along the DDS profiles have been revealed velocity anomalies which reflections local heterogeneities of the crust of the Black Sea Basin. New data on deep structure of the East-Black Sea transition zone from the sea to the continent as well as information about active basification of the upper part of the crust have been obtained.

Підписано до друку 27.06.97р. Формат 60х90/16.
Ум. друк. арк.1,0. Обл.-вид. арк. 1,0.
Наклад 100. Зам. 237.

Відділ оперативної поліграфії
Центру Міжнародної освіти
227-12-75, 227-37-86

023030

AB 38.440
AB 38.440