

Трёхмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса

© П. Я. Куприенко, И. Б. Макаренко, В. И. Старостенко,
О. В. Легостаева, А. С. Савченко, 2010

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина
Поступила 1 сентября 2010 г.

Представлено членом редколлегии О. Б. Гинтовым

Побудовано тривимірну густинну модель Дніпровсько-Донецької западини і Донбасу з використанням нових сейсмічних даних уздовж профілів ГСЗ, профілю DOBRE та даними петрофізичних досліджень, що дало змогу отримати нові відомості стосовно розподілу густини в об'ємі земної кори. Визначено області розповсюдження та потужність коромантійної суміші, а також наявність осьового ущільнення, яке зменшується від центральної та прибортових зон до бортів западини, а в Донбасі — до периферії. На основі тривимірної густинної моделі обчислено потужності шарів земної кори: «гранітного», «діоритового» та «базальтового», співвідношення яких до загальної потужності земної кори дало змогу спрогнозувати речовинний склад кристалічної частини земної кори ДДЗ та Донбасу (визначено 6 типів кори). Базальто-діоритовий тип кори розташований в зоні переходу від ДДЗ до Донбасу. За залишковим гравітаційним ефектом оконтурені аномально розуцільнені області в прибортових зонах осадового шару, які мають зв'язок з глибинними неоднорідностями, котрі слідкуються в густинній моделі по всьому розрізу кристалічної частини кори у вигляді розуцільнених областей різного розміру. Максимальне розуцільнення в осадовому чохла відноситься до відкладів нижнього карбону. Встановлено кореляцію між розуцільненими областями та нафтовими, нафтогазовими та газовими районами родовищ ДДЗ та Донбасу.

Three-dimensional gravity model of the Dnieper-Donets depression and the Donbas has been constructed applying new seismic data along DSS profiles, the DOBRE profile and petrophysics data that gave a possibility to obtain new information on gravity distribution within the volume of the Earth's crust. The areas of distribution and the thickness of crust-mantle mixture have been determined as well as the presence of axial consolidation, which decreases from the central and near-margin zones to the margins of depression, and in the Donbas — to the periphery. The thicknesses of the Earth's crust layers have been calculated: «granite», «diorite», «basalt» based on three-dimensional gravity model, which ratio to the general thickness of the Earth's crust made possible to predict material composition of the Earth's crust of the DDD and the Donbas (6 types of the crust have been distinguished). Basalt-diorite type of the crust is located in a transitional area from the DDD to the Donbas. In near-margin areas, according to residual gravity effect, anomalously deconsolidated areas in sedimentary cover have been delineated, which have connection with deep heterogeneities, which can be traced in the density model along the whole section of the crystalline part of the crust as deconsolidated areas of different size. Maximal deconsolidation in sedimentary cover belongs to the deposits of Lower Carboniferous. Correlation between deconsolidated areas and oil, oil-gas and gas areas for the deposits of the DDD and the Donbas has been found.

Введение. Днепровско-Донецкая впадина (ДДВ) и Донбасс являются одними из наиболее полно изученных осадочных бассейнов, поскольку интенсивно исследовались геологическими и геофизическими метода-

ми на протяжении многих лет. Территория ДДВ покрыта сетью поисковых и региональных сейсмических профилей и геотраверсов (МОВ—МОГТ, КМПВ и ГСЗ), гравимагнитными и электрометрическими исследова-

ниями, геологической съемкой. Пробурено большое количество структурно-поисковых, несколько тысяч глубоких параметрических и поисково-разведочных скважин, в том числе глубиной свыше 5—6 км.

Интеграция имеющихся данных и их комплексный анализ позволили достичь огромного прогресса в изучении особенностей геологического строения региона. Это привело к созданию различных геолого-геофизических моделей регионального и локального уровней, в том числе двух- и трехмерных плотностных. В восточной части ДДВ и Донбассе гравитационное поле исследовалось по профилям ГСЗ [Красовский та ін., 1973]. При этом основное внимание уделялось изучению осадочной толщи. Показано, что осадки «открытого» Донбасса обладают очень высокой плотностью. В работах [Козленко, 1984; 1989; Старостенко и др., 1986] гравитационным моделированием изучено строение земной коры западной и центральной частей ДДВ, определены аномальные эффекты соляных штоков, отдельных структур и всей осадочной толщи в целом. В кристаллической части коры вдоль оси ДДВ выделено аномальное тело со средней избыточной плотностью $0,2 \text{ г/см}^3$.

К настоящему времени выполнен ряд работ по построению трехмерных плотностных моделей ДДВ и Донбасса. Так, в работе [Бурьянов и др., 1999] приведены результаты по изучению восточной части ДДВ и Донбасса. Плотностная модель построена по данным переинтерпретации профилей ГСЗ I, X, XI, плановое расположение которых обусловило выбор площади исследований. Модель коры была разделена на четыре горизонтальные пластины, каждая из которых включала в себя основные плотностные неоднородности земной коры, что позволило автономно вычислить их гравитационный эффект. Определен интегральный гравитационный эффект мантийных неоднородностей: в ДДВ его значения находятся в пределах точности моделирования, а в Донбассе он составляет -80 мГал , что указывает на тектоническую активность этой структуры.

В работах [Егорова, 2000; Егорова, Козленко, 2003] представлены результаты изучения осадочной толщи ДДВ и Донбасса. В первой из них при задании модели осадочной толщи было отдано предпочтение экспоненциальному изменению плотности с глубиной. Был сделан вывод о том, что по-

лосовой максимум разностного поля в Днепровском грабене, который был выявлен ранее [Старостенко и др., 1986], продолжается через переходную зону в пределы Донбасса. Во второй работе выполнена детализация строения осадочной толщи переходной зоны.

В статье [Егорова и др., 2000] с помощью двух- и трехмерного подбора при двух вариантах положения раздела Мохо под Донбассом интерпретировался полосовой максимум разностного поля в Днепровском грабене, который, по мнению авторов, свидетельствует о существовании в консолидированной коре авлакогена осевого уплотнения.

В работе [Козленко В. Г., Козленко М. В., 2007], являющейся продолжением исследований, о которых говорилось выше, была подобрана оптимальная плотность нижнего слоя осадочной толщи при использовании данных сейсмогравитационного моделирования по профилям ГСЗ. Подтвержден промежуточный характер переходной зоны от Днепровского грабена к Донбассу. С первым ее роднит «осевая дайка», со вторым — зона уплотнения, тяготеющая к северному борту.

Авторами работы [Гордиенко и др., 2006] представлены плотностные модели земной коры ДДВ и прилегающих территорий, которые построены по скоростным моделям вдоль профилей ГСЗ. Было получено распределение плотности пород консолидированной коры для всей территории впадины путем интерполяции значений плотности между профилями ГСЗ — изоденсы на глубинах 10, 20 и 35 км. Построена качественная схема распределения мантийной гравитационной аномалии на территории впадины интенсивностью $\pm 20 \text{ мГал}$, которая практически ограничена Днепровским бассейном ДДВ.

Ряд моделей взаимно исключают друг друга и не в состоянии объяснить как некоторые общие, так и многие частные особенности строения региона. Так, в работах [Бурьянов и др., 1999; Гордиенко и др., 2006; Козленко В. Г., Козленко М. В., 2007] верхи мантии уплотнены, а в работе [Егорова и др., 2000] мантия принимается безаномальной.

По мере поступления нового геолого-геофизического материала по верхней части осадочного разреза (до глубин 5—6 км), новых сейсмических данных (ГСЗ и ОГТ) вдоль профилей DOBRE1 и DOBRE2 [Град и др., 2003; 2006; Grad et al., 2003; Maystrenko et al., 2003; Стомба и др., 2006], а также в связи с

отсутствием надежных фактических данных о строении глубоких горизонтов осадочно-чехла и кристаллической части коры, в настоящее время возникла необходимость построения новой трехмерной плотностной модели ДДВ и Донбасса. Целесообразность создания такой модели обусловлена еще и тем, что она является составной частью трехмерной плотностной модели территории Украины. Изложению результатов выполнения такой работы посвящена настоящая статья. Построение модели выполнено на основе интерпретации новых известных геолого-геофизических материалов с применением современного комплекса автоматизированного ввода в компьютер карт: программы **Geophys0** [Старостенко и др., 2004] и **Spacemap** [Старостенко и др., в печати]. Новизна результата заключается в том, что в итоге моделирования получено значение плотности в любой точке земной коры и верхней мантии ДДВ и Донбасса, а также построена схема вещественного состава, поскольку, как известно, с ним наиболее тесно связана плотность пород. Распределения плотности в разных типах структур и блоках могут быть использованы как при создании комплексной геолого-геофизической модели Украины, так и при различных тектонических и геодинамических построениях.

Тектоническое районирование исследуемого района. В многочисленных публикациях Днепровско-Донецкая впадина и Донбасс имеют множество названий. Для простоты изложения материала для ДДВ сохраним термин «впадина», так как он в настоящее время наиболее часто употребляется. Донбасс упоминается в литературе как «бассейн» или Донецкое складчатое сооружение (ДСС). При описании этой структуры будем называть ее Донбасс, учитывая тот факт, что в пределы исследуемой территории входит та ее часть, которая расположена на территории Украины, включающая собственно складчатую область, северную (южное погружение Воронежского кристаллического массива) и северо-западную окраины.

К настоящему времени различными авторами предложено множество (свыше 25) схем продольного и поперечного тектонического районирования ДДВ. При создании трехмерной плотностной модели за основу продольного тектонического районирования (рис. 1) взята схема Ю. А. Арсирия, Б. П. Кабышева, А. К. Цышко [Атлас..., 1984],

которая не противоречит известным схемам М. В. Чирвинской [Чирвинская, 1954; 1977; Чирвинская, Соллогуб, 1980]. В соответствии с этой схемой в осевой зоне ДДВ выделяется глубокий линейно-ориентированный Днепровский грабен, который, в свою очередь, подразделяется в виде узких полос на центральную, южную и северную бортовые (краевые) части. Северо-восточнее и юго-западнее Днепровского грабена, отделяясь от него крупными региональными разломами с амплитудой 5 км и более [Чекунов, 1972], располагаются борта ДДВ: северный и южный, которые охватывают южный склон Воронежского кристаллического массива (ВКМ) и северный склон Украинского щита (УЩ) соответственно. В самом грабене наблюдается большое количество разломов, сложная блокировка, складчатость, соляной диапиризм, проявления вулканизма, а в бортовых частях впадины поверхность фундамента и осадочные слои залегают монотонально, с пологим наклоном к центру впадины [Чекунов, 1972].

Сложнее обстоит вопрос с поперечным делением региона. Многие исследователи проводят его по-разному, несмотря на то, что в основе этого деления у всех лежат глубинные разломы, которые обуславливают поперечное подразделение Днепровско-Донецкого авлакогена на Припятский грабен, Черниговский выступ, Днепровский грабен, Донецкое складчатое сооружение и отдельные блоки в их пределах. Поперечное деление в общем было обосновано еще в 1952 г. И. Ю. Лапкиным, С. Е. Черпаком и М. В. Чирвинской [Лапкин и др., 1952]. Схема тектонического районирования, составленная Б. П. Стерлиным и др. [Стерлин и др., 1973], предусматривает разделение рассматриваемого региона на пять поперечных зон: Черниговско-Брагинскую, северо-западную и юго-восточную зоны Днепровско-Донецкого грабена, зону северо-западного погружения Донецкого складчатого сооружения и собственно Донецкое складчатое сооружение. В ее основе лежит признание ведущей роли поперечных разломов в изменении литологического состава, фациального характера и мощности разделяемых ими осадочных комплексов. В. К. Гавриш [Геология..., 1989; рис. 1] выделяет пять поперечных частей ДДВ и Донбассского прогиба с соответствующими им сегментами Днепровско-Донецкого (ДДР) и Донбассского (Д) рифтов: северо-

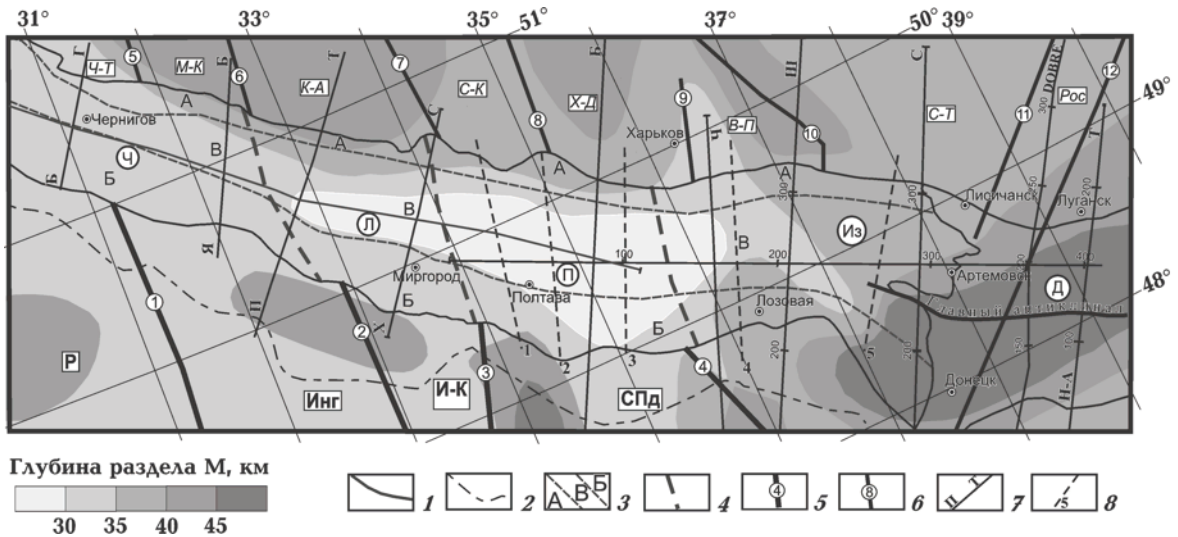


Рис. 1. Тектоническая схема района исследований: 1 — граница ДДВ; 2 — граница северного борта ДДВ; 3 — продольное деление ДДВ (по Арсирию и др., [Атлас..., 1984]) (зоны — А — северная бортовая, Б — южная бортовая, В — центральная); 4 — поперечное деление ДДВ (по Доленко и Варичеву, [Геология..., 1989]) (буквы в кружках) мегаблоки: Ч — Черниговский, Л — Лохвицкий, П — Полтавский, Из — Изюмский, Д — Донбасский; 5 — межмегаблоковые зоны разломов УЩ (цифры в кружках: 1 — Тальновская, 2 — Западно-Ингулецкая, 3 — Криворожско-Кременчугская, 4 — Орехово-Павлоградская); 6 — межмегаблоковые шовные зоны северного борта ДДВ (5 — Херсонско-Смоленская, 6 — Бахмачская, 7 — Криворожско-Крупецкая, 8 — Царичанско-Писаревская, 9 — Орехово-Харьковская, 10 — Михайловско-Белгородская, 11 — Волновахско-Старобельско-Кантемировская, 12 — Волновахско-Казанская); 7 — профили ГСЗ (Бондари-Городня (Б-Г), Яготин-Батулин (Я-Б), Пирятин-Талалаевка (П-Т), Хорол-Синевка (Х-С), Царичанка-Богодухов (Ц-Б), Синельниково-Чугуев (С-Ч), Близнецы-Шевченко (Б-Ш), Константиновка-Сватово (К-С), DOBRE, Ново-Азовск—Титовка (Н-А—Т)); 8 — плотностные разрезы по данным [Голыздра, Попович, 1998]. Мегаблоки УЩ: Р — Росинский, Инг — Ингульский, СПд — Среднеприднепровский, Пр — Приазовский, И-К — Ингулецко-Криворожская шовная зона. Блоки северного борта ДДВ [Багрий та ін., 2007]: Ч-Т — Черниговско-Трактемировский, М-К — Менско-Кировоградский, К-А — Конотопско-Александровский, С-К — Сумско-Кобелякский, Х-Д — Харьковско-Днепропетровский, В-П — Волчанско-Петропавловский, С-Т — Сватовско-Троицкий, Рос — Россошанский.

западная часть впадины (Деснянский сегмент ДДР), центральная часть впадины (Удайско-Сульский сегмент ДДР), юго-восточная часть впадины (Пселско-Орельский сегмент ДДР), северо-западная часть Донбасского прогиба (Западно-Донбасский сегмент ДР). Также выделено пять седловин (Брагинско-Лоевская, Удайская, Пселско-Ворсклянская, Донецко-Орельская, Донецкая) и депрессий (Ельская, Нежинская, Лохвицкая, Карловская, Волчанско-Бахмутская). Арсирий и др. [Атлас..., 1984] выделяют четыре поперечные тектонические зоны: Черниговско-Брагинскую, Ичнянско-Солоховскую, Чутовско-Алексеевскую и Волвенковско-Бантышевскую. По структурно-тектонической карте докембрийского фундамента Днепровско-Донецкого авлакогена [Нефтегазоперспективные..., 2002], как допозднепротерозойские, выделены следующие поперечные мегаблоки: Черниговский, Лохвицкий, Зеньковский, Карловский, Изюмский и Донецкий.

За основу поперечного деления Днепровского грабена авторами принята схема, составленная Г. Н. Доленко и С. А. Варичевым [Геология..., 1989], как наиболее упрощенная и соответствующая в основных чертах, с точки зрения авторов, современному геолого-геофизическому материалу и представлениям о тектонике региона (см. рис. 1), а также наиболее полно согласующаяся с наблюдаемым гравитационным полем (см. ниже рис. 2 на с. 187). В соответствии с этой схемой в поперечном сечении ДДВ выделено четыре мегаблока: Черниговский, Лохвицкий, Полтавский и Изюмский, которые разделены глубинными разломами трансконтинентального характера (см. рис. 1). Каждый мегаблок образован тектонопарой — смежными поднятием и депрессией, разделенными разломами регионального характера меньшего ранга.

Первый (Черниговский) тектонический мегаблок соответствует Одесско-Ядловскому антиклинорию УЩ, который на юго-востоке

ограничивается протягивающейся сюда с Украинского щита Кировоградской зоной разломов. В пределах этой зоны в субмеридиональном направлении происходит смена простираций и смещение осей элементов гравитационного поля, имеющего общую северо-западную ориентировку. Краевые разломы грабена в этой поперечной зоне также резко смещены в плане.

Второй мегаблок (Лохвицкий) расположен к юго-востоку от Черниговского. По данным работы [Геология..., 1989] этот мегаблок соответствует Криворожско-Кременчугскому протерозойскому синклинию УЩ и на юго-востоке ограничивается Петривецко-Синевской зоной разломов, которая является продолжением Криворожско-Кременчугского древнего разлома УЩ. Краевые разломы грабена в этой поперечной зоне резко смещены в плане [Чекунов, 1972].

Полтавский мегаблок ограничен с юго-востока Орехово-Павлоградской крупной зоной разломов, которая проходит по линии Павлоград — Харьков. К западу от нее максимально прогнута северная часть Днепровского грабена (Чутовская впадина), а к востоку — южная. Поперечная зона разделяет эти участки грабена с противоположной асимметрией прогибания [Чекунов, 1972].

В Изюмском мегаблоке Шебелинская депрессия является зоной сочленения ДДВ и ДСС через Орехово-Павлоградскую зону разломов.

Донбасс выделен в отдельный мегаблок — Донбасский.

В каждом мегаблоке выделяется много локальных впадин и котловин, разделенных узкими седловинами и выступами фундамента, представляющих, несомненно, огромный интерес. Однако в силу масштаба выполняемых работ такие структуры не являлись объектами исследования.

Северный борт ДДВ детально районирован (см. рис. 1). Здесь выделено три мегаблока (Подольско-Брянский, Днепровско-Курский и Приазовско-Белгородско-Россошанский), которые, в свою очередь, разделены на 11 блоков второго порядка [Багрий та ін., 2007]. О поперечном делении южного борта ДДВ четкого представления, к сожалению, нет.

Трехмерная плотностная модель также включает Украинский щит (северо-восток Росинского мегаблока, северная часть Ингульского, Среднеприднепровского и Приа-

зовского) и Воронежский кристаллический массив (южный склон). Для структур консолидированной части коры ДДВ условно присвоено название мегаблоков, которые выделены в осадочном чехле: Черниговский, Лохвицкий, Полтавский и Изюмский. Мы понимаем неправомерность такого подхода, но нет единого мнения в вопросе названия структур кристаллического основания, которые перекрыты осадками.

Методика построения трехмерных плотностных моделей включает: 1) основные положения; 2) программный комплекс, который используется для моделирования; 3) структуру и параметризацию модели; 4) завершающий этап моделирования — построение схемы вещественного состава.

Основы использованной методики трехмерного гравитационного моделирования разработаны раньше и описаны в многочисленных публикациях [Красовский, 1981; Красовский и др., 1998 и др.].

Основные положения моделирования подробно изложены в работе [Куприенко и др., 2007б]. Они включают: 1) данные ГСЗ о распределении V_p , структуре коры, глубине залегания Мохо, а также корреляционные зависимости $\rho=f(V_p)$ для кристаллических пород; 2) расчеты градиентно-слоистой среды, включая зоны инверсии, латеральные и скачкообразные изменения плотности; 3) выбор и обоснование плотности верхней мантии, относительно которой ведутся расчеты, 4) учет неоднородностей прилегающих территорий. Поскольку в представляемой модели ДДВ и Донбасса расчеты проводились одновременно для осадочного слоя и кристаллического фундамента, к основным положениям следует добавить следующее: целесообразно осадки аппроксимировать слоями, кровля и подошва которых представлены в виде изолиний. Это обусловлено тем, что плотность пород осадочного бассейна чаще всего учитывается в модели со средним значением. Изменение плотности по глубине на контакте с другими породами происходит в виде резкого изменения и поэтому разрез осадочной толщи представляется в модели в виде слоев со скачком плотности на границе между ними.

Приповерхностные неоднородности кристаллической коры, напротив, желательно задавать в виде расчетных тел, которые несут более точную информацию о среде (координаты границ неоднородностей, глубина

их залегания, избыточная плотность и градиент изменения плотности с глубиной для каждого расчетного тела).

Программный комплекс. Расчеты гравитационного эффекта проводились при использовании «Автоматизированной системы», важной особенностью которой является ввод в компьютер информации, хранящейся в виде карт на бумажных носителях [Старостенко и др., 1997; Старостенко, Легостаева, 1998]. Данные по осадочному слою вводились в компьютер с помощью комплекса **Geophys0** [Старостенко и др., 2004], который ориентирован для работы с картами в виде изолиний и хорошо зарекомендовал себя при работе с геолого-геофизическими материалами осадочных бассейнов [Szalaiová et al., 2008]. Для ввода информации о кристаллической части коры дополнительно была разработана новая программа **Spacemap** [Старостенко и др., в печати], поскольку основным содержанием вводимых карт являются не изолинии, а тела (области).

Исходная информация вводилась в виде карт рельефа кровли и подошвы каждого слоя. Плотность задавалась либо средним значением, либо в виде карт в изолиниях или телах. Дополнительные границы вводились также в виде карт, что значительно упростило процедуру создания модели.

Поскольку программа решения прямой задачи гравиметрии для трехмерных неоднородных слоев в «Автоматизированной системе» не учитывает наклон границ между неоднородностями, при одновременных расчетах осадочного слоя и кристаллического фунда-

мента возможен недоучет или учет дважды влияния контактирующих масс. Для исключения таких погрешностей моделируемый верхний слой был продолжен на подошве к середине расстояния неувязки (рис. 3). Подстилающий слой, кровля которого является подошвой предыдущего, начинался также с середины расстояния неувязки, а не с фактического места расположения. Таким образом, в верхнем слое масс учитывалось больше, а в нижнем — на такую же величину меньше. Это позволило компенсировать потери (или учет дважды) масс и получать гравитационный эффект в месте контакта неискаженным. Такая процедура построения модели трудоемка, но необходима. В приповерхностной части модели необходимо увеличивать количество расчетных слоев для того, чтобы массы, которые компенсируются, были минимальными по мощности. С глубиной уменьшается контраст плотности, а также угол наклона контактирующих неоднородностей, что в большинстве случаев дает возможность увеличивать мощность расчетных слоев, т. е. уменьшать их количество.

Структура и параметризация модели.

Структура модели зависит от наличия всей геолого-геофизической информации и поставленных задач при моделировании. Трехмерная плотностная модель ДДВ и Донбасса включает осадочную толщу, слой консолидированной земной коры, а также слой верхней мантии (см. рис. 3).

Мощность осадочной толщи постепенно увеличивается к центральной части ДДВ (рис. 4). В зонах краевых разломов Днеп-

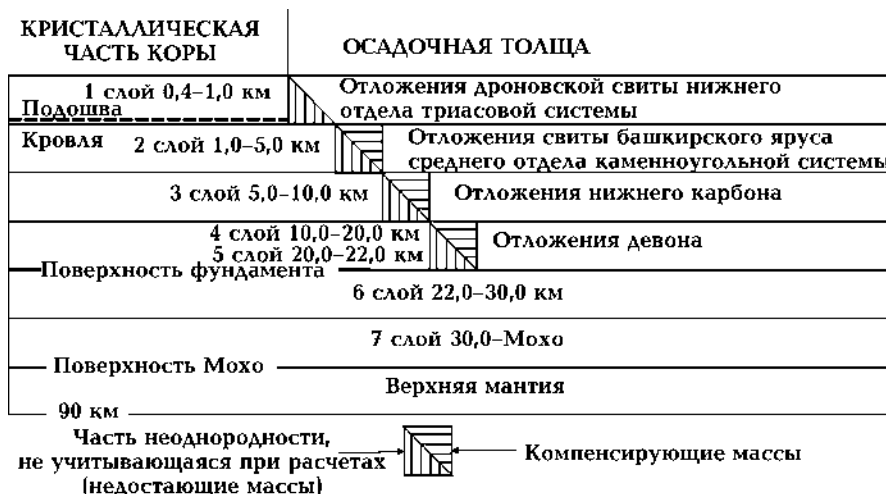


Рис. 3. Структура трехмерной плотностной модели.

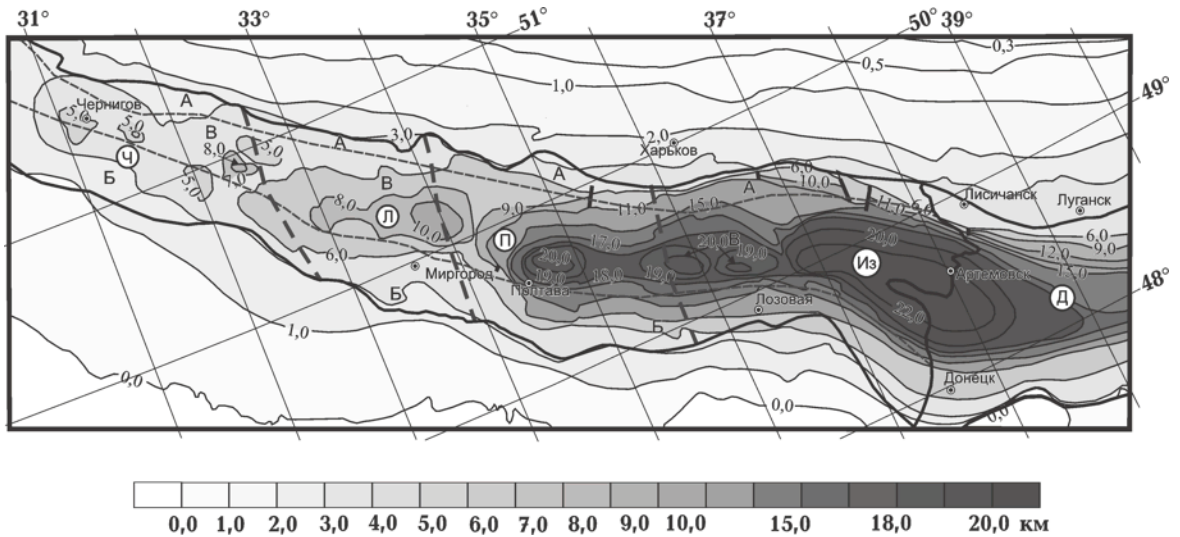


Рис. 4. Структурная карта по поверхности фундамента, км [Карта..., 1992]. Условные обозначения см. на рис. 1.

ровского грабена она достигает 3—4 км. В пределах грабена осадочный комплекс резко утолщается до 6—12 км, причем это утолщение на краевых разломах происходит скачкообразно почти исключительно за счет нижней части осадочной толщи: отложений девона — нижнего визе. По простиранию Днепровского грабена мощность осадочного чехла увеличивается в юго-восточном направлении по мере приближения к Донбассу. Увеличение мощности осадочной толщи в юго-восточном направлении сопровождается расширением грабена от 75—90 км в поперечнике на северо-западе до 120—130 км на юго-востоке [Чекунов, 1972].

В модели осадочная толща представлена пятью слоями: 1) от поверхности до подошвы дроновской свиты нижнего отдела триасовой системы (включает осадки от четвертичных до триасовых); 2) отложения башкирского яруса среднего отдела каменноугольной системы (кровля слоя — подошва дроновской свиты, подошва слоя — подошва башкирского яруса); 3) отложения нижнего карбона (кровля слоя — подошва башкирского яруса, подошва слоя — подошва нижнего карбона); 4) соль в пермских и девонских отложениях (выделена в отдельный слой); 5) отложения девона (кровля слоя — подошва нижнего карбона, подошва — поверхность фундамента).

В предыдущих исследованиях [Жарпинская, 1969; Козленко, 1984; Бурьянов и др., 1999; Егорова, 2000; Егорова, Козленко, 2003] осадочная толща была разделена на гравитационно-активные слои, границами

которых являются отложения сеноманского яруса верхнего мела, подошва дроновской свиты нижнего триаса и подошва башкирского яруса среднего карбона. Поскольку отложения от четвертичных до сеноманского яруса верхнего мела присутствуют не повсеместно и имеют незначительную мощность (до 0,8 км), гравитационный эффект от этого слоя мал. Поэтому в настоящей статье первый осадочный слой включает отложения от четвертичных до дроновской свиты нижнего триаса с корректировкой плотности в сторону уменьшения в области распространения отложений сеноманского яруса.

Мощность *первого* слоя осадочного чехла колеблется в пределах 0,6—3,0 км [Атлас..., 1984]. Максимальное погружение подошвы дроновской свиты (до 3 км) фиксируется на юге Лохвицкого мегаблока (рис. 5). Поверхность подошвы характеризуется множеством замкнутых небольших по размерам объектов разной глубины погружения. В Черниговском мегаблоке слой погружается в юго-восточном направлении от 0,6 до 1,8 км; в Лохвицком — от 1,8 до 3,0 км; в Полтавском — в южной части залегает на глубине 0,6—0,8 км, а на севере и юго-востоке погружается до 2,2—2,8 км; в Изюмском мегаблоке подошва слоя поднимается от 1,9—2,2 до 0,4—0,6 км при приближении к Донбассу.

Подошва *второго* слоя (башкирский ярус, рис. 6) залегает в Черниговском мегаблоке на глубине 1,4—2 км, погружаясь в юго-восточном направлении до 6—7 км на границе с Донбассом. Следовало бы сказать:

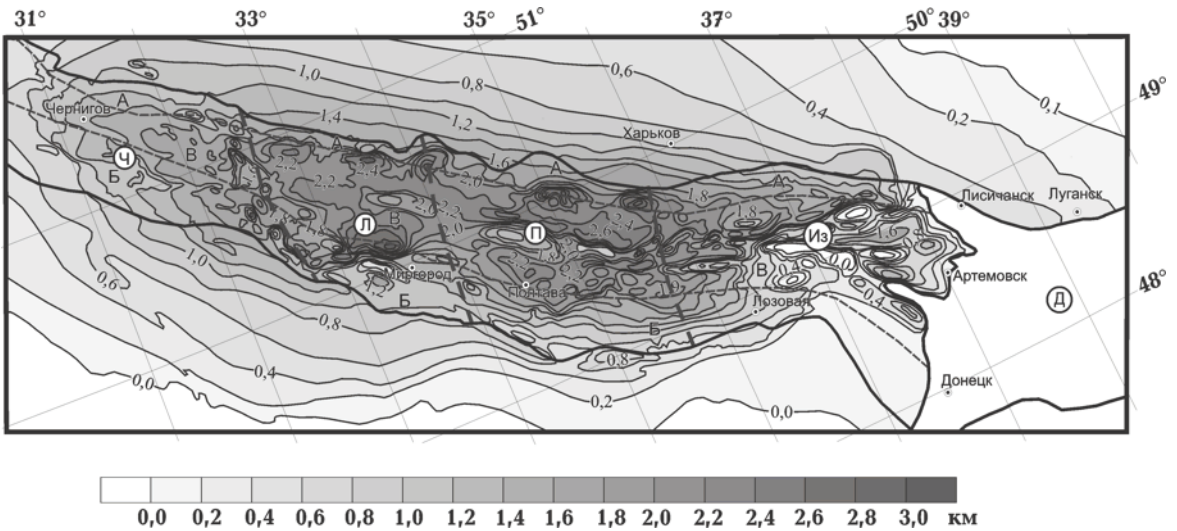


Рис. 5. Структурная карта подошвы днэпровской свиты нижнего отдела триасовой системы, км [Атлас..., 1984]. Условные обозначения см. на рис. 1.

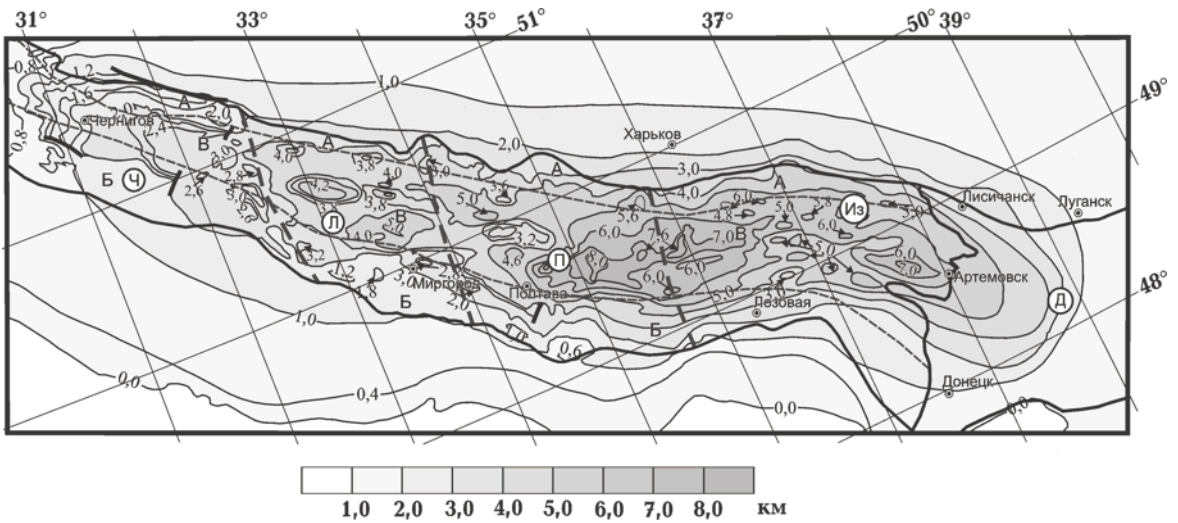


Рис. 6. Структурная карта подошвы отложений свиты башкирского яруса среднего отдела каменноугольной системы, км [Атлас..., 1984]. Условные обозначения см. на рис. 1.

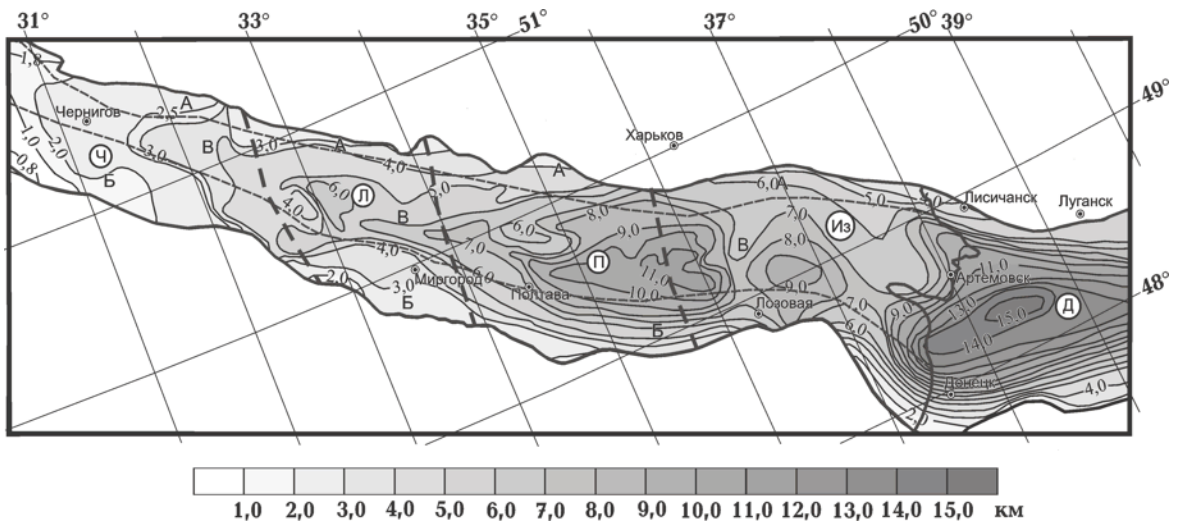


Рис. 7. Структурная карта подошвы отложений нижнего карбона, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

«на границе с переходной зоной от ДДВ к Донбассу», однако имеющиеся материалы о ее размерах и конфигурации очень разноречивы [Бурьянов и др., 1999; Гордиенко и др., 2006; Козленко В. Г., Козленко М. В., 2007]. В центральной части ДДВ (Полтавский мегаблок) глубина залегания отложений башкирского яруса местами достигает отметок 7—8 км.

Третий слой осадочной толщи представлен отложениями нижнего карбона, схема глубины залегания подошвы которого (рис. 7) построена по имеющимся геолого-геофизическим данным [Карпинская, 1969; Карпинская, Гаркаленко, 1972; Атлас..., 1984; Красовский, Куприенко, 1995; Голизра, Попович, 1998]. Глубина залегания отложений увеличивается от одного километра на северо-западе центральной зоны Чениговского мегаблока до 11 км на юго-востоке Полтавского мегаблока. На северо-западе центральной зоны Изюмского мегаблока глубина залегания подошвы слоя тоже составляет 11 км, но затем поднимается до 9 в центре и до 7 на юго-востоке. В прибортовых зонах Черниговского мегаблока подошва слоя залегает на глубине от 0,8 до 2,5 км; в Лохвицком мегаблоке — на глубине 4,0—6,0 км; в Полтавском мегаблоке подошва южной прибортовой зоны погружена на глубину 2,0—8,0 км, а в северной прибортовой зоне — на 4,0—8,0 км. Глубина залегания подошвы увеличивается как к границе с центральной зоной, так и к юго-востоку. В Изюмском мегаблоке северная прибортовая зона характеризуется глубинами залегания 4,0—7,0 км, а южная — 2,0 ÷ 8,0 км. В Донбассе максимальное погружение подошвы третьего слоя фиксируется на 15 км в районе Главного антиклинала с подъемом к периферии до 5,0—6,0 км на севере и до 3,0 км на юге.

Отложения соли выделены в отдельный четвертый слой (рис. 8), схема распространения которой построена нами по геологическим и структурным разрезам [Атлас..., 1984], данным ОГТ [Стовба, 2008] и имеющейся геолого-геофизической информации. Глубина залегания кровли отложений соли колеблется в интервале 2,0—13,0 км, а подошвы — в интервале 3,0—15,0 км.

Кровля отложений девона (пятый слой) совпадает с подошвой третьего слоя (отложения нижнего карбона) и с глубин 1 км на северо-западе погружается под нижний

карбон до 3,0—11,0 км в ДДВ и 2,0—15,0 км в Донбассе (см. рис. 7). Подошва распространения осадков девона совпадает с кровлей фундамента (см. рис. 4) и располагается на глубине 3,0—5,0 км в северо-западной части ДДВ, погружаясь в юго-восточном направлении. В центральной части впадины глубина залегания подошвы отложений девона около 10,0 км. К юго-востоку она увеличивается и достигает глубины 20,0 км в четырех замкнутых областях. Максимальное погружение осадков девона фиксируется на глубине 22,0 км в Донбассе [Карта..., 1992].

Консолидированная кора состоит из семи слоев (см. рис. 3): 0,4 — 1,0 км (1); 1,0 — 5,0 км (2); 5,0 — 10,0 км (3); 10,0 — 20,0 км (4); 20,0 — 22,0 км (5); 22,0 — 30,0 км (6); 30 — Мохо (7). Первые четыре слоя были представлены в виде расчетных тел, а пятый, шестой и седьмой — в виде изолиний плотности. Критерии выделения третьего, четвертого, пятого и шестого слоев подробно изложены в работе [Куприенко и др., 2007а]. Первый и второй слои выделены в соответствии с методикой, о которой говорилось выше.

Слой верхней мантии задавался в модели до глубины 90 км.

Расчеты проводились в масштабе 1:500000. Полученные данные позволили получить распределение плотности как по глубине, так и латерали для всей Днепровско-Донецкой впадины и украинской части Донбасса, а также установить особенности глубинного строения отдельных структур.

Общие положения **плотностной параметризации модели** детально изложены в работе [Куприенко и др., 2007а]. Дополнительно в настоящей статье использованы сведения о плотности, полученные в результате двумерного гравитационного моделирования [Красовский и др., 2001, Старостенко и др., 2008], а также по литературным источникам и производственным отчетам [Гаркаленко, 1968; Карпинская, Гаркаленко, 1972; Семенова и др., 1985; Голизра, Попович, 1998, 1999; Регіональні..., 2002; Стовба, 2008; Багрий та ін, 2007].

Принцип **построения схемы вещественного состава**, которая является завершающим этапом создания трехмерной плотностной модели, подробно описан в работах [Схема..., 1992; Куприенко и др., 2007б]. В данной статье для удобства построения схем мощностей условных «гранитного», «диоритового» и «базальтового» слоев (исключение

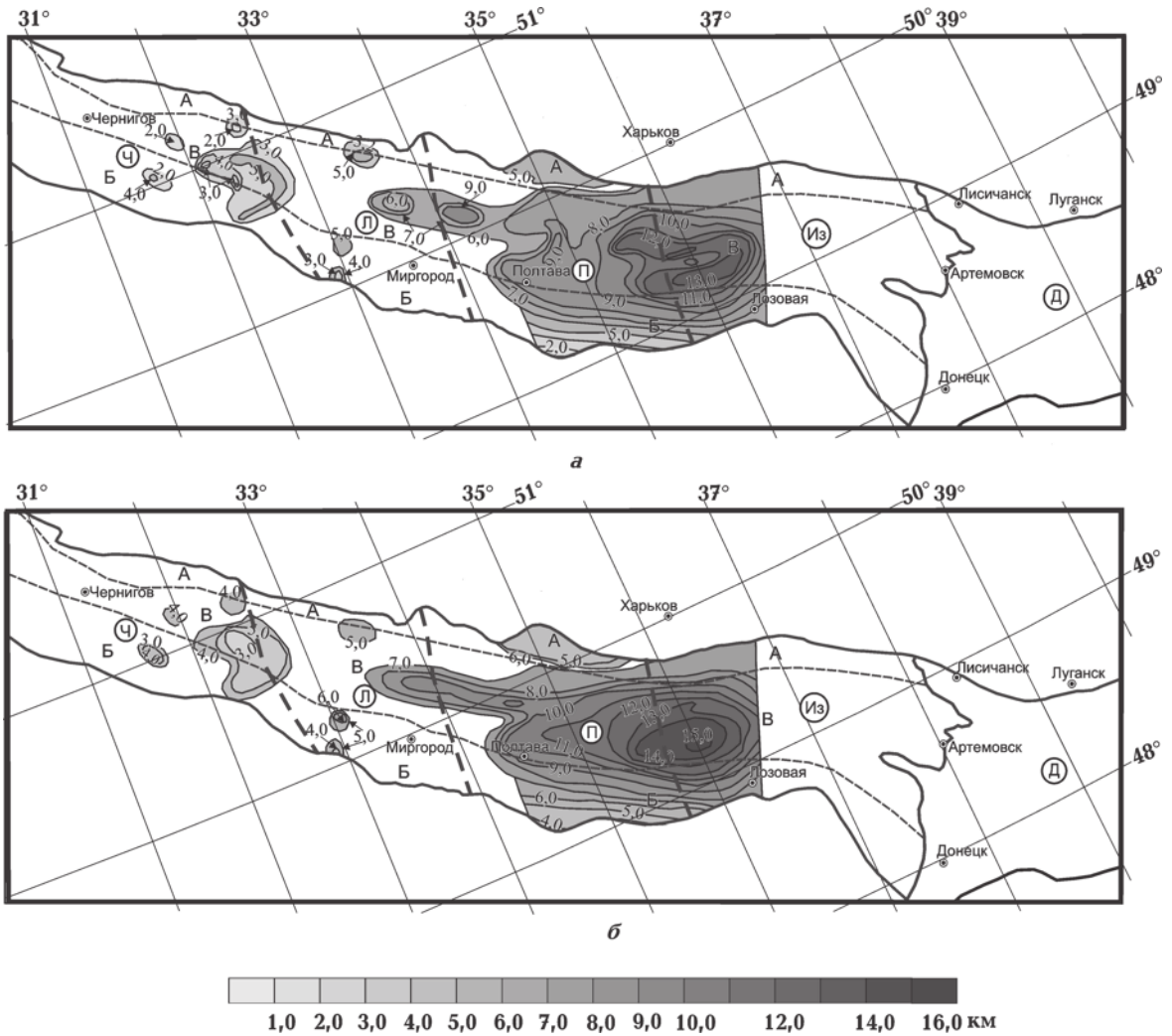


Рис. 8. Структурная карта кровли (а) и подошвы (б) отложений соли, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

ручного труда) дополнительно была создана программа **Glubina**, при использовании которой можно рассчитать глубину залегания поверхности определенного значения плотности между кровлей и подошвой слоя, заданными как значением, так и картой. Поскольку одинаковое значение плотности может находиться одновременно в нескольких слоях одной модели, то для обобщения всех полученных данных дополнительно была разработана программа **Сонсмар**.

Исходные материалы. При создании трехмерной плотностной модели земной коры Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса были использованы:

1) сейсмические разрезы вдоль профилей ГСЗ, пересекающие Днепровско-Донецкую впадину, переходную зону и Донбасс (Киев — Гомель, Яготин — Батурин, Решетилровка

— Синевка, Путивль — Кривой Рог, Пирятин — Талалаевка, Шевченково — Близнецы, Синельниково — Чугуев, Ногайск — Сватово, Новоазовск — Титовка, Полтава — Свердловск, DOBRE [Ильченко, 1992; Ильченко, Степаненко, 1998; Литосфера..., 1988; 1993; Соллогуб и др., 1983; Град и др., 2003; 2006; Grad et al., 2003; Maystrenko et al., 2003; Стомба и др., 2006; Комплексный..., 2006];

2) двумерные плотностные модели осадочной толщи вдоль профилей: Зачепиловка — Бельск, Михайловка — Прокопенки, Магдаленовка — Валки, Юрьевка — Малиновка, Ивановка — Гончаровка [Голиздра, Попович, 1998];

3) сейсмические данные ОГТ [Maystrenko et al., 2003];

4) разрезы распространения соли в осадках ДДВ [Атлас..., 1984];

5) геологические данные [Атлас..., 1984, Тектоническая..., 1988, Карта..., 1992];

6) гравитационное поле в редукции Буге (масштаб 1:1000000 и 1:500000);

7) данные о плотности по литературным источникам и производственным отчетам [Гаркаленко, 1968; Карпинская, Гаркаленко, 1972; Семенова и др., 1985; Голиздра, Попович, 1998, 1999; Регіональні..., 2002; Стовба, 2008; Багрий та ін., 2007];

8) геофизическая основа тектонической карты Украины масштаба 1:1000000 [Єнтін, 2005];

9) схема глубинного залегания раздела Мохо масштаба 1:1000000 [Схема..., 1992];

10) структурно-тектоническая карта докембрийского фундамента ДДВ [Карта..., 1992].

Гравитационное поле (при построении трехмерной плотностной модели использовалось поле силы тяжести в редукции Буге масштаба 1:500000) северного борта ДДВ изменяется от +50 до -40 мГал (см. рис. 2). Центральная его часть находится в поле отрицательного знака с интенсивностью - (15 ÷ 30) мГал, которая уменьшается в северном направлении до 0 ÷ (-10) мГал. Черниговский максимум оказывает значительное влияние на северо-западную часть борта, где гравитационное поле достигает значения +50 мГал, понижаясь в юго-восточном направлении до нулевых значений. Северная часть Донбасса характеризуется отрицательным полем, интенсивность которого изменяется от -40 мГал до слабо положительных значений (0 ± 10 мГал).

Южный борт ДДВ характеризуется положительным полем интенсивностью 5—55 мГал, причем максимальные положительные значения (40—55 мГал) присущи участкам, примыкающим к Черниговскому максимуму и переходной зоне от ДДВ к Донбассу.

Территория УЩ площади исследований находится в положительном поле с интенсивностью 15—25 мГал с повышением до 30 мГал в Голованевской и Ингульско-Криворожской шовных зонах и до 50 мГал — в Орехово-Павлоградской.

Черниговский мегаблок характеризуется обширной положительной аномалией на северо-западе, интенсивность которой достигает 90 мГал. К юго-востоку интенсивность поля ослабевает до 0—10 мГал.

В Лохвицком мегаблоке отрицательное поле характерно для прибортовых зон впа-

дины: в южной прибортовой зоне находятся две замкнутые, ориентированные вдоль ограничивающего впадину разлома, аномалии интенсивностью 0 ÷ (-5) и 0 ÷ (-10) мГал; северная прибортовая зона также представлена двумя изометричными аномалиями, интенсивность которых -5 ÷ (-10) мГал и -5 ÷ (-20) мГал. Центральная зона в пределах мегаблока находится в положительном поле, интенсивность которого возрастает в северо-западном направлении от 25 до 45 мГал. Граница между Черниговским и Лохвицким мегаблоками расположена в градиентной зоне.

Северная прибортовая зона Полтавского мегаблока характеризуется отрицательным полем от -5 до -20 мГал. Южная прибортовая зона находится в поле с интенсивностью от -10 до +10 мГал. Поле центральной зоны мегаблока разделено на две части: северо-западная характеризуется положительным полем интенсивностью до 25 мГал, а юго-восточная — отрицательным интенсивностью от -15 до -30 мГал.

Северная прибортовая зона Изюмского мегаблока находится в отрицательном поле интенсивностью от -10 до -20 мГал. Центральная зона мегаблока характеризуется положительным полем (10 ÷ 15 мГал) на юго-востоке и отрицательным интенсивностью - (5 ÷ 20) на северо-западе. Поле южной прибортовой зоны изменяется от 0 ÷ (-5) на северо-западе до 30 мГал на юго-востоке.

Донбасс характеризуется положительным полем с максимальной интенсивностью в районе Главного антиклинала до 40 мГал. К югу интенсивность поля незначительно понижается (до 25 мГал), а на севере достигает отрицательных значений (-15 мГал).

Мохо. Поверхность Мохо (см. рис. 1) залегает на глубине 35 км в центральной зоне Лохвицкого и Полтавского мегаблоков, погружаясь к бортам до 40—42 км. В Черниговском мегаблоке поверхность Мохо расположена на глубине 40 км. В Изюмском мегаблоке она погружается в сторону Донбасса от 35 до 47 км, а на юго-востоке — до 50 км. Донбасс характеризуется глубинами 45—50 км. На южном склоне ВКМ поверхность Мохо залегает на глубине 45 км, а на северном склоне УЩ на фоне 45 км в центре и юго-востоке погружается двумя локальными областями до 50 км.

Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса. Осабочный

чехол. В плотностной модели *первый* слой представлен блоками с постоянной осредненной плотностью в каждом (см. рис. 9). В центральной зоне расчетные тела крупные, плотность пород в них возрастает в юго-восточном направлении от 2,20 г/см³ в Черниговском мегаблоке до 2,40 в Изюмском. В Лохвицком мегаблоке преобладают плотности 2,28 г/см³, а в Полтавском — 2,30 г/см³. В области разлома, разделяющего эти мегаблоки, присутствует тело с пониженной плотностью (2,23 г/см³).

В северной прибортовой зоне распределение плотности мозаичное. Черниговский мегаблок выполнен породами с плотностью 2,25 г/см³ на северо-западе и 2,00 на юго-востоке. В Лохвицком и Изюмском мегаблоках плотности пород постоянные (2,00 и 2,24 г/см³ соответственно), а в Полтавском, в небольших по размеру неоднородностях, изменяются от 2,00 до 2,27 г/см³.

В южной прибортовой зоне плотность увеличивается в юго-восточном направлении во всех мегаблоках, за исключением Лохвицкого: в Черниговском мегаблоке средние плотности пород 2,08 г/см³, в Полтавском — 2,22 (с понижением до 2,00 г/см³ на юге), в Изюмском — 2,30 на северо-западе и 2,25 на юго-востоке, в Лохвицком — 2,00 г/см³.

Борта впадины представлены мелкими неоднородностями с дифференцированной плотностью от 2,18 до 2,27 г/см³. Южный борт характеризуется уменьшением плотности пород от 2,20 г/см³ в северо-западной и центральной частях до 2,18 в юго-восточной. Такой же характер изменения плотности и на северном борте впадины (от 2,21 до 2,18 г/см³).

Плотности *на кровле второго слоя* (подошва дроновской свиты) изменяются от 2,18 до 2,55 г/см³ (см. рис. 10). В центральной зоне плотности меняются от 2,30 до 2,50 г/см³. В Черниговском мегаблоке две неоднородности с плотностью 2,45 г/см³ в центральной его части разделены областью пониженной плотности (до 2,20 г/см³). Для Лохвицкого мегаблока характерны плотности 2,35—2,40 г/см³. В Полтавском и Изюмском мегаблоках на фоне плотности 2,40—2,45 г/см³ присутствуют небольшие замкнутые неоднородности с повышенной плотностью 2,47—2,50 г/см³.

Для Донбасса характерны повышенные значения плотности пород (2,55 г/см³) в районе Главного антиклинала, которые плавно понижаются в северном и южном направлениях до 2,18 и 2,30 г/см³ соответственно.

Северная прибортовая зона характеризуется плотностью 2,30—2,35 г/см³. В южной прибортовой зоне присутствуют вытянутые вдоль оси зоны замкнутые неоднородности с плотностью 2,20—2,30 г/см³. Аномальным является Изюмский мегаблок, в котором плотности повышены до 2,45 г/см³ в южной прибортовой зоне и до 2,40 — в северной.

Южный борт представлен породами с плотностью 2,20—2,25 г/см³ и только на юго-востоке плотности возрастают до 2,45 г/см³. Северный борт характеризуется плотностью от 2,20 до 2,30 г/см³. Локальная неоднородность на границе с северной прибортовой зоной в Черниговском мегаблоке представлена плотностью 2,18 г/см³.

Плотности пород *на подошве второго слоя* (башкирский ярус) меняются в пределах от 2,30 до 2,70 г/см³ в ДДВ и 2,30 — 2,65 г/см³ в Донбассе (см. рис. 11). В центральной зоне плотности нарастают от 2,55—2,60 г/см³ в северо-западной части до 2,65—2,70 на юго-востоке. Повсеместно присутствуют замкнутые неоднородности с максимальной плотностью 2,60, 2,65, 2,68 и 2,70 г/см³.

В северной прибортовой зоне четко проявляются вытянутые замкнутые неоднородности с максимальной плотностью 2,35 г/см³. В южной прибортовой зоне плотность увеличивается к центральной зоне. В области Черниговского мегаблока ее значения меняются от 2,45 до 2,60 г/см³, лишь небольшая неоднородность с плотностью 2,35 г/см³ осложняет северо-запад южной прибортовой зоны. В Лохвицком мегаблоке плотности также увеличиваются в сторону центральной зоны от 2,45 до 2,65 г/см³. На юго-востоке присутствует неоднородность с пониженной плотностью (2,30 г/см³), которая вытянута вдоль разлома, ограничивающего впадину. Осадки Полтавского мегаблока представлены плотностью 2,45—2,70 г/см³, а Изюмского — 2,50—2,70 г/см³. Плотности осадков Донбасса дифференцированы: от 2,45 до 2,65 г/см³ в центральной части, 2,40 г/см³ на севере и 2,60 на юге.

Южный борт представлен осадками с плотностью 2,40—2,50 г/см³, а северный — 2,40 ÷ 2,45 г/см³.

Плотности пород, слагающих *третий* слой осадочной толщи (отложения нижнего карбона), варьируют в широких пределах: от 2,45 до 2,74 г/см³ (см. рис. 12). Неоднородности с максимальной плотностью 2,74 г/см³ характерны для Черниговского, Полтавского

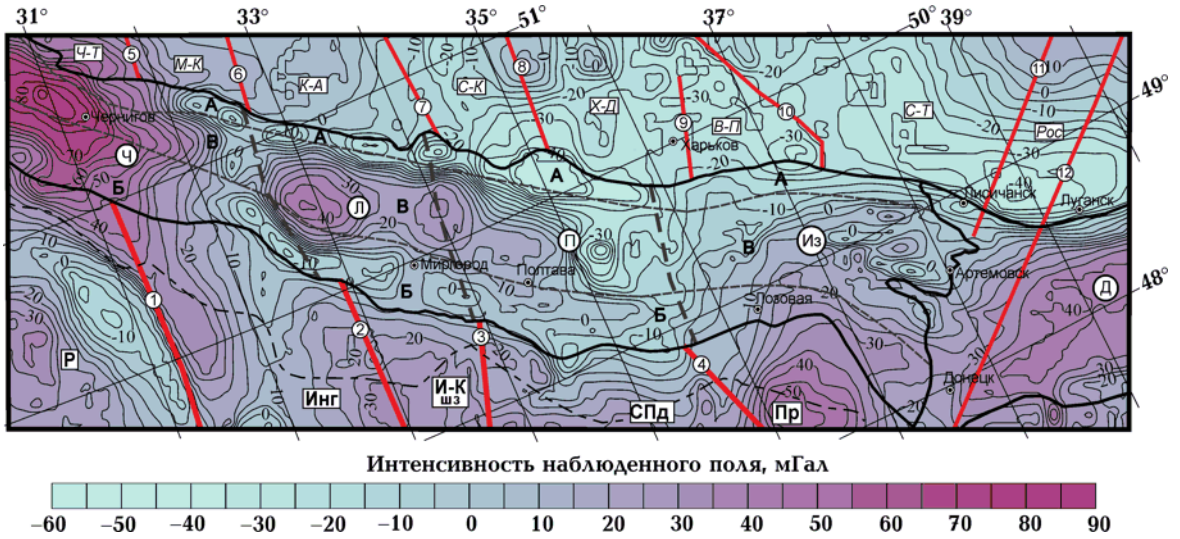


Рис. 2. Схема наблюдаемого гравитационного поля, мГал. Условные обозначения см. на рис. 1.

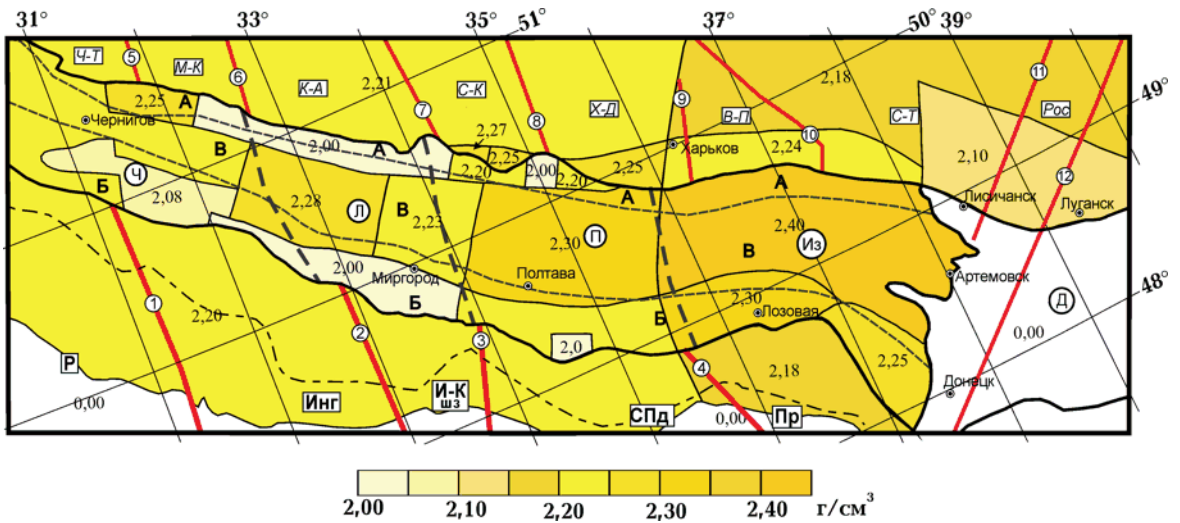


Рис. 9. Схема распределения плотности в слое от поверхности до подошвы дроновской свиты нижнего отдела триасовой системы, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

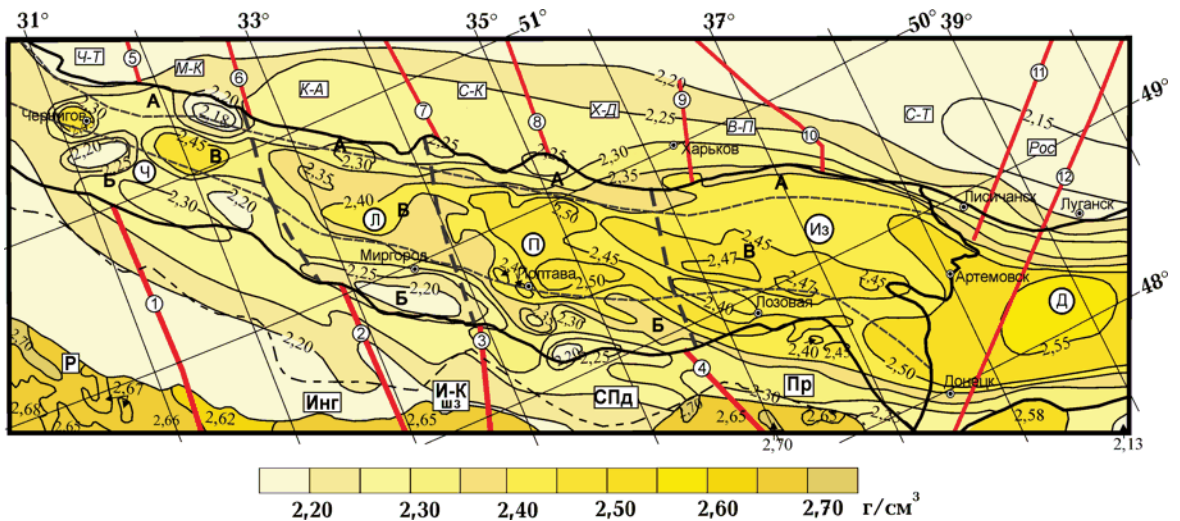


Рис. 10. Схема распределения плотности на подошве дроновской свиты, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

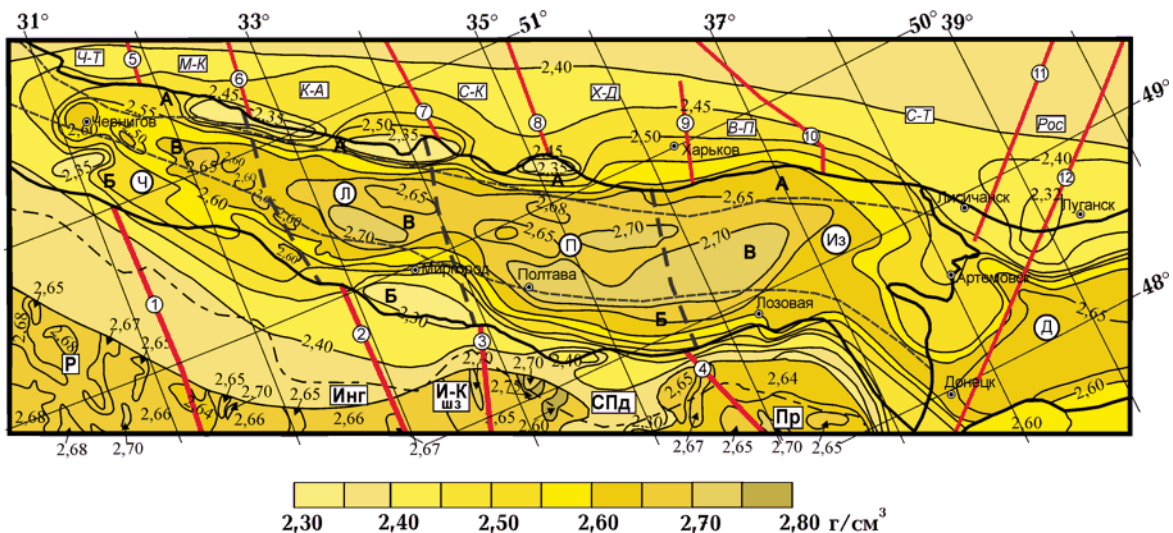


Рис. 11. Схема распределения плотности осадочных отложений башкирского яруса среднего отдела каменноугольной системы, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

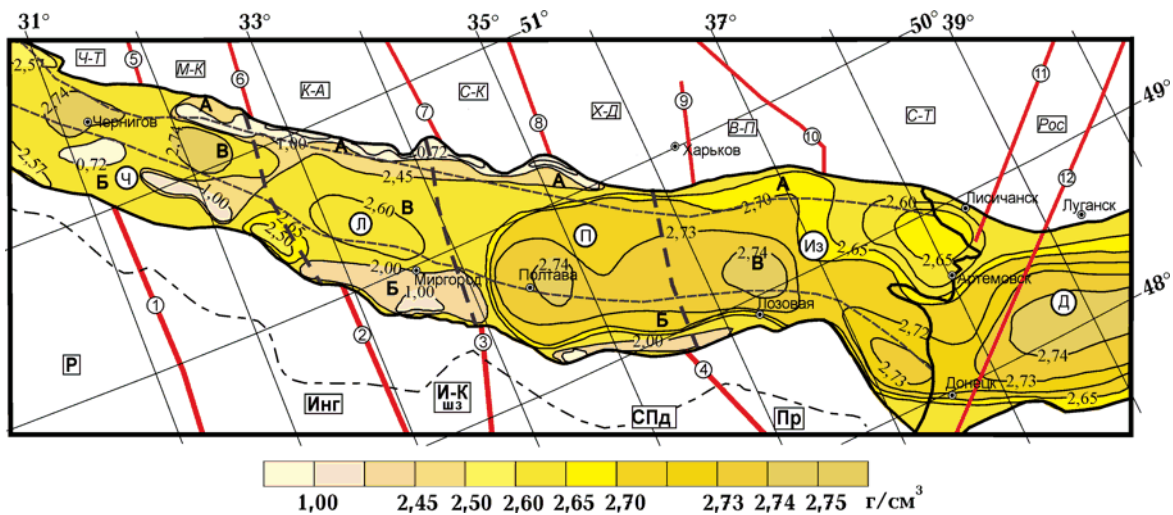


Рис. 12. Схема распределения плотности в слое отложений нижнего карбона, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

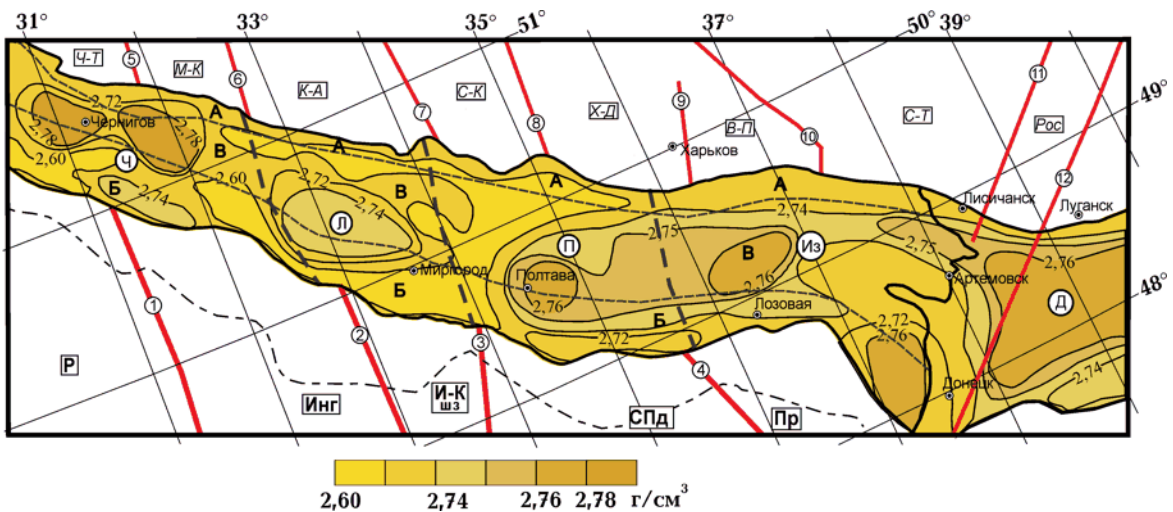


Рис. 13. Схема распределения плотности в отложениях девона, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

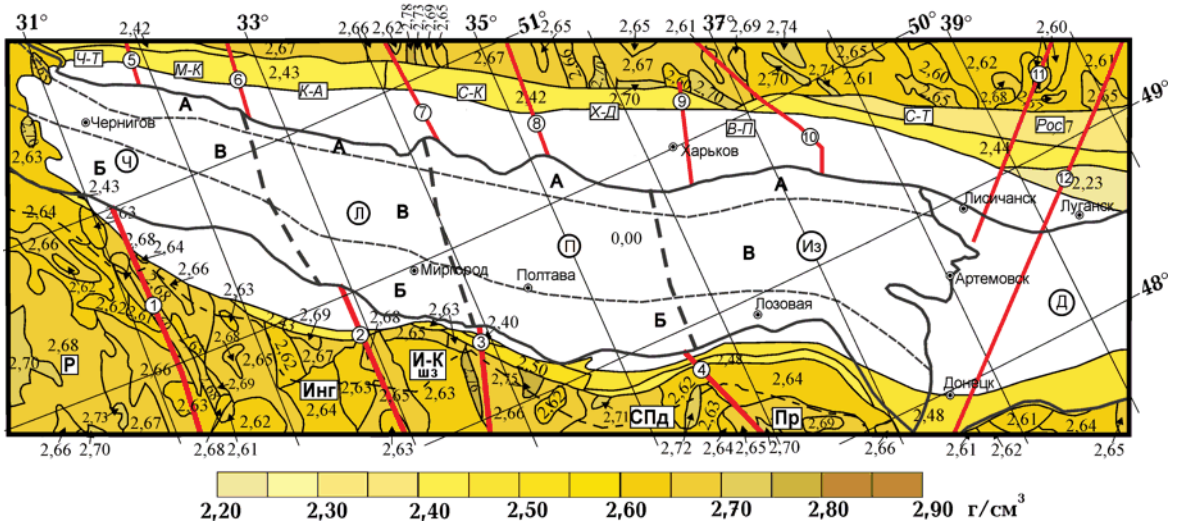


Рис. 14. Схема распределения плотности в слое 0,4 — 1 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

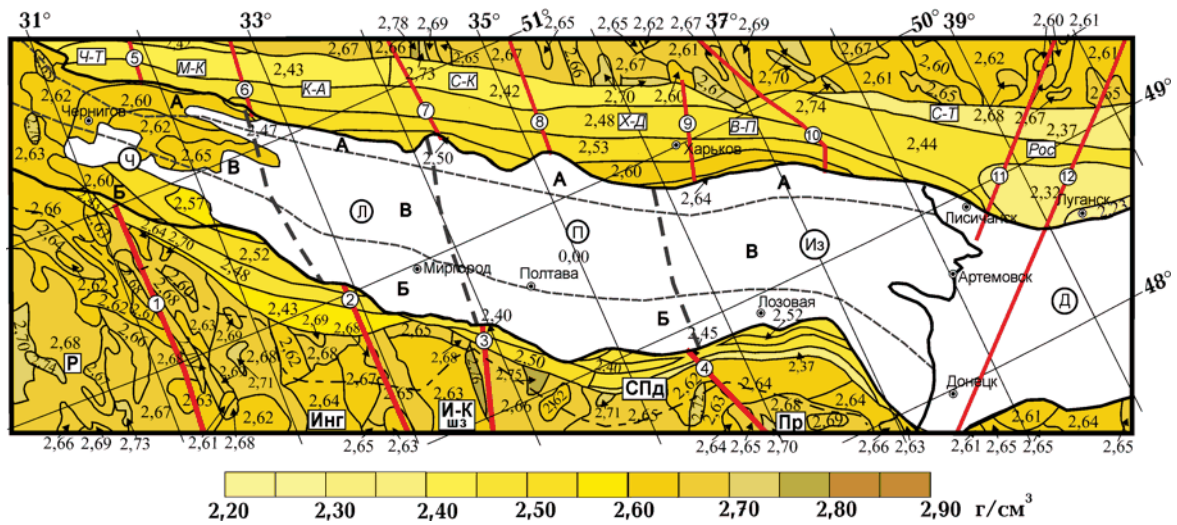


Рис. 15. Схема распределения плотности на кровле слоя 1—5 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

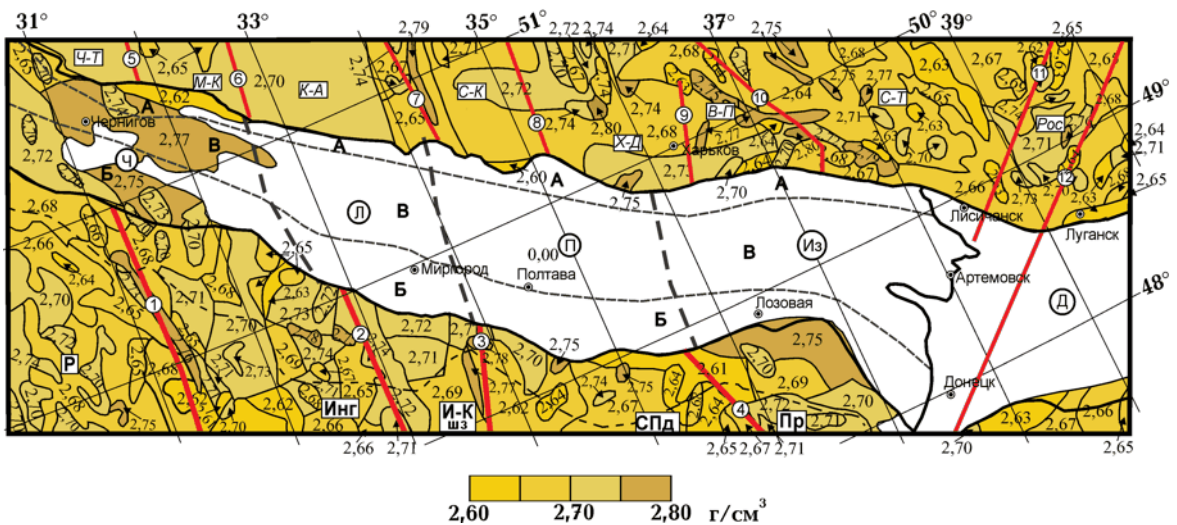


Рис. 16. Схема распределения плотности на подошве слоя 1—5 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

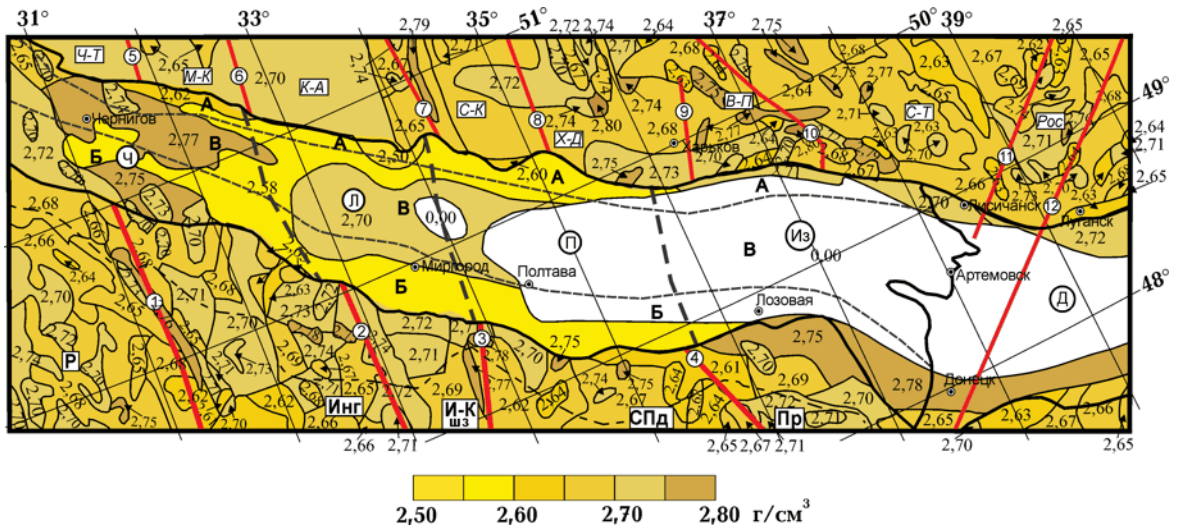


Рис. 17. Схема распределения плотности на кровле слоя 5—10 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

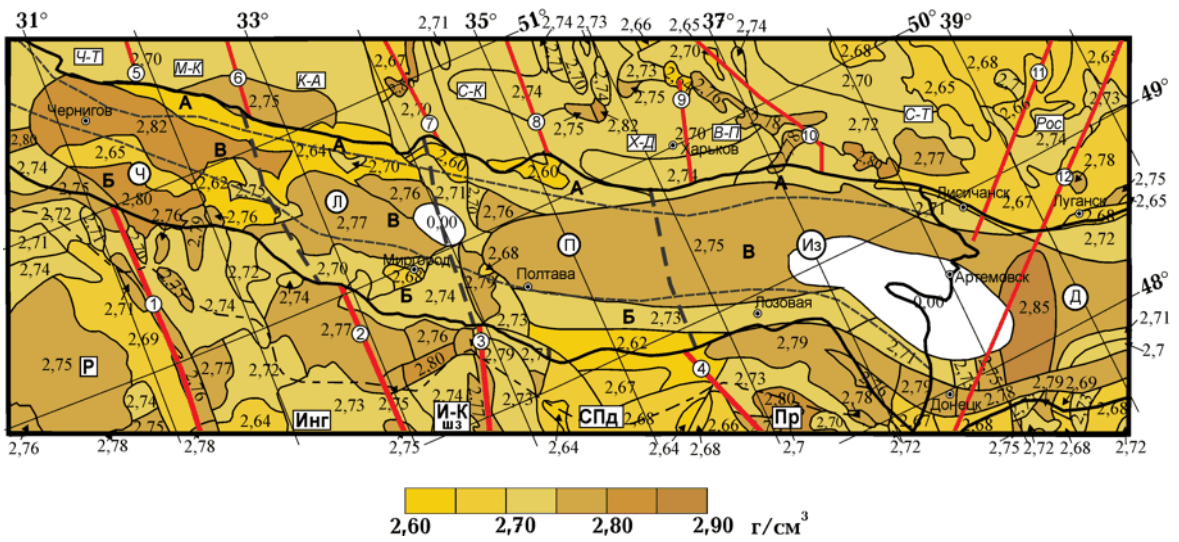


Рис. 18. Схема распределения плотности на подошве слоя 5—10 км и кровле слоя 10—20 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

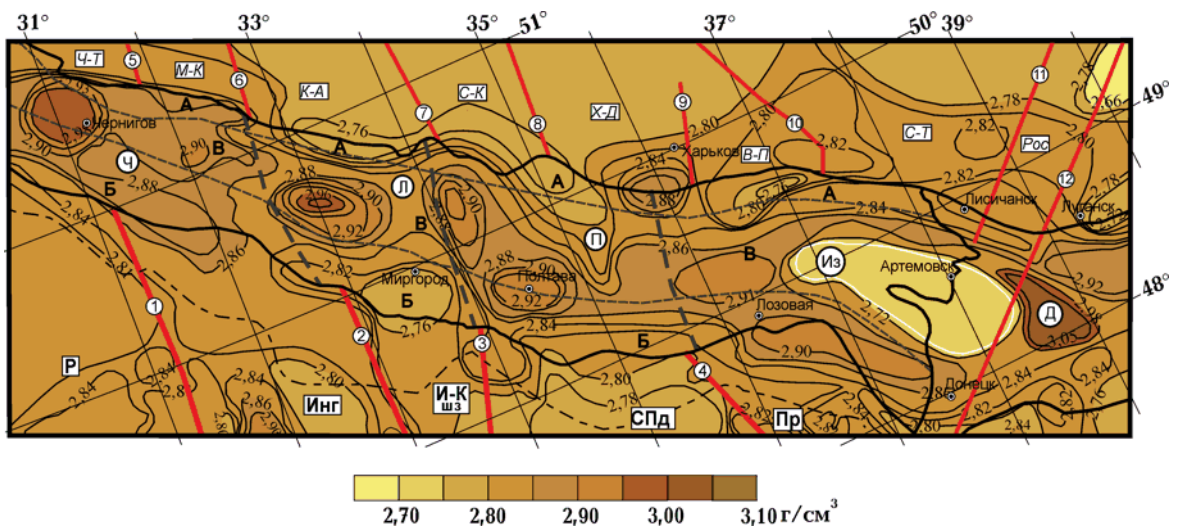


Рис. 19. Схема распределения плотности на 20 км, г/см³. Условные обозначения см. на рис. 1.

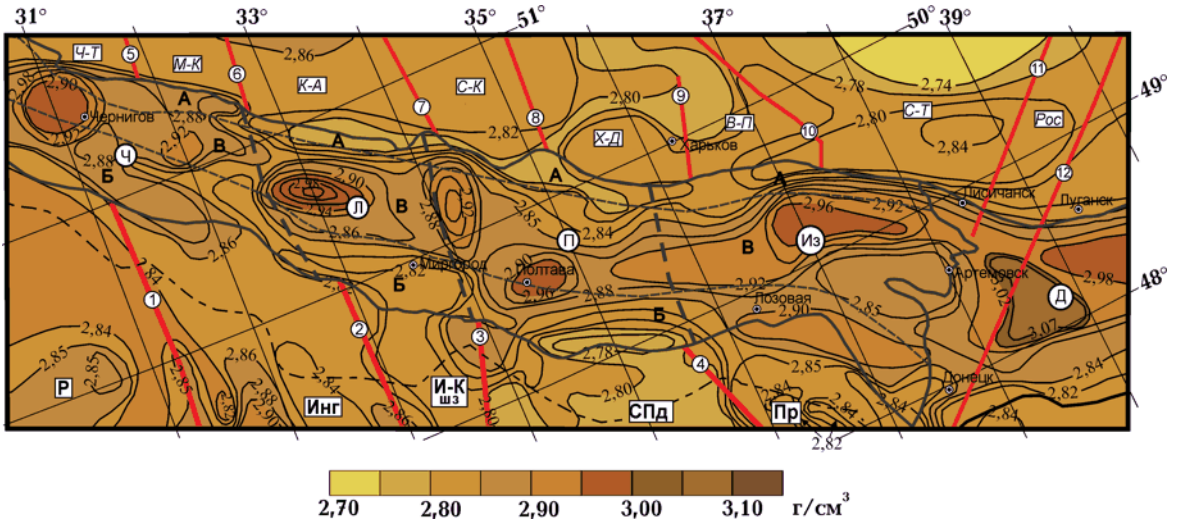


Рис. 20. Схема распределения плотности на 22 км, г/см^3 . Условные обозначения см. на рис. 1.

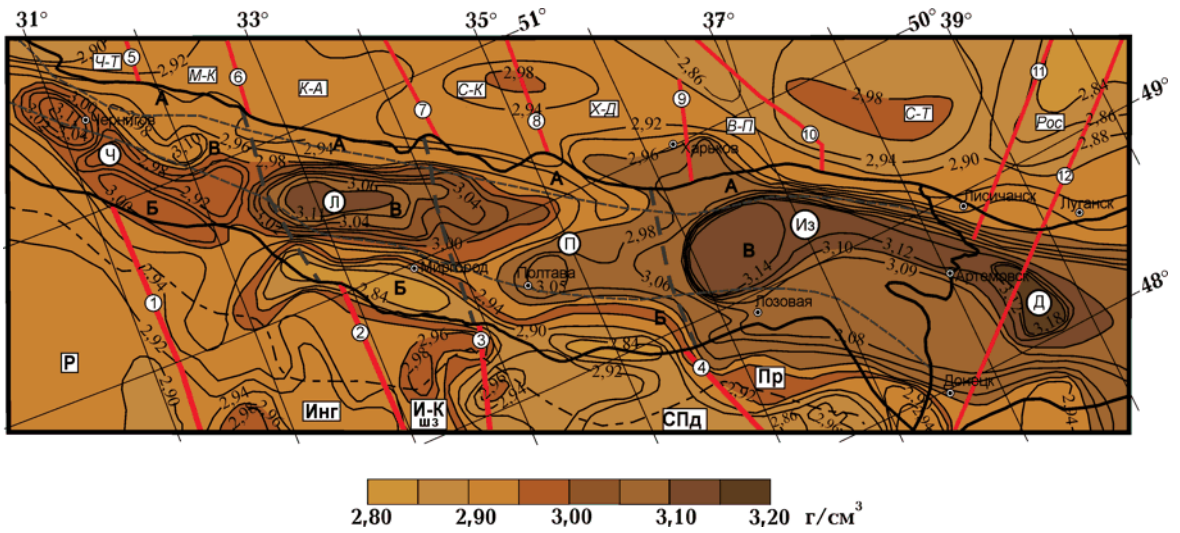


Рис. 21. Схема распределения плотности на 30 км, г/см^3 . Условные обозначения см. на рис. 1.

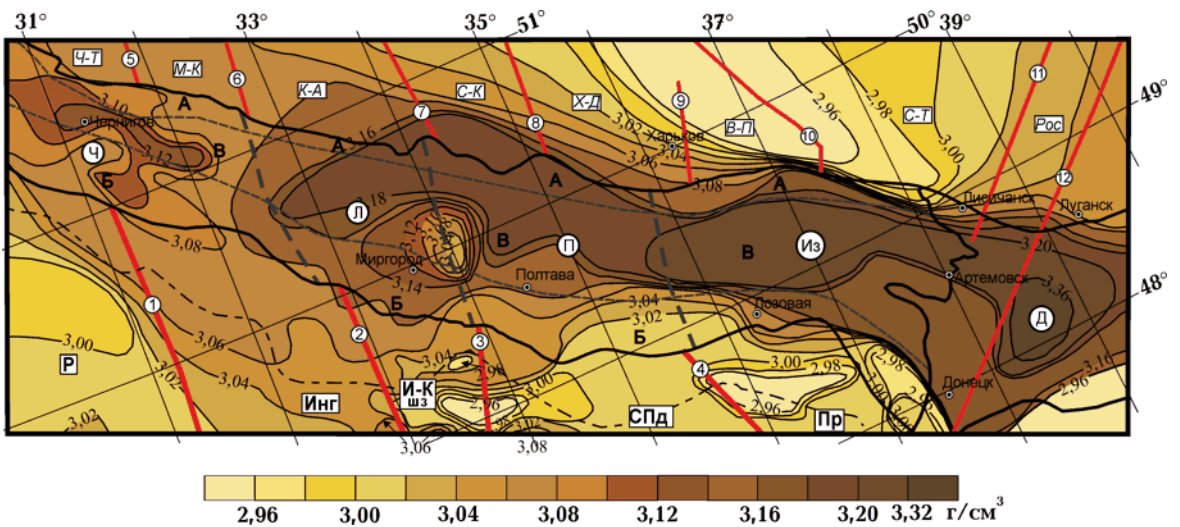


Рис. 22. Схема распределения плотности на поверхности Мохо, г/см^3 . Условные обозначения см. на рис. 1.

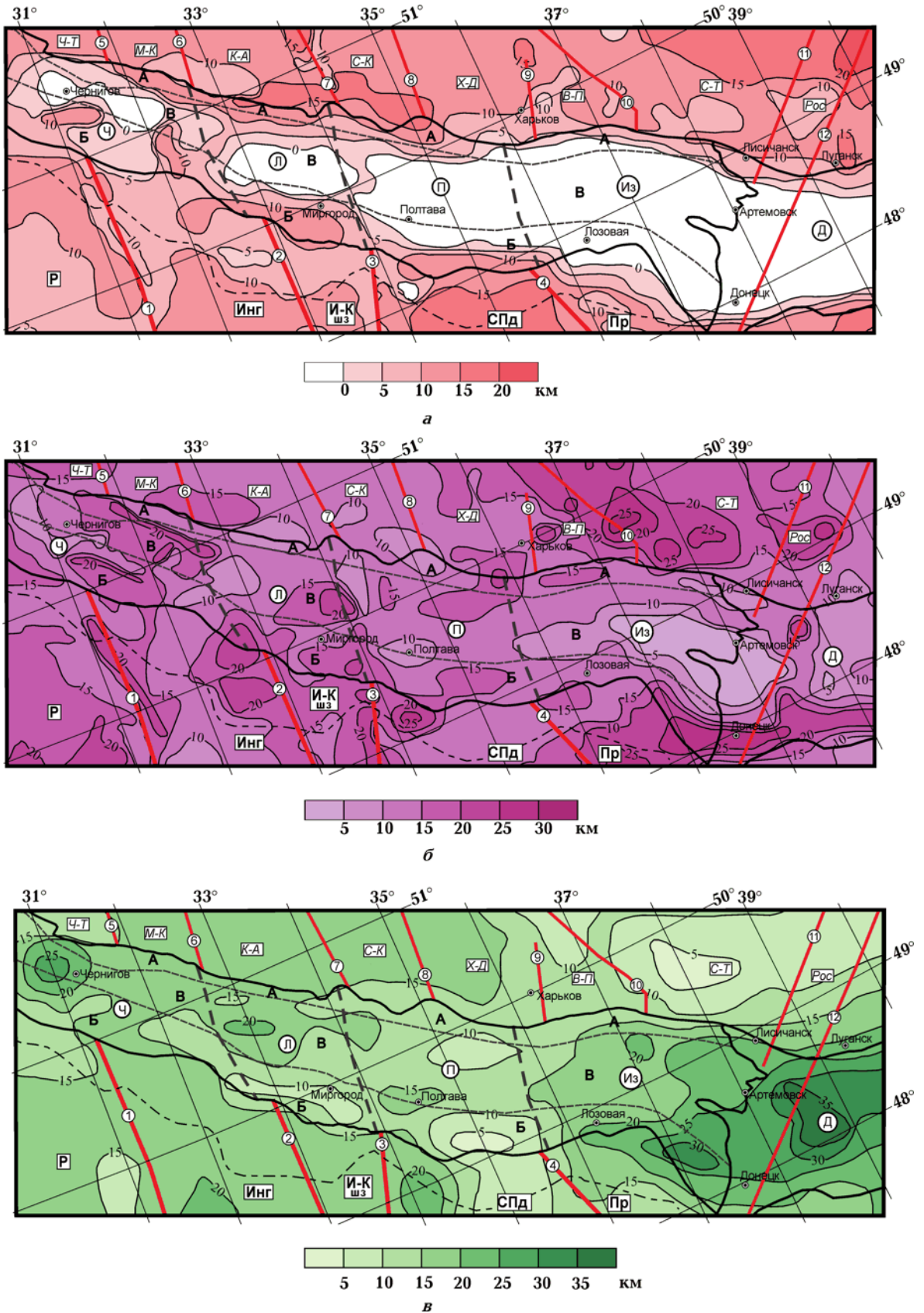


Рис. 25. Схемы мощности вещественных слоев: «гранитного» (а); «диоритового» (б); «базальтового» (в), км. Условные обозначения см. на рис. 1.

и Изюмского мегаблоков, а также для района центральной и южной частей Донбасса. В Лохвицком мегаблоке выделено разуплотнение пород до $2,60 \text{ г/см}^3$ в центральной его части.

Особенностью слоя является четко выраженное аномальное разуплотнение замкнутых неоднородностей в прибортовых зонах. В южной и северной прибортовых зонах Лохвицкого и Полтавского мегаблоков, а также в южной прибортовой зоне Черниговского присутствуют неоднородности, плотность пород которых аномально низкая: от $0,72$ до $1,0 \text{ г/см}^3$.

В Донбассе значения плотности пород уменьшаются к северу до $2,60 \text{ г/см}^3$.

Соленосные образования девонского и нижнепермского возраста выделены в самостоятельный слой (см. рис. 8) вследствие специфики соотношения их плотности и плотности вмещающих пород. Нижний предел плотности соленосной толщи постоянен и соответствует плотности чистой соли ($2,12 \text{ г/см}^3$). Верхний предел изменяется в зависимости от количества прослоев в соли терригенных пород, ангидритов, доломитов, известняков. При моделировании было принято среднее значение плотности $2,25 \text{ г/см}^3$ с учетом того, что пределы ее изменения $2,12—2,35 \text{ г/см}^3$. С такой же плотностью учтена соль и в штоках, которые пронизывают осадочную толщу ДДВ.

Плотность пород девона (пятый слой) характеризуется изменением от $2,60$ до $2,78 \text{ г/см}^3$ (см. рис. 13). Черниговский мегаблок на фоне плотности $2,72 \text{ г/см}^3$ осложнен двумя замкнутыми неоднородностями с плотностью $2,78 \text{ г/см}^3$, которые прослеживаются повышенной плотностью от подошвы дроновской свиты через весь осадочный чехол до подошвы девона. Это может быть вызвано внедрением в приповерхностные структуры с более глубоких горизонтов материала основного или ультраосновного состава по зонам глубинных разломов.

В центральной зоне Лохвицкого мегаблока отложения девона, как и отложения нижнего карбона, характеризуются пониженной плотностью (до $2,74 \text{ г/см}^3$) по сравнению с соседними мегаблоками. Полтавский, Изюмский мегаблоки и Донбасс в центральной зоне представлены породами с плотностью $2,76 \text{ г/см}^3$, т. е. достаточно высокой для осадочного чехла. Ранее в работах [Старостенко и др., 1986; Бурьянов и др., 1999; Егорова, Козленко, 2003; Козленко В. Г., Козленко М. В., 2007] были получены близкие значения плотности, которые авторы связывают с осевым уплотнением.

В прибортовых зонах всех мегаблоков плотности пород снижаются от $2,74$ до $2,72 \text{ г/см}^3$ в сторону разломов, ограничивающих грабен. Исключением является Лохвицкий мегаблок, плотности в котором ниже: от $2,72$ до $2,60 \text{ г/см}^3$.

Консолидированная земная кора в трехмерной плотностной модели аппроксимирована семью слоями. Первые четыре: $0,4—1 \text{ км}$; $1—5 \text{ км}$; $5—10 \text{ км}$; $10—20 \text{ км}$ были представлены в виде расчетных тел, а слои $20—22 \text{ км}$, $20—30 \text{ км}$ и $30—\text{Мохо}$ в виде изолиний. Каждый слой рассчитывался отдельно, анализировалось его влияние на суммарное поле, а затем суммировался эффект всех слоев.

Слой $0,4—1 \text{ км}$ в модели представлен неоднородностями, плотность которых на кровле и подошве одинаковая в связи с незначительной мощностью (см. рис. 14). В Росинском мегаблоке УЩ плотности варьируют в пределах $2,61—2,70 \text{ г/см}^3$. Ингульский мегаблок характеризуется меньшей плотностью: от $2,62$ до $2,69 \text{ г/см}^3$; в Среднеприднепровском мегаблоке преобладает плотность $2,62—2,72 \text{ г/см}^3$, а в Приазовском — $2,61 \div 2,64 \text{ г/см}^3$.

На северо-западе и в центральной части южного склона ВКМ преобладают породы с плотностью $2,67 \text{ г/см}^3$. Однако здесь присутствует значительное количество линз (даек), приуроченных к разломам. Плотность пород в них повышена ($2,69—2,78 \text{ г/см}^3$). Юго-восточная часть южного склона ВКМ характеризуется плотностью пород $2,61—2,62 \text{ г/см}^3$ с присутствием небольших неоднородностей, в которых плотность дифференцирована ($2,65—2,68$; $2,70$; $2,74 \text{ г/см}^3$).

На кровле слоя $1—5 \text{ км}$ (рис. 15) структурный план практически дублирует расположение неоднородностей слоя $0,4—1,0 \text{ км}$. Плотности в этом интервале нарастают с глубиной с индивидуальным градиентом в каждом теле ($\Delta\rho = 0,02 \div 0,07 \text{ г/см}^3$). На подошве слоя (рис. 16) расчетные тела укрупняются, сохраняя основной структурный план. В Черниговском мегаблоке на этой глубине область кристаллических пород, плотность которых повышена, увеличилась.

Структурный план кровли слоя $5—10 \text{ км}$ (см. рис. 17) отличается от подошвы слоя

1—5 км увеличением области распространения кристаллической части коры во впадине (Черниговский, Лохвицкий и северо-западная часть Полтавского мегаблоков).

На подошве слоя 5—10 км в юго-западной и западной частях Росинского и Среднеприднепровского мегаблоков плотности пород превышают на 0,06—0,07 г/см³ плотности восточной и северной частей (см. рис. 18). В Ингульском и Приазовском мегаблоках, наоборот, повышенные плотности (2,77 и 2,79 г/см³) наблюдаются в северной части. Для южного склона ВКМ характерно сохранение структурного плана и незначительное нарастание плотности с глубиной ($\Delta\rho = 0,01 \div 0,03$ г/см³). В Черниговском мегаблоке плотности изменяются в интервале 2,62—2,82 г/см³, в Лохвицком — 2,60 ÷ 2,76 г/см³. Следует отметить наличие под северной прибортовой зоной пород пониженной плотности (2,62—2,64 г/см³), что на 0,11—0,13 г/см³ ниже значений плотности пород центральной и южной прибортовых зон. Исключением является неоднородность с низкой (2,62 г/см³) плотностью на юге южной прибортовой зоны Полтавского мегаблока. Подошва слоя 5—10 км является кровлей слоя 10—20 км.

На подошве слоя 10—20 км мозаика распределения неоднородностей достаточно пестрая. Плотность пород также колеблется в широком диапазоне от 2,72 до 3,05 г/см³ (см. рис. 19).

Юг Росинского мегаблока характеризуется плотностью пород 2,84 г/см³, которая снижается к северо-западу до 2,81 г/см³. Как и на предыдущем срезе, породы Ингульского мегаблока представлены в основном плотностью 2,80 г/см³. Только на юге присутствуют две сопряженные неоднородности с плотностью 2,90 и 2,80 г/см³, граничащие по Кировоградской зоне разломов. Аналогично предыдущему срезу, север Среднеприднепровского мегаблока сложен породами, плотность которых снижается в южном направлении до 2,78 г/см³. Западно-Приазовский блок представлен небольшими неоднородностями с плотностью от 2,82 до 2,90 г/см³, а Восточно-Приазовский — от 2,76 до 2,84 г/см³.

Южный склон ВКМ представлен укрупненными неоднородностями с плотностью 2,76—2,82 г/см³. На границе южного склона ВКМ с Лохвицким и Полтавским мегаблоками выделяется узкая неоднородность со средней плотностью 2,76 г/см³.

Днепровский грабен характеризуется изометричными или незначительно вытянутыми неоднородностями, ориентированными вдоль его оси.

В Черниговском мегаблоке на фоне плотности 2,86—2,88 г/см³, как и на предыдущих срезах, четко проявляются две изометричные неоднородности повышенной плотности: более обширная в северо-западной части с плотностью 2,98 г/см³ и меньшая по размерам на юго-востоке с плотностью 2,90 г/см³ в центральной своей части. На северо-западе Лохвицкого мегаблока расположена изометричная замкнутая неоднородность, плотность которой увеличивается к центру от 2,88 до 2,98 г/см³. Прибортовые зоны мегаблока представлены плотностью 2,76 г/см³ и только на северо-западе южной прибортовой зоны наблюдается уплотнение пород до 2,82—2,84 г/см³. Вдоль границы между Полтавским и Лохвицким мегаблоками прослеживается замкнутая неоднородность с максимальной плотностью 2,92 г/см³. Это единственная из неоднородностей центральной зоны впадины, которая ориентирована субмеридионально. В юго-западной части центральной и южной прибортовых зонах Полтавского мегаблока находится неоднородность, которая выполнена породами такой же повышенной плотности. Остальная территория характеризуется относительно низкими плотностями: 2,80—2,86 г/см³. Следует отметить, что граница между неоднородностями пониженной (2,86 г/см³) и повышенной (2,91 г/см³) плотностей четко фиксируется зоной разломов, разделяющей Полтавский и Изюмский мегаблоки. В центральной и юго-восточной частях Изюмского мегаблока выделяется область с плотностью 2,72—2,76 г/см³. К юго-востоку и востоку от этой области плотности пород резко увеличиваются до 3,05 г/см³.

Подошва слоя 10—20 км является кровлей слоя 20—22 км (см. рис. 19). На ней в области, о контуренной белой линией, присутствуют осадки с плотностью 2,72 г/см³. Плотности пород на подошве слоя 20—22 км (см. рис. 20) в Черниговском и в центральной зоне Лохвицкого мегаблоков не претерпели изменений. На остальной территории, т. е. в прибортовых зонах Лохвицкого, прибортовых и центральной зонах Полтавского, Изюмского и Донбасского, изменились в сторону увеличения. Так, в Донбассе, в районе, соответствующем максимальному погружению осадков, плотности пород дости-

гают значений 2,85—2,96 г/см³, а в расположенной юго-восточнее от профиля DOBRE неоднородности 3,07 г/см³.

К северу от Главного антиклинала Донбасса породы более плотные по сравнению с расположенными южнее ($\Delta\rho = 0,02 \div 0,11$ г/см³).

Подошва слоя 20—22 км является кровлей слоя 22—30 км. На подошве этого слоя на глубине 30 км (см. рис. 21) наблюдается вытянутость изолиний с северо-запада на юго-восток в пределах впадины и Донбасса. Черниговский мегаблок представлен двумя замкнутыми неоднородностями, в центре которых плотности достигают значений 3,11 и 3,10 г/см³ соответственно, а также расположенными южнее неоднородностями такой же ориентировки, в центре которых плотности пород 2,92 и 3,00 г/см³. Обширная неоднородность, занимающая центральную зону Лохвицкого и Полтавского мегаблоков, характеризуется нарастанием плотности в северо-западном направлении от 2,96 до 3,11 г/см³. Север и северо-запад центральной зоны Изюмского мегаблока представлен плотными породами (3,09—3,14 г/см³), а юг — несколько пониженными (3,08 г/см³).

Южная прибортовая зона Лохвицкого и Полтавского мегаблоков осложнена вытянутыми замкнутыми неоднородностями, плотность которых на фоне 2,90—2,94 г/см³ уменьшается до 2,84 г/см³. Северная прибортовая зона Черниговского, Лохвицкого и северо-западная часть Полтавского мегаблоков характеризуется вытянутыми, ориентированными в направлении северо-запад — юго-восток, изолиниями плотности 2,92—2,94 г/см³. В Изюмском мегаблоке прибортовые зоны представлены породами с плотностью 2,92—2,98 г/см³.

В центральной части Донбасса плотности аномально высокие: 3,18 г/см³. Здесь методом ГСЗ зафиксированы высокие скорости вдоль профиля DOBRE [Град и др., 2003]. Об этой области упоминается также в работе В.Б.Соллогуба [Литосфера..., 1993б], в которой по данным сейсмометрии определялись скорости свыше 7,8 км/с. Однако по профилям ГСЗ XI и X, которые расположены с двух сторон от профиля DOBRE на достаточно близком расстоянии от него, такие скорости обнаружены не были. Построенная двумерная плотностная модель вдоль профиля DOBRE [Старостенко и др., 2008] подтвердила наличие уплотненных пород в этой области. В трехмерной плотностной

модели также возникла необходимость значительного уплотнения. Плотности пород к юго-востоку от аномальной области на этой глубине понижаются аналогично выше расположенным слоям.

Северо-западная часть южного склона ВКМ уплотнена по сравнению с юго-восточной. В центральной части и на юго-востоке склон осложнен двумя вытянутыми замкнутыми неоднородностями юго-восточного направления с плотностью в центре 2,98 г/см³.

На северном склоне УЩ характер распределения плотности на этих глубинах аналогичен распределению на глубинах 20 и 22 км. Плотности неоднородностей здесь варьируют в пределах 2,92—2,98 г/см³.

Плотности пород на поверхности Мохо изменяются в широком диапазоне: от 2,96 до 3,20 г/см³ (см. рис. 22). Исключением является неоднородность в юго-восточной части Донбасса (аномальная область), породы которой характеризуются плотностью 3,30 г/см³. В двумерной плотностной модели вдоль профиля DOBRE плотность на подошве неоднородности составляет 3,39 г/см³ [Старостенко и др., 2008]. Однако в трехмерной модели плотность откорректирована в сторону уменьшения, а также уточнена область распространения пород с аномально высокой плотностью.

В Черниговском мегаблоке плотности пород нарастают к центру структуры от 3,08 до 3,12 г/см³, а в Лохвицком и Полтавском мегаблоках с юга на север от 3,08 до 3,18 г/см³ и от 3,02 до 3,18 г/см³ соответственно. На границе между этими мегаблоками сохраняется замкнутая неоднородность пониженной плотности (3,04 г/см³), которая фиксировалась в вышележащих слоях. Изюмский мегаблок характеризуется по всему объему плотными породами (3,16—3,20 г/см³), за исключением юго-востока структуры, где плотности понижены до 2,96—2,98 г/см³.

На северо-западе и юго-востоке южного склона ВКМ плотности пород одинаковы (2,98—3,05 г/см³). Однако в центральной части наблюдается обширная по площади неоднородность с пониженной плотностью до 2,96 г/см³. На северном склоне УЩ плотность изменяется от 2,96 до 3,02 г/см³.

Распределение плотности в кристаллической части коры по результатам трехмерного гравитационного моделирования в блоках ДДВ и Донбасса (районирование по Г. Н. До-

ленко и С. А. Варичеву, [Геология...,1989]) и в блоках южного склона ВКМ (районирование по П. Ф. Гожику, [Багрий та ін., 2007]) приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Коромантыйная смесь, кровля которой проводится по изолинии плотности 3,04 г/см³, а подошва — по поверхности Мохо, распространена с разной мощностью в пределах

Таблица 1. Распределение плотности в кристаллической части коры по результатам трехмерного гравитационного моделирования в блоках ДДВ и Донбасса (районирование по Г. Н. Доленко и С. А. Варичеву [Геология ...,1989])

Название блока	Плотность (г/см ³) на различных глубинах (км)						
	0,04—1,00	5	10	20	22	30	М
Черниговский	2,60, 2,62—2,63, 2,65	2,72—2,75, 2,77	2,62, 2,74—2,76, 2,80, 2,82	2,86—2,98	2,86—2,98	2,94—3,11	3,08—3,12
Лохвицкий	—	—	2,64, 2,68, 2,70—2,71, 2,76—2,77	2,76—2,98	2,82—2,98	2,84—3,11	3,08—3,18
Полтавский	—	—	2,68, 2,70—2,71, 2,76, 2,79	2,80—2,92	2,80—2,96	2,94—3,04	3,02—3,18
Изюмский	—	—	—	2,80—2,91	2,84—2,96	3,08—3,14	3,02—3,20
Донбасс	—	—	—	2,82—3,05	2,84—3,07	3,08—3,18	3,16—3,25

Таблица 2. Распределение плотности в кристаллической части коры по результатам трехмерного гравитационного моделирования в блоках южного склона ВКМ (районирование по П. Ф. Гожику [Багрий та ін., 2007])

Название блока	Плотность (г/см ³) на различных глубинах (км)					
	0,4 — 1	5	10	20	30	М
Черниговско-Трактемировский	—	2,65, 2,70	2,70	2,82—2,86	2,90—2,92	3,08
Менско-Кировоградский	—	2,65, 2,70	2,70, 2,75	2,80—2,84	2,92	3,08
Конотопско-Александровский	2,66—2,67	2,65—2,67, 2,71—2,74, 2,79	2,67, 2,70, 2,75, 2,80	2,76—2,82	2,92—2,94	3,04—3,18
Сумско-Кобелякский	2,65—2,78	2,71—2,72	2,70, 2,74, 2,80	2,76—2,82	2,92—2,98	3,02—3,18
Харьковско-Днепропетровский	2,65—2,70	2,67, 2,70, 2,72—2,74, 2,80	2,70—2,71, 2,73 -2,75, 2,82	2,76—2,80 2,80—2,88	2,88—2,98	2,96—3,16
Волчанско-Петропавловский	2,61—2,70	2,63—2,64, 2,68, 2,74—2,75, 2,80	2,64—2,65, 2,70—2,71, 2,73—2,76, 2,78	2,76—2,82	2,86—2,98	2,96—3,06
Сватовско-Троицкий	2,61, 2,74	2,63—2,71, 2,75—2,77	2,65—2,68, 2,70—2,72, 2,77—2,80	2,78—2,84	2,80—2,98	2,96—3,02
Россошанский	2,60, 2,67	2,63, 2,66, 2,68, 2,71, 2,74, 2,75	2,65—2,67, 2,70—2,74, 2,78	2,66—2,82	2,84—2,94	3,04—3,08

ДДВ и Донбасса практически повсеместно (рис. 23). Отсутствует слой на большей части южного склона ВКМ (в Россошанском, Сватовско-Троицком, Волчанско-Петропавловском, в северной части Сумско-Кобелякского и Харьковско-Днепропетровского), а также в юго-восточной части Полтавского мегаблока и юге Изюмского.

В центральной и в прибортовых зонах Черниговского и Лохвицкого мегаблоков мощность коромантийной смеси составляет 5—10 км с уменьшением к окраинам. В Полтавском мегаблоке коромантийная смесь присутствует повсеместно с мощностью около 5 км, за исключением юго-восточной части. В Изюмском мегаблоке ее мощность увеличивается с северо-запада на юго-восток

от 5 до 20—22 км. Донбасс характеризуется наибольшей мощностью коромантийной смеси (10—30 км).

Присутствие «коромантийной» смеси (КМ) в итоговой модели обусловило разделение глубинной части коры на два этажа. В районах, где КМ отсутствует, разрез земной коры представлен одним глубинным слоем, а в случае наличия КМ он делится на два этажа (плотности менее и более $3,04 \text{ г/см}^3$).

Гравитационный эффект от неоднородностей верхней мантии для ДДВ и Донбасса был рассчитан от масс, кровлей которых является поверхность Мохо (рис. 24). Глубина залегания подошвы слоя уплотненной мантии принята на 90 км (избыточная плотность $0,02 \text{ г/см}^3$). Область распростра-

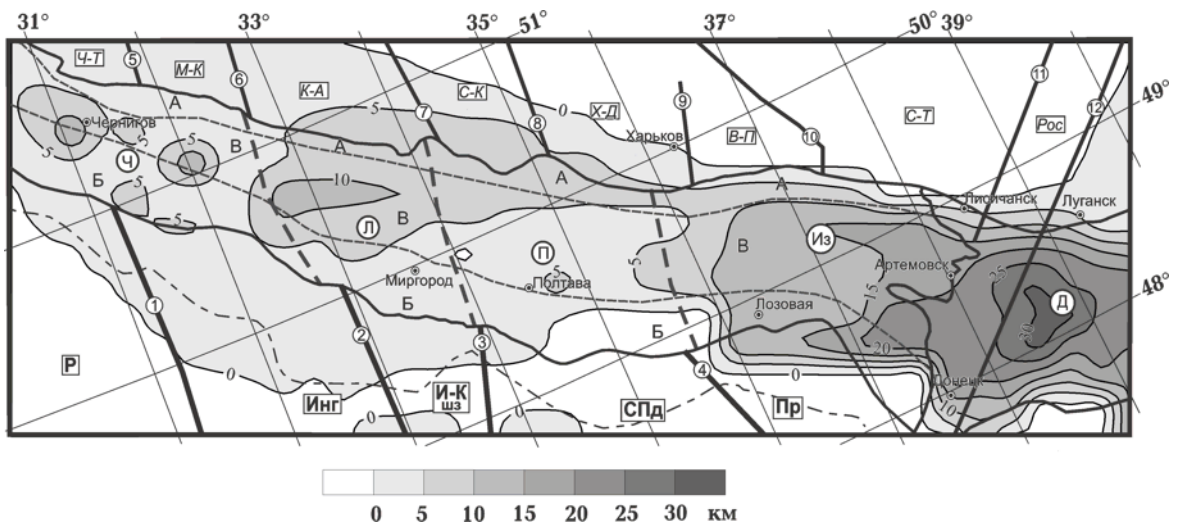


Рис. 23. Область распространения коромантийной смеси и ее мощность, км. Условные обозначения см. на рис. 1.

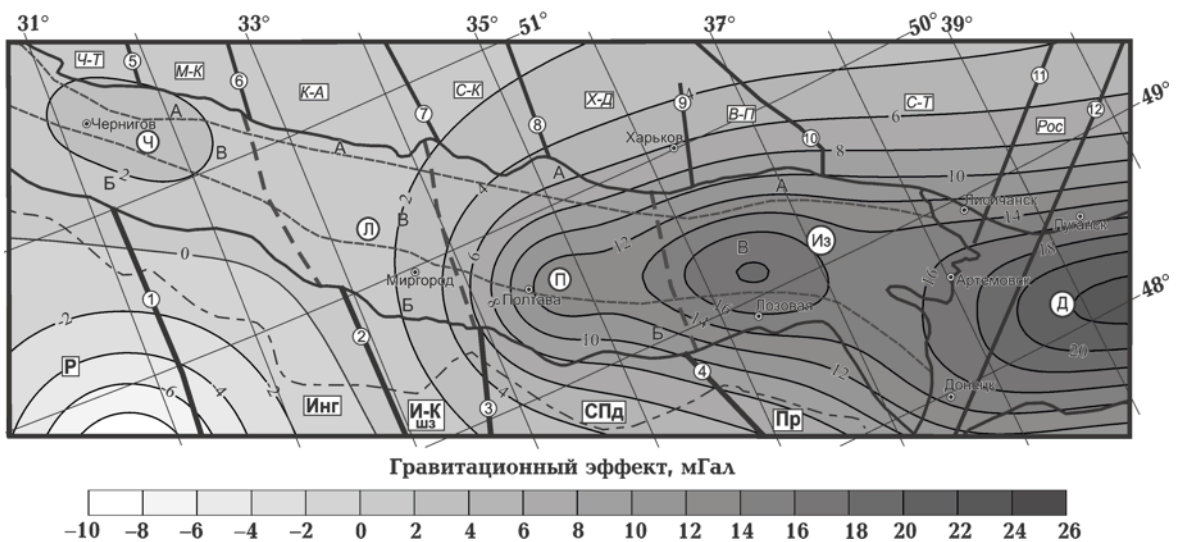


Рис. 24. Гравитационный эффект неоднородностей верхней мантии, мГал. Условные обозначения см. на рис. 1.

нения определялась по остаточному полю. Максимальный гравитационный эффект неоднородности составляет 22 мГал и относится к Донбассу. В северо-западной части Изюмского мегаблока эффект несколько ниже и составляет 18—20 мГал. В районе Черниговского мегаблока значения эффекта превышают 2 мГал. Гравитационный эффект от модели с учетом мантийных неоднородностей наиболее полно удовлетворяет наблюдаемому полю.

В работе [Гордиенко и др., 2006] было получено распределение мантийной составляющей гравитационного поля для территории ДДВ. Ее величина, изменяющаяся от +20 до -20 мГал, рассчитана вдоль профилей ГСЗ, а вне профилей проведена лишь качественная оценка. Результаты этой работы трудно сопоставить с данными предлагаемой здесь модели, поскольку определение мантийной составляющей проводилось по существенно разной сети.

Схемы мощности «гранитного», «диоритового» и «базальтового» слоев консолидированной земной коры. По результатам трехмерного гравитационного моделирования, аналогично работам по УЩ [Куприенко и др., 2007б], были построены схемы мощности «гранитного», «диоритового» и «базальтового» слоев земной коры.

Мощность «гранитного» слоя колеблется от нулевых значений до 20 км (рис. 25, а выше на с. 192). Ее максимальные значения (15—20 км) фиксируются на фоне общей мощности 10 км в южной части Конотопско-Александровского, Сумско-Кобелякского, в северной части Россошанского и Сватовско-Троицкого блоков южного склона ВКМ, а также на севере Среднеприднепровского мегаблока УЩ. В южной прибортовой зоне Лохвицкого и к югу от Черниговского максимума присутствуют области, где мощность «гранитного» слоя выше 10 км. В центральной части всех мегаблоков ДДВ и в Донбассе «гранитный» слой, в основном, отсутствует или его мощность составляет всего несколько километров.

В прибортовых зонах Черниговского мегаблока «гранитный» слой распространен с мощностью 5—10 км, а в центральной зоне — от 0 до 3—5 км. В Лохвицком мегаблоке мощность слоя возрастает от 0—10 км в центральной зоне до 5—10 км в южной прибортовой зоне. В северной прибортовой зоне мощность слоя увеличивается с юга на север от 5 до 10 км, а на северном борте — от 10 до

15 км. Для Полтавского мегаблока характерно нарастание мощности «гранитного» слоя от центральной части (0—5 км) к периферии (около 10 км), т.е. в сторону УЩ и ВКМ. В Изюмском мегаблоке слой отсутствует в прибортовых зонах, а на юге его мощность увеличивается в сторону УЩ до 11 км.

На севере Донбасса мощность слоя в основном 5 км, на юге 5—10 км с увеличением до 15 км к востоку.

Мощность «диоритового» слоя (рис. 25, б) варьирует в широком диапазоне: от первых километров до 20—25 км. Наибольшей мощностью (свыше 25 км) характеризуется южная часть Донбасса и юго-восточная часть южного склона ВКМ (Сватово-Троицкий блок), в котором мощность увеличивается в северо-западном направлении (к границе с Харьковско-Днепропетровским блоком) до 25—30 км. В южной прибортовой зоне Черниговского, Лохвицкого и Полтавского мегаблоков мощность слоя около 15 км с локальным увеличением (до 20 км) и утонением (до 10—15 км). Такие же значения мощности характерны для центральной зоны Черниговского и Лохвицкого мегаблоков. В центре Полтавского мегаблока мощность слоя преимущественно 10 км с увеличением в северо-восточном направлении до 15 км. На границе Лохвицкого и Полтавского мегаблоков мощность слоя резко увеличивается до 20 км. В центральной части Изюмского мегаблока мощность слоя 5—10 км с увеличением до 15 км на севере и до 20 на юге.

На севере Черниговского и Полтавского мегаблоков мощность слоя колеблется от 10 до 15 км. В Лохвицком и Изюмском мегаблоках мощность несколько меньше.

«Диоритовый» слой (рис. 25, б) в пределах северного склона УЩ характеризуется мощностью 15—20 км, местами увеличиваясь до 20—25 км, а на южном склоне ВКМ (в Черниговско-Трактеемировском, Менско-Кировоградском и Конотопско-Александровском блоках) мощность слоя колеблется в пределах 10—15 км.

В Донбассе, за исключением области максимальных значений, мощность слоя колеблется от 5 до 15 км.

«Базальтовый» слой (рис. 25, в) присутствует на всей территории ДДВ с мощностью от 2—3 до 15—20 км, а в Донбассе — свыше 35 км.

В пределах Черниговского, северо-западной части Лохвицкого и Изюмского мегаблоков мощность «базальтового» слоя составляет

преимущественно 15—20 км, а на юге Изюмского мегаблока и в Донбассе 25—35 км. На остальной территории впадины мощность несколько меньше и колеблется от 5 (юг Полтавского мегаблока) до 10—15 км.

На большей части южного склона ВКМ мощность слоя 15 км. Юг Сумско-Кобелякского, юг и восток Харьковско-Днепропетровского, большая часть Волчанско-Петропавловского блоков характеризуются мощностью «базальтового» слоя до 15 км. На остальной территории склона слой еще тоньше — от 5 до 10 км, причем уменьшение мощности наблюдается в восточном направлении.

Утоненный «базальтовый» слой Среднеприднепровского мегаблока УЩ (5—10 км) распространяется на южную часть Полтавского и Изюмского мегаблоков, а утолщенный слой Ингульского и Росинского мегаблоков УЩ (15—20 км) продолжается в пределы юга Черниговского и Лохвицкого мегаблоков ДДВ.

Прогнозный состав консолидированной земной коры основных структур ДДВ и Донбасса (типы коры). По соотношению мощностей условно выделенных «гранитного», «диоритового» и «базальтового» слоев к общей мощности консолидированной земной коры было определено доленое участие каждого из них.

Доля «гранитного» слоя (рис. 26, а) в пределах ДДВ характеризуется коэффициентом 0,0—0,4. Наибольшие значения отвечают южной и северной частям Полтавского и Лохвицкого мегаблоков (0,6) и северу Среднеприднепровского мегаблока УЩ, где доленое участие слоя 0,3—0,4. Наименьшая доля слоя относится к центральной зоне всех мегаблоков (0,0—0,1). На остальной территории доленое участие слоя в пределах 0,0—0,2.

Доля «диоритового» слоя (рис. 26, б) наибольшая на юге Донбасса, на юго-востоке южного склона ВКМ, в центральной части Черниговского, Лохвицкого и Полтавского мегаблоков (0,4—0,5). Незначительная доля этого слоя на юго-востоке Изюмского мегаблока и на северо-западе Донбасса (0,0—0,1). Остальная территория характеризуется значениями 0,2—0,3.

Максимальная доля «базальтового» слоя (рис. 26, в) отвечает северо-западной части Черниговского, центральной части Лохвицкого, юго-восточной Изюмского мегаблоков и всему Донбассу (0,5—0,7). Наименьшая

доля (0,2) слоя относится к южной части Полтавского мегаблока и к северной Изюмского. На остальной территории коэффициент 0,3—0,4.

Основываясь на этих данных для ДДВ и Донбасса определено шесть типов коры (рис. 27).

Наименьшее распространение имеет *гранитно-диоритовый* тип, который, в основном, присутствует на южном склоне ВКМ (Сватовско-Троицкий и Россошанский блоки) и незначительным массивом на северном склоне УЩ (юго-восток Среднеприднепровского мегаблока).

Диоритовый тип коры распространен на остальной территории южного склона ВКМ, на юго-востоке северной прибортовой зоны Черниговского и Полтавского мегаблоков, в северной прибортовой зоне Лохвицкого, практически на всей территории южной прибортовой зоны, в северной и южной частях Донбасса, а также на севере склона УЩ.

Лейкобазальтовым типом коры характеризуется северо-запад Черниговского и Лохвицкого мегаблоков, северо-западные части северной прибортовой зоны Черниговского, Полтавского, Изюмского мегаблоков, а также северо-запад южной прибортовой зоны Изюмского мегаблока.

Базальтовый тип коры распространен на юго-востоке северной и южной прибортовых зон Изюмского мегаблока, на большей части Донбасса, в центральной зоне и в северо-западной части южной прибортовой зоны Черниговского мегаблока. Изометричная область этого типа коры наблюдается в южной части центральной зоны Изюмского мегаблока.

Диорито-базальтовый тип полностью охватывает центральную зону Полтавского и юго-восточную часть Лохвицкого мегаблоков.

Базальто-диоритовый тип коры присутствует только в центральной зоне Изюмского мегаблока. Он по своим параметрам является промежуточным между базальтовым, который распространен в центральной части Донбасса, и диорито-базальтовым, характерным для центральной зоны ДДВ. Возникает вопрос: *не является ли область распространения базальто-диоритового типа коры переходной зоной между ДДВ и Донбассом?* На этот вопрос нам бы хотелось дать утвердительный ответ.

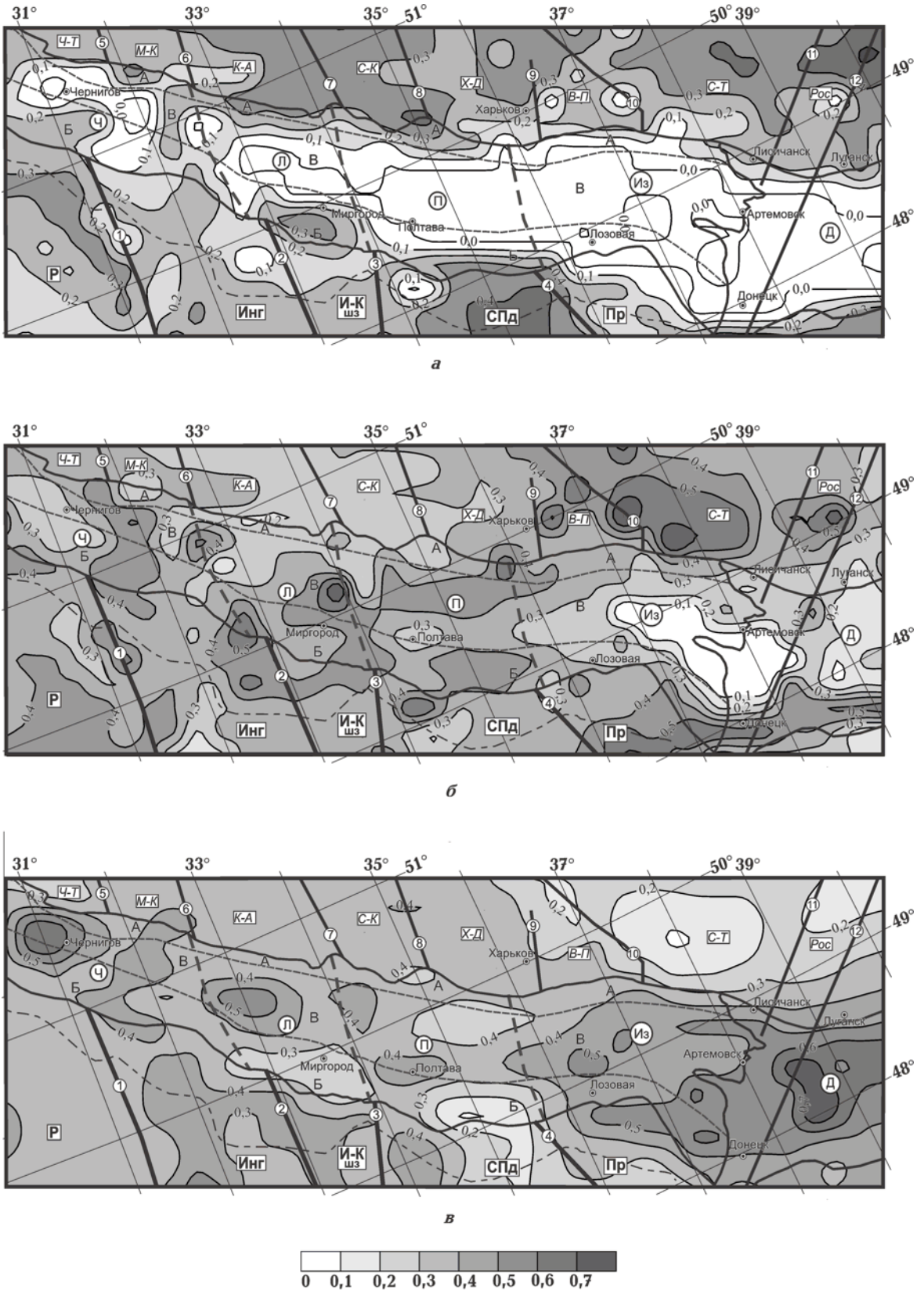


Рис. 26. Вклад (доля) «гранитного» (а), «диоритового» (б) и «базальтового» (в) слоев в общую мощность земной коры Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса. Условные обозначения см. на рис. 1.

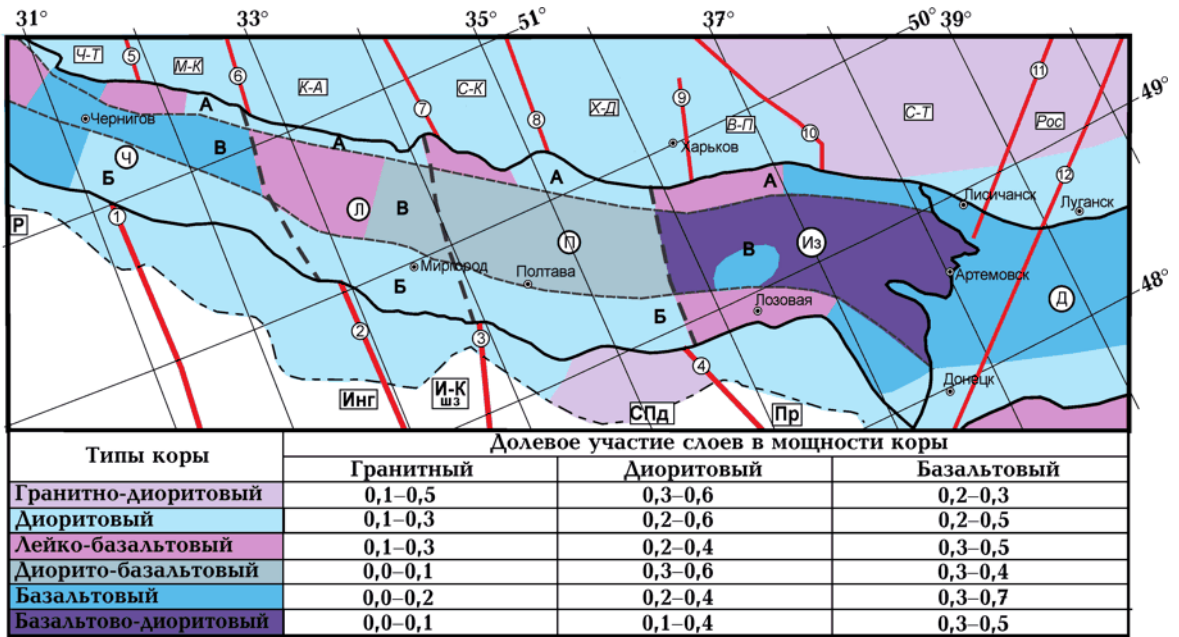


Рис. 27. Схема прогнозного состава земной коры Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса, построенная по данным трехмерного гравитационного моделирования. Условные обозначения см. на рис. 1.

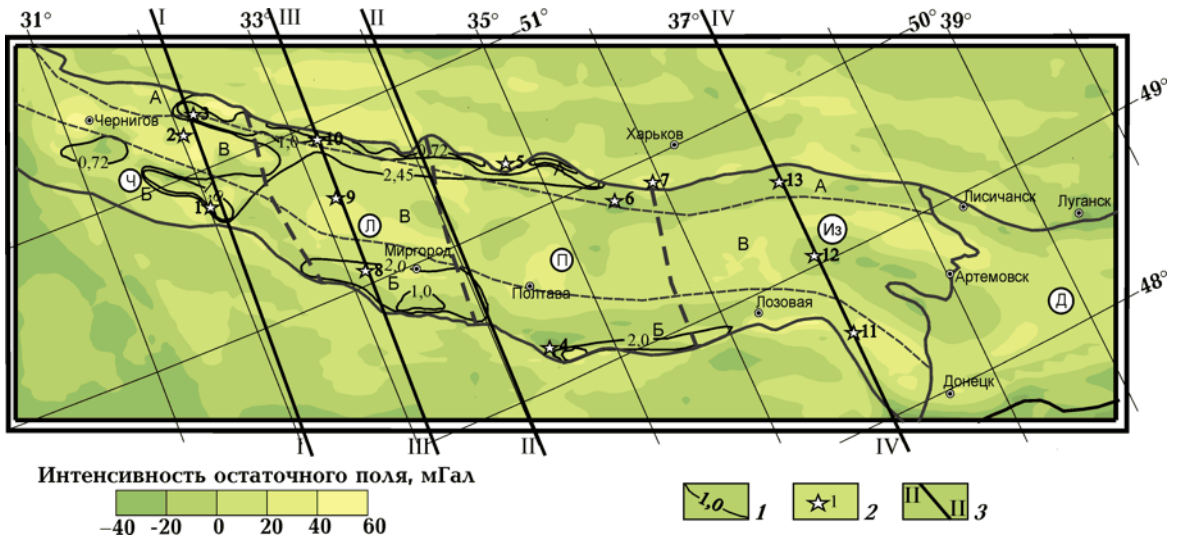


Рис. 28. Области максимального разуплотнения в осадочной толще: 1 — изолинии плотности нижнего карбона 0,72; 1,00; 2,00 г/см³, оконтуривающие эти области; 2 — точки, в которых построены графики изменения плотности с глубиной (см. рис. 30); 3 — линии профилей, вдоль которых построены плотностные разрезы (см. рис. 29). Условные обозначения см. на рис. 1.

Итак, преобладающим на бортах и в прибортовых зонах является гранитно-диоритовый тип коры, а базальтовый и базальто-диоритовый присутствуют в центральной зоне ДДВ и Донбассе, что указывает на увеличение основности пород от бортов к центру впадины и тем самым подтверждает наличие осевого уплотнения.

Обсуждение результатов. Месторождения нефти и газа в ДДВ разведаны очень детально. Однако это относится, в основном, к осадочному чехлу. Роль кристаллической части земной коры в образовании залежей углеводородов, а также связь месторождений с более глубинными возможными источниками изучены недостаточно. Немало-

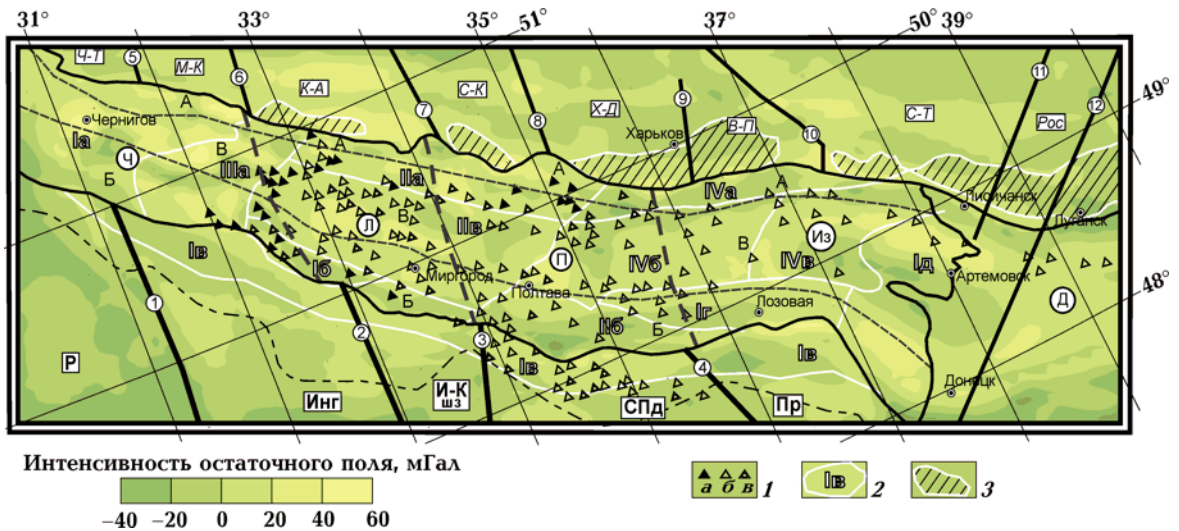


Рис. 31. Сопоставление результатов трехмерного гравитационного моделирования с данными о размещении нефтеносных, нефтегазоносных, газоносных и перспективных районов ДДВ и Донбасса [Багрий та ін., 2007]: 1 — расположение нефтяных (а), нефтегазовых (б), газовых и газоконденсатных (в) месторождений по данным [Карта..., 1982]; 2 — районы: перспективные (Черниговско-Брагинский (Ia), Антоновско-Белоцерковский (Iб), южного борта ДДВ (Iв), Жовтнево-Лозовский (Iг), Кальмиус-Бахмутский (Iд)); нефтегазоносные (Талаевско-Рыбальский (IIa), Руденковско-Пролетарский (IIб), Глинско-Солоховский (IIв)); нефтеносные (Монастирищенско-Софиевский (IIIa)); газоносные (Рябухивско-Североголубивский (IVa), Машевско-Шебелинский (IVб), Спиваковский (IVв)); 3 — зоны нефтегазоаккумуляции на северном борте ДДВ по данным [Багрий та ін., 2007]. Условные обозначения см. на рис. 1.

важным также является вопрос о возможной связи месторождений нефти и газа с глубинными нарушениями и зонами пониженных параметров среды в кристаллическом фундаменте впадин.

Согласно работе [Чекунов и др., 1990], неоднородности земной коры группируются по вертикали в отдельные структурно-петрографические комплексы с общим увеличением физических параметров с глубиной. Однако во многих регионах появляются области, в которых на фоне общего увеличения параметров (скорости, плотности и др.) наблюдается их понижение. Такие области являются благоприятными для миграции и накопления флюидов по ряду причин: смене петрографического состава, перекрытию менее плотных пород более плотными, повышенной трещиноватости пород.

По мнению многих исследователей обнаружение залежей нефти под осадочным чехлом, т. е. на границе с кристаллическим фундаментом, говорит о поступлении ее в эти районы по глубинным зонам разломов, которые являются благоприятными участками земной коры для транспортировки из глубин газовых масс. Считается, что поперечные глубинные разломы были основными «артериями», по которым происходила миграция

нефти и газа с больших глубин мантии [Доленко, 1971; Багрий та ін., 2007 и др.].

А. Е. Лукин, изучая миграцию пригужинитов (минерализованных реликтов суперглубинных флюидов), отмечает, что постоянное наличие минерально-химических суперглубинных «меток» в нефтегазоносных коллекторах свидетельствует о необходимости учета суперглубинных факторов в формировании нефтегазоносных бассейнов [Лукин, 2009].

Авторами работ [Багрий та ін., 2007 и др.] определены три основные формы расположения месторождений нефти и газа: единичные, в виде отдельных кустов и линейные. Для нас интересна третья форма расположения месторождений, а именно линейная (цепочная), поскольку такие месторождения, все без исключения, попадают в зоны глубинных разломов.

Выделение разломов методом гравитационного моделирования неоднозначно, как, наверное, и каждым геофизическим методом в отдельности. Однако трехмерные плотностные модели, построенные с учетом всей современной геолого-геофизической информации, позволяют выявить и рассчитать параметры зон, в которых породы разуплотнены. Блоки с пониженной плотно-

стью пород обычно нарушены глубинными разломами, вдоль которых возможна миграция углеводородов с низов коры и верхней мантии.

Полученное в результате трехмерного гравитационного моделирования распределение плотности с глубиной позволило определить области разуплотнения пород в толще осадочного чехла и проследить их распространение в кристаллической части земной коры ДДВ.

В северной и южной прибортовых зонах впадины в разностном поле (наблюденное поле минус модельное) наблюдаются вытянутые зоны отрицательных гравитационных эффектов, достигающих в отдельных локальных замкнутых аномалиях -40 мГал (см. рис. 28). В плотностной модели они совпадают с областями аномально пониженной плотности, которые прослеживаются с разной степенью проявления через осадки дрондовской свиты, башкирского яруса, нижнего карбона, девона и практически присутствуют на всех срезах консолидированной коры.

В слое дрондовской свиты в прибортовых зонах чередуются неоднородности с плотностью $2,00$ и $2,20$ г/см³. Тела с пониженной плотностью совпадают с участками несогласованности эффектов. В башкирском ярусе в прибортовых зонах проведена корректировка плотности в сторону понижения по отношению к значению плотности, представленной на схеме [Семенова и др., 1985, рис. 45, б] на $0,1$ г/см³, после чего в отдельных замкнутых расчетных телах плотности имеют значения $2,35$ г/см³ в северной прибортовой зоне и $2,30$ г/см³ в южной (см. рис. 10). Наибольшей корректировке подверглись плотности в слое нижнего карбона, в котором присутствует множество замкнутых, вытянутых вдоль прибортовых зон тел с плотностью $0,72$ и $1,0$ г/см³ на фоне плотности $1,0$ г/см³ в северной прибортовой зоне и $2,0$ г/см³ в южной (см. рис. 13, 28).

Распределение плотности с глубиной вдоль разреза I—I, который субмеридиально пересекает Черниговский мегаблок и проходит вдоль Кировоградской зоны разломов, показано на рис. 29, а (см. ниже). Как видно, отчетливо выделяются две области пониженной плотности. Первая из них расположена в южной прибортовой зоне мегаблока и характеризуется разуплотнением пород от кровли дрондовской свиты до поверхности Мохо. Максимальное разуплотне-

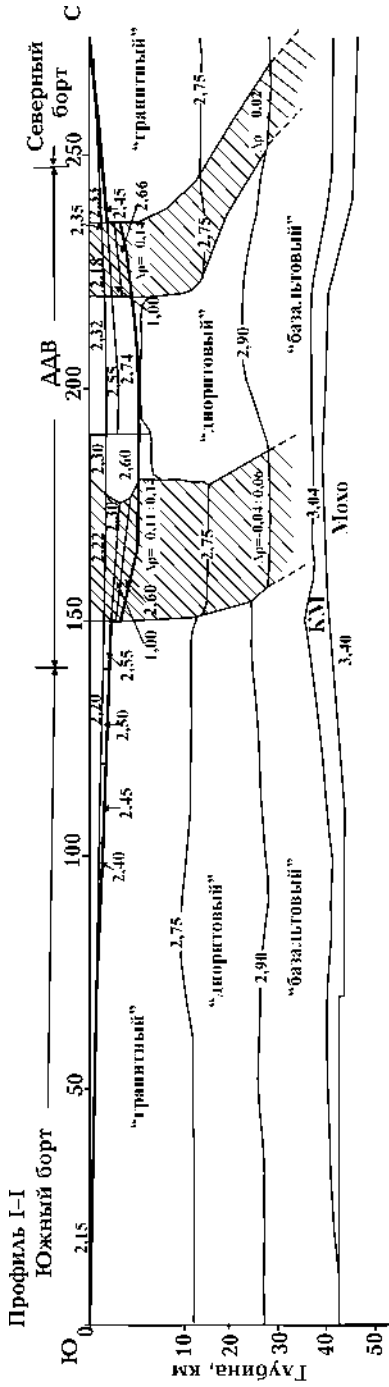
ние относится к толще нижнего карбона, где плотности снижаются до $1,0$ г/см³ на фоне плотности вмещающих пород $2,60$ г/см³. В осадочном чехле величина расхождения ($\Delta\rho$) между плотностью пород области разуплотнения и вмещающих образований составляет $0,1$ г/см³, а в кристаллической коре (в подстилающих осадки горизонтах) от $-0,11$ до $0,14$ г/см³. Глубже разность величин плотности уменьшается и на $28-30$ км равна $0,04-0,06$ г/см³.

Вторая область расположена в северной прибортовой зоне мегаблока. Разуплотнение пород наблюдается от кровли дрондовской свиты ($\Delta\rho=0,14$ г/см³) до глубины залегания кровли условно выделенного «базальтового» слоя ($\Delta\rho=0,02$ г/см³). В осадках нижнего карбона $\Delta\rho=1,45 \div 1,64$ г/см³. Ниже кровли «базальтового» слоя в аномально разуплотненных областях и вмещающих породах плотности близки по значению. Эти две области разделены центральной зоной впадины, в которой плотность выше на $0,04-0,1$ г/см³ по отношению к плотности пород УЩ и ВКМ.

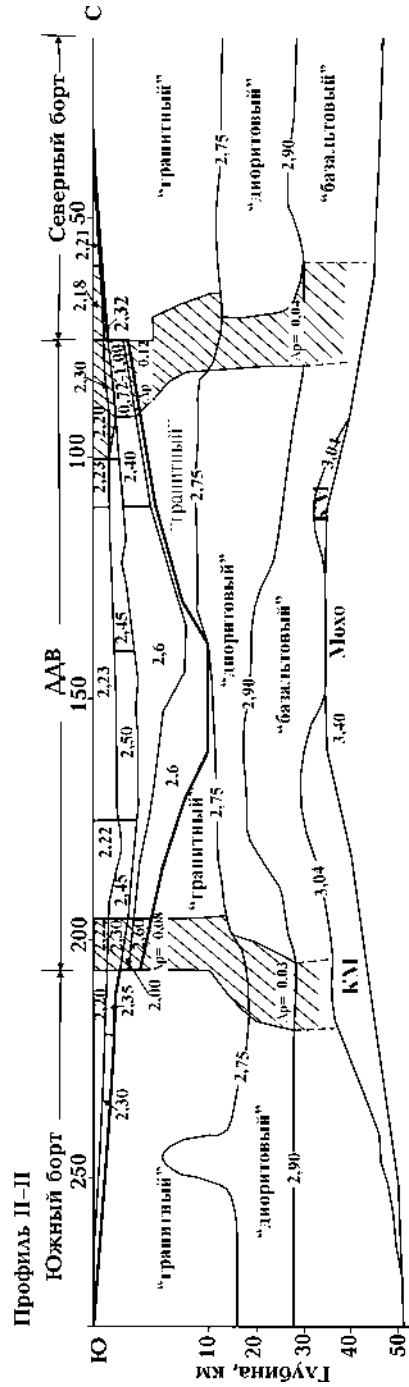
На графике в точках 1*, 2*, 3* (см. ниже рис. 30, а) (изменение плотности с глубиной, полученное по результатам гравитационного моделирования) видно аномальное разуплотнение, соответствующее нижнему карбону, а также отклонение плотности пород центральной зоны Черниговского мегаблока по всему разрезу в сторону уплотнения по сравнению с распределением плотности в южной и северной прибортовых зонах.

На плотностном разрезе земной коры II—II, который проходит в зоне сочленения Лохвицкого и Полтавского мегаблоков, также наблюдаются две области разуплотненных пород, приуроченных к южной и северной прибортовым зонам (см. ниже рис. 29, б). Обе области четко прослеживаются в осадочном чехле от кровли дрондовской свиты до глубины $30-35$ км. Разуплотненная область в осадочном чехле расположена вертикально, а в кристаллической части коры расширяется в северо-западном направлении от 10 до 20 км на глубине 30 км. Вторая область в осадочном чехле стремительно расширяется с глубиной в северо-западном направлении, достигая 35 км на подошве девона, а в кристаллической части коры, наоборот, сужается.

На графике изменения плотности с глубиной в точке 4* (рис. 30, б), которая относится к центральной части южной прибортовой



а



б

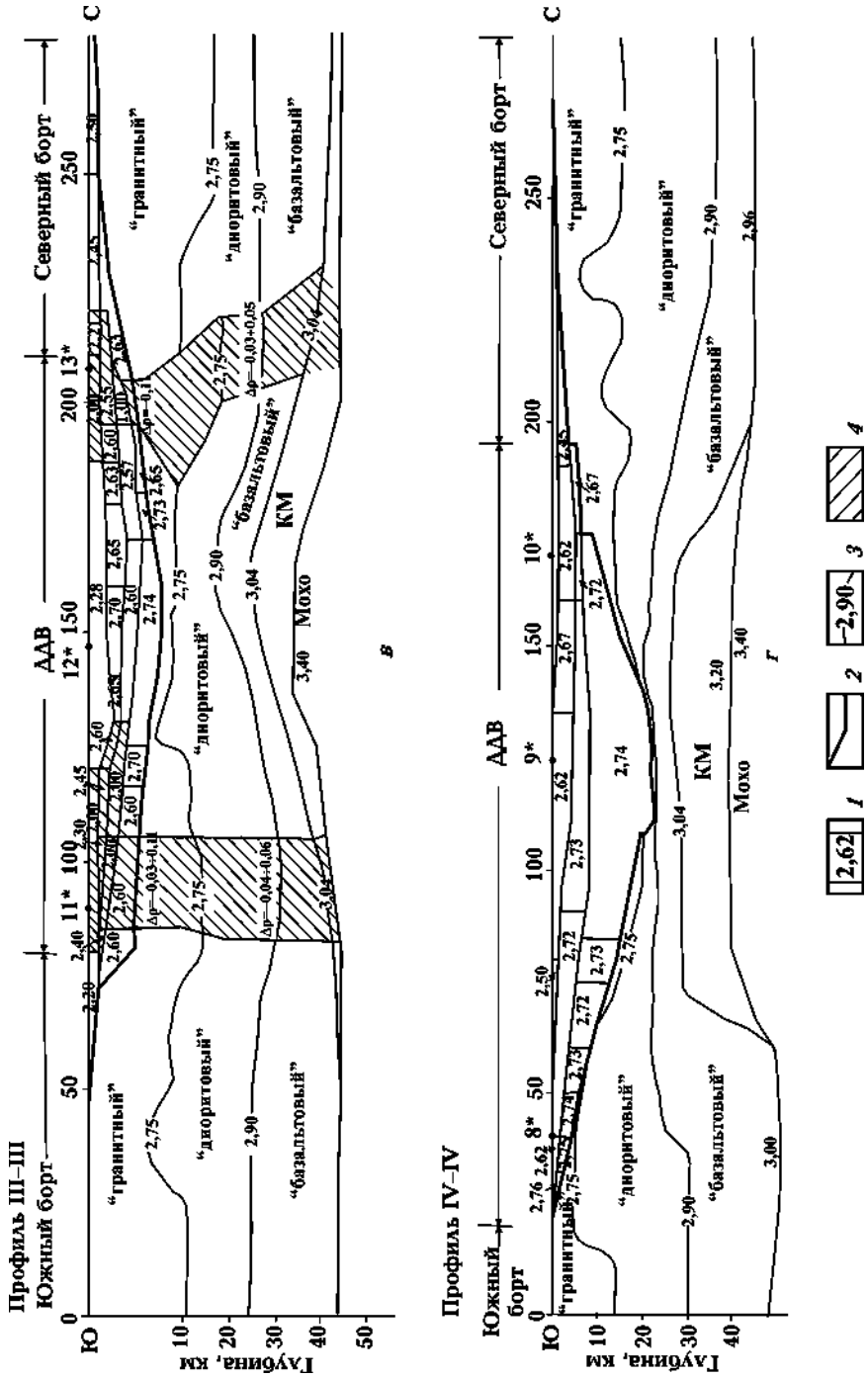


Рис. 29. Плотностные разрезы вдоль профилей, пересекающих Черниговский (I—II), Полтавский (III—IV) и Изюмский (IV—IV) мегаблока: 1 — средние значения плотности в осадочных отложениях; 2 — подошва осадочного чехла; 3 — изолинии плотности в кристаллической части коры; 4 — области разуплотнения; КМ — коромантийная смесь. Цифры со звездочкой на профилях III—IV — точки, по которым построены графики изменения плотности с глубиной (см. рис. 30, в, г).

зоны Полтавского мегаблока, фиксируется скачкообразное уменьшение плотности до $1,0 \text{ г/см}^3$ в толще нижнего карбона. Вмещающие породы, мощность которых достигает 10 км, в этом слое также разуплотнены до $2,0 \text{ г/см}^3$. Ниже этих глубин плотности области разуплотнения и вмещающих пород близки. Точка 6* расположена в северной прибортовой зоне Полтавского мегаблока и характеризуется более интенсивным нарастанием плотности в осадочном чехле по сравнению с консолидированной частью коры.

Точки 5* и 7* относятся к южному склону ВКМ и находятся в зоне нефтегазонако-

пления [Багрий та ін., 2007] (рис. 30, д). Здесь породы характеризуются постоянной плотностью в дриновской свите, нарастанием с глубиной в башкирском ярусе с линейным градиентом и плавным увеличением с глубиной в кристаллической коре, т. е. аномально разуплотненные области здесь отсутствуют. В точке 5* наблюдается плавное увеличение плотности с глубиной, а в точке 7* на глубине 8 км присутствует незначительная инверсия плотности.

На плотностном разрезе III—III, пересекающем субмеридионально Лохвицкий мегаблок в его центральной части, также четко

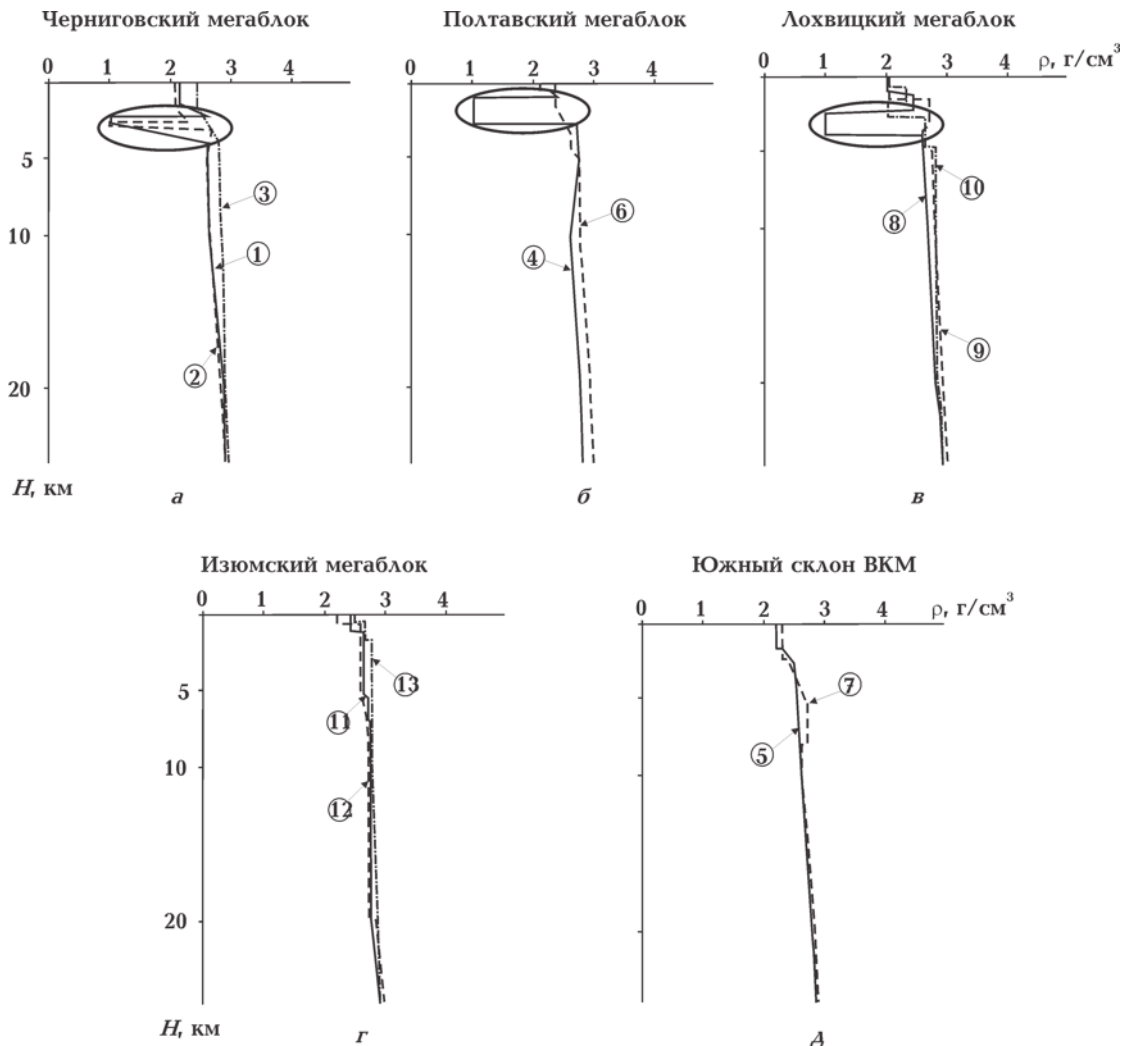


Рис. 30. Графики изменения плотности с глубиной в Черниговском (а), Полтавском (б), Лохвицком (в), Изюмском (г) мегаблоках и на южном склоне ВКМ (д). Цифры в кружках — точки расположения: 1, 2, 3, — южной, северной прибортовых и центральной зоны Черниговского мегаблока; 4, 6 — южной и северной прибортовых зон Полтавского мегаблока; 5, 7 — южного склона ВКМ; 8, 9, 10 — южной, центральной и северной прибортовых зон Лохвицкого мегаблока; 11, 12, 13 — южной, центральной и северной прибортовых зон Изюмского мегаблока. Овалом обведены области наибольшего разуплотнения в осадочных отложениях нижнего карбона.

фиксируются две разуплотненные области в северной и южной прибортовых зонах (см. рис. 29, в). Первая из них характеризуется разуплотнением в слое дроновской свиты ($\Delta\rho = 0,01 \div 0,08 \text{ г/см}^3$). С глубиной контраст плотности по сравнению с вмещающими породами увеличивается и в нижнем карбоне составляет 1,45—1,46 г/см^3 . На поверхности кристаллического фундамента (глубина 10 км) область разуплотнения расширяется до 25 км, а на глубине 30 км сужается до 16—17 км. Под осадками $\Delta\rho = 0,11 \text{ г/см}^3$, а на 30 км — $0,03 \div 0,05 \text{ г/см}^3$.

Вторая область, расположенная в южной прибортовой зоне, также характеризуется разуплотнением в осадочной толще и продолжается в кристаллической части коры до глубины 30 км. Величина отклонения плотности составляет 0,03—0,11 г/см^3 под осадочным чехлом и 0,04—0,06 г/см^3 на глубине около 30 км.

На плотностном разрезе IV—IV (см. рис. 29, г), пересекающем структуры Изюмского мегаблока, разуплотненных областей не выявлено. Как видно на разрезе и графиках (рис. 30, г), плотности в осадочном чехле нарастают с глубиной, скачкообразно изменяясь на границе слоев, а в кристаллической части коры изменяются линейно, без скачков и инверсий.

Зоны разуплотнения в кристаллической части коры, прослеженные по разрезам, имеют ширину от 10 до 25—28 км. Для них характерны две общие закономерности: все они расположены наклонно и четко проявляются до глубин условно выделенного «базальтового» слоя. Ниже этих глубин зоны разуплотнения проявляются менее выразительно.

Также проведено сопоставление и анализ результатов трехмерного гравитационного моделирования с расположением нефтеносных, нефтегазосных, газосных и перспективных районов ДДВ и Донбасса. Для этого была использована карта нефтегазогеологического районирования и размещения месторождений в Днепровско-Донецкой нефтегазосной области [Багрий та ін., 2007], которая составлена на основе геологоструктурного и генетического принципов. В основу первого положено современное геотектоническое положение нефтегазосных и нефтегазоперспективных территорий и структурные особенности, которые определяют похожие черты геологического строе-

ния и единство условий нефтегазонакопления. Второй принцип основан на определении происхождения нефти и газа, а также формировании их скоплений, направленный на решение заданий прогнозирования нефтегазосности [Еременко и др., 1976].

Дополнительно была использована карта [Карта..., 1982], на которой указано расположение нефтяных, нефтегазовых и газовых месторождений в ДДВ (см. рис. 31 на с. 202).

Нефтеносные районы. Монастырищенско-Софиевский район расположен в юго-восточной части Черниговского мегаблока и граничит с Лохвицким, в северо-западной части которого находится наибольшее скопление нефтяных месторождений (см. рис. 31). Месторождения данного типа присутствуют также на границе между северной прибортовой и центральной зонами Полтавского мегаблока. Остаточное поле в районе расположения этих месторождений характеризуется интенсивностью -5 — 5 мГал.

В плотностной модели первых двух слоев осадочного чехла (дроновской свиты и башкирского яруса) этот тип месторождений, относящийся к Монастырищенско-Софиевскому району, не проявляется (табл. 3). В толще нижнего карбона четко фиксируется смена плотности: в Черниговском и Лохвицком мегаблоках — с 2,60 г/см^3 на 2,45 г/см^3 ; в Полтавском — с 2,72 г/см^3 на 2,60 г/см^3 . В девонских отложениях нефтеносные месторождения Черниговского и Лохвицкого мегаблоков связаны с плотностью 2,72 г/см^3 , а в Полтавском — они расположены в зоне смены плотности с 2,72 г/см^3 на 2,60 г/см^3 .

На глубине 20 км нефтеносный Монастырищенско-Софиевский район в пределах Черниговского и Лохвицкого мегаблоков приурочен к полю плотности 2,86—2,88 г/см^3 , а в Полтавском он соответствует области со значениями плотности 2,76—2,80 г/см^3 . На глубине 30 км район характеризуется увеличением плотности от 2,94 до 3,04 г/см^3 , а на поверхности Мохо расположен между изолиниями плотности: в Черниговском и Лохвицком мегаблоках 3,08 и 3,16 г/см^3 , а в Полтавском — 3,18 и 3,20 г/см^3 .

Нефтегазосные районы. Месторождения этого типа сосредоточены в центральной и южной прибортовой зонах Лохвицкого, а также на крайнем юго-востоке южной прибортовой зоны Черниговского мегаблока (см. рис. 31). Они относятся к Глинско-Солоховскому нефтегазосному району

Таблица 3. Плотность пород в нефтеносных, нефтегазоносных, газоносных и перспективных районах ДДВ и Донбаса по данным трехмерного гравитационного моделирования.

Свои моря	Глубина основного месторождения, км [Вагрий та ин., 2007]	Нефтегазоносные			Газоносные			Перспективные			
		ГЛ-С	Т-Р	Р-П	Р-С	М-Ш	С	Ч-Б	А-Б	Ж-А	К-Б
Осаочная толща	0,6—3,0	—	—	—	2,40—2,47	2,40—2,47	2,40—2,47	2,20	2,20	2,20	2,45—2,55
		—	—	—	2,65—2,70	2,65—2,70	2,65—2,70	2,30—2,35	2,30—2,35	2,30—2,35	2,45—2,55
Нижний карбон	1,0—11,0	2,45/2,60	2,00—2,50	2,60—2,72	2,58	2,73—2,74	2,73—2,74	0,72	2,00	2,73	0,72—2,00
		2,60/2,72	2,60	2,60—2,65	—	—	—	—	—	—	—
Аэрон	11,0—20,0	2,60—2,72	2,60—2,72	2,60—2,72	2,72	2,74—2,76	2,74—2,76	2,72	2,72	2,72	—
		2,76—2,88	2,86—2,96	2,80—2,82	2,80—2,82	2,80—2,92	2,80—2,92	2,80—2,92	—	—	—
Кристаллическая часть коры	—	2,94—3,04	2,84—2,90	2,92—2,98	2,84—2,90	3,05—3,14	3,05—3,14	—	—	—	—
		3,08—3,20	3,08—3,18	3,18	3,02—3,08	3,20	3,16—2,96	3,20	—	—	—

Примечание: М-С — Монастырищенско-Софиевский, ГЛ-С — Глинско-Солоховский, Т-Р — Талаевско-Рыбальский, Р-П — Руденковско-Пролетарский, Р-С — Рябуховско-Северотолубивский, М-Ш — Машевско-Шебелинский, С — Сливаковский, Ч-Б — Черниговско-Брагинский, А-Б — Антоновско-Белоцерковский, Ж-А — Жовтнево-Лозовский, К-Б — Кальмиус-Бахмутский.

[Багрий і ін., 2007] и расположены в остаточном поле интенсивностью от 0 до 10 мГал. К Талалаевско-Рыбальскому нефтегазоносному району относятся месторождения севера центральной зоны Полтавского мегаблока, а также единичные — в его северной прибортовой зоне. Остаточное поле здесь меняется от -10 до +10 мГал. Руденковско-Пролетарский район расположен на южном борте Полтавского мегаблока и в остаточном поле характеризуется положительными значениями (0—10 мГал). В его пределах наблюдаются единичные нефтегазоносные месторождения.

По аналогии с нефтяными месторождениями, этот тип также не проявляется в первых двух слоях осадочного чехла (см. таблицу).

В нижнем карбоне Глинско-Солоховский нефтегазоносный район характеризуется плотностью $2,60 \text{ г/см}^3$ в центральной зоне и меньшими значениями ($2,00$ и $2,50 \text{ г/см}^3$) в южной прибортовой зоне Лохвицкого мегаблока. Талалаевско-Рыбальский район на юго-востоке (север центральной зоны Полтавского мегаблока) представлен плотностью осадков $2,60$ — $2,72 \text{ г/см}^3$, а в северо-западной части (север центральной зоны Лохвицкого мегаблока) величинами $2,60$ — $2,65 \text{ г/см}^3$. Руденковско-Пролетарский нефтегазоносный район на этой глубине представлен породами с плотностью $2,58 \text{ г/см}^3$.

В девонских отложениях Глинско-Солоховский и Талалаевско-Рыбальский районы характеризуются плотностью $2,60$ — $2,72 \text{ г/см}^3$, а Руденковско-Пролетарский — $2,72 \text{ г/см}^3$.

В осадочной толще плотности пород нефтеносных и нефтегазоносных районов значительно ниже плотности пород соседних структур.

На срезе 20 км в зоне пониженной плотности находится юго-восточная часть Глинско-Солоховского и Талалаевско-Рыбальского нефтегазоносных районов, плотность пород в которых колеблется в пределах $2,76$ — $2,82$ и $2,80$ — $2,82 \text{ г/см}^3$ соответственно. Юг Руденковско-Пролетарского района характеризуется значениями плотности $2,80$ — $2,82 \text{ г/см}^3$.

Северо-западная и северная части Глинско-Солоховского района представлены неоднородностями с плотностью $2,84$ — $2,86 \text{ г/см}^3$ и $2,88$ — $2,96$ соответственно. Как видно, северная часть этого района «выпадает» из закономерности о расположении районов в зоне пониженных плотностей.

На глубине 30 км в области пониженной плотности $2,84$ — $2,90 \text{ г/см}^3$ находится только юго-восточная часть Глинско-Солоховского и Руденковско-Пролетарского нефтегазоносных районов.

Поверхность Мохо нефтегазоносных районов характеризуются повышенными значениями плотности (от $3,08$ до $3,2 \text{ г/см}^3$).

Газоносные районы. Рябухинско-Североголубивский район расположен в северной прибортовой зоне Полтавского и Изюмского мегаблоков. Ему соответствует отрицательное остаточное поле интенсивностью 0—(-20) мГал. Машевско-Шебелинский газоносный район занимает юго-западную часть центральной зоны Полтавского и северо-западную часть центральной зоны Изюмского мегаблоков. Остаточное поле, соответствующее этому району, колеблется в достаточно широком диапазоне: от -10 до +20 мГал. Спиваковский район расположен в центральной и северной прибортовой зонах Изюмского мегаблока, где остаточное поле колеблется в пределах от -20 до +20 мГал.

На подошве дриновской свиты газоносные районы характеризуются плотностью пород $2,40$ — $2,47 \text{ г/см}^3$. Максимальной плотностью осадочной толщи эти районы характеризуются в башкирском ярусе ($2,65$ — $2,70 \text{ г/см}^3$), нижнем карбоне ($2,73$ — $2,74 \text{ г/см}^3$) и девоне ($2,74$ — $2,76 \text{ г/см}^3$).

На глубине 20 км в пределах газоносных районов плотность изменяется от $2,80$ до $2,92 \text{ г/см}^3$. На срезе 30 км Машевско-Шебелинский и Спиваковский газоносные районы характеризуются повышенной плотностью ($3,05$ — $3,14 \text{ г/см}^3$). Рябухинско-Североголубивский район расположен большей частью в градиентной зоне, в пределах которой плотности убывают в северном направлении от $3,06$ до $2,90 \text{ г/см}^3$.

На поверхности Мохо Рябухинско-Североголубивский район также расположен в градиентной зоне, в которой плотность меняется от $3,16$ до $2,96 \text{ г/см}^3$. Машевско-Шебелинский и Спиваковский газоносные районы находятся в поле максимально повышенной плотности ($3,20 \text{ г/см}^3$).

Перспективные районы. Черниговско-Брагинский район расположен на северо-западе центральной и северной прибортовой зон Черниговского мегаблока. Остаточное поле колеблется от -20 до +40 мГал. Антоновско-Белоцерковский перспективный район занимает юг южной прибор-

товой зоны Лохвицкого мегаблока и характеризуется слабым остаточным полем (0—5 мГал). Жовтнево-Лозовский район относится к южной прибортовой зоне Изюмского и юго-восточной части Полтавского мегаблоков. Кальмиус-Бахмутский перспективный район занимает центральную и южную прибортовые зоны Изюмского мегаблока. Жовтнево-Лозовский перспективный район характеризуется остаточным полем интенсивностью (–10)—10 мГал, а Кальмиус-Бахмутский — (–20)—20 мГал. Перспективный район южного борта ДДВ в пределах Полтавского мегаблока характеризуется положительным остаточным полем интенсивностью 0+15 мГал, а в Изюмском мегаблоке интенсивность возрастает с юго-запада на северо-восток от –20 до +20 мГал.

Для всех перспективных районов, кроме Кальмиус-Бахмутского, в отложениях дроновской свиты и башкирского яруса характерно присутствие линзообразных неоднородностей пониженной плотности: в дроновской свите 2,20 г/см³ на фоне 2,25—2,30 г/см³, в башкирском ярусе 2,30—2,35 г/см³ на фоне 2,40—2,45 г/см³. Для Кальмиус-Бахмутского перспективного района, наоборот, характерно повышение плотности пород в обоих слоях (2,45—2,55 г/см³).

В нижнем карбоне для Черниговско-Брагинского и Антоновско-Белоцерковского районов характерно наличие линзообразных неоднородностей с аномально низкой плотностью: 0,72 г/см³ на фоне плотности вмещающих пород 2,60 г/см³ в первом из них и 2,00 г/см³ на фоне 2,60—2,65 г/см³ — во втором. Жовтнево-Лозовский район характеризуется постоянным значением плотности 2,73 г/см³. В Кальмиус-Бахмутском перспективном районе присутствуют две неоднородности: уплотненная (2,73 г/см³) на юге и разуплотненная (2,65 г/см³) на севере. Между ними плотности нарастают с севера на юг. В нижнем карбоне на юге Полтавского мегаблока залегает вытянутая вдоль глубинного разлома замкнутая неоднородность с плотностью 0,72—2,00 г/см³ на фоне плотности вмещающих пород 2,30 г/см³, которая разделяет перспективный район южного борта ДДВ и Руденковско-Пролетарский нефтегазоносный. Эта неоднородность присутствует и в отложениях девона, однако плотность в ней здесь 2,72 г/см³, что не является повышенной по отношению к соседним структурам. Неоднородности с аномально

низкой плотностью в осадках девона также присутствуют в Черниговско-Брагинском и Антоновско-Белоцерковском перспективных районах, но плотность в них не столь резко отличается от плотности вмещающих структур. Жовтнево-Лозовской и Кальмиус-Бахмутский районы в плотностной модели в отложениях девона не выделяются.

По данным работы [Багрий та ін., 2007] на северном борте ДДВ в Конотопско-Александровском, Сумско-Кобелякском, Харьковско-Днепропетровском, Сватовско-Троицком и Россошанском блоках выделяются зоны, в которых происходит нефтегазоаккумуляция. В остаточном поле они четко согласуются с положительными аномалиями интенсивностью 20—40 мГал. Однако в плотностной модели такие зоны не проявляются.

Таким образом, нефтеносные и нефтегазоносные районы в плотностной модели характеризуются от верхов нижнего карбона до поверхности Мохо пониженной плотностью пород по всему разрезу. Газоносные районы, наоборот, проявляются повышенной плотностью. Для перспективных районов характерно в разрезе наличие линзообразных неоднородностей с аномально низкой плотностью. Зоны нефтегазоаккумуляции фиксируются на поверхности осадочного слоя замкнутыми неоднородностями, которые проявляются в остаточном поле положительными аномалиями, однако с глубиной прослеживание их затруднено.

Выводы. Построена трехмерная плотностная модель Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса, которая позволила получить новые данные о распределении плотности в каждой точке объема земной коры этого региона. Низы консолидированной коры в пределах впадины характеризуются высокой плотностью пород, свойственной для коромантийной смеси. Аномально уплотненная неоднородность в районе Главного антиклинала Донбасса прослеживается с глубины 10 км до поверхности Мохо. В Черниговском мегаблоке прослежены две неоднородности от подошвы дроновской свиты до поверхности Мохо, которые по всему разрезу характеризуются повышенной плотностью. Это может свидетельствовать о наличии каналов, по которым возможно поступление основного материала в кору. Оконтурена область распространения коромантийной смеси. Подтверждено наличие повышенной плотности пород в верхней мантии. Выде-

лено шесть типов коры, позволившие сделать вывод о том, что основность земной коры уменьшается от центральной зоны к прибортовым зонам и бортам ДДВ, а в Донбассе — к периферии. В южной части Лохвицкого и Полтавского мегаблоков в кристаллической части коры с глубины 10 км до раздела Мохо прослеживается разуплотненная область ($\Delta\rho = 0,06 \text{ г/см}^3$ на 20 км и $0,08 \text{ г/см}^3$ на разделе Мохо), которая имеет северо-восточное падение. Результаты трехмерного плотностного моделирования подтвердили наличие осевого уплотнения в

центральной зоне ДДВ и центральной части Донбасса. В прибортовых зонах ДДВ по всему разрезу коры прослежены неоднородности аномально пониженной плотности, пространственно совпадающие в разностном поле с областями несогласованности эффектов. В толще нижнего карбона прибортовых зон ДДВ выделены неоднородности аномально низкой плотности, которые пространственно совпадают с отрицательными аномалиями остаточного эффекта и могут свидетельствовать о связи этих неоднородностей с нефтегазоносными месторождениями.

Список литературы

- Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины.* — Киев: Мин-во геологии УССР, Укр. н.-и. геологоразв. ин-т, 1984. — 190 с.
- Багрий І. Д., Гладун В. В., Гожик П. Ф., Крупський Б. Л., Ключко В. П., Почтаренко В. І., Бенько В. М., Знаменська Т. О., Дубосарський В. Р., Ліхван В. М., Шостак Т. А.* Нафтогазоперспективні об'єкти України. Прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької газонафтоносної області з застосуванням приповерхневих методів досліджень. — Київ: ВОУ "Барта", 2007. — 535 с.
- Бурьянов В. Б., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В.* Восточная часть Днепровско-Донецкой впадины и Донбасс: новая трехмерная плотностная модель // *Геофиз. журн.* — 1999. — 21, № 4. — С. 20—39.
- Гарецкий Р. Г.* Авлакогены платформ Северной Евразии // *Геотектоника.* — 1995. — № 4. — С. 16—28.
- Гаркаленко И. А.* Районирование Большого Донбасса по физическим свойствам // *Геофиз. сб.* — 1968. — Вып. 24. — С. 51—60.
- Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие / Под ред. В. К. Гавриша.* — Киев: Наук. думка, 1989. — 208 с.
- Голизра Г. Я., Попович В. С.* Плотностные модели осадочной толщи юго-восточной части ДДВ, западной и северной окраин Донбасса // *Геофиз. журн.* — 1998. — 20, № 6. — С. 117—123.
- Голизра Г. Я., Попович В. С.* Связь параметров плотность—скорость пород осадочных комплексов юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины // *Геофиз. журн.* — 1999. — 21, № 5. — С. 72—75.
- Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В., Ковачикова С., Логвинов И. М., Пек Й., Тарасов В. Н., Усенко О. В.* Днепровско-Донецкая впадина (геофизика, глубинные процессы). — Киев: Корвин пресс, 2006. — 144 с.
- Граг М., Гринь Д., Гутерх А., Келлер Р., Ланг Р., Лингси С., Лысьинчук Д., Лысьинчук Е., Омельченко В., Старостенко В., Стифенсон Р., Стомба С., Тибо Г., Толкунов А., Яник Т.* DOBRE-99: структура земной коры Донбасса вдоль профиля Мариуполь—Беловодск // *Физика Земли.* — 2003. — № 6. — С. 33—43.
- Граг М., Гутерх А., Келлер Р., Ланг Р., Омельченко В. Д., Старостенко В. И., Стифенсон Р. А., Стомба С. Н., Тибо Г., Толкунов А. П.* Работы методом глубинного сейсмического зондирования по профилю DOBRE // *Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPROBE.* — Москва: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2006. — Вып. 2. — С. 321—327.
- Доленко Г. Н.* Закономерности нефтегазонакопления в земной коре, свидетельствующие о глубинном происхождении нефти и газа // *Происхождение нефти и газа и формирование их промышленных залежей.* — Киев: Наук. думка, 1971. — С. 3—36.
- Егорова Т. П.* Трехмерное гравитационное моделирование строения земной коры Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса. I. Осадочная толща // *Геофиз. журн.* — 2000. — 22, № 5. — С. 109—119.
- Егорова Т. П., Козленко В. Г.* Детализация плотностной модели осадочной толщи юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса // *Геофиз. журн.* — 2003. — 25, № 3. — С. 139—152.
- Егорова Т. П., Стифенсон Р. А., Козленко В. Г., Ста-*

- ростенко В. И., Заворотько А. Н., Легостаева О. В. Трехмерное гравитационное моделирование строения земной коры Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса. II. Неоднородности консолидированной коры // Геофиз. журн. — 2000. — 22, № 6. — С. 81—92.
- Еременко Н. А., Клубов В. А., Мкртычан О. М. Тектонические предпосылки нефтегазогеологического районирования // Проблемы геологии нефти. — 1976. — Вып. 7. — С. 5—13.
- Ентін В. А. Геофізична основа тектонічної карти України масштабу 1:1000000. // Геофиз. журн. — 2005. — 27, № 1. — С. 74—84.
- Ильченко Т. В. Сейсмическая модель земной коры по профилю ГСЗ Приазовский массив — Донбасс — Воронежский массив // Геофиз. журн. — 1992. — 14, № 5. — С. 50—60.
- Ильченко Т. В., Степаненко В. М. Скоростная модель земной коры и верхов мантии Донбасса и его геологическая интерпретация // Геофиз. журн. — 1998. — 20, № 2. — С. 95—105.
- Карпинская Н. Н. Плотностные разрезы осадочных отложений Днепровско-Донецкой впадины // Геофиз. исследования на Украине. — Киев: Техніка, 1969. — С. 82—89.
- Карпинская Н. Н., Гаркаленко И. А. О связи между плотностью отложений, геологическим строением и основными элементами гравитационного поля в пределах востока Украины // Геофиз. сб. — 1972. — № 46. — С. 47—56.
- Карта полезных ископаемых Украинской ССР м-ба 1:500000 / Ред. коллегия: П. Н. Сторчак, А. И. Зарицкий, А. М. Палий и др. — МГ УССР, 1982. — 16 л.
- Карта структурного районирования докембрия юго-западной части Восточно-Европейской платформы. М-б 1:1000000 / Под ред. Л. С. Галецкого // Комплект карт «Геология и металлогения юго-западной части Восточно-Европейской платформы» М-б 1:1000000 / Гл. ред. А. И. Зарицкий. — Киев: Госкомгеология, Геопрогноз, Центр геология, ПО «Беларусь», Всероссийский геологический Институт, 1992. — 6 л.
- Козленко В. Г. Интерпретация плотностной и скоростной моделей коры Днепровского грабена // Геофиз. журн. — 1989. — 11, № 6. — С. 27—40.
- Козленко В. Г. Системная интерпретация геофизических полей. — Киев: Наук. думка, 1984. — 219 с.
- Козленко В. Г., Козленко М. В. Строение земной коры переходной зоны Днепровско-Донецкого авлакогена по данным сейсмогравитационного моделирования. // Геофиз. журн. — 2007. — 29, № 5. — С. 162—178.
- Комплексний аналіз даних регіональних геофізичних досліджень глибинної будови та еволюції Донбасу у зв'язку з перспективами нафтогазоносності: (Звіт). — Київ: Інститут геофізики НАН України, ДГГ «Укргеофізика», 2006. — 188 с.
- Красовский С. С. Отражение динамики земной коры континентального типа в гравитационном поле. — Киев: Наук. думка, 1981. — 261 с.
- Красовский С. С., Куприенко П. Я. Градиентно-слоистая плотностная модель земной коры вдоль профиля ГСЗ X Приморск — Сватово // Докл. АН Украины. — 1995. — № 3. — С. 80—83
- Красовский С. С., Куприенко П. Я., Красовский А. С. Объемное гравитационное моделирование глубинных структур литосферы Украины // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та., 1998. — С. 80—92.
- Красовский С. С., Куприенко П. Я., Красовский А. С. Схемы мощностей слоев консолидированной земной коры Украинского щита, ДДВ и Донбасса // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. — Москва: ОИФЗ РАН, 2001. — С. 52—54.
- Красовський С. С., Коньков Г. Г., Бур'янов В. Б. Геологічна інтерпретація геофізичних матеріалів — Київ: Наук. думка, 1973. — 167 с.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Ингульского мегаблока Украинского щита // Геофиз. журн. — 2007а. — 29, № 2. — С. 17—41.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита // Геофиз. журн. — 2007б. — 29, № 5. — С. 3—27.
- Лапкин И. Ю., Черняк С. Е., Чирвинская М. В. Тектоническая схема восточной части Украинской ССР / Бюл. МОИП. Отд. Геологии. — 1952. — 27 (2). — С. 56—64.
- Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IV, VI, VII / Гл. ред. А. В. Чекунов. — Киев: Наук. думка, 1988. — 172 с.
- Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы III, VII, IX / Гл. ред. А. В. Чекунов. — Киев: Наук. думка, 1993а. — 160 с.

- Литосфера* Центральной и Восточной Европы. Обобщение результатов исследований / Гл. ред. А. В. Чекунов. — Киев: Наук. думка, 1993б. — 258 с.
- Лукин А. Е. Самородно-металлические микро- и нановключения в формациях нефтегазоносных бассейнов — трассеры суперглубинных флюидов // Геофиз. журн. — 2009. — **31**, № 2. — С. 61—92.
- Нефтегазоперспективные объекты Украины. Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов* / Гл. ред. В. А. Краюшкин. — Киев: Наук. думка, 2002. — 295 с.
- Регіональні сейсмостратиграфічні дослідження МСГТ на профілі Старобешеве — Шахтарськ — Луганськ (профіль DOBRE): 3 кн.* — Київ: ДГГ «Укргеофізика», 2002.
- Семенова С. Г., Карпинская Н. Н., Воробьев А. И. Днепровско-Припятская нефтегазоносная провинция (ДДВ) // Петрофизическая характеристика осадочного покрова нефтегазоносных провинций СССР. Справочник. — Москва: Недра, 1985. — С. 67—82.
- Сологуб В. Б. Литосфера Украины. — Киев: Наук. думка, 1986. — 183 с.
- Сологуб В. Б., Калужная Л. Т., Василик М. С., Кононкова С. Н. Структура земной коры по профилю Синельниково — Чугуев в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины // Изв. Ан СССР, сер. геолог. — 1983. — № 12. — С. 3—13.
- Старостенко В. И., Легостаева О. В. Прямая задача гравиметрии для неоднородной произвольно усеченной вертикальной прямоугольной призмы // Физика Земли. — 1998. — № 12. — С. 31—44.
- Старостенко В. И., Мацелло В. В., Аксак И. Н., Кулеш В. А., Легостаева О. В., Егорова Т. П. Автоматизация ввода в компьютер изображений геофизических карт и построение их цифровых моделей // Геофиз. журн. — 1997. — **19**, № 1. — С. 3—14.
- Старостенко В. И., Козленко В. Г., Оганесян С. М., Шен Э. Л., Оганесян М. Г., Егорова Т. П., Дядюра Г. В. Трехмерное распределение плотности в коре Днепровского грабена // Геофиз. журн. — 1986. — **8**, № 6. — С. 3—19.
- Старостенко В. И., Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Легостаева О. В. Плотностная модель земной коры вдоль профиля DOBRE // Геофиз. журн. — 2008. — **30**. — № 1. — С. 28—41.
- Старостенко В. И., Легостаева О. В., Макаренко И. Б., Павлюк Е. В., Шарыпанов В. М. Об автоматизированном вводе в компьютер изображений геолого-геофизических карт с разрывами первого рода и визуализации в интерактивном режиме трехмерных геофизических моделей и их полей // Геофиз. журн. — 2004. — **26**, № 1. — С. 3—13.
- Старостенко В. И., Шарыпанов В. М., Савченко А. С., Легостаева О. В., Макаренко И. Б., Куприенко П. Я. Об автоматизированной интерактивной обработке изображений геологических и геофизических объектов // Геофиз. журн. — (в печати).
- Стерлин Б. П., Томашунас Э. В., Шумьлина Г. И. Тектоническое районирование Днепровско-Донецкой впадины как основа прогнозирования перспектив газоносности // Научно-техн. обзор. Сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. — Москва: ВНИИЭгазпром, 1973. — 43 с.
- Стовба С. Н. Геодинамическая эволюция Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса: Дис. ... д-р геолог. наук. — Киев: ИГФ НАНУ, 2008. — 495 с.
- Стовба С. Н., Толкунов А. П., Майстренко Ю. П., Стифенсон Р. А., Баер У., Гаевский Д., Раббель В., Старостенко В. И., Тибо Г. Глубинные исследования по профилю DOBRE методом ОГТ // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPROBE. — Москва: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2006. — Вып. 2. — С. 328—332.
- Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы. М 1:1000000 / Гл. ред. А. В. Чекунов. — Киев: Госкомгеология, 1992. — 6 л.
- Тектоническая карта Украинской ССР и Молдавской ССР. М 1:500000 / Под ред. В. В. Глушко. — Киев: Мингео УССР, 1988. — 20 л.
- Чекунов А. В. Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. — Киев: Наук. думка, 1972. — 176 с.
- Чекунов А. В., Чебаненко И. И., Кавеев И. К., Клочко В. П., Крот В. В., Муслимов Р. К., Степанов В. П., Мясников В. И., Трофимов В. А., Павленко П. Ф., Кучма В. Г., Пономаренко М. И. Неоднородности земной коры и нефтегазоносность кристаллических пород фундамента (на примере Днепровско-Донецкого и Серноводско-Абдулинского авлакогенов) // Геофиз. журн. — 1990. — **12**, № 2. — С. 3—19.
- Чирвинская М. В. Геологические результаты геофизических работ в Днепровско-Донецкой впадине // Геологическое строение и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины и

- северо-западных окраин Донецкого бассейна. — Киев: Изд-во АН УССР, 1954. — С. 415—435.
- Чирвинская М. В. Днепровско-Донецкий прогиб (авлакоген) // Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности солянокупольных бассейнов материков по геофизическим данным. — Москва: Недра, 1977. — С. 201—221.
- Чирвинская М. В., Солмогуб В. Б. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным. — Киев: Наук. думка, 1980. — 180 с.
- Grad Y., Gryn' D., Guterch A., Janik T., Keller R., Lang R., Lyngsie S. B., Omelchenko V., Starostenko V. I., Stephenson R. A., Stovba S. N., Thybo H., Tolkunov A. "DOBRE-refraction'99 — velocity model of the crust and upper mantle beneath the Donbas Foldbelt (East Ukraine) // Tectonophysics. — 2003. — **371**, № 1—4. — P. 81—110.
- Maystrenko Y., Stovba S., Stephenson R., Bayer U., Menyoli E., Gajewski D., Huebscher C., Rabbel W., Saintot A., Starostenko V., Thybo H., Tolkunov A. Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbas fold belt, Ukraine // Geology. — 2003. — **31**, № 8. — P. 733—736.
- Szalaiová E., Bielik M., Makarenko I., Legostaeva O., Hók J., Starostenko V., Šujan M., Šefara J. Calculation of a stripped gravity map with a high degree of accuracy: a case study of Liptovská Kotlina Basin (Northern Slovakia) // Geological Quarterly. — 2008. — **52**, № 2. — P. 103—114.