

## Влияние особенностей разностной аномалии на детализацию двумерных плотностных моделей

*М.В. Козленко, Ю.В. Козленко, 2021*

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 27 апреля 2021 г.

Изучены особенности подбора двумерных плотностных моделей при различном соотношении кривых аномалий поля силы тяжести и расчетного гравитирующего эффекта на примере Южно-Украинской моноклинали в пределах акватории Черного моря. Исследования показали, что уменьшение величины разностной аномалии ( $\Delta g_p$ ) с учетом точности ее определения может привести как к уточнению структуры земной коры, так и к почти полной ее перестройке. При этом характер изменений строения земной коры зависит от типа разностной аномалии, которую нужно уменьшить. Сглаживание кривых  $\Delta g_p$  одного знака приводит только к уточнению разреза, тогда как сглаживание разнознаковых кривых, образующих аномалии Гельмерта, — к существенной перестройке модели в силу необходимости взаимно увязать влияние близкорасположенных контрастных изменений гравитирующих масс (уплотнение и разуплотнение), что может дать качественный скачок в изучении строения литосферы. В частности, уменьшение разностной аномалии до  $\pm 2,0$  мГал при моделировании строения земной коры зоны Биостромная позволило выделить участок, перспективный на поиски углеводородов. Поэтому на стадии проведения поисковых работ необходимо пересчитывать с большей детальностью участки профиля в зонах латерального изменения поля, если на них в процессе плотностного моделирования кривые  $\Delta g_p$  имеют вид аномалий Гельмерта.

**Ключевые слова:** аномалии поля силы тяжести, плотностное моделирование, разностная аномалия, Южно-Украинская моноклинали, Черное море.

**Введение.** Одним из главных методов получения информации о глубинном строении земной коры служит плотностное моделирование. Суть метода состоит в подборе гравитирующих масс, эффект которых должен совпадать с аномалиями наблюдаемого поля силы тяжести ( $\Delta g_H$ ) с учетом точности съемки и определения погрешности модельной кривой.

Подбор плотностной модели проводится в итерационном режиме — просчитывается гравитационный эффект разреза, вычисляется разностная аномалия ( $\Delta g_p$  — разность между наблюдаемой  $\Delta g_H$  и модельной  $\Delta g_M$  аномалиями), после чего при необходимости ее уменьшения в модель вносятся коррективы. Очевидно, что чем меньше значение  $\Delta g_p$ , тем ближе к реальности распределение плотностных неоднородностей

в земной коре. Однако в некоторых случаях при попытках подобрать плотностное распределение с эффектом, максимально близким к наблюдаемой кривой (минимальными значениями разностной аномалии), возникает ситуация, когда невозможно достичь желаемого результата количественными изменениями параметров (увеличить/уменьшить плотность слоя и глубину залегания его поверхностей) в одной—двух точках, а требуется кардинально перестроить целый участок модели. Изучению этого «явления», чем оно вызвано и от чего зависит, и посвящена данная статья.

С этой целью были просчитаны два разреза в зоне сочленения двух структур с различным строением земной коры — древней, докембрийской, устойчивой Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и более

молодой Скифской плиты (СП), имеющей признаки активизации от киммерийской фазы тектоногенеза до альпийской включительно. Этот район представляет собой часть Южно-Украинской моноклинали в пределах акватории Черного моря.

В качестве модели приведения была использована плотностная опорная колонка [Козленко, Козленко, 2008], построенная по обобщенным сейсмическим данным для земной коры континентальных областей [Трипольский, Шаров, 2004]. Подбор наблюдаемого поля силы тяжести проводился с шагом 5 км с помощью программы [Козленко и др., 1997].

Один из разрезов (I) — субмеридиональный — расположен на долготе г. Николаев. Второй (II) имеет диагональное простирание от г. Одесса в направлении к г. Инеболу (Турция) (рис. 1).

Положение профилей было выбрано таким образом, чтобы они располагались

недалеко друг от друга, т. е. пересекали одни и те же структуры, но при этом характеристика аномалий поля силы тяжести вдоль них была различна.

**Характеристика аномалий поля силы тяжести в свободном воздухе исследуемого района.** Аномалии поля силы тяжести (см. рис. 1) вдоль профиля I изменяются следующим образом — на первых двух третях расположены два участка сглаженного поля: первый порядка +8 мГал, второй около +3 мГал с достаточно резким (градиент 1,0 мГал/км) переходом между ними. Затем следует двадцатикилометровый отрезок, на котором поле постепенно изменяется от положительных (+2 мГал) к отрицательным (–2 мГал) значениям. Заканчивается профиль в области локального минимума –9 мГал, десятикилометровый переход к которому от предыдущего участка имеет градиент 0,6 мГал/км.

Профиль II идет от берегового локального, замкнутого, вытянутого в юго-восточном направлении положительного экстремума +26 мГал к более крупному по размерам изометричному участку пониженных значений  $\Delta g$  диаметром около 15 км, центр которого отмечен величиной –10 мГал. Максимум и минимум отделены друг от друга тридцатикилометровым участком сглаженного поля на уровне примерно +10 мГал. Переход к выровненному полю от положительного экстремума характеризуется градиентом 0,4 мГал/км, тогда как от отрицательного — 1,2 мГал/км. Последние 15 км профиля приходятся на участок слабоотрицательных аномалий с небольшим положительным градиентом.

**Принципы построения моделей.** Верхние части моделей строились на основании данных о гипсометрии основных отражающих горизонтов, определенных съемками МОВ—ОГТ [Безверхов, 1988]. Поэтому в представляемых моделях осадочный чехол оставался неизменным и показан на рис. 2—4 единым массивом. Консолидированная часть коры ВЕП задавалась в соответствии с обобщением сейсмических материалов [Павленкова, 2019], согласно которому континентальная кора состоит из

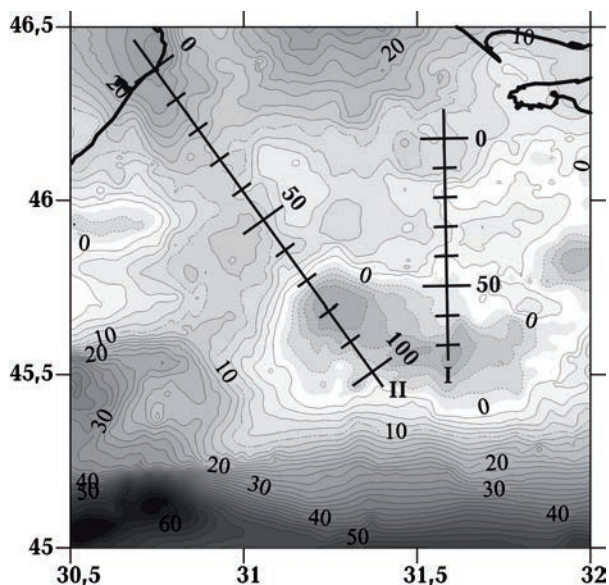


Рис. 1. Схема аномалий наблюдаемого поля силы тяжести в свободном воздухе, мГал (построена авторами по фондовым материалам) и положение модельных профилей. Черной жирной линией показана граница акватории.

Fig. 1. The scheme of free air anomalies, mGal (constructed by the authors on the basis of stock materials) and the position of the model profiles. A black bold line shows the boundary of the sea area.

трех слоев: верхний слой сложен, в основном, гранитогнейсовыми породами, средний — смесью кислых и основных пород («диоритами»). В пределах Скифской плиты верхний слой консолидированной коры представлен складчато-метаморфическими образованиями, средний — гранодиоритами. Нижняя кора обеих структур — породы основного состава высокой (гранулитобазитовой) степени метаморфизма. К крайним зонам континента мощность нижней (базитовой) коры уменьшается.

Поскольку гипсометрия поверхностей слоев осадочного чехла определена сейсмическими исследованиями достаточно подробно, подбор аномалий наблюденного поля силы тяжести в моделях производился изменениями параметров исключительно кристаллической части коры. Это связано с тем, что в настоящее время в свете начинающей превалировать парадигмы об абиогенной глубинной природе углеводородов (УВ) интерес исследователей смещается от осадочного чехла, к тому же достаточно хорошо изученного съемками МОВ—ОГТ, к выявлению деталей строения кристаллической части фундамента. Повышенный интерес с точки зрения геосинергетики вызывает слой гранитоидов, в особенности его верхняя кромка, поскольку именно на этой поверхности достигает максимума интенсивность эффектов кооперативного взаимодействия восходящих потоков глубинных высоконапорных флюидов с различными флюидопородными системами земной коры [Леонов и др., 2000]. Важным также является более точное определение местоположения разломов глубинного заложения как каналов поступления УВ. Для этих целей безусловно требуется большая детальность представления разреза.

**Результаты расчетов.** Современные уровни развития компьютерных технологий и изученности гравитационного поля вполне позволяют достичь величины разностной аномалии менее 5 мГал [Ентин и др., 2010]. Поэтому на первом этапе работ было решено достичь разности между наблюденными и модельными кривыми  $\pm 5$  мГал, а на втором — уменьшить это значение вдвое.

На рис. 2 показаны результаты подбора моделей по профилю I с величинами  $\Delta g_p \pm 5$  мГал (Ia — серые сплошные) и  $\pm 2,5$  мГал (Iб — черный пунктир). Вверху приведены соответствующие им кривые. Из рисунка видно, что понижать величину разностной аномалии необходимо было только на двух локальных участках (ПК 12—18 и 59—72), причем в обоих случаях требовалось разуплотнение разреза. При этом во второй модели гипсометрия слоев кристаллической коры изменялась в той или иной степени на протяжении всего профиля.

Кристаллическая кора ВЕП в модели Iб разделилась глубинными разломами на три блока. «Дiorитовый» слой, который в модели Ia залегал горизонтально, приобрел южное падение, причем угол его наклона в каждом из блоков различен.

В пределах СП консолидированный фундамент на модели Ia по Северо-Голицынскому разлому подразделялся на два достаточно крупных блока простого строения — моноклиальное залегание «гранодиоритов» южного падения в северном блоке и односторонний прогиб этого слоя в южном, с максимальным погружением на краю участка редуцированной коры под Каркинитским прогибом. В модели Iб структуры блоков усложняются — в северном появляется трансформный разлом (ПК 58), в южном обособливается участок между Северо- и Южно-Голицынскими разломами, а на участке, прилегающем к редуцированному, поверхности «гранодиоритового» слоя приобретают горизонтальное залегание и точка их выполаживания смещается с ПК 69 на ПК 67. Поверхность мантии в обеих моделях залегает практически одинаково.

На рис. 3 показаны результаты подбора моделей по профилю II с величинами  $\Delta g_p \pm 5$  мГал (IIa — черный пунктир) и  $\pm 2$  мГал (IIб — серые сплошные). Вверху приведены соответствующие им кривые.

Из рисунка видно, что разностная аномалия IIa, так же как и Ia, не сбалансирована — если положительные отклонения достигают +4,8 мГал, то отрицательные не превышают -2,7 мГал. Поэтому на втором этапе подбору подвергался в основном уча-

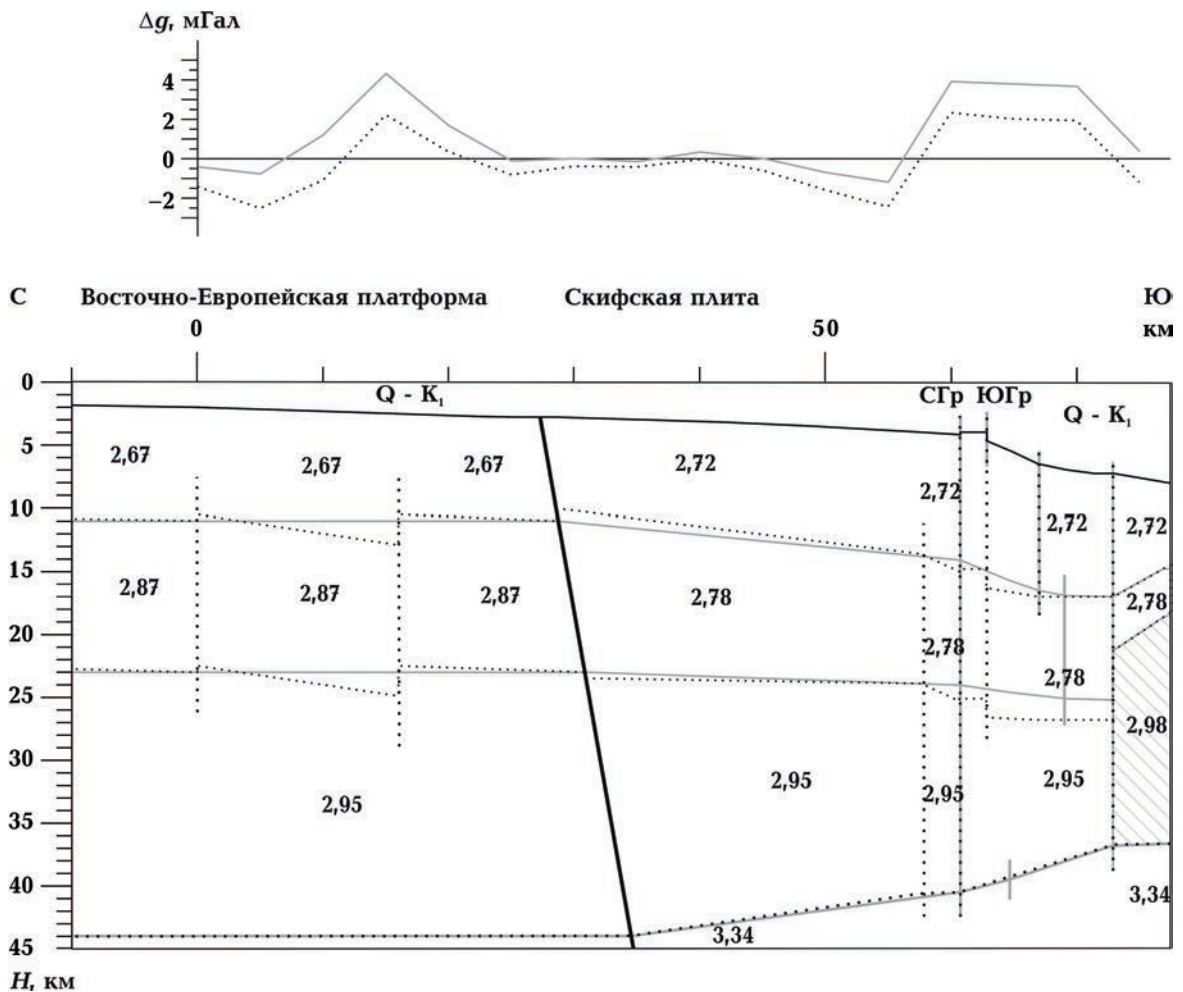


Рис. 2. Плотностные разрезы по профилю I,  $g/cm^3$ , и соответствующие им графики  $\Delta g_p$ , мГал. Серые сплошные линии — модель Ia, черный пунктир — Ib. Черной жирной линией показана граница между Восточно-Европейской платформой и Скифской плитой, штриховкой — блок редуцированной коры под Каркинитским прогибом. Q—K<sub>1</sub> — осадочный чехол. СГр и ЮГр — Северо- и Южно-Голыцынские разломы.

Fig. 2. Density sections along the profile I,  $g/cm^3$ , and corresponding graphs  $\Delta g_p$ , mGal. Gray solid lines — model Ia, black dotted — Ib. A black bold line shows the boundary between the Eastern European platform and the Scythian plate, hatching — a block of reduced crust under the Karkinitzky depression. Q—K<sub>1</sub> — sedimentary cover. СГр and ЮГр — North and South Golitsyn faults.

сток профиля ПК 72—86. Внесенные в параметры земной коры изменения внепланово привели к улучшению подбора до  $\pm 2$  мГал по всему профилю. При этом разностная аномалия Пб стала равновесной — максимальные отклонения от нуля в обе стороны стали равны 1,9 мГал.

В модели Пб блоки ВЕП претерпели незначительные поправки — гипсометрия слоев изменилась не более чем на 0,4 км, тогда как в пределах Скифской плиты строение

коры значительно усложнилось — пологий прогиб на ПК 67—91 разделился на три блока, средний из которых имеет выраженную грабенообразную форму. Глубина залегания среднего слоя консолидированной коры на этом участке профиля увеличилась на 2,5 км по кровле и на 1,8 км по подошве, что привело к уменьшению его мощности. Второе основное отличие двух моделей — изменение угла наклона разлома на южном краю приграничного блока СП. Если в мо-



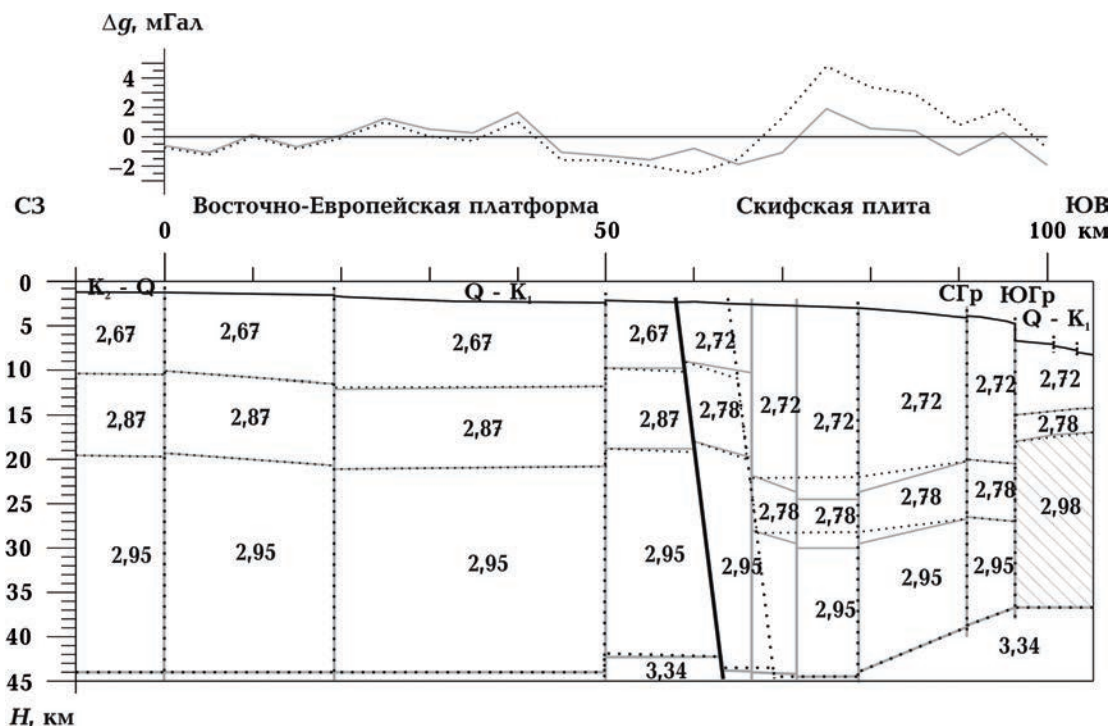


Рис. 3. Плотностные разрезы по профилю II,  $g/cm^3$ , и соответствующие им графики  $\Delta g_r$ , мГал. Черный пунктир — модель Ia, серые сплошные линии — модель Ib. Условные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 3. Density sections along the profile II,  $g/cm^3$ , and corresponding graphs  $\Delta g_r$ , mGal. Black dotted — model Ia, gray solid lines — Ib. Symbols see Fig. 2.

дели Ia он был практически параллелен границе ВЕП и СП, то в разрезе Ib он приобрел вертикальное заложение. Тем не менее, в целом можно заключить, что кардинального изменения строения коры не произошло.

Как было указано ранее, целью второго этапа исследований было достижение значения  $\Delta g_r$  до  $\pm 2,5$  мГал. Однако при моделировании профиля II была сразу получена разностная аномалия, не превышавшая  $\pm 2,0$  мГал. Поэтому модель I была пересчитана под эту же величину, тем более, что такое отклонение модельного поля от наблюдаемого является предельно допустимым при двумерном плотностном моделировании Южно-Украинской моноклинали в акватории Черного моря.

На рис. 4 показаны результаты подбора моделей по профилю I с величинами  $\Delta g_r$   $\pm 2,5$  мГал (Iб — черный пунктир) и  $\pm 2$  мГал

(Iв — серые сплошные). Вверху приведены соответствующие им кривые.

Следует отметить, что разностная аномалия Ib была сбалансирована (минимум составлял  $-2,5$ , а максимум  $+2,4$  мГал). Поэтому казалось, что добиться поставленной цели удастся путем внесения незначительных правок. Однако на модели Ia требующий существенного улучшения участок имел один знак, и изменения касались лишь уменьшения абсолютной величины, тогда как на модели Ib соседствовали разнознаковые экстремумы, и уплотнение одного участка требовало одновременного разуплотнения другого. Однако вносимые точечные изменения не давали ожидаемого результата, поскольку гравитационный эффект — величина интегральная и определяется не только воздействием масс, залегающих непосредственно под точкой подбора, но и влиянием соседних участков. Тем са-

мым увеличение/уменьшение в соседних блоках величин гравитирующих масс нивелировало друг друга.

Детальное рассмотрение отклонений модельного поля от наблюдаемого в варианте Iб показывает, что на участках профиля, требующих улучшения (с пиками на ПК 5, 15, 55, 60), график  $\Delta g_p$  имеет вид аномалии Гельмерта. Как известно, такие аномалии приурочены к границам с резким перепадом глубин залегания слоев. Поэтому, чтобы добиться необходимой величины разностной аномалии, модель пришлось пере-страивать кардинально.

В пределах ВЕП изменения коснулись не только гипсометрии слоев, но и местоположения границ блоков. В модели Iб во

всех трех блоках ВЕП поверхности среднего слоя коры имеют падение с севера на юг. Средний блок ограничен разломами на ПК 0 и 16 и угол наклона второго слоя фундамента здесь максимален. На разрезе Iв этот слой в среднем блоке залегает горизонтально, а в примыкающих наклонен, в отличие от модели Iб, с юга на север. При этом средний блок сместился к югу на 1,5 км и сузился на 5,5 км, т. е. почти на треть.

В пределах СП изменения оказались гораздо значительнее — затронута вся кристаллическая часть фундамента, включая его подошву. Единственная общая черта обеих моделей — положение кровли «базитового» слоя на участке профиля между Северо- и Южно-Голицынским разломами.

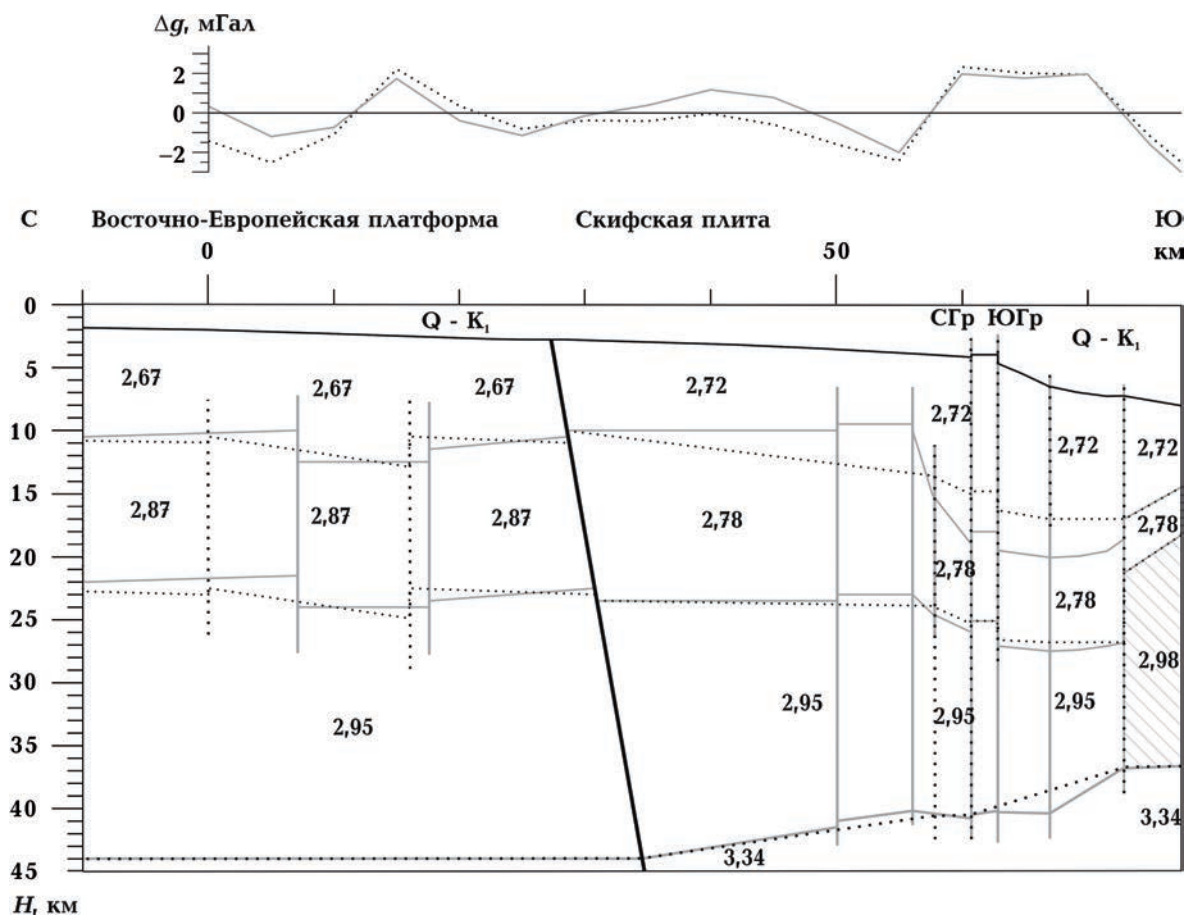


Рис. 4. Плотностные разрезы по профилю I,  $g/cm^3$ , и соответствующие им графики  $\Delta g_p$ , мГал. Черный пунктир — модель Iб, серые сплошные линии — модель Iв. Условные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 4. Density sections along the profile I,  $g/cm^3$ , and corresponding graphs  $\Delta g_p$ , mGal. Black dotted — model Iб, gray solid lines — Iв. Symbols see Fig. 2.

В модели Iб строение коры относительно простое. Между границей с ВЕП и участком редуцированной коры (южнее ПК 73) выделяется четыре блока, в которых кровли слоев имеют южное падение с различными углами наклонов. Исключение составляет Голицынский блок, где эти поверхности горизонтальны. Относительно примыкающих участков он приподнят неравномерно: по северному борту на 0,3 км, так же, как и по подошве осадочного чехла, а по южному — на 1,7 км, что почти в два раза больше, чем по кровле фундамента. Поверхность мантии в модели поднимается к редуцированному блоку и имеет всего две точки перегиба — по разломам на ПК 58 и Северо-Голицынскому. В целом СП в пределах профиля подразделяется Голицынским горстом на два мегаблока — северный, в котором гранодиоритовый слой заметно наклонен к югу, и южный, где он образует слабо выраженный прогиб.

В модели Iв выделено уже пять блоков. Северный мегаблок модели Iб разделился на три части транскоровыми разломами на ПК 50 и 56. Северный и средний участки характеризуются горизонтальным залеганием гранодиоритового слоя, при этом центральный приподнят по всем поверхностям, включая подошву коры, на 0,5 км относительно северного. В пределах южного блока средний слой кристаллической коры уменьшается в мощности с севера на юг с 13 до 7 км, и углы его наклона значительно увеличились по сравнению с моделью Iб. Прогиб гранодиоритового слоя во втором мегаблоке углубился и приобрел большую выразительность за счет четко выраженной оси на ПК 67. Кроме того, он прослеживается вплоть до мантии, кровля которой стала конформной вышележащим слоям, в отличие от модели Iб. Разница в глубине залегания подошвы коры в моделях Iб и Iв достигает под осью прогиба 1,7 км. Разлом, определяющий эту ось, пересекает всю кору от кровли до подошвы включительно, тогда как в моделях Ia и Ib он определялся только в складчато-метаморфическом основании. Голицынский горст выделился еще больше, поскольку его воздымание от-

носительно прилегающих блоков увеличилось, особенно по северному борту (до 1 км). Южно-Голицынский разлом, в отличие от предыдущей модели, достиг мантии, зато транскоровый разлом на ПК 58 модели Iб теперь прослеживается только в «гранодиоритах». Кровля мантии, в отличие от разреза Iб, где она достаточно равномерно поднималась с севера на юг, имеет сложную конфигурацию, изменяет на разломах направление и углы падения, тем самым подчеркивая деление коры на блоки.

Следует отметить, что к северу от Голицынской структуры в осадочном чехле и гетерогенном фундаменте была выделена перспективная на УВ зона Биостромная [Гожик та ин., 2007]. На соответствующем участке профиля по подошве осадков, определенной съемками МОВ—ОГТ, и в консолидированной коре модели Iб выделение данной зоны с позиций разломно-блоковой тектоники не обосновано, поскольку фундамент от границы с ВЕП до Северо-Голицынского разлома представляет собой единый блок, в котором поверхности слоев конформно погружаются в южном направлении с незначительным перегибом на ПК 58, к которому приурочен единственный транскоровый разлом.

Уменьшение величины разностной аномалии в модели Iв привело к разделению консолидированного основания на блоки с выделением в центральной части рассматриваемого участка сквозькорового горста. Верхняя кромка «гранодиоритового» слоя на ПК 56 оказалась примерно на 4 км выше, чем в моделях Ia и Ib, тем самым в полтора раза сократив восходящим потокам глубинных флюидов расстояние до потенциальных ловушек углеводородов, что увеличивает перспективность данного участка в накоплении УВ. Кроме того, в уточненной модели было выделено еще два разлома мантийного заложения. Таким образом, полученное в модели Iв разломно-блоковое строение земной коры дает возможность определить в пределах достаточно обширной зоны Биостромная участок, наиболее перспективный для поисков УВ — сквозькоровый горст (ПК 50—56), по строению земной

коры сходный с Голицынским, к которому приурочено одноименное газово-газоденсатное месторождение.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что уменьшение величины разностной аномалии с учетом погрешности определения разностной кривой может давать как уточнение структуры земной коры, так и почти полную ее перестройку. Причем степень внесенных исправлений в модель напрямую не зависит от величины отклонения разностной аномалии от нулевой отметки, что приводит к парадоксальным результатам. Например, в моделях Па—Пб при изменении величины  $\Delta g_p$  с  $\pm 5$  до  $\pm 2$  мГал прогиб гранодиоритового слоя в пределах Скифской плиты углубился на 2,5 км, тогда как в моделях Ib—Iв пришлось понизить эти поверхности на 3 км для улучшения  $\Delta g_p$  всего на  $\pm 0,5$  мГал.

Характер изменений строения земной коры при уменьшении отклонений модельного поля от наблюдаемого зависит от типа разностной аномалии, которую необходимо уменьшить, — сглаживание кривых  $\Delta g_p$  одного знака приводит только к уточнению разреза, тогда как разнознаковых, образующих аномалии Гельмерта, — к существенной перестройке модели из-за необходимости взаимно увязать влияние близкорасположенных контрастных изменений гравитирующих масс (уплотнение и разуплотнение).

В свою очередь, типы разностных аномалий зависят от площадных особенностей наблюдаемого поля силы тяжести (см. рис. 1). Так, требующая улучшения однознаковая разностная аномалия в модели Па (ПК 70—90, рис. 3), итерационные изменения которой привели только к детализации разреза, оказалась связанной с замкнутой аномалией  $\Delta g_H$ . А к зонам латерального изменения поля приурочены избыточные значения  $\Delta g_p$  разных знаков, формирующие аномалии Гельмерта в модели Ib. Причем, если градиент  $\Delta g_H$  направлен вдоль моделируемого профиля, то в результате подбора претерпели изменения только положение границ блоков и гипсометрия слоев в коре (ПК 5—15, рис. 4). В случае, когда изолинии поля простираются параллельно профилю, оп-

тимизация разреза приводит к его полной перестройке, включая гипсометрию кровли мантии (ПК 55—60, рис. 4).

Сравнение моделей с величинами  $\Delta g_p$   $\pm 5,0/\pm 2,5$  мГал для профиля I и  $\pm 5,0/\pm 2,0$  мГал для профиля II показало, что хотя при больших значениях разностной аномалии модели являются более упрощенными, но в целом не имеют кардинальных различий от более детализированных и, в общем, достаточно сходно отражают характерные особенности строения — в обеих парах моделей остаются одинаковыми положение границы ВЕП/СП, гипсометрии подошвы коры и выделение между Восточно-Европейской платформой и Каркинитским прогибом проседания гранодиоритового слоя.

В то же время подбор наблюдаемого поля силы тяжести до  $\pm 2,0$  мГал в модели I, в отличие от профиля II, дал качественный скачок в изучении строения литосферы — на некоторых участках структура кристаллического фундамента претерпевает кардинальные изменения по сравнению с моделью первого приближения, что обусловлено латеральным изменением наблюдаемого поля в месте прохождения профиля. По результатам более детальных расчетов были выделены новые блоки и разломы, существенно уточнилось положение дизъюнктивов — ранее определенные нарушения сместились в сторону на несколько километров и поменяли глубину заложения, изменились углы наклонов и направление падения поверхностей всех слоев консолидированной коры. В частности, в пределах зоны Биостромная подбор поля с уменьшенной  $\Delta g_p$  позволил выделить участок, перспективный на поиски углеводородов. Поэтому на стадии проведения поисковых работ для определения точного местоположения глубинных разломов как источника поступлений флюидов, выявления соляных куполов, штоков, грязевых вулканов, возможного выхода на поверхность газогидратов и проч. необходимо пересчитывать с большей детальностью участки профиля в зонах латерального изменения поля, если на них в процессе плотностного моделирования кривые  $\Delta g_p$  имеют вид аномалий Гельмерта.



## Список литературы

- Безверхов Б.Д. Тектоника мезокайнозойского осадочного чехла на северо-западе Черного моря, как основа прогнозирования нефтегазопоисковых работ (по материалам сейсморазведки): Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Одесса, 1988. 205 с.
- Гожик П.Ф., Чебаненко І.І., Євдошук М.І., Крупський Б.Л., Гладун В.В., Галко Т.М., Маєвський Б.Й., Максимчук П.Я., Полухтович Б.М., Федішин В.О., Гаврилко В.М., Захарчук С.М., Клочко В.П., Колодій І.В., Мельничук П.М., Туркевич Є.В., Ткаченко А.І., Смирнов І.В., Федун О.М., Колодій Є.О., Пахолок О.В. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Наукові і практичні основи пошуків родовищ вуглеводнів у північно-західному шельфі Чорного моря. Київ: ЕКМО, 2007. 232 с.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Гуськов С.И. Еще раз о природе Крымской гравитационной аномалии. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. №6. С. 119—134. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i6.2010.117452>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Методика плотностного моделирования тектоносферы зон перехода океан—континент сдвигового типа на примере Гвинейского краевого плато. *Геофиз. журн.* 2008. Т. 30. № 2. С. 75—82.
- Козленко Ю.В., Корчагин І.М., Михайлюк С.Ф. Програмний комплекс обробки та інтерпретації гравіметричних і магнітометричних даних і аномалій геоїду. *Бюлетень УАЦ.* 1997. Вип.1. С. 245—250.
- Леонов М.Г., Колодяжный С.Ю., Кунина Н.М. Вертикальная аккреция земной коры—структурно-вещественный аспект. Москва: ГЕОС, 2000. 202 с.
- Павленкова Н.И. Структурные особенности литосферы континентов и океанов и их природа. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 2. С. 3—57. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164448>.
- Трипольский А.А., Шаров Н.В. Литосфера докембрийских щитов Северного полушария Земли по сейсмическим данным. Петрозаводск: Изд. Карельский НЦ РАН, 2004. 159 с.

## Influence of the residual anomaly features on the detail of 2D density models

*M. V. Kozlenko, Yu. V. Kozlenko, 2021*

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The study of the calculation features of two-dimensional density models with different ratios of the curves of the gravity anomalies and the calculated gravitating effect is carried out on the example of the South Ukrainian monocline within the Black Sea. Studies have shown that a decrease in the magnitude of the residual anomaly ( $\Delta g_r$ ) taking into account the accuracy of its determination can result in both a refinement of the structure of the Earth's crust and its almost complete restructuring. In this case, the nature of changes in the structure of the Earth's crust depends on the type of residual anomaly that needs to be reduced. The smoothing of curves  $\Delta g_r$  of the same sign only leads to a more precise section, while those of different signs forming the Helmert anomalies lead to a significant restructuring of the model due to the need to mutually correlate the influence of closely spaced contrasting changes in gravitating masses (compaction and decompaction), which can give a qualitative leap in the study of the structure of the lithosphere. In particular, a decrease in the residual anomaly to  $\pm 2.0$  mGal when modeling the structure of the Earth's crust within the Biostromnaya zone made it possible to identify a promising area for the

search for hydrocarbons. Therefore, at the stage of prospecting, it is necessary to recalculate in greater detail the sections of the profile in the zones of lateral changes in the field, if in the density simulations the curves of  $\Delta g_r$  have the form of Helmert anomalies.

**Key words:** gravity field anomalies, density modeling, residual anomalies, South Ukrainian monocline, Black Sea.

### References

- Bezverkhov, B.D. (1988). Tectonics of the Mesozoic sedimentary cover in the northwest of the Black Sea as a basis for forecasting oil-and-gas exploration (based on seismic data). *Candidate's thesis*. Odessa, 205 p. (in Russian).
- Hozhik, P., Chebanenko, I., Evdoschuk, M., Krupsky, B., Gladun, V., Halko, T., Maevsky, B., Maksimchuk, P., Polukhtovych, B., Fedyshyn, V., Havrilko, V., Zakharchuk, S., Klochko, V., Kolodiy, I., Melnichuk, P., Turkevich, E., Tkachenko, A., Smirnov, I., Fedun, O., Kolodiy, E., & Pakholok, O. (2007). *Oil-and-gas prospects of Ukraine. Scientific and practical bases of prospecting of hydrocarbon deposits in the north-western shelf of the Black Sea*. Kyiv: EKMO, 232 p. (in Ukrainian).
- Entin, V.A., Gintov, O.B., & Guskov, S.I. (2010). Once again about the nature of the Crimean gravity anomaly. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 32(6), 119—134. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i6.2010.117452> (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2008). Technique of Density Modeling of the Tectonosphere of Shear Type Ocean—Continent Transition Zones on the Example of the Guinean Marginal Plateau. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 30(2), 75—82 (in Russian).
- Kozlenko, Yu.V., Korchagin, I.M., & Mikhailiuk, S.F. (1997). Software package for processing and interpretation of gravimetric and magnetometric data and geoid anomalies. *UAC Bulletin*, (1), 245—250 (in Ukrainian).
- Leonov, M.G., Kolodyazhnyy, S.Yu., & Kuniyana, N.M. (2000). *Vertical accretion of the Earth's crust — structural and material aspect*. Moscow: GEOS, 202 p. (in Russian).
- Pavlenkova, N.I. (2019). Structural features of continental and oceanic lithosphere and their nature. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(2), 3—57. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164448> (in Russian).
- Tripolskiy, A.A., & Sharov, N.V. (2004). *The lithosphere of the Precambrian shields of the northern hemisphere of the Earth according to seismic data*. Petrozavodsk: Edition of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 159 p. (in Russian).

## Вплив особливостей різницевої аномалії на деталізацію двовимірних густинних моделей

**М.В. Козленко, Ю.В. Козленко, 2021**

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Вивчено особливості підбору двовимірних густинних моделей за різного співвідношення кривих аномалій поля сили тяжіння і розрахункового гравітуючого ефекту на прикладі Південноукраїнської моноклінали в межах акваторії Чорного моря. Дослідження показали, що зменшення величини різницевої аномалії ( $\Delta g_p$ ) з урахуванням точності її визначення може сприяти як уточненню структури земної кори, так і майже повній її перебудові. При цьому характер змін будови земної кори залежить від типу різницевої аномалії, яку потрібно зменшити. Згладжування кри-

вих  $\Delta g_p$  одного знака приводить тільки до уточнення розрізу, тоді як згладжування різнознакових кривих, що утворюють аномалії Гельмерта, — до істотної перебудови моделі через необхідність взаємно пов'язати вплив близькорозташованих контрастних змін гравітуючих мас (ущільнення і розущільнення), що може дати якісний стрибок у вивченні будови літосфери. Зокрема, зменшення різницевої аномалії до  $\pm 2,0$  мГал при моделюванні будови земної кори зони Біостромна дало змогу виділити ділянку, перспективну на пошуки вуглеводнів. Тому на стадії проведення пошукових робіт потрібно перераховувати з більшою детальністю ділянки профілю в зонах латеральної зміни поля, якщо на них у процесі густинного моделювання криві  $\Delta g_p$  мають вигляд аномалій Гельмерта.

**Ключові слова:** аномалії поля сили тяжіння, густинне моделювання, різницева аномалія, Південноукраїнська монокліналь, Чорне море.