

УДК 550.3:551.2(574)
МРНТИ 37.31.23

МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

ИСАГАЛИЕВА А.К.¹, ИСАЕВ В.И.², ИСТЕКОВА С.А.¹

¹Сәтбаев университеті

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Аннотация: При изучении глубинного тектонического строения использованы гравиметрические карты наблюденного и трансформированного поля различных масштабов. Анализ полей, полученных разделением наблюденного поля силы тяжести, позволили охарактеризовать основные геотектонические структуры литосферы как по латерали, так и на глубину. Для привязки неоднородностей строения литосферы, полученные по гравиметрическим данным, по разным уровням глубин привлечены независимые данные: сейсмические, сейсмотомографические, геологические и др.

Ключевые слова: глубинное строение, литосфера, Прикаспийский регион, гравиметрические исследования, аномальное поле, трансформации

METHODOLOGY OF GRAVIMETRIC DATA INTERPRETATION IN THE CONSTRUCTION OF A GEOLOGICAL MODEL OF THE CASPIAN REGION'S CRUST

Abstract: Gravimetric maps of the observed and transformed fields of various scales were used in studying the deep tectonic structure. Analysis of the fields obtained by dividing the observed gravity field made it possible to characterize the main geotectonic structures of the lithosphere both laterally and to depth. To correlate the heterogeneities of the lithosphere structure obtained from gravimetric data to different levels of depth, independent data were used: seismic, seismotomographic, geological, etc.

Key words: Deep structure, lithosphere, Caspian region, gravity exploration, anomalous field, transformation

КАСПИЙ МАҢЫ ӨНІРІНІҢ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІН ҚҰРУ КЕЗІНДЕ ГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ИНТЕРПРЕТАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа: Терең тектоникалық құрылысты зерттеу кезінде әртүрлі масштабтағы бақыланған және трансформацияланған өрістің гравиметриялық карталары қолданылды. Ауырлық күшінің бақыланған өрісін бөлу арқылы алынған өрістерді талдау литосфераның негізгі геотектоникалық құрылымын латераль бойынша да, тереңдікке де сипаттауға мүмкіндік берді. Гравиметрлік деректер бойынша алынған литосфера құрылысының біртекті еместігін бекіту үшін тереңдіктің әрқилы деңгейлері бойынша: сейсмикалық, сейсмотомографиялық, геологиялық және т.б. тәуелсіз деректер тартылды.

Түйінді сөздер: Тереңдік құрылымы, литосфера, Каспий маңы аймағы, гравиметриялық зерттеулер, аномалды өріс, трансформациялар

Введение

Геологическая эффективность гравиметрических исследований определяется методологией извлечения информации из данных полевых наблюдений. Под термином «интерпретация» аномального геофизического поля В.Н. Страховым [1] подразумевается целостная совокупность, включающая в себя: распределение физических параметров, создающее поле, в изучаемом объеме геологической среды; геологическое истолкование найденного распределения физических параметров в изучаемом объеме природной среды; разложение аномального поля на слагаемые, соответствующие локальной, региональной и остаточной составляющим поля.

Традиционно, при интерпретации гравиметрических данных необходимо решить две основные задачи: разделить поле на составляющие с выделением источников аномалий в плане и по глубине; дать количественную оценку параметров источников аномалий.

В последние годы интенсивно создаются принципиально новые методы интерпретации полей, имеющие цель построения трехмерной модели строения геологической среды, адекватной наблюдаемому полю и имеющейся априорной информации. К таким методам относятся: интерпретационная томография (Бабаянц П.С., 2002, 2004), частотная селекция (Довбнич М.М., 2004, Мусебов Н.И., 2004), корреляционное зондирование [Лебедев А.Н., 2001, Лебедев А.Н., Петров А.В., 2001], компенсирующая фильтрация [Петров А.В., 2003], методы, основанные на аналитическом продолжении полей (Баньковский М.В., 2003, Мартышко П.С., 2002) или осреднение с последовательным увеличением скользящего окна (Матусевич А.В., 2006), способ послойного определения плотности (Подгорный В.Я., 2003), вычисление градиентов дисперсии полного нормированного градиента поля (Болдырева В.А., 2002, Гершанок В.А., 1997, Чернов А.А., 2008] – развитие метода полного нормиро-

ванного градиента В.М. Березкина (Березкин В.М., 1988) и др. За рубежом широко применяются способы, основанные на деконволюции Эйлера (Cordell L., 1994, Fedi M., 1999, Grauch V.J.S., 2002, Marson I., 1993 и др.).

В настоящее время накоплен богатый мировой опыт применения гравиметрических данных на различных стадиях геологоразведочного процесса: при региональных исследованиях для изучения земной коры и верхней мантии, выявления и трассирования глубинных разломов, изучения рельефа и вещественного состава фундамента, определения формы интрузивных массивов, при подготовке объектов к поисковому бурению с целью выявления и изучения антиклинальных складок, соляных куполов, рифогенных структур, зон разуплотненных пород, рудных полей, аномалий типа залежь, при оценке перспектив нефтегазоносности структур и т.п. Кроме того, гравиразведка широко применяется как промыслово-геофизический метод на основе гравитационного каротажа [2,3].

Бурное развитие методов цифровой обработки сигнала и широкое применение вычислительной техники с одной стороны, накопление в большом объеме гравиметрических данных по региону с другой стороны, позволяют провести на новом, более высоком качественном уровне, обработку и спектральный анализ гравитационного поля (трансформации), качественный анализ и количественную интерпретацию гравитационного потенциала, математическое моделирование глубинного строения исследуемого региона.

Западный Казахстан представляет собой одну из наиболее изученных геофизическими методами геологических провинций Евразийского континента. Такая высокая геофизическая изученность является реальной предпосылкой для решения фундаментальных задач, направленных на разработку модели глубинного строения и геодинамического развития тектоносферы. Комплексная

интерпретация физических моделей – плотностной, структурно-скоростной, магнитной, геоэлектрической содержаний SiO_2 в породах – весьма эффективна и позволила выявить неоднородности строения земной коры и верхней мантии по вертикали и латерали. Наиболее достоверны построения для верхних горизонтов земной коры, поскольку они обеспечены большим количеством геологического фактического материала [4].

Фактический материал и методика исследования

При изучении глубинного тектонического строения за основу принимаются гравиметрические карты наблюденного поля различных масштабов, поскольку они содержат наиболее полную информацию как о регионе в целом, так и по отдельным объектам. Территория полностью охвачена кондиционной гравиметрической съемкой разного масштаба. Примерно 90% территории покрыто гравиметрическими съемками масштаба 1:200 000 гравиметрами СН-3, ГАК и ГР-2К, а перспективные районы охвачены съемками масштаба 1:50 000 и крупнее. По материалам этих съемок составлены и большей частью изданы гравиметрические карты масштаба 1:500 000 в редукции Буге с плотностью 2,3 г/см³ и 2,67 г/см³ (И.Ю. Шнейдер, 1981-1990). Построенные гравиметрические карты отличаются высоким качеством. Карты наблюденного поля сопровождаются картами трансформаций гравитационного поля: региональной составляющей (40, 20 и 10 км в верхнее полупространство), локальной составляющей (высокочастотная полосовая фильтрация, узкополосный фильтр и фильтр средней ширины), и вертикальной и горизонтальной производной аномалии Буге. Сечение изоаномаль проведены через 2, 1 и 0,5 мГл [5].

В 2011 году группой специалистов компании НПО «Геокен» были обобщены результаты гравиметрических работ и представлены в виде обновленных сводных гравиметрических карт различного масштаба (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б., 2011).

Гравитационное поле по своей природе отображает распределение эквивалентных плотностных неоднородностей гравитирующих масс, условно "вынесенных" на ту или иную эквипотенциальную поверхность, и поэтому не дает ответа на вопрос, на каких конкретных глубинных уровнях эти массы расположены. Региональная составляющая гравитационного поля хорошо отображает блоковую (в плане) структуру тектоносферы. Для привязки неоднородностей ее строения по разным уровням глубин применяют различные методы преобразований или трансформаций исходного (наблюденного) аномального поля, которые «обостряют» (выявляют в визуально четкой форме) либо региональные, либо локальные аномалии. Наиболее распространены аналитические продолжения наблюденного поля в верхнее и нижнее полупространства, позволяющие выделить те или иные составляющие гравитационного поля. Пересчеты вверх, т.е. на уровни выше поверхности наблюдений, приводят к резкому уменьшению амплитуд локальных аномалий и несущественному изменению региональных. Это позволяет при оптимально выбранной высоте пересчета отождествлять трансформированные аномалии с региональным фоном. Пересчет наблюденного поля вниз, ниже плоскости наблюдений, так же как и вычисление высших производных поля силы тяжести, приводит к подчеркиванию локальных аномалий поля. По картам и графикам $\Delta g_{\text{набл}}$ или $\Delta g_{\text{лок}}$ и $\Delta g_{\text{рег}}$, пользуясь выводами из решений прямых задач гравиразведки, можно сделать качественные заключения о плотностных неоднородностях, создающих эти аномалии. Определив местоположение центров возмущающих масс, простирание и форму аномальных тел, можно по интенсивности аномалий судить об эффективной массе и глубине их залегания. Положительные аномалии соответствуют местоположению более плотных пород по сравнению с вмещающими, отрицательные – менее плотных или поднятию и опусканию какой-либо субгоризонтальной границы, на которой существует скачок плотностей горных пород. Зоны повышенных го-

ризонтальных градиентов соответствуют крутым контактам пород разной плотности [6,7].

Карты трансформаций гравитационного поля Прикаспийской впадины, полученные в результате цифрового преобразования растрового варианта карты поля силы тяжести масштаба 1:1 500 000 (пересчет в верхнее полупространство на 10, 20 и 40 км), использовались для изучения строения верхней части земной коры для выявления аномалиеобразующих тел на уровне осадочного, гранитно-метаморфического и гранулит-базитового слоев. Процедура преобразования заключалась в создании линейной прямоугольной матрицы значений поля силы тяжести, обеспечивающей его сглаживание, в привязке этой матрицы к выбранной сетке географических координат. С помощью низкочастотной фильтрации на площади Прикаспийской впадины и ее обрамления были подавлены локальные аномалии и выделено региональное гравитационное поле силы тяжести, представленное на карте в изоаномалах с сечением 5 мГл (рисунок 1а). Комплексный анализ данных глубинной сейсморазведки МОВЗ показал, что в региональной составляющей поля силы тяжести интегрировано отображено все многообразие геологического строения ли-

тосферы Прикаспийского региона Казахстана по латерали и по глубине, т.е. проявлены аномальные эффекты от неоднородностей мантии и основных слоев (без локальных возмущений) коры. Сопоставляя региональное гравитационное поле с геодинамической моделью Прикаспийской впадины и крупными структурами, обрамляющими её, выявлена их хорошая согласованность [8].

Характерной особенностью трансформированной гравиметрической карты является цепь самых интенсивных отрицательных минимумов, простирающихся в юго-западной части планшета с северо-запада на юго-восток и контролирующей структуры Кавказа и орогенов Копетдага с пережимом между ними в пределах акватории Каспия. Менее интенсивная дуга минимумов обрамляет северную прибреговую зону Прикаспийской впадины и восточную на границе с Уралом. Интенсивными положительными аномалиями поля характеризуются с юго-востока на северо-запад зоны Средне-Каспийско-Карабогазской антеклизы и Самуро-Песчаномысской седловины в центральной части акватории Каспия. Не менее интенсивной является линейная положительная аномалия, связанная с орогеном Урала, которая с небольшим затуханием сопровож-

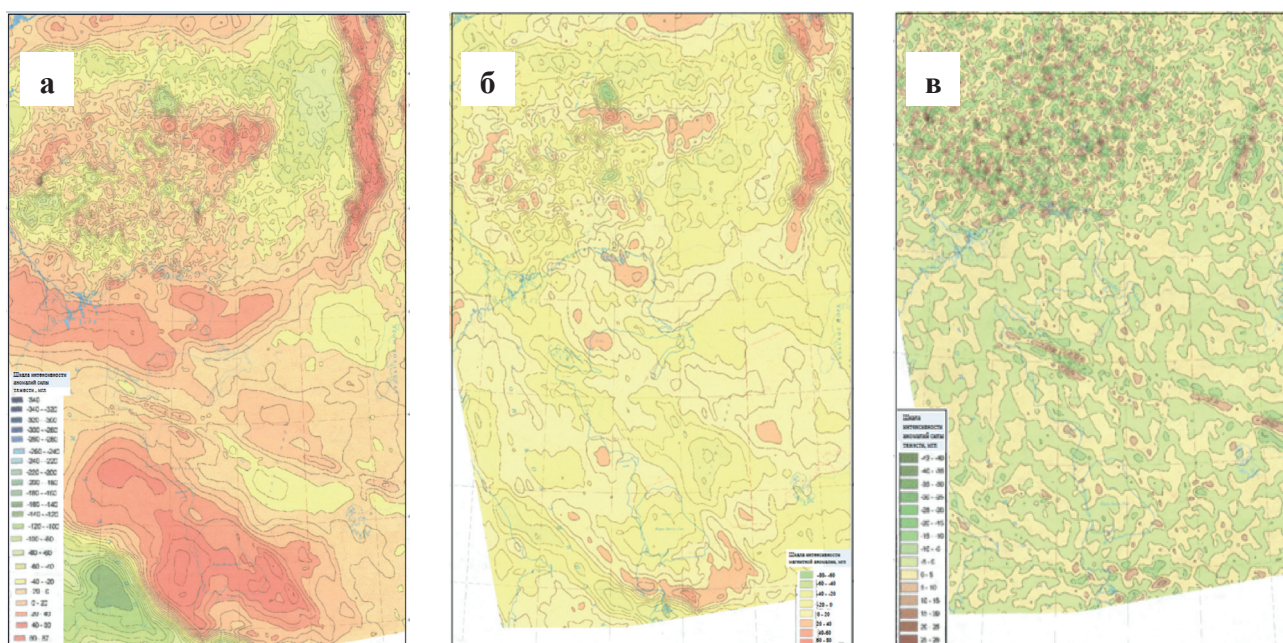


Рис.1 – Трансформированные гравиметрические карты Каспийского региона:
а) региональная; б) внутрикоровая; в) локальная составляющая

дает далее южный борт Прикаспийской впадины. Группа изометричных положительных аномалий, контролирующая известные выступы консолидированной коры, фиксируется внутри Прикаспийской впадины. Цепочка умеренно-положительных аномалий четко контролирует северо-западное простирание структур Мангышлакско-Центрально-Устюртской зоны. Кроме выделенных аномалий на карте имеется ряд изометричных умеренных отрицательных и положительных аномалий поля, в основном локального значения.

Результаты исследования

По уровню поля, форме и простиранию его аномалий отчетливо выделяются особенности структур литосферы древней платформы Прикаспийской впадины молодой Туранской платформы. Прикаспийская впадина, характеризующаяся мощными терригенными образованиями верхнего палеозоя – кайнозоя, картируется мелкоизрезанным слабоотрицательным полем, в котором прослеживается слабая концентрическая зональность. Внутренняя часть впадины выражена скоплением мелких аномалий со значениями от -60 до +40 мгл, что в основном связано с морфологией соленосных толщ. С севера и северо-запада впадина четко обрамляется дугой минимумов аномалий Δg интенсивностью от -40 до -60 мгл. Восточная граница впадины также отмечена обширным минимумом Δg до -80 мгл, совпадающим с южным окончанием Предуральского прогиба.

В пределах орогенов Урала и Мугоджар наблюдаются две субмеридиональные линейные положительные аномалии Δg . Западная аномалия интенсивностью до +80 мгл отмечает Орь-Илекскую антиклинорную зону в Мугоджарах и с небольшим затуханием продолжается в южном борту Прикаспийской впадины. Вторая цепочка слабоположительных аномалий протянулась вдоль восточного борта Мугоджар (Восточно-Мугоджарская зона) на юг и прослеживается до Аральского моря, фиксируя границу Тургайско-Срединно-Тянь-Шаньской и Уральской

складчатых систем. Положительная линейная аномалия северо-западного простирания четко отмечает зону Северо-Мангышлакско-Центрально-Устюртского разлома, характеризующуюся высокой дислоцированностью пород, и прослеживается на восток до южного Приаралья. Интенсивными положительными аномалиями поля фиксируются зоны Средне-Каспийско-Карабогазской антеклизы и Самурско-Песчаномысской седловины в центральной части Каспия [9].

В целом, региональная гравиметрическая карта представляет интерес для получения обобщенного представления о внутренней структуре коры, для детализации и районирования по гипсометрическому уровню которой более важное значение имеют результаты разложения поля на составляющие.

Карты локальных составляющих гравитационного поля, полученные в качестве остаточных от пересчета в верхнее полупространство на 10, 20 и 40 км использовались для выделения локальных геологических структур верхней части земной коры (0-30 км). Указанные неоднородности учитывались при характеристике конкретных геологических тел только в том случае, когда они подкреплялись независимыми данными ГСЗ и МТЗ [10].

Карта внутрикоровой составляющей поля силы тяжести (рисунок 1б) характеризует внутреннюю структуру консолидированной коры на глубину до 20 км. С этих позиций представляют первостепенный интерес высокие значения положительных аномалий линейной структуры Урала и изометричной Хобдинской во внутренней зоне Прикаспийской впадины, а также контрастное сочленение Урала с прогибом на его границе с Прикаспийской впадиной и структур Копетдага с его северо-западным продолжением с линейным минимумом, обрамляющим их с юго-запада. Отмеченные особенности поля свидетельствуют о том, что аномалиеобразующие деструктивные элементы этих структур сосредоточены в основном внутри консолидированной коры.

Выделение и районирование локальных гравитационных аномалий более высоких порядков проведено на основе использования

характерных амплитуд аномалий, их осредненных площадей, конфигурации в плане, ориентировки и протяженности аномальных зон, и характеризуют плотностные неоднородности в гранито-гнейсовом слое соответственно до глубин 20 и 5 км. Изображенные на карте локальной составляющей поля Δg аномалии отображают деструктурные элементы приповерхностной части разреза коры до глубины 5-7 км (рисунок 1в).

В частности, пониженная плотность соленосной толщи относительно вышележащих надсолевых отложений и огромные, измеряемые километрами перепады рельефа кровли соли обусловили отображение соляных куполов в гравитационном поле интенсивными отрицательными аномалиями силы тяжести. Именно эти аномалии создают

мозаичную структуру гравитационного поля Прикаспийской впадины (рисунок 2).

В Прикаспийской впадине это – соляные купола (отрицательные изометричные аномалии) и отдельные элементы выступов консолидированной коры (положительные аномалии). В пределах осевой части Урала наблюдается цепочка интенсивных положительных аномалий северо-северо-восточного простирания, в отличие от соответствующих внутрикоровых аномалий, имеющих близмеридиональное простирание. Линейная цепочка положительных аномалий четко фиксирует Северо-Мангышлакско-Центрально-Устьюртскую зону разлома, протягиваясь на юго-восток в Южное Приаралье и далее вплоть до структур Западного Тянь-Шаня.

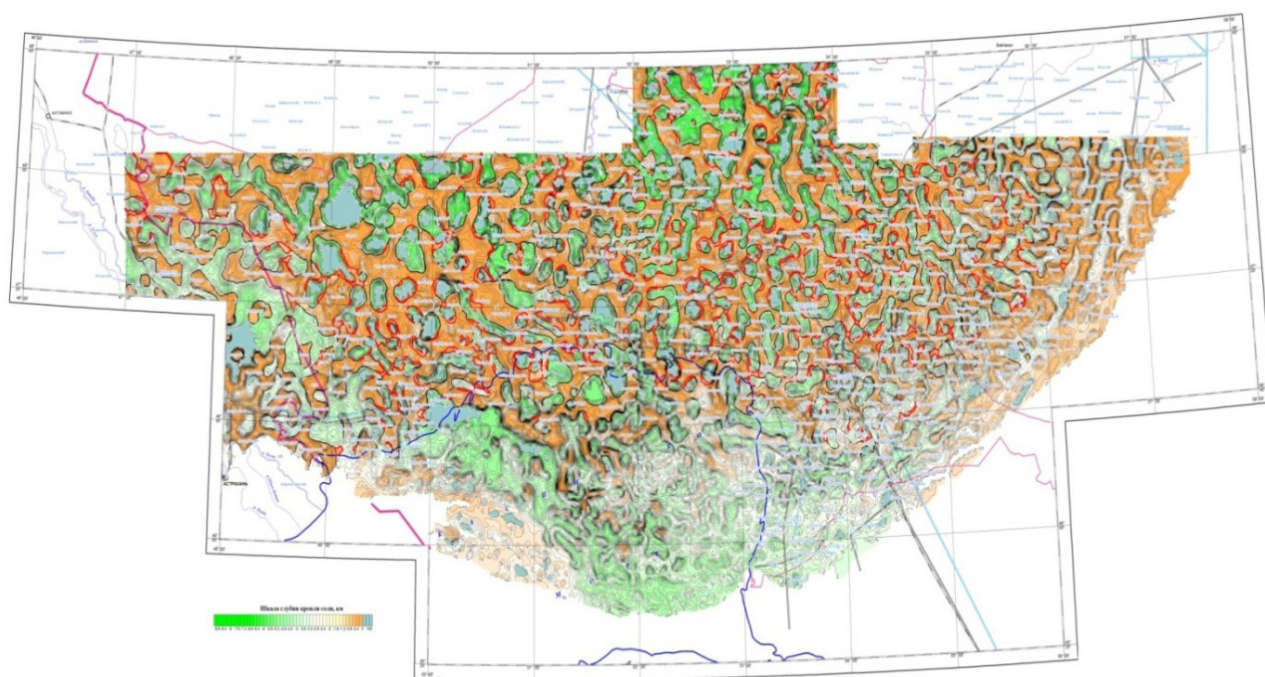


Рис.2 – Южная часть Прикаспийского бассейна. Структурная карта по кровле соли по данным сейсморазведки и гравиметрическим данным (ОГ VI) (Коврижных П.Н., Воскобойников Д.М., Шагиров Б.Б., 2011)

Четкие цепочки северо-западного простирания положительных аномалий, выделяющие структуры Мангышлака, прерывистые цепочки близ меридионального простирания в северо-восточном углу планшета – структуры Урала, связаны с верхними выступами консолидированной коры, более уверенно вы-

деляющиеся на карте внутрикоровой составляющей поля (рисунок 1б). Оставшаяся часть локальной составляющей поля силы тяжести маловыразительна и не представляет большого интереса для выделения и ранжирования внутрикоровых деструктивных элементов.

Карта горизонтальных градиентов подошвы земной коры (рисунок 3а) по своим функциональным возможностям призвана выделять сквозь коровые деструктивные зоны, глубоко проникающие в верхнюю мантию. По этому признаку ей отдано предпочтение как существенно более детально и достоверно отображающей структуру границы, разделяющей кору, верхнюю мантию и прилегающие к ним объемы, по сравнению с возможностями результатов интерпретации поля силы тяжести, соответствующего этому гипсометрическому уровню [11].

Наиболее контрастны линии градиентов, контролируемые с северо-востока и юго-запада структуры Большого Кавказа, причем первые с неослабевающей интенсивностью продолжаются на юго-восток до середины акватории Каспия и затухают вблизи Красноводской зоны. Далее на юго-восток линейная аномальная зона возобновляется в пределах Копетдага. Менее контрастная и ограниченная по длине аномалия градиентов обрамляет с северо-запада Мугоджары, фиксируя их структурное внутримантийное

разделение от Урала. Маловыразительные меридиональные линии градиентов в зоне Южного Урала (на северо-востоке планшета) свидетельствуют о том, что его деструктивные зоны сосредоточены в основном в консолидированной коре, быстро затухая в верхней мантии. Кроме отмеченных аномалий, заслуживают внимания серия субширотных линейных цепочек умеренных аномалий в пределах Прикаспийской впадины (наиболее интенсивная и протяженная из них проходит вдоль северного берега Каспия), вдоль вала Карпинского и южнее плато Мангышлак по берегу моря. Все названные зоны имеют важное значение для тектонического и геодинамического районирования исследуемой территории. Важнейшие из них упоминаются ниже во взаимосоотношении с зонами аномальных градиентов поля силы тяжести. На карте градиентов внутрикоровой составляющей поля силы тяжести (рисунок 3б) представляют самостоятельный интерес три зоны аномальных значений градиентов поля.

Максимальные значения поля наблюдаются вдоль субмеридиональных цепочек

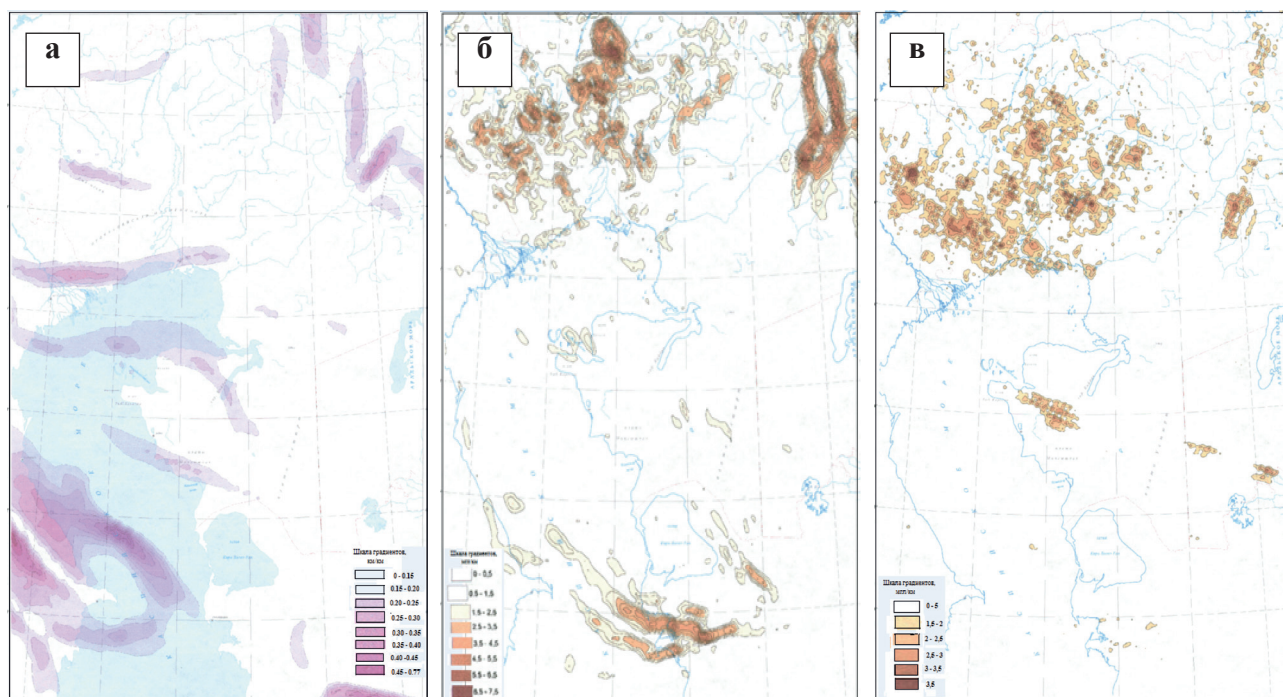


Рис.3 – Карты градиентов поля силы тяжести Прикаспийского региона
(Под редакцией Нусипова Е.). Масштаб 1:2 500 000. а) карта горизонтальных градиентов подошвы земной коры;
б) карта градиентов внутрикоровой составляющей поля силы тяжести;
в) карта градиентов локальной составляющей поля силы тяжести

на северо-востоке, обрамляющих преимущественно внутрикоровые структуры Урала, имеющие, как отмечалось выше, слабовыраженное продолжение в мантию. Далее интересны изометричные структуры во внутренней зоне Прикаспийской впадины, совершенно не имеющие продолжения в мантии (рисунок 3а). Это однозначно свидетельствует исключительно о внутрикоровой локализации аномалиеобразующих структурных элементов известных хобдинских и аралсорских выступов. Самая интересная аномальная зона, однозначно определяющая внутрикоровое расположение аномалиеобразующего объекта, расположена в Красноводской зоне, заполняя пространство между кавказской и копетдагской аномалиями на карте градиентов подошвы земной коры (рисунок 3а). Рассматривая кавказскую и копетдагскую мантийные аномалии в совокупности с внутрикоровой красноводской, можно уверенно говорить о различном генезисе этих зон. Кавказская и, возможно, Копетдагская зоны активны в настоящее время не только в пространстве коры, но и в верхней мантии, а Красноводская – только коровые. Развитие этой позиции возможно в перспективе при совместном анализе и обобщении всех имеющихся данных, в первую очередь – наблюдаемого пространственного распределения сейсмичности [12].

Карта градиентов локальной составляющей поля силы тяжести (рисунок 3в) имеет максимальные значения, прежде всего, в пределах Прикаспийской впадины, констатируя приповерхностный характер солянокупольной изометричной тектоники. То же имеет место на линейно вытянутой в северо-западном направлении цепочке аномалий мангышлакской структуры, несколько затухающих в пределах плато Устюрт. Заслуживает внимания высокое значение градиентов локальной составляющей поля в Мугоджарах, по-видимому, отображающее повышенную контрастность их приповерхностных структур фундамента относительно южного Урала.

Выводы

Прикаспийский регион характеризуется высокой степенью гравиметрической изученности, поэтому глубинные построения на уровне верхних горизонтов земной коры в достаточной мере обеспечены гравиметрическими материалами.

При изучении глубинного тектонического строения Прикаспийского региона использованы гравиметрические карты наблюдаемого и трансформированного полей различных масштабов, поскольку они содержат наиболее полную информацию как о регионе в целом, так и по отдельным объектам.

Анализ полей, полученных разделением наблюдаемого поля силы тяжести, позволяет охарактеризовать основные геотектонические структуры литосферы Прикаспийского региона Казахстана как по латерали, так и на глубину.

Для уверенной привязки неоднородностей строения литосферы, полученные по гравиметрическим данным, по разным уровням глубин, необходимо привлечение независимых данных. Наиболее эффективно привлечение методов: магнитотеллурического зондирования (МТЗ), сейсмические, сейсмотомографические методы (ГСЗ, МОВЗ-ГСЗ), геологические исследования и др.

Выявленные неоднородности по аномалиям гравитационного поля учитываются при характеристике конкретных геологических тел только в том случае, когда они подкрепляются независимыми данными в первую очередь ГСЗ и МТЗ.

Комплексное моделирование данных гравиметрии, ГСЗ и МТЗ, позволяют выделить глубинные магматические очаги, глубоко погруженные блоки сиалического фундамента, тела гранулитов основного состава, линзы приращения базальтового слоя (коро-мантийные смеси), верхушки мантийных плюмов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страхов В.Н. Геофизика и математика. Методологические основы математической геофизики / В.Н. Страхов // Геофизика. 2000, № 1. – С. 3-18.
2. Бычков С.Г. Эволюция программно-алгоритмического обеспечения обработки и интерпретации гравиметрических материалов / С.Г. Бычков, А.А. Симанов // Горное эхо. Вестник Горного института УрО РАН. Пермь. – №2. – 2007. – С. 38-42.
3. Голиздра Г.Я. Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения земной коры. – М.: Недра, 1988. – 212 с.
4. Истекова С.А. Комплексные геофизические исследования при изучении глубинного строения Казахстана // Вестник КазНТУ. Алматы. – № 4. – 2007. – С.19-27.
5. Исагалиева А.К., Истекова С.А. Региональные геофизические исследования юга Прикаспийской впадины // Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Ташкент. – 2019. – С.330-335.
6. Серкерев С.А. Спектральный анализ в гравиразведке и магниторазведке. – М.: Недра, 1990. – 279 с.
7. Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий. – М.: Недра, 1979. – 280 с.
8. Истекова С.А. Изучение глубинного строения земной коры гравитационными методами // Геология и охрана недр. – Алматы. – №4(45). –2012. – С.55-63.
9. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Том 1: Глубинное строение и геодинамика. – Алматы, 2002. – 224 с. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Нефть и газ. – Алматы. – Т. 3. – 2002. – 248 с.
10. Sydykov K. Z., Matusevich A. V., Eskozha B. Joint use of gravity, seismic data advances Precaspian salt modeling, depth imaging // Oil & Gas Journal August 28 2000, Vol. 98 Issue 35, P. 28-35.
11. Слепак З.М. Гравиразведка в нефтяной геологии. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2005. – 222 с.
12. Гулиев И.С., Федоров Д.Л., Кулаков С.И. Нефтегазоносность Каспийского региона. Баку, Nafta-Press. – 2009. – 409 с.