

УДК 550.3

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ РАЗЛОМОВ ТЕРСКО-КАСПИЙСКОГО ПРОГИБА

© ^{1,3}Абубакарова Э.А., ^{2,3}Ахматханов Р.С., ^{2,3}Бадаев С.В., ^{2,3}Чимаева Х.Р.

¹ГГНТУ, ²АН ЧР, ³КНИИ РАН, г. Грозный

В работе рассмотрен комплекс геофизических критериев, характеризующих разрывные нарушения, в том числе, их классификация по методам выявления и изучения. В частности, проанализировано отображение в геофизических полях разломно-блоковой тектоники Терско-Каспийского прогиба.

Ключевые слова: Терско-Каспийский прогиб, геофизические поля, гравитационное поле, магнитное поле, геофизические критерии, разломы.

Разломы играют важную роль в структуре осадочного чехла, фундамента, нефтегазоносности и сейсмической активности Терско-Каспийского прогиба (ТКП). Терско-Каспийского прогиб имеет сложную структуру, осложненную разломно-блоковой тектоникой и ступенчатым погружением блоков в направлении центральной части прогиба. Разломы горизонтального направления (Терский, Сунженский, Краевой, Моздокский, Черногорский) простираются на различных отрезках от 255° до 290°; диагонального, северо-восточного простирания (Ассинский, Аксайский и др.) имеют направления своих составных частей от 190° до 240°; диагонального, северо-западного простирания (Бенойско-Эльдаровский, Гудермесский, Датыхско-Ахловский и др.).

Разломы исследуемого района протягиваются в разных частях от 290° до 320° (рис. 1), имеют довольно четкую выраженность, сравнительно ясно разломы в геофизических полях отображаются. Названия разломам даны по совпадению их руслами рек и по пересечению ими месторождений углеводородов.

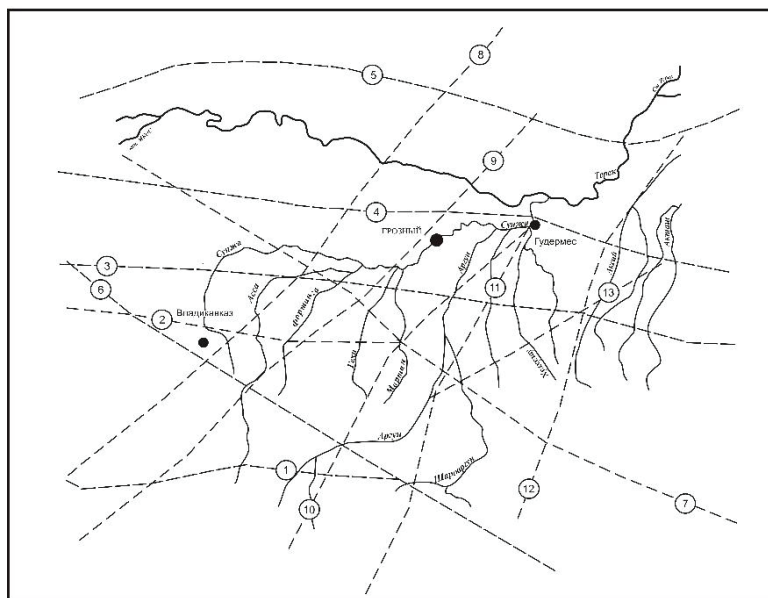


Рис. 1. Карта разломов Терско-Каспийского прогиба

Условные обозначения: разломы – 1-Черногорский; 2-Сунженский; 3-Срединный; 4-Терский; 5-Краевой; 6-Датыхско-Ахловский; 7-Беной-Эльдаровский; 8-Владикавказский; 9-Грозненский; 10-Гехи-Брагунский; 11-Гудермесский; 12-Аксайский; 13-Курчалоевский

Разломно-блоковое строение региона довольно ясно выражено в геофизических полях в виде гравитационных ступеней и изменением простирания изолиний магнитного поля.

На карте гравитационного поля (рис. 2.) в северной части исследуемой территории расположена Притеречная зона монотонно убывающих к югу, аномалии силы тяжести с субширотным простиранием изоаномал и небольшим горизонтальным градиентом гравитационного поля. Она постепенно расширяется с запада на восток. Особенности данной зоны являются осложнения в виде изгибов или разрежении изоаномал на фоне общего понижения поля в южном направлении, а также относительно крупные в плане максимум на северо-западе и минимум на востоке. С юга Притеречная зона сочленяется с региональным минимумом, протягивающимся почти на 300 км в направлении с северо-запада на юго-восток и включающим Моздокский, Червленский и Хасавюрт-Аргуданский локальные минимумы силы тяжести. В районе Надтеречного и Червленского минимумов, соответствующих центральной части данной зоны, региональный минимум наиболее узок, а в западном и восточном направлениях постепенно расширяется. В районе Червленная-Гудермес ось минимума кулисообразно смещена к югу. Расположенный в западной части Моздокский минимум имеет расплывчатые контуры. На западе он переходит в зону монотонно возрастающих в западном направлении аномалий. Червленский и Надтеречный линейные минимумы имеют субширотную ориентировку. Крупный Хасавюрт-Аджиданский сложнопостроенный минимум, также имеющий субширотное направление, соответствует наиболее погруженной части прогиба [1-3].

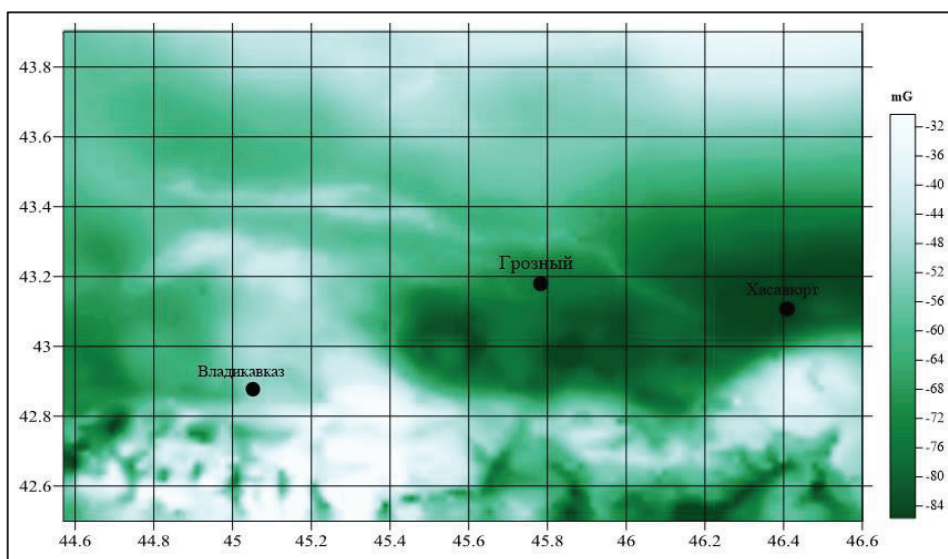


Рис. 2. Гравитационное поле Терско-Каспийского прогиба

Южнее указанного регионального минимума гравитационного поля находится Терско-Сунженская зона, включающая две линейные зоны максимумов, разделяющиеся Алханчуртской зоной минимумов. В плане эти зоны совпадают соответственно с Терской и Сунженской антиклинальными зонами и Алханчуртской синклиналию. Терская зона объединяет Арак-Далатарский, Малгобек-Вознесенский, Эльдаровский, Алиюрт-Орлинный, Хаян-Кортовский, Брагунский и Гудермесский максимумы. Сунженская зона включает ряд локальных максимумов сложного характера: Заманкульский, Карабулак-Ачалукский, Назрано-Яндырский, Старогрозненский и др. В пределах обеих зон локальные максимумы соответствуют одноименным антиклинальным поднятиям. Юго-

восточным окончанием Сунженской зоны максимумов является крупный Бенойский, максимум, который глубоко вдается в пределы Чеченской зоны минимумов. От расположенного южнее Варандийского максимума эта аномалия отделена относительно пониженным полем.

С юга к Сунженской зоне максимумов непосредственно примыкает обширная сложнопостроенная региональная зона минимумов, включающая Беслановский и Чеченский минимумы. Эта полоса минимумов протягивается с северо-запада на юго-восток на несколько сот километров и включает три локальных минимума: Урус-Мартановский, Шалинский и Курчалоевский, разделяющие их зоны повышенного значения силы тяжести и относительно мелкие локальные аномалии. Указанные минимумы соответствуют участкам погружения фундамента. Чеченская зона минимумов с севера и юга обрамляется довольно широкой полосой повышенных горизонтальных градиентов. С юга к указанной зоне минимумов примыкает зона относительных максимумов, объединяющая две крупные локальные аномалии – Варандийскую на востоке к Датыхскую на западе, отличающиеся сложным характером. Они отделены друг от друга широкой полосой относительно пониженного поля. На крайнем юге Чеченской зоны минимумов отмечаются три локальных максимума: Бамутский, Гехинский и Мартан-Чу. С юга Чеченскую зону минимумов обрамляет широкая зона высоких горизонтальных градиентов силы тяжести, соответствующая Черногорской моноклиальной зоне. Эта градиентная зона обусловлена резким погружением мезозойских пород в северном направлении и влиянием Черногорского глубинного разлома, ограничивающего с юга Терско-Каспийский прогиб [5-7].

Одной из основных причин, обуславливающих сложный характер аномального гравитационного поля ТКП, является разломная тектоника. Для выделения линейных неоднородностей гравитационного и магнитного полей, исходные данные были трансформированы, с использованием различных методов обработки, применением компьютерных программ для обработки геофизической информации, с целью выделения осевых линейных зон экстремальных значений и т.д.

Выявленные линеаментные зоны в большинстве своем соответствуют известным глубинным разломам. Природа линеаментных зон, не имеющих разломных аналогов, по-видимому, также обусловлена глубинными процессами, возможно не нашедшими отражения в результатах прежних геолого-геофизических исследований вследствие меньших масштабов проявления.

Гравитационное поле Терско-Каспийского прогиба представляет собой систему аномалий различного порядка, отличающихся размерами, интенсивностью, формой и т.д. Представленное на рисунке гравитационное поле ТКП имеет преимущественно субширотное простирание крупных аномальных зон, а также субширотную и северо-западную ориентировки.

Разрывные нарушения отображаются в аномальном гравитационном поле изучаемого региона в виде линейных зон повышенных градиентов, цепочки локальных линейных аномалий обоих знаков, резкой сменой простирания аномалий и линейных зон смены морфологии поля.

На рисунке (рис. 3) иллюстрируется магнитное поле ТКП, характеризующееся наличием крупного Грозненского регионального максимума, протягивающегося в широтном направлении. Обусловлен региональный магнитный максимум интрузивным комплексом пород, связанных с крупным глубинным разломом.

Область отрицательного магнитного поля, расположенная севернее, отвечает глубокому залеганию докембрийского фундамента. На меридиане г. Владикавказ Грозненский максимум сочленяется с поперечным магнитным максимумом, вероятно, той же природы. Для юга ТКП характерно наличие большого количества небольших аномалий обоих знаков. Обусловлены они, по-видимому, магматизмом в зонах разломов.

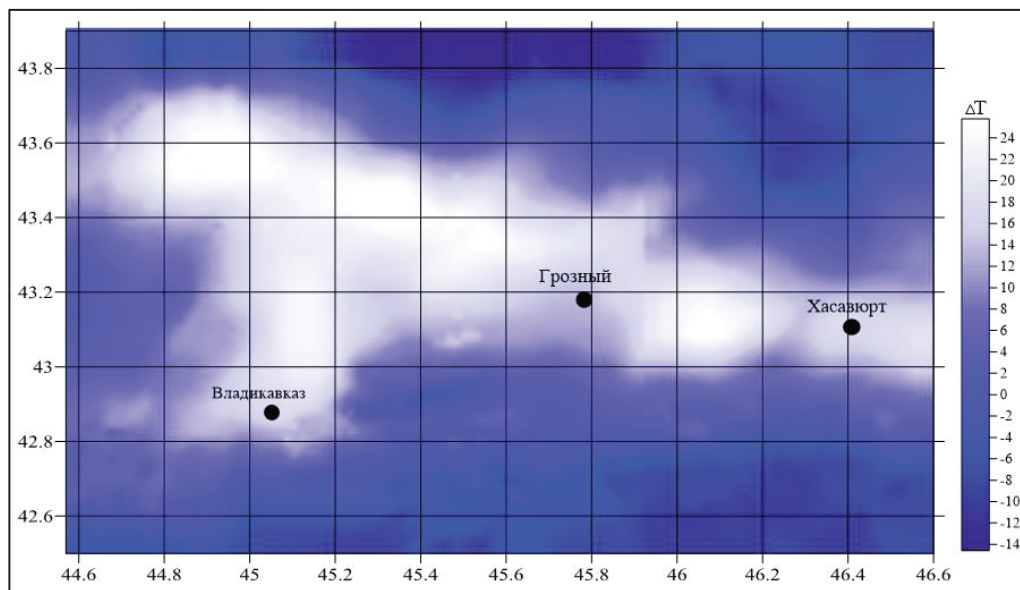


Рис. 3. Магнитное поле Терско-Каспийского прогиба

Разломы на картах гравитационного и магнитного полей отображаются рядом признаков, к их числу относятся:

- большие градиенты гравитационного и магнитного полей;
- полосы интенсивных магнитных и гравитационных аномалий или цепочки максимумов силы тяжести и цепочки округлых положительных магнитных аномалий;
- резкая смена простираний аномалий магнитного и гравитационного полей;
- резкая смена знаков магнитного и гравитационного полей;
- резкая смена общего характера магнитного и гравитационного полей, сложно дифференцированное, слабо возмущенное, почти без аномальное, или смена линейной формы слабо выраженных аномалий на изометрическую;

Геофизические признаки разломов устанавливаемые геолого-геофизическими методами, позволяют установить, во-первых, триаду определяющих свойств разломов, выявлять разлом, как обобщенный образ, во-вторых, классифицировать его, создать его конкретный образ со специфическими характеристиками. Признаки разлома как явления природы логично рассматривать по методам их обнаружения и изучения.

Комплекс признаков, по которым выявляются глубинные разломы можно разделить на геофизические и геодезические, которые подразделяются в свою очередь на динамо-кинематические и структурные. С помощью динамо-кинематических признаков разломов устанавливаются положение и выявляются свойства ныне действующих разломов путем изучения современных движений земной коры и тех процессов и сил, которые (обычно предположительно) вызывают эти движения. С помощью структурных геофизических признаков разломы устанавливаются по тем большим изменениям в структуре Земли, к которым привела их деятельность.

Динамо-кинематические признаки подразделяются на сейсмологические, наклонномерные, геодезические, геотермические.

Сейсмологические признаки. Зоны разломов разного порядка от планетарных до разломов внутрирегионального значения, активных на современном этапе, фиксируются полосами повышенной сейсмичности. Эпицентры землетрясений образуют зоны, иногда тяготеющие к известным тектоническим элементам, а иногда не имеющие видимой связи с поверхностной тектоникой. Обработка сейсмограмм землетрясений позволяет установить характеристики очага (и, следовательно, сделать определенные выводы о

характере и причинах подвижек на глубине в зоне разлома), если задаваться определенной моделью очага.

Наклономерные признаки выражаются в изменении наклонов земной поверхности при землетрясениях в удаленных районах позволяет по степени воздействия на земную кору считать глубинным разлом, в зоне которого это землетрясение происходит, и устанавливать планетарный характер подвижек.

Геодезические признаки. Накопленный фактический материал повторных прецизионных нивелировок и триангуляций позволил выявить существование современных вертикальных и горизонтальных подвижек по разрывам. Разломы отмечаются полосами повышенного горизонтального градиента изменения скоростей вертикальных подвижек [4].

Геотермические признаки. Повышенный тепловой поток в зоне некоторых ныне активных глубинных разломов указывает на их роль как вертикальных теплопроводов и позволяет судить о возможном генезисе тектонических сил, действие которых приводит к возникновению разломов.

Структурные геофизические признаки разломов разделяются на гравиметрические, магнитные, сейсмические, электрометрические и радиометрические.

Сейсморазведочные признаки. Выявление структурных особенностей земной коры и мантии, связанных с деятельностью разломов, с помощью сейсмических признаков основывается на рассмотрении динамических и кинематических особенностей волновой картины. Наиболее широко в практике выделения глубинных разломов используются кинематические характеристики упругих волн и результаты их структурной интерпретации.

При исследованиях МПВ и МОВ для выделения разломов используются кинематические и динамические особенности волн.

Наиболее ярко выраженные в структуре разломы качественно выявляются уже на сейсмограммах как зоны затухания упругого импульса, специфического поведения амплитуд и фаз отраженных волн (динамические признаки) и как зоны, в которых происходит образование боковых отражений, частичная или полная потеря корреляции, изменение количества волн или взаимного расположения отражений, искривление осей синфазности, появление на одном канале записей от одного и того же горизонта, смещенного по сбросу, изменение числа отражающих площадок в зоне разлома, их наклона и т.д. (кинематические признаки).

При исследованиях методом преломленных волн (МПВ) признаком разрыва часто является наличие зон потери корреляции в записи на сейсмограмме, прослеживаемых от профиля к профилю. В некоторых случаях в зонах разломов может и не наблюдаться полной потери корреляции, но оси синфазности на сейсмограммах имеют сильно изломанную форму.

При работах методом отраженных волн (МОВ), часто определяется линия разрывного нарушения в близповерхностных толщах, а глубинность нарушения может быть установлена по совокупности других признаков - протяженности нарушения, амплитуде вертикального смещения, ширине зоны нарушения (дробления) на поверхности или вблизи нее и т.д. Все чаще отраженные волны используются и при глубинных сейсмических зондированиях. При этом получают глубинные разрезы с большим числом горизонтальных и вертикальных (зон разломов) границ раздела.

Магнитные признаки. Аномалии магнитного поля, подчеркивают местоположение глубинных разломов, почти всегда тесно связаны с влиянием изверженных пород. Известна повышенная намагниченность основных и ультраосновных пород. Присутствие основных и ультраосновных пород свидетельствует о глубинности разлома. Поэтому в магнитометрии глубинный разлом чаще выделяется по положительным линейным аномалиям и вытянутым областям положительных аномалий.

Электрометрические признаки. Использование методов постоянного тока (ДЭЗ, ВЭЗ) для выявления глубинных разломов не получило достаточно широкого развития ввиду небольшой глубинности распространенных модификаций электроразведки и

дороговизны глубинных способов исследования. Лишь поверхностные дизъюнктивные нарушения отмечаются с помощью обычных электрометрических методов постоянного тока.

Радиометрические признаки. Радиометрические методы выделения разломов во многом аналогичны магнитным, поскольку радиоактивность пород определяется условиями магматизма и метаморфизма в данном регионе. На картах радиоактивности наличие цепочек и полос повышенной или пониженной активности, границ сиены характера общего фона, своеобразные «гамма-ступени» позволяют выделять разломы.

С помощью гравиметрических признаков выделяются разломы на границе между двумя разнородными блоками, имеющими разную плотность и разломы, в структуре которых находятся породы аномальной плотности. Универсальным и часто встречающимся признаком разлома является «гравитационная ступень». Индикатор типа гравитационная ступень характерно использовать при выделении одиночных разломов. Аномалии вида «гравитационной ступени» могут соответствовать разломам разных порядков – от самых мелких до планетарных. Первые отмечаются аномалией амплитуды в первые десятки мГал, вторые – «материковыми ступенями» с амплитудой в сотни мГал. Глубинный характер разрыва определяется расчетом положения нижней кромки возмущающего тела или на основе косвенных признаков, например, большой протяженности зоны повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести, отмечающей в плане положение аномалий типа гравитационных ступеней [8].

В связи с тем, что появление наложенной структуры связано с относительными вертикальными перемещениями блоков, соприкасающиеся блоки, как правило, имеют разные уровни эрозионных срезов. Именно они, в основном, и проявляются в гравитационном поле разными уровнями значений Δg (гравитационной ступенью). Амплитуда гравитационной ступени пропорциональна современной разности уровней эрозионных срезов блоков и достигает нескольких десятков мГал. Многие особенности геологического строения соприкасающихся блоков характерных прогибу выявляются по данным геофизических съемок, поэтому важно иметь представление о проявлении в полях взаимного наложения основных тектонических структур. Разделение аномалий силы тяжести в этом случае наиболее эффективно с использованием высших производных гравитационного потенциала [9-10].

Обработка геофизической информации с использованием современных алгоритмов и методик позволяет проследить разрывные нарушения и разломно-блоковые структуры проявляющихся в геофизических полях Терско-Каспийского прогиба. Таким образом, интерпретация гравиметрических данных позволяет установить характер проявления разломов земной коры и наложенных структур в геофизических полях.

Использование геофизических и геодезических признаков позволяет выделять разломы, в том числе, активные, по совокупности их динамо-кинематических и структурных проявлений. А так же разломы, которые находятся в латентном состоянии с которыми не связаны современные тектонические процессы или связаны относительно слабые подвижки. Для обнаружения последних используются преимущественно структурные геофизические признаки. Чем шире комплекс использованных геофизических признаков, тем надежнее выделение разлома.

Литература

1. *Абубакарова Э.А.* Пространственный анализ гравитационного поля Терско-Каспийского прогиба // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. Грозный, 2015. С. 99-106.
2. *Абубакарова Э.А.* Анализ гравитационного поля Терско-Каспийского прогиба в системе «Коскад 3D» // Геоинформатика, 2012. № 4. С. 46-50.
3. *Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Абубакарова Э.А.* Гравитационное и магнитное поля и нефтегазоносность Терско-Каспийского прогиба // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2012. Т. 17. № 4. С. 1187-1192.

4. Вацлов Ю.Я. Геофизические признаки разломов. Обзорная информация. Региональная, разведочная и промысловая геофизика. М.: ВИЭМС, 1975. 72 с.
5. Керимов И.А. Прогнозирование структурных особенностей глубокопогруженных горизонтов Терско-Каспийского прогиба по данным гравиразведки и сейсморазведки // Изв. вузов. Нефть и газ, 1990. № 11. С. 24-30.
6. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Абубакарова Э.А. Геофизические поля и разломная тектоника Терско-Каспийского прогиба // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 06-10 июля 2009 г. Материалы конференции. Екатеринбург, 2009. С. 226-230.
7. Керимов И.А., Крисюк И.М., Гайсумов М.Я. Геофизические поля, системы разломов и сейсмичность Чечено-Ингушетии. Деп. в ВИНТИ № 1066-В92 от 30.03.92. 91 с.
8. Лотиев Б.К., Стерленко Ю.А. Глубинные разломы как основная причина тектонической и геоморфологической зональности территории Чечено-Ингушетии // Тр. ГНИ. Сб. 29. М.: Недра, 1968. С. 11-13.
9. Шемтелев А.Г. Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геологический журнал, 1982. № 4. С. 97-108.
10. Kerimov I.A., Abubakarova E.A., Badaev S.V. Tridimensional analysis of the gravitational and magnetic fields of the Terek-Caspian trough // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. United Kingdom: Institute of Physics Publishing, 2017. Том 87. С. 1-6