

ГРАВИТАЦИОННЫЕ АНОМАЛИИ ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ИХ ПРИРОДА

Ф.А.Кадилов

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В последние годы получены новые данные и появились новые идеи относительно структуры Южно-Каспийской впадины (ЮКВ) и истории ее формирования. Однако в целом проблема происхождения впадины как единой структуры до сих пор остается дискуссионной.

В связи с этим в статье оценивается значение прогнозируемой гравитационной аномалии в ЮКВ, которая могла образоваться в результате погружения плиты континентального типа в ее центральной части. Выявлено, что эта аномалия равна -193 мГал и сильно отличается от наблюдаемых в ЮКВ аномалий. Определено, что в ЮКВ гравитационная аномалия, сформированная в результате погружения плиты континентального типа, компенсируется за счет действия размещенного под разделом Мохо слоя пород (мантийные плюмы, мантийные диапиры или выступы астеносферы), значительно более плотного, чем мантия, и располагающегося на глубинах 45-135 км.

Введение

Южно-Каспийская впадина (ЮКВ) является уникальной тектонической структурой. Это связано прежде всего с рекордной глубиной залегания подошвы ее осадочного выполнения и соответственно кровли консолидированной коры (20-30 км). Важной особенностью впадины является необычайно мощное развитие глиняного диапиризма и грязевого вулканизма.

Консолидированная кора ЮКВ в кровле характеризуется сейсмическими скоростями, обычно свойственными нижнему слою континентальной коры либо второму слою океанской коры, что позволяет отнести ее к океанскому или субокеанскому типу. Центральная часть впадины в отличие от ее периферии практически асейсмична, и землетрясения в этой части окаймляют впадину, подчеркивая ее контуры. Несмотря на то, что в ЮКВ наблюдаются крайне низкие значения теплового потока, на фоне этих низких значений выделяются отдельные небольшие участки резко повышенных значений потока, возможно, связанных с деятельностью грязевых вулканов.

ЮКВ в настоящее время привлекает к себе повышенное внимание исследователей в связи со своими исключительно богатыми нефтегазовыми ресурсами. В последние годы получены новые данные и появились новые идеи относительно ее структуры и истории

формирования. Однако в целом проблема происхождения впадины как единой структуры до сих пор остается дискуссионной.

В связи с этим в настоящей статье анализируются результаты гравиметрических исследований, приводится расчет гравитационной аномалии, возникшей в результате погружения плиты континентального типа и образования ЮКВ; рассматривается природа наблюдаемых аномалий.

Гравитационные аномалии ЮКВ

Карта гравитационного поля в редукции Буге ЮКВ приводится на рис.1. Анализ гравитационного поля ЮКВ показывает, что здесь значения аномалии изменяются в пределах ± 30 мГал. В зоне максимальной мощности осадков (Предэльбурский прогиб) наблюдается слабая отрицательная аномалия.

Согласно (Артюшков, 1979, 1993; Brunet et al., 2003; Хаин 2005), формирование глубоких впадин внутриконтинентальных морей, в частности впадины Каспийского моря, сходно со схемой образования прогиба на платформах. По этой модели до новейшего погружения на месте ЮКВ была плита континентального типа.

Какую гравитационную аномалию мы должны были бы видеть в модели погружения и образования ЮКВ и какова природа наблюдаемых гравитационных аномалий?

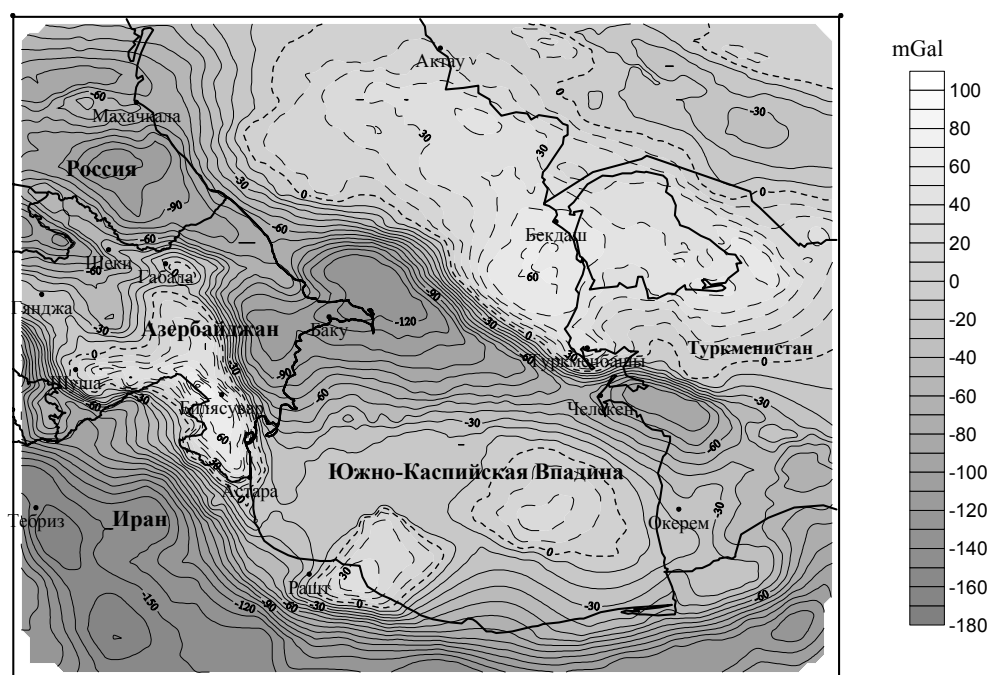


Рис. 1. Гравитационные аномалии ЮКВ и сопредельных областей

Расчеты гравитационных аномалий ЮКВ в модели погружения плиты континентального типа

Для проведения расчетов, позволяющих определить гравитационную аномалию, примем следующую модель глубинного строения Русской платформы и ЮКВ (Аксенович и др., 1962; Knapp et al., 2004).

Строение Русской платформы примем в таком виде: общая толщина коры равна 40 км, "гранитного" слоя – 20 км с плотностью $2,7 \text{ г/см}^3$ и "базальтового" слоя – тоже 20 км, но с плотностью, равной $2,9 \text{ г/см}^3$; плотность подкорового субстрата примем равной $3,3 \text{ г/см}^3$.

В ЮКВ в верхней части разреза под слоем воды со средней мощностью 500 м находится слой осадочных пород толщиной от 10 до 25 км, характеризующийся скоростью прохождения продольных сейсмических волн $V_p=3,5 \text{ км/с}$. Средняя плотность этих пород $\rho=2,3 \text{ г/см}^3$. Под слоем осадочных пород находится "базальтовый" слой, толщина которого в центральной части ЮКВ составляет 10 км. Скорость продольных сейсмических волн в нем $V_p=6,7 \text{ км/с}$, плотность $\rho=2,9 \text{ г/см}^3$. "Базальтовый" слой подстилается подкоровым субстратом, в котором $V_p=8 \text{ км/с}$, $\rho=3,3 \text{ г/см}^3$ (рис. 2).

Проведем сравнение описанного строения земной коры ЮКВ с типичным средним строением коры платформенного типа.

Гравитационные аномалии в редукции Буге на Русской платформе в среднем близки к нормальному значению. Наблюдаемые значения в центральной части южного Каспия также близки к нормальному значению.

Определим, какова должна быть аномалия силы тяжести в ЮКВ, являющейся внутриконтинентальным образованием по сравнению с Русской платформой. При определении величины аномалий гравитационного поля используем формулу для плоскопараллельного слоя.

Сопоставляя модели строения континентальной коры и ЮКВ, мы видим, что при переходе от первой ко второй должны быть сформированы следующие составляющие аномалии силы тяжести.

Верхний слой мощностью 500 м (вода) имеет плотность $1,03 \text{ г/см}^3$, его избыточная плотность по отношению к "гранитному" слою платформы равна $1,67 \text{ г/см}^3$, а значение аномалии – соответственно -35 мГал . Слой осадочных пород мощностью 19,5 км с избыточной плотностью (по сравнению с "гранитным" слоем), равной $-0,4 \text{ г/см}^3$, дает аномалию в $-326,8 \text{ мГал}$.

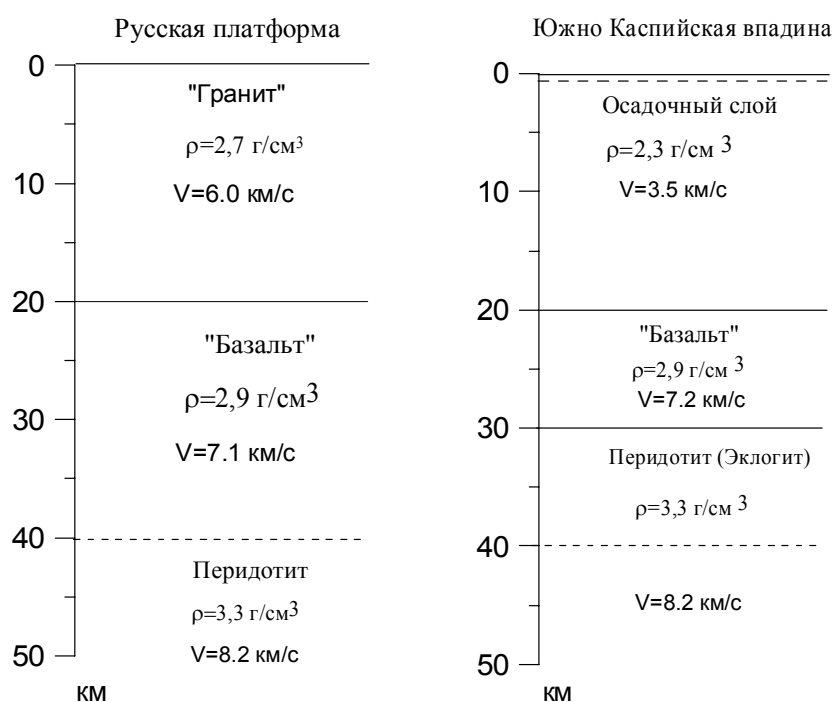


Рис. 2. Модель глубинного строения русской платформы и ЮКВ

"Базальтовый" слой, мощность которого равна 10 км, дает аномалию, равную нулю. Нижний 10-километровый слой подкорового вещества (перидотит, дунит, эклогит и т. п.) с избыточной плотностью, равной $-0,4 \text{ г/см}^3$, создает аномалию $+168 \text{ мГал}$.

Таким образом, если мы будем считать, что ниже 40 км никаких плотностных неоднородностей и изменений нет, получим общую суммарную аномалию над центральной частью ЮКВ, равную -193 мГал . В действительности же наблюдаемые аномалии близки к нормальному значению. Эти -193 мГал фактически оказываются чем-то компенсированными. Такая компенсация возможна за счет действия размещенных под разделом Мохо слоя пород, значительно более плотного, чем мантия.

Случай 1. Основная причина возникновения и формирования глубокой впадины Каспийского моря заключается в сжатии вещества на глубине, в верхней мантии Земли. Другими словами, уплотненной массой является вещество верхней мантии, претерпевшее полиморфный, электронный или фазовый переход. Учитывая линейную протяженность глубоководной части ЮКВ, мы можем гравита-

ционное действие избыточных масс, размещенных в верхней мантии, рассматривать как действие тела в форме горизонтального цилиндра. Положительное действие масс над его осью равно:

$$\Delta g_{\max} = \frac{2\gamma\lambda}{H} = 193 \text{ мГал},$$

где $\lambda = \pi \Delta \rho r^2$ - линейная плотность, r - радиус цилиндра, H - глубина оси цилиндра. В частном случае, когда $r = \frac{1}{2}H$ и $\Delta \rho = 0,2 \text{ г/см}^3$,

глубина залегания оси цилиндра (середина толщи, в которой произошло сжатие вещества мантии, послужившее причиной формирования ЮКВ) определяется равной 90 км, а область уплотненного подкорового вещества находится на глубине от 45 до 135 км. При $\Delta \rho = 0,3 \text{ г/см}^3$ глубина залегания оси цилиндра определяется равной 62 км.

Случай 2. ЮКВ образовалась в результате погружения континентальной коры. В этом случае мы можем гравитационное действие избыточных масс, размещенных в верхней мантии, рассматривать как действие тела в форме вертикального цилиндра. Положительное действие масс над его осью равно:

$$\Delta g_{\max} = 2\pi G \sigma \left[h_2 - h_1 - \sqrt{h_2^2 + R^2} + \sqrt{h_1^2 + R^2} \right] = 193 \text{ mGal},$$

где h_2 - глубина нижней части цилиндра, h_1 - глубина верхней части цилиндра, R - радиус цилиндра. Расчеты, проведенные по этой формуле (когда $\rho=0,2 \text{ г/см}^3$) приводятся в таблице:

Таблица

$h_1 \text{ (км)}$	$h_2 \text{ (км)}$		
	$R = 60 \text{ km}$	$R = 100 \text{ km}$	$R = 120 \text{ km}$
36	144.37	79.41	73.37
38	157.81	82.94	76.36
40	172.96	86.54	79.39

Область уплотненного подкорового вещества, возможно, находится на глубине от 36 до 87 км.

Располагающийся под ЮКВ под разделом Мохо слой пород, значительно более плотный, чем мантия (мантийные плюмы, мантийные диапиры или выступы астеносферы), имеет большое значение для создания геодинамической модели развития ЮКВ. Возможность существования мантийного плюма в основании ЮКВ и геодинамическая эволюция этой впадины рассматриваются в работе А.Д. Исмаилзаде.

Выводы

В модели погружения плиты континентального типа и образования ЮКВ значение гравитационной аномалии должно составлять -193 мГал. Однако здесь наблюдается слабое гравитационное поле, характерное для земной коры континентального типа. Полагается, что указанная гравитационная аномалия компенсируется за счет действия, размещенного под разделом Мохо слоя пород (мантийные плюмы, мантийные диапиры или выступы астеносферы), значительно более плотного, чем мантия, и располагающегося на глубинах 36-87 км.

ЛИТЕРАТУРА

- АКСЕНОВИЧ, Г.И., АРОНОВ, Л.Е., ГАГЕЛЬГАНЦ, А.А., ГАЛЬПЕРИН, Е.И., ЗАЙОНЧОВСКИЙ, М.А., КОСМИНСКАЯ, И.П., КРАКШИНА, Р.М. 1962. Глубинное сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. Изд. Академии Наук СССР, Москва, 152.
- АРТЮШКОВ, Е.В. 1979. Геодинамика. Наука, Москва, 328.
- АРТЮШКОВ, Е.В. 1993. Физическая тектоника, Наука, Москва, 456.
- ИСМАИЛЗАДЕ, А.Д. 2002. Мантийные структуры в геодинамической эволюции Южно-Каспийской мегавпадины. Мантийные плюмы и Металлогения. Материалы Международного симпозиума. Петрозаводск-Москва. 102-104.
- ХАИН, В.Е. 2005. Проблемы происхождения и возраста Южно-Каспийской впадины и ее возможные решения. *Геотектоника*, 1, 40-44.
- BRUNET, M-F., KOROTAEV, M.V., ERSHOV, A.V., NIKISHIN, A.M. 2003. The SCB: a review of its evolution from subsidence modeling. *Sedimentary Geology*, 156, 119-148.
- KNAPP, C.C., KNAPP, J. H., CONNOR, J. 2004. Crustal-scale structure of the SCB revealed by deep seismic reflection profiling. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 1073-1081.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана А.Д.Исмаилзаде