

ПОСТРОЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННО-ГЕОТЕРМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ НА ОСНОВЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

© 2012 г. К. С. Варданян, А. О. Оганесян, Н. М. Погосян

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА
3115, Гюмри, ул. В.Саргсяна, 5, Республика Армения
E-mail: iges_kvardanyan@mail.ru
Поступила в редакцию 21.08.2012 г.*

В статье представлена попытка построения гравитационно-геотермической модели земной коры по сейсмогеологическому разрезу Аспиндза–Армаш на основе значений скоростей прохождения продольных сейсмических волн в слоях земной коры. Расчеты глубинных температур и плотностей показали, что низкоскоростные области в коре и верхней мантии можно объяснить частичным плавлением вещества на соответствующих глубинах, создающим аномалии геофизических полей.

Актуальность создания комплексной геофизической модели Земной коры заключается, в первую очередь, в установлении приемлемого распределения физических свойств пород земной коры, отвечающих как изучаемым физическим полям, так и геологическим данным.

С целью построения комплексной геофизической модели Земной коры территории Армении использованы сейсмологические, гравиметрические и геотермические данные, причем все построения основаны на значениях скоростей прохождения продольных сейсмических волн в земной коре.

Из имеющегося экспериментального сейсмологического материала на территории Армении как наиболее информативные, объемные и относительно современные были выбраны данные глубинного сейсмического зондирования вдоль профиля Аспиндза–Армаш, выполненного в 1989 году с целью исследования очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 года (Геолого-геофизические условия..., 1990).

На сейсмогеологическом разрезе Аспиндза–Армаш проведены изолинии значений скоростей прохождения продольных сейсмических волн, проведены предполагаемые границы в земной коре; разрез пересекает все основные донеогеновые тектонические зоны территории, охватывает всю толщу земной коры. Именно значения скоростей прохождения продольных сейсмических волн - V_p , как экспериментальные данные, были использованы для перехода к расчетным плотностям и значениям радиоактивной теплогенерации в недрах земной коры.

С целью получения сопоставимых результатов, истолкование имеющейся геофизической информации выполнено в рамках единой тектогенетической гипотезы – в данном случае это адвекционно-полиморфная гипотеза глубинных процессов в тектоносфере, описывающая предполагаемые перемещения вещества мантии и коры в геологически активные

периоды развития, в результате чего появляются аномальные источники тепла в тектоносфере. Предполагаемое перемещение вещества тектоносферы происходит в виде подъема отдельных порций перегретого вещества астеносферы, сопровождающегося опусканием холодного из соответствующих глубин. Допускается возможность поступления флюидов из глубинных горизонтов. Постулаты принимаемой гипотезы подробно представлены в работах (Бурьянов и др., 1983; Гордиенко и др., 2003).

Для территории Армении эта методика была применена при построении обобщенной региональной тепловой модели земной коры и верхней мантии (Вартанян и др., 1985). Следует подчеркнуть, что из-за отсутствия профилей ГСЗ на территории Армении (кроме небольшого отрезка профиля ГСЗ Волгоград-Нахичеван) указанные построения были выполнены на основе данных, полученных методом обменных волн, вызванных землетрясениями (МОВЗ). Известно, что этот метод обеспечивает только выделение границ в земной коре без определения значений послонных скоростей прохождения сейсмических волн, а послонные скорости приписывались к отдельным слоям или областям земной коры с помощью скоростных разрезов ГСЗ соседних территорий.

В данном случае, как уже было отмечено, переход от значений скоростей прохождения продольных сейсмических волн (V_p) к значениям радиоактивной теплогенерации (q) и плотности (σ) выполнен на основе скоростного разреза Аспиндза-Армаш (рис.1), а также результатов лабораторных исследований взаимосвязей между физическими свойствами пород (Бурьянов и др., 1983; Фиданян и др., 2004) без привлечения априорных предположений о составе пород земной коры.

Сейсмогеологический разрез Аспиндза-Армаш проходит через пункты Аспиндза, Ахалцихе, Бавра, Кучак, Армаш, пересекая при этом Аджаро-Триалетскую складчатую область, Ахалкалакское нагорье, Сомхетский прогиб, Ширакский синклиний, Апаранский массив, Цахкуняцкий массив, Гегамское нагорье, Нахичеванский массив, разделенные Локско-Акдамской, Красноселск-Леджанской, Амасийской, Зангезурской, Гарнийской и Вединской разломными зонами соответственно (Геолого-геофизические условия..., 1990).

На сейсмогеологическом разрезе Аспиндза-Армаш из многочисленных отражающих и преломляющих границ, предположительных границ разнохарактерных тектонических нарушений, наиболее уверенно проведены поверхность фундамента и граница Мохоровичича.

По характеру распределения скоростей в земной коре по линии профиля земную кору можно разделить на три части: две крайние с большими, четко выраженными волноводами в верхней части коры (9-12 км), и средний, с большим количеством чередований слоев с повышенными и пониженными скоростями, с протяженным волноводом на глубинах 30-40 км, с более глубоким залеганием границы Мохоровичича и др. В средней части профиля в пределах протяженного (более 100 км), низкоскоростного волновода, обнаруживаемого на глубине порядка 35-45 км,

скорости прохождения продольных волн снижаются от 7,0 до 6,4 км/сек. Здесь же, на интервале глубин 9-22 км, наблюдается довольно сложная картина распределения значений скоростей, имеют место резкие перепады, оконтуриваются разноскоростные объекты (рис. 1). Обнаруженные в земной коре высоко- и низкоскоростные объекты авторами интерпретировались как слои с измененными механическими и физическими свойствами (Геолого-геофизические условия..., 1990).

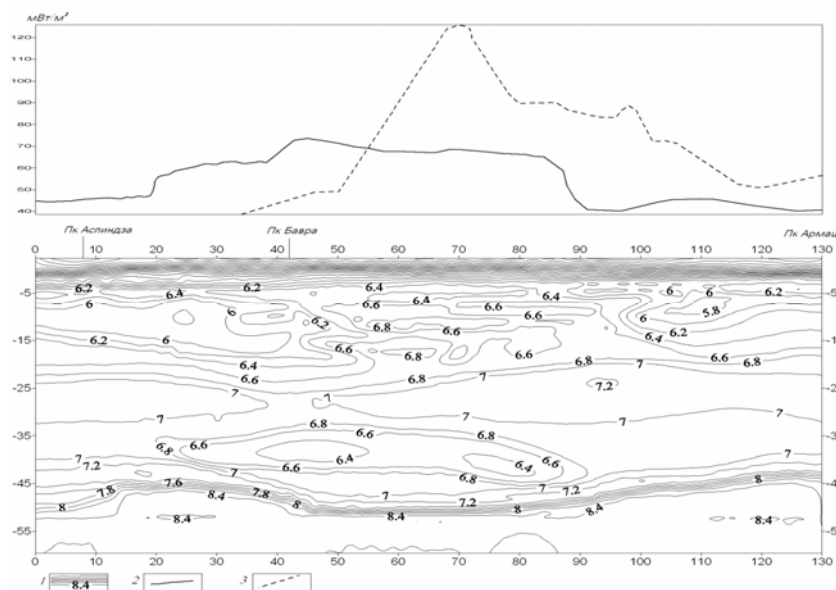


Рис.1 Сейсмический разрез Аспиндза-Армаш (оцифрованный): 1 - изолинии V_p ; 2 - кривая расчетного ТП, учитывающего стационарный фон и эффект частично расплавленной области в нижней мантии; 3 - кривая наблюдаемого ТП.

Переход от значений V_p к радиоактивной теплогенерации (q) и к плотностям (σ) для пород консолидированной коры выполнен с помощью эмпирических формул, полученных в результате лабораторного исследования численных взаимосоотношений физических свойств пород, под высокими температурой и давлением (Бурьянов и др., 1983). Зависимости между V_p и q , и V_p и σ представлены формулами (1) и (2)

$$q = 1,4 \exp 1,25(6 - V_p), \quad (1)$$

$$\sigma = 2,7 + 0,25(V_p - 6). \quad (2)$$

Для пород же вулканогенно-осадочного чехла ($V_p < 6$) было принято значение теплогенерации $q = 1,35$ мкВт/м³. После перехода от V_p к радиоактивной теплогенерации был рассчитан стационарный (фоновый) тепловой поток, образовавшийся за счет распада радиоактивных элементов,

содержащихся в породах коры, и теплового потока, поступающего из мантии - $ТП_м$, по формуле (3) (Бурьянов и др., 1983)

$$\theta = \sum_{i=1}^n q_i \cdot h_i + ТП_м. \quad (3)$$

где i - очередные номера слоев земной коры, а $ТП_м=16$ мВт/м².

По значениям θ построена кривая стационарного ТП, рассчитаны послойные температуры по формуле

$$T_i = T_{i-1} + \frac{\theta_{i-1} - q_i \Delta z_i}{\lambda_i} \Delta z_i. \quad (4)$$

где θ_{i-1} - тепловой поток из поверхности $i-1$ -го слоя; q_i - коэффициент радиогенной теплогенерации; Δz_i - мощность и λ_i - коэффициент теплопроводности i - его слоя. В результате построена стационарная тепловая модель земной коры для сейсмогеологического разреза Аспиндза-Армаш (рис. 2).

Сопоставление кривых стационарного и наблюдаемого тепловых потоков по линии Аспиндза-Армаш выявляет значительную - до 60 мВт/м², аномалию теплового потока (ТП) в центральной части профиля (пк50 до пк110) (рис. 2). Следует отметить, что приведенная кривая наблюдаемого ТП построена по осредненным значениям этого параметра - по точкам пересечения линии профиля с изолиниями ТП на карте (Варданян и др., 2011), в том случае, когда максимальные значения наблюдаемого ТП на той же карте превышают фон в несколько раз.

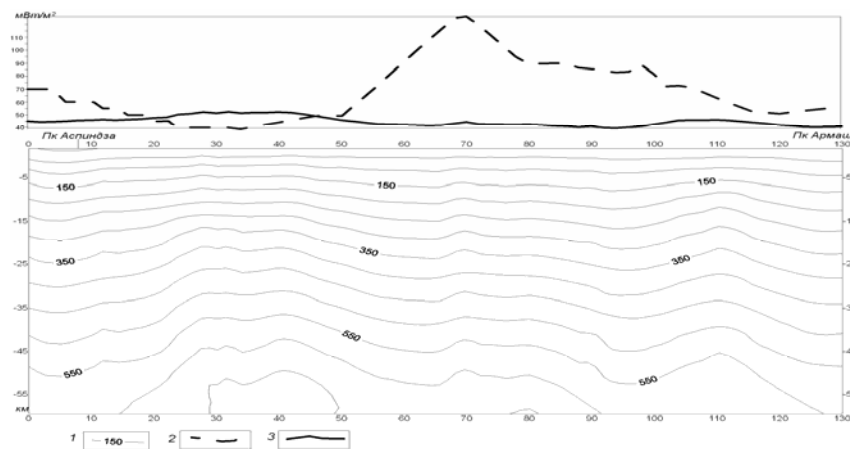


Рис. 2. Стационарная тепловая модель по разрезу Аспиндза-Армаш: 1 - изолинии глубинных температур; 2 - кривая $ТП_{наб}$; 3 - кривая стационарного ТП.

Переход от V_p к плотностям (σ) для пород консолидированной коры произведен по формуле (2), а для вулканогенно-осадочного чехла использована линейная зависимость между σ и V_p , выявленная в результате анализа и статистической обработки петрофизических (лабораторных и скважинных) исследований пород осадочного чехла, с учетом различных искажающих факторов и представленная в виде общего уравнения регрессии (Фиданян и др., 2004)

$$\sigma = 0,22V_p + 1,37 \quad (5)$$

По полученным значениям σ построен плотностной разрез по линии изучаемого профиля (рис. 3) и рассчитан эффект коры для средней плотности мантии $\sigma=3,3$ г/см³, так как из двух возможных вариантов плотности мантии – 3,2 г/см³ и 3,3 г/см³, наилучшее совпадение расчетной и наблюдаемой кривых Δg_b получено при средней плотности мантии 3,3 г/см³. За нулевой уровень расчетного поля силы тяжести принято значение -835мгал (Бурьянов и др., 1983).

Сопоставление расчетной и наблюдаемой кривых Δg выявляет значительные аномалии силы тяжести в разных отрезках профиля, среди которых можно выделить отрезок, ограниченный пикетами 54-130, где кривая Δg_b значительно ниже расчетной кривой Δg . Примерно на этой части профиля – пк 50-110 зафиксирована положительная аномалия ТП.

Учитывая историю геологического развития территории и основываясь на положениях адвекционно-полиморфной гипотезы, можно сделать предположение о наличии в земной коре и верхах мантии зон с частичным плавлением вещества, формировавшихся в результате активных геологических процессов (Альпийская складчатость возрастом 30 млн.лет и мио-плиоценовый магматизм возрастом 6 млн.лет) в тектоносфере региона и обуславливающих положительную аномалию теплового потока и отрицательную аномалию силы тяжести. Небольшое пространственное смещение выявленных аномальных зон может быть связано с наличием тепло-выводящих каналов и с их наклонным положением. Не исключено, что такими каналами могут послужить выделенные на исследуемом сейсмо-геологическом разрезе разнохарактерные наклонные поверхности.

Более мелкие расхождения расчетной и наблюдаемой кривых Δg , возможность их взаимосоотношений с аномалиями теплового потока в данной работе не рассматриваются из-за отсутствия необходимой информации.

Предположению об обусловленности аномалий геофизических полей состоянием вещества в недрах земной коры и верхней мантии в пределах Центрально-Армянской складчатой зоны придерживаются многие исследователи (Мириджанян, 1979; Чернявский и др., 1980) и др.

О нестационарном состоянии вещества недр территории могут свидетельствовать исследования неприливных изменений силы тяжести на территории Армении, констатирующие в пределах активных разломов нестабильный характер изменения силы тяжести. Амплитуды неприлив-

ных изменений силы тяжести в зонах разломов в 3-5 раз превышают амплитуды неприливных изменений силы тяжести в пределах отдельных блоков. Некоторые локальные аномалии неприливных изменений силы тяжести связаны, по всей вероятности, с перемещением масс, особенно, флюидов (Оганесян, 1988).

На геоэлектрической модели земной коры Малого Кавказа на глубине примерно 30-45 км фиксируется субгоризонтальная проводящая зона, к которой примыкают флюидонасыщенные вертикальные разрывы. Возникновение флюидов в глубинных горизонтах земной коры связывается с высвобождением воды в результате высокотемпературного полиморфного перехода амфиболитов к более высоким фракциям метаморфизма. Надежность эквивалентной геоэлектрической модели земной коры Малого Кавказа определяется тем, что при ее построении использована внешняя информация, в том числе данные сейсмометрии (Бердичевский и др., 1998).

Таким образом, предположения о протекании в недрах территории Армении активных тектонических процессов не лишены основания.

Увеличение числа пунктов наблюдаемых значений теплового потока, повышение их точности и представительности могли бы значительно повысить уровень обоснованности высказанных предположений.

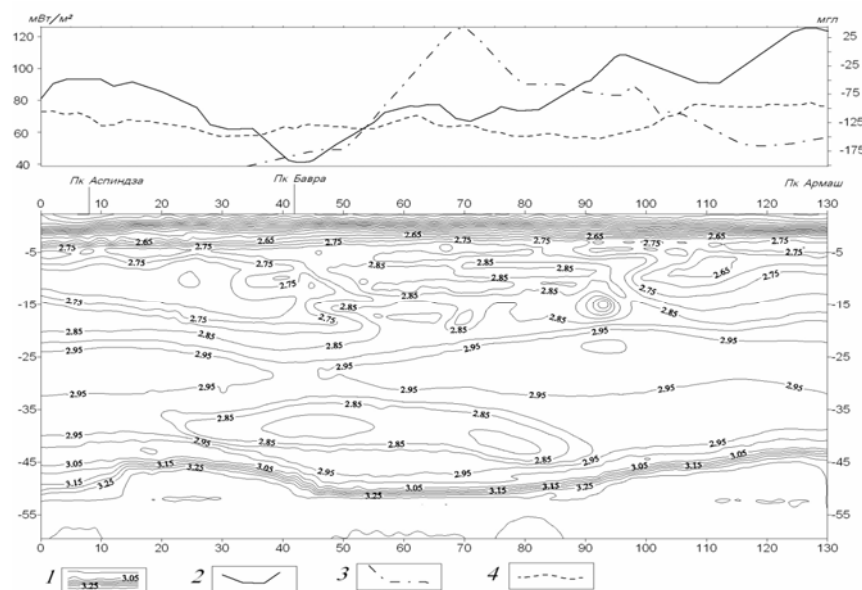


Рис. 3. Плотностная модель земной коры по разрезу Аспиндза-Армаш: 1-изолинии расчетных плотностей; 2-эффект коры для плотности мантии $3,3 \text{ г/см}^3$, 3-кривая наблюдаемого ТП, 4-кривая Δg_B

Вывод

Расчет температур и плотностей глубинных слоев земной коры по зна-

чениям послойных скоростей продольных сейсмических волн и построение на их основе температурного и плотностного моделей недр дают основание говорить наличии частично расплавленных областей в коре и верхней мантии.

Литература

- Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Кулик С.Н., Логвинов И.М.** Комплексное геофизическое изучение тектоносферы континентов. Киев, Наукова думка, 1983, 176 с.
- Вартанян К.С., Якоби Н.М.** Источники аномального теплового потока на территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, N 2, с. 48-53.
- Варданян К.С., Погосян Н.М.** Карта тепловых потоков территории Армении с учетом поправки за рельеф. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2011, N 1, с. 43-46.
- Научно-технический отчет по теме: «Геолого-геофизические условия очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988г. МГ СССР, НПО «Нефтегеофизика», М., 1990, Армгеолфонд, 109 с.
- Бердичевский М.Н., Борисова В.П., Ваньян Л.Л., Голубцова Н.С., Чернявский Г.А.** Глубинные геоэлектрические исследования Малого Кавказа. В кн.: «Геоэлектрическая модель тектоносферы Евразийского складчатого пояса и сопредельных территорий.» Киев, изд. «Знання», 1998, с.152-168.
- Гордиенко В.В., Усенко О.В.** Глубинные процессы в тектоносфере Украины. К., 2003, 147 с.
- Мириджанян Р.Т.** Прогнозная оценка температуры глубинных слоев земной коры на территории АрмССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, N 5, с. 58-63.
- Оганесян А.О.** Изучение неприливных изменений силы тяжести на территории Армянской ССР. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата геол.мин.наук. Киев, ИГ АН УССР, 1988, 21 с.
- Фиданян Ф.М., Оганесян А.О.** Корреляционный анализ физических параметров горных пород по профилю ГСЗ Армаш-Бавра. Научные труды конференции, посвященной 60-летию основания НАН РА (октябрь 2003г., г.Гюмри), Изд. НАН РА, г. Гюмри, 2004, с. 143-148.
- Чернявский Г.А., Яникян В.О., Мириджанян Р.Т.** Некоторые результаты глубинных магнитотеллурических зондирований на территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, N 6, с. 43-49.
- Н.Н. Hovhannisian, A. Avetisyan, F. Fidanyan, A. Manukyan, T. Pogossian.** The Methods and Some Results of Construction of the Earth's Crust Seismogravitational Model for the Territory of Armenia. Abstract Volume the Second International Conference on Earthquake Hazard and Seismic Risk Reduction Commemorating the 10th Anniversary of the Spitak Earthquake, Yerevan, 15-21 September, 1998, pp.114-115.

Рецензент С. Н. Назаретян

**ԵՐԿՐԱԿԵՂՆԻ ՀԱՄԱԼԻՐ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՄՈՂԵԼԼ ԸՍՏ
ՄԵՑՄՍԱԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ՏՎՑԱԼՆԵՐԻ**

Վարդանյան Կ.Ս., Հովհաննիսյան Հ.Հ., Պողոսյան Ն.Ս.

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում ներկայացված է սեյսմաերկրաբանական տվյալների հիման վրա երկրակեղևի և վերին թիկնոցի համալիր երկրաֆիզիկական մոդելի կառուցման փորձ: Հաշվարկների հիմքում ըն-

կած են Ասպինձա-Արմաշ կտրվածքով սեյսմիկ երկայնական ալիքների անցման արագությունների արժեքները, ինչպես նաև ապարների ֆիզիկական հատկությունների միջև բարձր ճնշման և ջերմաստիճանի պայմաններում, փոխադարձ կապերի լաբորատոր ուսումնասիրություններով բացահայտված էմպիրիկ կապերը:

Ստացված արդյունքները թույլ են տալիս պնդել, որ երկրակեղևում առկա ցածր արագությունների տիրույթները, հնարավոր է, պայմանավորված են նյութի կիսահալ վիճակով, ինչն էլ առաջ է բերում երկրաֆիզիկական դաշտերի անոմալիաներ:

THE COMPLEX GEOPHYSICAL MODEL OF THE EARTH'S CRUST BY SEISMOGEOLOGICAL DATA

Vardanyan K.S., Hovhannisyan H.H., Poghosyan N.M.

Abstract

The aim of the given work is to compile complex geophysical model of the Earth's crust and the upper mantle as a means of study of the constitution and process at the corresponding depths. In this case all calculations are based on experimental data on speed passage of seismic waves through the crust's rocks without the necessity of apriori suppositions on the constitution of the rock's crusts and also on the results of the laboratory investigations between physical properties of rocks.

With the aim of achievement of comparison of the obtained results a joint interpretation of the available geophysical information within the limits of tectogenic hypothesis has been carried out in this case according to postulates of advection – polymorphous hypothesis of tectonosphere development when geological processes having been fixed on the surface are considered as consequences of the deep-seated processes taking place in the tectonosphere. The calculations of heat and gravitational effects of the similar body give a base to suppose about the reasonable discrepancy of gravitational and heat anomaly with heat condensation in the lower parts of the Earth's crust.