

УДК 550.361:550.837

ГЕОЛОГИЯ

Т. АШИРОВ, В. Г. ДУБРОВСКИЙ, Я. Б. СМЕРНОВ

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ И ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЕ И ПРИРОДА СЛОЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОВОДИМОСТИ

(Представлено академиком А. В. Пейве 18 II 1975)

В последние годы на территории Южно-Каспийской мегавпадины по результатам глубинного магнито-теллурического зондирования были надежно установлены слои повышенной проводимости (сопротивление порядка первой единицы омметров), залегающие в верхней мантии на глубинах 40—60 км в центре впадины и на глубинах 100—120 км по ее периферии (^{1, 2}). Традиционное объяснение этих слоев наличием высоких температур и фракционного плавления в мантии на таких глубинах входило в серьезные противоречия с низкими значениями теплового потока, которые в то время не получили надлежащего объяснения (^{4, 5, 9}).

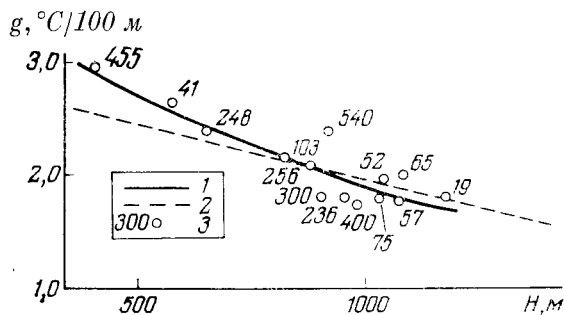


Рис. 1. Зависимость геотермического градиента от мощности четвертичных отложений. 1 — фактическая, 2 — теоретическая, 3 — скважины

Для комплексного решения задачи Геологический институт АН СССР и Институт физики Земли и атмосферы АН ТуркмССР в течение 1973—1974 гг. провели детальные работы по изучению теплового потока на территории Туркмении. Определение геотермического градиента проводилось по данным производственного термокаротажа скважин со значительным временем выстойки (30 скважин) и по данным прецизионных замеров температур в длительно простаивающих скважинах (14 скважин). Теплопроводность образцов определялась в полностью водонасыщенном состоянии цилиндрическим зондом постоянной мощности. Результаты измерений теплового потока приведены в табл. 1, причем погрешность измерений достигает 20% в пунктах №№ 1—30 и в среднем 10% в пунктах №№ 31—44.

Как видно из этих данных, наблюдается очень четкое увеличение теплового потока с глубиной. Мы связываем его с историей геологического развития Южно-Каспийской впадины, а именно с нестационарностью теплового поля в пределах длительно накапливающейся осадочной толщи (^{3, 10}). На рис. 1 показаны фактическая и теоретическая кривые изменения геотермического градиента в зависимости от мощности четвертичных отложений, достигающих здесь 1200 м (т. е. скорость осадконакопления дости-

Таблица 1

Тепловой поток в Западно-Туркменской впадине (мккал/см²·сек)

№№ п.п.	Координаты		Площадь и № скв.	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄
	с. ш.	в. д.					
1	39°25'	53°15'	Ч-7 *		3,0	1,85	2,54
2	39°25'	53°50'	К-2	0,69	0,82	—	0,75
3	39°25'	53°45'	К-41	0,88	1,45	1,46	1,20
4	39°25'	53°55'	К-71	0,69	0,91	—	0,81
5	39°25'	53°50'	К-97	0,65	0,79	0,89	0,76
6	39°25'	53°50'	К-103	0,86	1,11	—	1,05
7	39°25'	53°45'	К-126	0,61	1,18	—	0,95
8	39°30'	53°55'	К-295	0,55	0,80	1,44	0,78
9	39°25'	53°55'	Б-11	0,6	0,92	—	0,76
10	39°20'	54°50'	Б-12	0,63	0,86	0,95	0,85
11	39°20'	54°15'	Н-433 *	1,02	1,43	1,5	1,47
12	39°20'	54°20'	Н-466	—	—	—	0,87
13	39°20'	54°25'	Н-532	0,96	1,05	—	1,01
14	39°20'	54°20'	Н-543	1,07	1,20	—	1,16
15	39°15'	54°20'	Н-759	0,63	0,73	—	0,68
16	39°20'	54°30'	М-13	0,95	1,06	—	1,04
17	39°15'	54°40'	Ка-205	0,65	0,91	—	0,82
18	39°10'	54°35'	Ка-209	0,65	1,02	—	0,97
19	39°10'	54°30'	Ка-214	0,66	1,06	—	0,90
20	39°15'	54°50'	Кд-102	1,03	1,30	—	1,26
21	39°15'	54°55'	Кб-3	1,03	—	—	1,03
22	39°10'	54°50'	Бд-11	—	—	1,11	1,11
23	39°10'	54°45'	Бд-15 *	1,37	0,57	0,75	0,88
24	38°50'	54°20'	Г-9	0,78	0,86	0,93	0,86
25	38°40'	54°15'	Кр-2	0,56	—	—	0,56
26	38°40'	54°10'	Кр-5	0,61	0,72	—	0,66
27	38°25'	54°05'	Км-2	1,09	1,00	1,06	1,05
28	38°30'	54°05'	Км-7	0,85	1,01	1,12	1,05
29	38°10'	54°05'	О-12	0,76	0,83	0,79	0,8
30	38°10'	54°10'	О-14	0,90 *	0,77	0,74	0,79
31	39°30'	53°40'	Кс-19	0,68	—	—	0,68
32	39°30'	53°40'	Кс-52	0,79	—	—	0,79
33	39°30'	53°45'	Кс-57a	0,73	—	—	0,73
34	39°30'	53°45'	Кс-65	0,76	—	—	0,76
35	39°30'	53°45'	Кс-75	0,70	—	—	0,70
36	39°25'	53°45'	К-41	1,07	—	—	1,07
37	39°25'	53°50'	К-103	0,89	—	—	0,89
38	39°25'	53°55'	К-248	1,00	—	—	1,00
39	39°30'	53°55'	К-540	0,87	—	—	0,87
40	39°25'	54°00'	Б-236	0,70	—	—	0,70
41	39°20'	54°05'	Б-256	0,83	—	—	0,83
42	39°25'	53°55'	Б-300	0,72	—	—	0,72
43	39°25'	53°55'	Б-400	0,68	—	—	0,68
44	39°15'	54°50'	Кд-455	1,23	—	—	1,23

Примечание. Распределение теплового потока дано по стратиграфическим комплексам: q₁ — четвертичный, q₂ — аншперон и акчагыл, q₃ — красноцветная (продуктивная) толща, q₄ — средневзвешенный тепловой поток. Площади: Б — Барса-Гельмес, Бд — Боядаг, Г — Гограньдаг, К — Котур-тепе, Кб — Кобек, Кд — Кумдаг, Кз — Кызылкум, Км — Камышлыджа, Кр — Карадашлы, Кс — Комсомольская, М — Монжуклы, Н — Небит-Даг, О — Окарем, Ч — Челекен. В случаях, отмеченных звездочкой, возможны проявления гидротермальной деятельности.

гает 0,175 см/год *). Совпадение этих кривых показывает, что именно осадконакопление ответственно за формирование нестационарного теплового поля в регионе.

Количественно оценить влияние осадконакопления на изменение теплового потока и глубинных температур можно при помощи теорий ⁽³⁾ и

* Наличие участков с такими высокими скоростями осадконакопления в четвертичный период позволило впервые проверить на практике теорию формирования тепловых полей при мощном накоплении осадков.

особенно ⁽¹⁰⁾. По Ф. Берчу ⁽¹⁰⁾, изменение теплового потока на поверхности осадков может быть представлено формулой:

$$q=q_0\left(1-2/\sqrt{\pi}\int_0^tze^{-z^2}\frac{d\tau}{\tau}\right)+q_p\int_0^t\Phi^*(z)\frac{d\tau}{t};\quad z=u\tau/\sqrt{4a(t-\tau)},$$

здесь q_0 и q_p — тепловой поток с поверхности фундамента и радиогенный тепловой поток из толщи осадков при достижении стационарного состояния; u , t — скорость и время осадконакопления; a — температуропроводность осадков; τ — шаг (по времени) численного интегрирования, под интегралом соответственно производная и интеграл функции ошибок. Рассчитанное по этому уравнению распределение теплового потока в земной коре Южно-Каспийской впадины в процессе ее геолого-исторического развития приведено в табл. 2 для двух моделей строения осадочной толщи, характерных для Гограндаг-Чикишлярской (А) и Прибалханской (В) зон Западно-Туркменской депрессии. Глубинное строение территории и скорость осадконакопления в I и II слоях (I слой — осадки неотектонического этапа от современных до красноцветных включительно, II слой — осадочные отложения альпийско-киммерийского этапа, возможно палеозоя) взяты по ⁽⁶⁾. Для определения теплофизических характеристик и генерации тепла в III и IV слоях принято, что III («базальтовый») слой состоит преимущественно из пород амфиболитовой фации регионального метаморфизма, а IV слой (верхи мантии) — преимущественно из ультраосновных пород и мантийных эклогитов. Из табл. 2 видно, насколько сложна тонкая структура теплового потока во впадинах типа Южно-Каспийской, и лишь учет истории геологического развития может объяснить наблюдаемые величины теплового потока

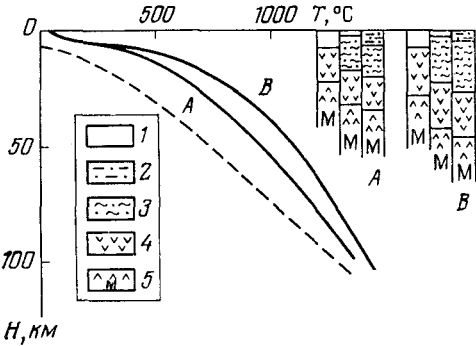


Рис. 2. Модели строения земной коры и верхней мантии и соответствующие им современные распределения температуры для зон А и В (прерывистая кривая — первоначальное распределение до накопления осадочной толщи). 1 — вода; 2 — осадочные отложения неотектонического этапа от современных до красноцветных включительно; 3 — осадочные отложения альпийско-киммерийского этапа, возможно и палеозоя; 4 — «базальтовый» слой; 5 — верхняя мантия

Таблица 2
Распределение теплового потока в Южно-Каспийской мегавпадине

Слой	Возраст, млн. лет	Тепло- и температуропроводность		Генерация тепла Λ , кал/см ² .сек	Мощность слоев, км		Тепловой поток, мккал/см ² .сек *					
		a , км ² /год	λ , кал/см·сек·°C		модель А	модель В	модель А			модель В		
							q_1	q_2	q_3	q_1	q_2	q_3
I	5—6	$13 \cdot 10^7$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	3,75	6,26	1,14	1,75—0,74	0,18—0,05	0,89	1,85—1,15	0,3—0,1
II	220	$25 \cdot 10^7$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-13}$	15	20	1,75	1,6—0,32	0,60—0,13	1,86	1,6—0,4	0,8—0,1
III	—	$32 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	15	20	1,6	1,3—0	0,3—0	1,6	1,2—0	0,4—0
IV	—	$64 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$			1,3			1,2		

* q_1 — фактический тепловой поток на верхней границе слоев, причем $q_1 = q_2 + q_3$; q_2 — тепловой поток из основания и его деформированная в результате осадконакопления часть; q_3 — радиогенный тепловой поток от слоев и деформированная в результате осадконакопления часть.

(табл. 1 и 2). Для моделей А и В было подсчитано современное распределение глубинных температур (рис. 2) в сравнении со стационарным распределением, существовавшим до накопления осадков (детальнее в ^(7, 8, 10)). Сравнивая полученные кривые (А и В) глубинных температур в коре и мантии региона с температурами выплавления базальтов при $P_{H_2O} = P_{нагр}$ и $P_{H_2O} = 0$, мы можем сделать вывод, что под Южно-Каспийской впадиной, по геотермическим данным, возможно существование зоны фракционного плавления вещества верхней мантии на глубинах порядка 40–60 км, характеризующейся низкими удельными сопротивлениями и выделяемой по данным МТЗ как слой повышенной проводимости в верхней мантии. Аналогичное объяснение может иметь и слой повышенной проводимости на глубинах 100–120 км в периферических частях впадины, причем он может представлять собой как отдельную зону, так и, вероятно, вторую зону фракционного плавления вещества верхней мантии ⁽⁷⁾.

Таким образом, методами геотермии и геоэлектрики удалось установить наличие зоны глубинного магмообразования под Южно-Каспийской впадиной и предположить, что существующая здесь зона фракционного плавления в мантии на глубинах 40–60 км связана с поверхностными проявлениями молодого вулканизма в областях Малого Кавказа и Эльбруса.

Институт физики Земли и атмосферы
Академии наук ТуркмССР
Ашхабад

Поступило
8 II 1975

Геологический институт
Академии наук СССР
Москва

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Агакулиев, Т. Аширов и др., Изв. АН ТуркмССР, сер. физ.-тех., хим. и геол. наук, № 1 (1973).
- ² М. Н. Бердичевский, В. Г. Дубровский и др., Физика Земли, № 11 (1970).
- ³ Г. Карслоу, Д. Егер, Теплопроводность твердых тел, «Наука», 1964.
- ⁴ М. А. Кашкай, С. А. Алиев, В кн.: Глубинный тепловой поток Европейской части СССР, «Наукова думка», 1974.
- ⁵ Е. А. Любимова, Г. А. Томара и др., Физика Земли, № 4 (1974).
- ⁶ О. А. Одеков, Орогенные структуры Каспийско-Копетдагского региона, «Ылым», 1971.
- ⁷ Я. Б. Смирнов, Геотектоника, № 6 (1968).
- ⁸ Я. Б. Смирнов, В. М. Сугроров, Н. Г. Сугрובה, В кн. Геодинамика, магмообразование и вулканизм, Петропавловск-Камчатский, 1974.
- ⁹ Г. М. Сухарев, Ю. К. Тарануха, С. П. Владова, Геология нефти и газа, № 7 (1973).
- ¹⁰ F. Birch, F. R. Roy, R. E. Decker, Studies of Appalachian Geology Northern and Maritime, London — Sidney — Toronto, 1968.