



УДК 551.36

© 2011

О. В. Арясова, В. В. Гордиенко, И. В. Гордиенко

Новые определения глубинного теплового потока Земли в районе Днепровской аномалии

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

У 19 свердловинах встановлено величини глибинного теплового потоку. Визначено позитивні аномалії, що тягнуть до зон розломів кристалічного фундаменту регіону. Можливо, що аномалії пов'язані з сучасною активізацією північно-східного схилу Українського щита та Дніпровсько-Донецької западини.

В 2002–2005 гг. при участии авторов проведены геотермические и геоэлектрические исследования Днепровской зоны современной активизации на северо-восточном склоне Украинского щита [1–3]. В ее пределах установлены повышенные значения глубинного теплового потока (ТП) до 55–65 мВт/м² на фоне 40–45 мВт/м², проводящие объекты в средней части коры и верхних горизонтах мантии, поднятия за последние 3 млн лет до 75 м и зона разлома, активного в плейстоцене [4]. Отвечающая зоне аномалия глубинного теплового потока прослежена на протяжении примерно 350 км при ширине около 50 км. Изученность центральной части этого возмущения теплового поля оставалась недостаточной (рис. 1): можно предположить прерывистый характер аномалии и существование ответвления от нее на восток, в сторону Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). Представляет интерес и установление связи аномалии с Кировоградской зоной современной активизации: в случае непрерывности Днепровской зоны можно говорить об ее ответвлении от Кировоградской, продолжении последней севернее Украинского щита не только на север, но и на северо-запад. Поэтому необходимыми представлялись дополнительные геотермические исследования (определения ТП) в соответствующих районах. Они сдерживались редкостью скважин, пригодных для определений геотермического градиента, на склоне щита и исчерпанностью банка данных термокаротажа в глубоких скважинах ДДВ. Некоторым дополнением имевшейся информации могли служить измерения в мелких гидронаблюдательных скважинах левобережья Днепра в Черкасской области (в районе собственно Днепровской аномалии) и данные об измерениях температур пластовых вод вскрытых продуктивных горизонтов в глубоких скважинах ДДВ. Результаты таких исследований изложены в настоящем сообщении.

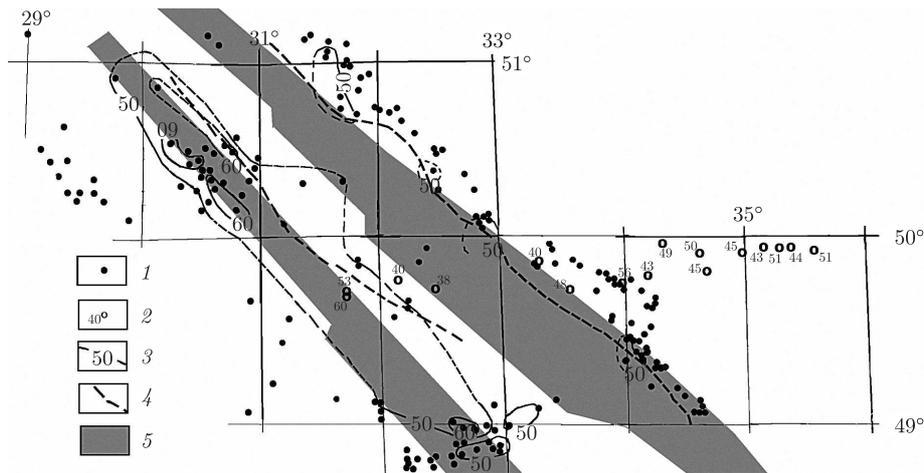


Рис. 1. Распределение глубинного теплового потока (в мВт/м²) в районе Днепровской аномалии. Пункты определений ТП: 1 — имевшиеся ранее, 2 — полученные в 2008 г.; 3 — изолинии ТП; 4 — краевой разлом ДДВ и Днепродзержинский разлом; 5 — разломные зоны, активизированные в последние 3 млн лет [4]

Определения ТП в мелких скважинах. Измерения температуры (T) в нескольких скважинах были выполнены в 2008 г. термисторным термометром, обеспечивающим погрешность около $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3 и др.]. Они во всех случаях искажены влиянием палеоклимата (отличием температуры поверхности плейстоцена от современной), на глубинах до 30 м — влиянием годового цикла температуры поверхности. Сумма соответствующих поправок, рассчитанных по формулам, согласно работе [3], приведена в табл. 1.

Их введение позволило получить довольно гладкое изменение температуры с глубиной в таких скважинах: Вознесенск 921, Франково 927, Бубновская Слободка 875 (рис. 2). Экстраполяцией термограмм к поверхности определены температуры поверхности ($8,3\text{--}8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), которые согласуются с уже известными в этом районе, согласно данным выполненных исследований [2, 3]. Они были использованы для расчета геотермического градиента в четырех скважинах, где достоверные значения температуры ограничены результатами, полученными в забое.

Гидрогеологические искажения термограмм представлены в трех скважинах. Следы откачки явно заметны в скважинах Вознесенск 921 и 922. Использовались только неискаженные (или слабоискаженные) части термограмм. В скв. Бубновская Слободка 880 очевидны следы вертикальных перетоков воды (возможно, откачек), здесь использовалась забойная температура и температура поверхности, установленная на скв. Бубновская Слободка 875.

Тепловой поток рассчитывали с учетом установленной ранее зависимости теплопроводности (λ) вскрытых скважинами осадочных пород от глубины: она увеличивалась от $1,55$

Таблица 1. Поправки к измеренным температурам

$H, \text{ м}$	$\Delta T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$H, \text{ м}$	$\Delta T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$H, \text{ м}$	$\Delta T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$H, \text{ м}$	$\Delta T, \text{ }^{\circ}\text{C}$
10	0,09	25	0,13	40	0,22	55	0,30
15	0,00	30	0,16	45	0,24	60	0,33
20	0,18	35	0,20	50	0,27	65	0,36

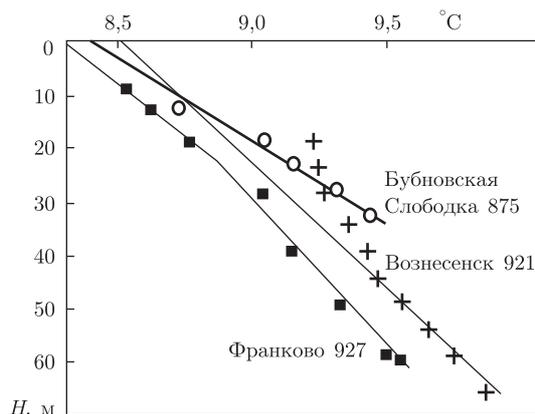


Рис. 2. Распределение температур, исправленных с учетом годового цикла и палеотемператур поверхности, в трех скважинах района исследований

на глубинах 0–15 м до 1,75 на глубинах 0–65 м. Проверка применимости такого выбора параметра была возможна только на термограмме по скважине Франково 927, где достоверно выявлены два интервала глубин с различным геотермическим градиентом. Установленные в их пределах ТП составляют 40 и 35 мВт/м², что отвечает погрешности единичного определения около 9%. Ошибка в определении теплопроводности пород должна быть меньше этой величины.

Погрешность полученных значений ТП должна проявляться, в частности, в различиях теплового потока, установленного в территориально близких скважинах (табл. 2), и представляется довольно обычной (5–10%) для данного вида исследований [1–3 и др.]. Конечно, нельзя утверждать, что нами рассмотрены все источники искажения ТП (и соответственно

Таблица 2. Результаты определения ТП

Скважина	С. ш.	В. д.	H, м	T, °C	T ₀ , °C	Град., °C/100 м	λ, Вт/(м·°C)	ТП, мВт/м ²
Вознесенск 921	49°45'	32°10'	65	9,50	8,3	2,18	1,75	38
Вознесенск 922	49°45'	32°10'	33	9,16		2,63	1,65	43
Франково 927	49°43'	32°27'	59	9,22	8,5	2,08	1,75	36
Франково 928	49°43'	32°27'	13	8,62		2,54	1,55	39
Франково 929	49°43'	32°27'	13	8,62		2,54	1,55	39
Бубн. Слободка 875	49°43'	31°43'	32	9,24	8,4	3,22	1,65	53
Бубн. Слободка 880	49°42'	31°43'	23	9,13		3,73	1,60	60
Солоха 82	49°58'	34°23'	4520	127	9,0	2,61	1,80	49
Сахалинская 14	49°57'	35°17'	4780	124	9,0	2,41	2,05	51
Карайкозовская 2	49°57'	35°10'	5100	124	9,0	2,25	1,80	43
Высокопольская 1	49°57'	35°23'	4000	105	9,0	2,40	1,75	44
Нарижнянская 2	49°56'	35°36'	4260	113	9,0	2,44	2,00	51
Березовская 31	49°55'	35°00'	4700	117	9,0	2,30	1,90	45
Опошня 114	49°55'	34°40'	4400	127	9,0	2,68	1,80	50
Петривцевская 7	49°52'	33°26'	2900	70	9,0	2,10	1,75	40
Матвеевская 19	49°49'	34°44'	5540	144	9,0	2,43	1,80	45
Гоголевская 12	47°47'	34°14'	5500	135	9,0	2,29	1,85	43
Сагайдак 1	49°45'	34°00'	2320	78	9,0	3,00	1,80	56
Белоцерковская 233	49°43'	33°36'	2640	66	9,0	2,16	2,10	48

внесены все поправки), поэтому ошибка может быть значительнее, но информация о других помехах, кроме указанных выше, отсутствует.

Определения ТП в глубоких скважинах. На рис. 1 пункты выполненных ранее определений глубинного ТП восточнее Днепровской аномалии показаны только на западном краю района шириной около 150 км с плотной сетью наблюдений в ДДВ. Далее на восток внутри впадины не были обнаружены заметные возмущения ТП, которые оконтуривались бы обоснованно проведенной изолинией 50 мВт/м^2 [3]. Небольшие по площади аномалии глубинного теплового потока на периферии впадины явно приурочены (рис. 1) к краевому разлому грабена ДДВ (как и Днепровская аномалия — к Днепродзержинскому разлому [1, 2]). Следует отметить, что между 33° и 34° в. д. краевой разлом проведен условно, но в этом районе отсутствуют и аномалии ТП. Возможно, возмущения глубинного теплового потока соответствуют в большей степени не древним разломам, а зонам нарушений, активных в последние 3 млн лет [4] (см. рис. 1).

Несмотря на сравнительно плотную сеть наблюдений нельзя исключить пропуска положительной аномалии, продолжающей Днепровскую аномалию в ДДВ. Для расчета геотермического градиента были использованы сведения о температурах вод, вскрытых глубокими скважинами в продуктивных горизонтах впадины, которые получены организациями Мингео Украины в течение многих лет. Отобраны данные в пунктах, позволяющих продолжить широтный профиль, намеченный результатами исследований в районе Днепровской аномалии (см. рис. 1).

Для реальных измеренных температур — $66\text{--}144^\circ\text{C}$ (см. табл. 2) достаточно точный расчет среднего геотермического градиента в интервале глубин “продуктивный горизонт — поверхность” можно выполнить, используя одну температуру поверхности Земли — 9°C . Теплопроводность также использовалась в виде средних значений, полученных по величинам параметра для основных литолого-стратиграфических разностей пород, пересекаемых скважинами [3 и др.]. В основном λ составляла $1,75\text{--}1,90 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$, только в местах пересечения значительных по мощности соляных отложений несколько увеличивалась (см. табл. 2).

Рассчитанный ТП исправлялся с учетом влияний инфильтрации поверхностных вод и палеоклимата. Поправки оказались незначительными $1\text{--}3 \text{ мВт/м}^2$, что не удивительно для глубин измерения температуры $2,5\text{--}5,5$ км. Всего в пределах намеченного профиля удалось определить 12 значений ТП. Большинство из них получены на структурах, где уже были определения глубинного ТП. Новые значения, как правило, несколько выше прежних.

Рассматривая полученные новые данные о распределении глубинного теплового потока в регионе, можно констатировать следующее:

Подтверждается существование Днепровской аномалии ТП, хотя изученность ее центральной части повысилась незначительно. В этой части возмущения, как и в северной, и южной, могут иметь ТП интенсивностью до 60 мВт/м^2 , что интересно не только для изучения процесса современной активизации, но и с точки зрения оценки геоэнергетических ресурсов. Полученные данные позволяют говорить о северо-западном ответвлении Кировоградской зоны современной активизации.

Глубинные ТП, установленные в пределах ДДВ на возможном ответвлении Днепровской аномалии, в некоторых пунктах превышают 50 мВт/м^2 , что выше значений, известных здесь ранее. Фоновая величина ТП в ДДВ составляет около $(43 \pm 3) \text{ мВт/м}^2$, т. е. названные значения аномальны. Не исключено, что в этом районе ДДВ может быть намечено продолжение Днепровской или Кировоградской аномалии ТП [3]. Поэтому имеет смысл по возможности дополнить данные о тепловом поле региона.

Работа частично выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Украины (ГФФИ), грант № Ф28.6/020.

1. Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В. и др. Днепровская аномалия теплового потока и электропроводности // Геофиз. журн. – 2005. – 4. – С. 597–610.
2. Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В. и др. Новые результаты геотермических и геоэлектрических исследований Днепровской зоны современной активизации // Там же. – 2007. – 1. – С. 115–121.
3. Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В. и др. Тепловое поле территории Украины. – Киев: Знание Украины, 2002. – 170 с.
4. Верховцев В. Новітні вертикальні рухи земної кори території України, їх взаємовідношення з лінійними та кільцевими структурами // Енергетика Землі, її геолого-екологічні прояви, науково-практичне використання. – Київ: Ред.-видав. центр “Київський університет”. – 2006. – С. 129–137.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев*

Поступило в редакцию 22.12.2009

O. V. Arjasova, V. V. Gordienko, I. V. Gordienko

New determinations of Earth's deep heat flow in the Dnieper anomaly area

The values of the deep heat flow are studied in 19 boreholes. The positive anomalies are detected. The anomalies have correlation with fault zones in the crystalline foundation. The positive anomalies possibly correspond to the recent activation of the NE slope of the Ukrainian shield and the Dnieper-Donets basin.