

В. В. Гордиенко, И. В. Гордиенко, О. В. Завгородняя

Тепловое поле северо-западной части Днепровского бассейна Днепровско-Донецкой впадины

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

В 135 скважинах Днепровского бассейна Днепровско-Донецкой впадины установлены величины глубинного теплового потока (ТП). Определены положительные аномалии ТП, тяготеющие к зонам разломов кристаллического фундамента региона в его юго-западной части. Единичные аномальные значения встречаются также на северо-востоке, но они не объединяются в региональные аномалии. Проведено сравнение результатов геотермических исследований с различными физическими полями. Возможно, что аномалии связаны с современной активизацией рассматриваемого района.

Территория Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) — одна из наиболее изученных по тепловому потоку Земли (ТП) в Украине [1 и др.]. Здесь выполнено более тысячи определений ТП. Несмотря на высокую плотность сети исследований, пока не удается получить ответ на вопросы, весьма существенные для понимания природы теплового поля впадины. Не вызывает сомнений, что здесь происходит процесс современной активизации, коровый этаж которого действует, вероятно, только последние сотни тысяч лет. Об этом свидетельствуют данные сейсмологии, гравиметрии, геоэлектрики, сведения о молодых поднятиях поверхности, нефтегазоносности, гидрохимической инверсии подземных вод и др. [2]. Проявления активизации в виде локальных аномалий ТП известны в различных районах Днепровского бассейна ДДВ. По менее очевидным геотермическим данным можно наметить простирающиеся аномальных зон регионального уровня, пересекающих впадину. Признаки продольных (по отношению к ДДВ) зон активизации внутри впадины пока не удавалось достоверно установить. Их значимость не вызывает сомнений: вместе с иными данными глубинной геофизики эти сведения позволяют районировать регион по потенциальной нефтегазоносности.

Ввиду изложенного, авторами была предпринята попытка дополнительного изучения ТП в Днепровском бассейне, что могло способствовать выделению малоинтенсивных региональных аномалий ТП и определению их простираемости. В настоящем сообщении рассматриваются результаты такой работы в северо-западной части бассейна. Здесь ранее уже были установлены признаки поперечной аномалии — фрагмента протяженного возмущения теплового поля, протягивающегося через всю территорию Украины в субмеридиональном направлении. На сегодня основное внимание было сосредоточено на обнаружении продольных аномалий.

Новые определения ТП. Изучение глубинного (исправленного с учетом приповерхностных влияний) теплового потока было проведено в Монастырищенско-Софиевском, Талалаевско-Рыбальском, Глинско-Солоховском и Антоновско-Белоцерковском нефтегазоносных районах. Результаты, полученные в первом районе, уже были опубликованы и здесь не приводятся, хотя и применяются в общей схеме распределения параметра. Расчет ТП

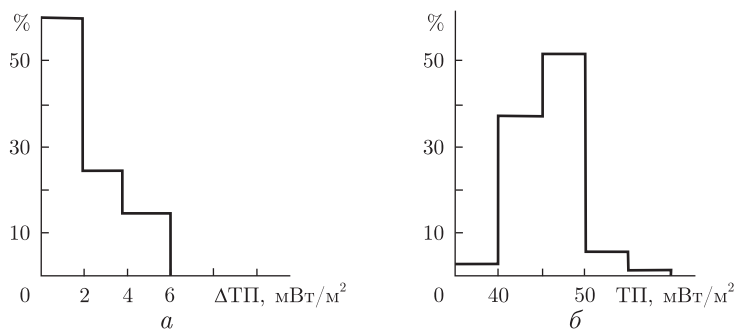


Рис. 1. Гистограммы распределения расхождений между старыми и новыми определениями теплового потока Земли (а) и площадей распространения различных величин ТП на территории северо-западной части Днепровского бассейна ДДВ (б)

выполнен по результатам измерений температуры при испытаниях потенциально продуктивных пластов. Эти данные наряду с забойными температурами после специальной проверки были признаны наименее искаженными воздействием тепловых эффектов бурения скважин. Использовались архивные материалы каротажных экспедиций Мингео УССР и сведения, приведенные в [3].

Геотермический градиент для расчета ТП определялся в виде средней величины на базе между глубинной и приповерхностной точками. В качестве последней применялись данные многолетних измерений температуры на метеостанциях и в мелких скважинах. Для всей территории с погрешностью, заметно не влияющей на результат определения ТП, приповерхностную температуру можно считать равной $8,5^{\circ}$. В измеренные глубинные температуры (в диапазоне глубин 1100–6200 м) перед вычислением геотермического градиента вносились поправки, учитывающие влияния палеоклимата и инфильтрации поверхностных вод [1]. Влияние структурного фактора в рассматриваемом районе было признано незначительным. По геологическим разрезам скважин и сведениям о теплопроводности пройденных ими пород разного возраста и литологии [1, 2] были определены средние значения в интервале глубин расчета градиента. Вариации теплопроводности находятся в пределах 15%, типичные величины различаются не более 5–10%.

Расчет глубинного ТП проведен в 135 скважинах на 51 месторождении нефти и газа. Результаты представлены в табл. 1.

Установленные величины ТП изменяются в довольно широких пределах — 37–70 мВт/м², но экстремальные значения редки — основная масса (как и в полученных ранее результатах [2]) составляет (45 ± 5) мВт/м². Сопоставление новых значений ТП со старыми, установленными в тех же или соседних скважинах на одной структуре, обнаруживает расхождения, составляющие в среднем 3–4 мВт/м². Это отвечает погрешности определения, вполне сравнимой с полученной ранее — на уровне 5%. При сравнении выносимых на карту групповых определений расхождение составляет 2–3 мВт/м² (рис. 1), что отвечает ошибке около 5%. В местах достаточно плотной сети возможно проведение изолиний ТП через 5 мВт/м².

Распределение ТП в регионе. Полученные значения ТП добавлены к имевшимся прежде в северо-западной части Днепровского бассейна. Предварительно они были сгруппированы в 50 пунктах, для которых вычислены средние величины ТП. Ранее здесь ТП был известен примерно в 500 пунктах (включая данные 2012 г., не приведенные в табл. 1, —

около 30 пунктов), т. е. уплотнение сети в целом невелико, но новые данные помогли заполнить некоторые пробелы изученности. Карту теплового потока Земли региона демонстрирует рис. 2.

На рис. 2 можно видеть относительные повышения теплового потока, формирующие продольные полосы в районе юго-западного краевого разлома ДДВ и, менее отчетливо, — вблизи юго-западного краевого разлома рифейского грабена. Связь с разломами, активизированными в последние 3 млн лет [4], не видна. Естественно, для признания этих вариаций параметра аномалиями необходимо сравнить их с фоном. Представляется, что оценка фона в данном случае может быть более объективно описана характеристикой, опирающейся на относительные площади распространения значений ТП разного уровня, чем на количество этих значений (см. гистограмму на рис. 1).

Наиболее распространенными оказываются значения около 46 мВт/м², несколько превосходящие средние величины для впадины в целом и для Украинского щита. В пределах

Таблица 1. Новые определения теплового потока Земли в северо-западной части Днепровского бассейна Днепровско-Донецкой впадины

С. ш.	В. д.	ТП, мВт/м ²	С. ш.	В. д.	ТП, мВт/м ²	С. ш.	В. д.	ТП, мВт/м ²	С. ш.	В. д.	ТП, мВт/м ²
50°51'	33°10'	53	50°33'	33°22'	47	50°20'	32°44'	46	50°20'	33°35'	49
50°48'	33°10'	51	50°32'	32°31'	47	50°20'	32°43'	49	50°20'	33°36'	49
50°48'	33°15'	41	50°32'	32°32'	50	50°19'	32°39'	50	50°20'	33°37'	45
50°48'	33°17'	50	50°32'	32°40'	41	50°19'	32°40'	51	50°20'	33°49'	47
50°48'	33°19'	51	50°32'	33°30'	40	50°19'	32°44'	48	50°19'	33°49'	47
50°47'	33°08'	42	50°32'	33°31'	46	50°19'	32°43'	47	50°18'	33°20'	48
50°47'	33°11'	48	50°32'	33°32'	44	50°18'	32°40'	51	50°17'	33°00'	44
50°47'	33°25'	50	50°32'	33°41'	48	50°18'	32°45'	43	50°17'	33°02'	45
50°46'	33°05'	47	50°31'	33°31'	47	50°16'	32°53'	45	50°17'	33°20'	51
50°46'	33°10'	48	50°31'	33°30'	46	50°17'	32°53'	45	50°17'	33°33'	46
50°46'	33°26'	50	50°31'	33°40'	46	50°11'	33°00'	48	50°16'	33°33'	43
50°45'	33°04'	49	50°31'	32°31'	46	50°06'	33°07'	51	50°16'	33°38'	45
50°44'	33°07'	51	50°31'	32°39'	41	49°43'	33°32'	70	50°14'	33°46'	46
50°44'	33°26'	46	50°31'	33°22'	47	49°38'	33°58'	49	50°14'	33°47'	49
50°42'	33°14'	44	50°30'	32°30'	45	49°39'	33°58'	62	50°14'	33°51'	45
50°42'	33°16'	45	50°30'	33°22'	46	50°27'	33°27'	37	50°13'	33°50'	44
50°41'	33°17'	50	50°30'	33°30'	46	50°27'	33°28'	44	50°11'	33°54'	44
50°40'	33°16'	47	50°30'	33°39'	46	50°24'	33°21'	45	50°10'	33°25'	46
50°40'	33°15'	49	50°30'	33°40'	48	50°24'	33°22'	47	50°08'	33°23'	45
50°39'	33°40'	45	50°30'	33°46'	47	50°23'	33°22'	43	50°07'	33°23'	44
50°38'	33°24'	47	50°30'	33°45'	48	50°23'	33°23'	44	50°07'	33°58'	43
50°38'	33°39'	53	50°30'	33°35'	46	50°22'	33°04'	43	50°06'	33°24'	48
50°38'	33°40'	53	50°29'	32°46'	44	50°22'	33°12'	45	50°06'	33°25'	51
50°38'	33°41'	53	50°29'	33°27'	45	50°22'	33°11'	45	50°06'	33°58'	43
50°37'	33°21'	47	50°28'	33°27'	43	50°22'	33°23'	44	50°02'	33°41'	45
50°37'	33°23'	47	50°28'	33°45'	44	50°22'	33°35'	47	50°00'	33°39'	44
50°37'	33°41'	51	50°25'	33°46'	45	50°22'	33°36'	48	50°01'	33°39'	45
50°37'	33°40'	53	50°23'	33°49'	45	50°22'	33°37'	46	49°59'	33°45'	44
50°36'	33°18'	49	50°22'	32°42'	47	50°21'	33°11'	46	49°58'	33°52'	44
50°36'	33°23'	47	50°21'	33°55'	47	50°21'	33°35'	49	49°55'	33°36'	57
50°36'	33°27'	48	50°21'	32°37'	43	50°21'	33°36'	44	49°47'	33°51'	55
50°36'	33°08'	48	50°20'	32°39'	52	50°21'	33°37'	46	49°52'	33°48'	46
50°35'	33°26'	53	50°20'	32°38'	52	49°48'	33°50'	53			

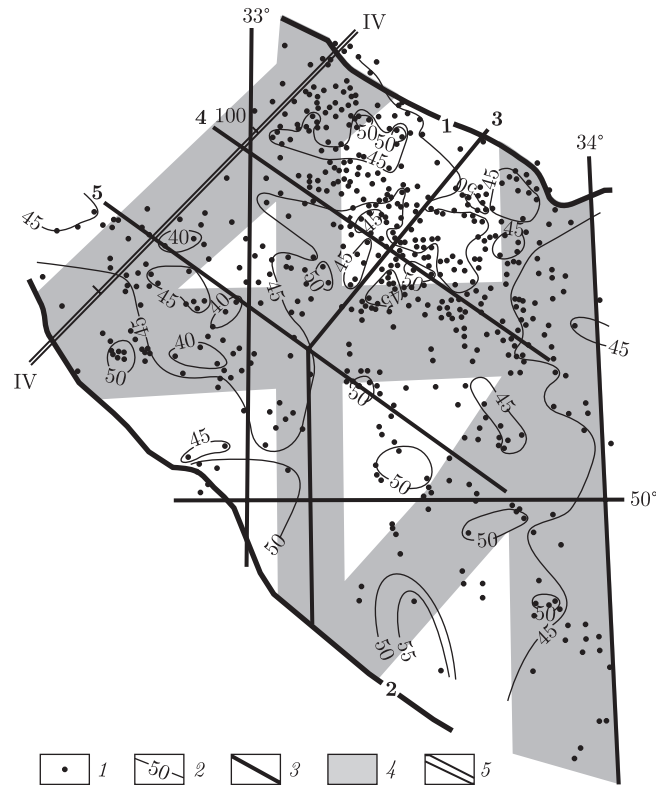


Рис. 2. Распределение глубинного теплового потока в северо-западной части Днепровского бассейна ДДВ: 1 — пункты определения ТП; 2 — изолинии ТП, мВт/м²; 3 — основные глубинные разломы (1 и 2 — северо-восточный и юго-западный краевые разломы ДДВ, 3 — Западно-Ингулецкий, 4, 5 — краевые разломы рифейского грабена ДДВ); 4 — зоны разломов, активизированных в последние 3 млн лет [4]; 5 — профиль ГСЗ IV

упомянутой цепочки повышений ТП у юго-западного разлома ДДВ его средняя величина равна 53 мВт/м². Возмущение несколько превосходит удвоенную погрешность, т. е. находится на грани достоверно выделяемой аномалии. Так же на грани достоверности оказываются немногочисленные понижения ТП до значений менее 40 мВт/м²: в их пределах среднее значение составляет около 38–39 мВт/м².

Возможен и другой подход к выделению аномалии — путем сопоставления экспериментальных значений с расчетными, полученными в предположении отсутствия активного теплопереноса в недрах.

Обсуждение результатов. Значения теплогенерации (ТГ) определялись по скоростному разрезу вдоль профиля ГСЗ IV, пересекающего рассматриваемый регион (см. рис. 2). Сложность расчета ТГ в данном случае обусловлена тем, что связь скорости продольных сейсмических волн и теплогенерации коровых пород установлена для случая нормальной платформенной температуры в коре. На изучаемой территории весьма вероятной представляется современная активизация, соответственно температуры в средней и нижней частях коры выше на сотни градусов Цельсия [2]. Поэтому перед началом вычислений распределение скоростей было исправлено с учетом повышенной температуры как в центральной части предполагаемой зоны активизации, так и на ее периферии. Считалось, что повышение температуры на 100 °С понижает скорость на 0,06 км/с (рис. 3).

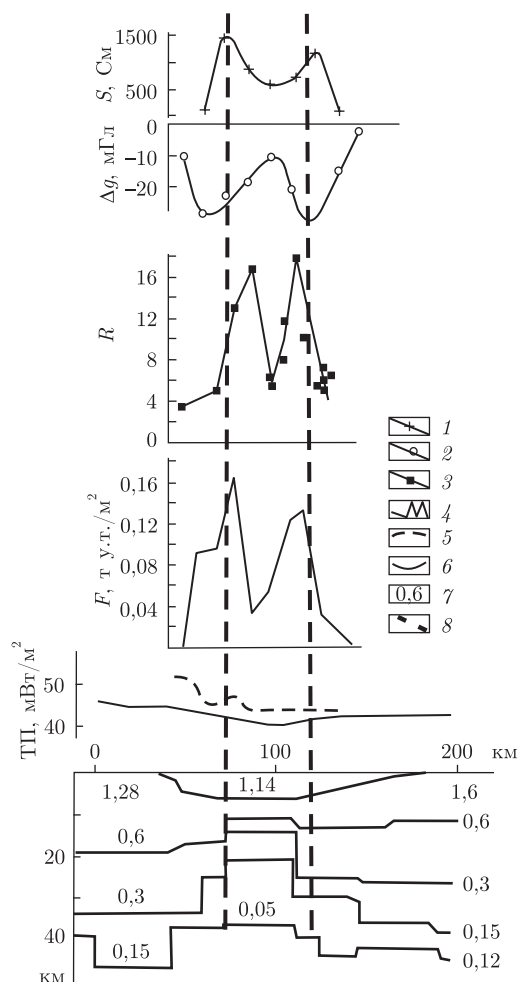


Рис. 3. Сравнение теплового потока в регионе с геолого-геофизическими признаками современной активизации:

1 — суммарная продольная электропроводность (S) средней части земной коры; 2 — мантийная гравитационная аномалия; 3 — изотопное отношение гелия; 4 — плотность запасов месторождений углеводородов; 5 — осредненное распределение ТП; 6 — расчетное распределение ТП; 7 — радиогенная теплогенерация пород, мкВт/м³; 8 — краевые разломы рифейского грабена

Для сравнения с расчетным ТП использовалась кривая изменения параметра, полученная по осреднению в скользящем окне с привлечением всей информации. В общем, аномальность теплового потока фиксируется на том же, почти достоверном, уровне, что и при упрощенном подходе к ее выявлению, и только в юго-западной части бассейна — вблизи соответствующих разломов на краях ДДВ и рифейского грабена. Вторая пара разломов не сопровождается заметным возмущением (см. рис. 3).

Отметим, что современная активизация несомненна. На рассматриваемой территории в последние миллионы лет появились поднятия поверхности амплитудой более 50 м, отсутствующие северо-западнее. Выявлена проводящая зона в средней части коры с суммарной продольной проводимостью до 1500 См, обнаружена мантийная гравитационная аномалия интенсивностью более 20 мГл, небольшая, но вполне достоверная аномалия изотопии гелия с R до 18 ($R = {}^3\text{He}/{}^4\text{He} \cdot 10^8$) (см. рис. 1) [2]. Все эти возмущения достигают максимума



Рис. 4. Распределение в регионе пунктов с величиной ТП 50 и более мВт/м² (точки) и зон anomalously высоких пластовых давлений (кресты) [3]

вблизи краевых разломов рифейского грабена. Так же ведет себя плотность запасов углеводородов. Этот параметр определен следующим образом. Все запасы месторождений (нефть, газ, конденсат) [3] переведены в тонны условного топлива. Полученные цифры просуммированы в пределах полос шириной 0,1 ширины впадины и поделены на их площади. Практически все запасы сконцентрированы вблизи упомянутых краевых разломов рифейского грабена. Аномалии изотопии гелия и мантийная гравитационная однозначно указывают на существование мантийного этапа процесса современной активизации впадины (см. рис. 3).

Вероятно, тепломассоперенос в верхней части коры слишком молод, чтобы создать вокруг каналов, выводящих с больших глубин нагретые флюиды с углеводородами, территориально значительные ореолы горячих пород. Аномалии представлены только локальными всплесками ТП, заметно не проявляющимися в осредненной кривой. Аномалии ТП в отдельных пунктах распространены довольно широко (рис. 4). Они представлены во всех частях бассейна, а не только в юго-западной. Почти вся территория находится в области распространения гидрохимической инверсии, указывающей на недавнее поступление в залежи углеводородов глубинных флюидов. На активный глубинный процесс указывают и зоны anomalously высоких пластовых давлений (см. рис. 4), в основном зафиксированные вблизи северо-восточного разлома рифейского грабена (см. рис. 2).

Таким образом, проведенные исследования глубинного теплового потока в части ДДВ позволили уточнить распределение параметра и более обоснованно рассмотреть вопрос о выделении аномалий, предположительно связанных с современной активизацией. В юго-западной части региона эти возмущения удалось диагностировать достоверно, в северо-восточной — только по отдельным локальным повышениям ТП, не образующим региональной аномалии.

1. Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В., Усенко О. В. Тепловое поле территории Украины. – Київ: Знання України, 2002. – 170 с.
2. Гордиенко В. В., Гордиенко И. В., Завгородняя О. В., Ковачикова С., Логвинов И. М., Пек Й., Тарасов В. Н., Усенко О. В. Днепровско-Донецкая впадина (геофизика, глубинные процессы). – Київ: Корвін прес, 2006. – 142 с.
3. Атлас родовищ нафти і газу України: В 6 т. / За ред. М. М. Іванюти та ін. – Львів, 1998–1999. – Т. 1–6.
4. Верховцев В. Г. Новітні вертикальні рухи земної кори території України, їх взаємовідношення з лінійними та кільцевими структурами // Енергетика Землі, її геолого-екологічні прояви, науково-практичне використання. – Київ: ВПЦ “Київський університет”, 2006. – С. 129–137.

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

Поступило в редакцию 26.06.2013

В. В. Гордієнко, І. В. Гордієнко, О. В. Завгородня

Теплове поле північно-західної частини Дніпровського басейну Дніпровсько-Донецької западини

У 135 свердловинах Дніпровського басейну Дніпровсько-Донецької западини встановлено величини глибинного теплового потоку (ТП). Визначено додатні аномалії ТП, що тяжіють до зон розломів кристалічного фундаменту регіону в його південно-західній частині. Одиначні аномальні значення зустрічаються також на північному сході, але вони не об'єднуються в регіональні аномалії. Проведено порівняння результатів геотермічних досліджень з різними фізичними полями. Можливо, що аномалії пов'язані з сучасною активізацією району, що розглядається.

V. V. Gordienko, I. V. Gordienko, O. V. Zavgorodnjaja

Heat field of the north-west part of the Dnieper basin of the Dnieper-Donets depression

The values of the deep heat flow were studied in 135 boreholes. The positive anomalies were detected. The anomalies have correlation with a fault zones in the crystalline foundation in south-west part regions. Single anomalous values occur in the north-east, but they are not combined into regional anomalies. A comparison of the results of geothermal studies with different physical fields was performed. The positive anomalies possibly correspond to the recent activation of this region.