

УДК 550.361

В.В.Гордієнко, д-р геол.-мінералог. наук,
І.В.Гордієнко, канд. геол. наук

РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗЕМНІЙ КОРИ СУЧАСНИХ І ДОКЕМБРІЙСЬКИХ АКТИВНИХ РЕГІОНІВ

Температурний режим надр у докембрії й сучасний режим не мають суттєвих розбіжностей. Активізація відбувається при температурах, що мають розбіжності лише в наслідок особливостей розвитку тектонічних блоків.

Temperatures of the depths have no differences between Precambrian and recent meanings. Activization happens under the temperatures that are differ only inside boundaries of personal distinctions of the tectonic blocks.

У геологічній літературі можна зустріти твердження про те, що в докембрії існував специфічний тепловий режим земної кори, і вона була прогріта значно більше сучасної. Це пов'язують з меншим остиганням планети і більшою інтенсивністю радіогенної теплогенерації в минулому. Як підтвердження згадуються високі температури (Т) метаморфізму порід, що знаходяться нині на поверхні кристалічних щитів.

Попередній аналіз показує, що ця думка неправильна. Більший прогрів Землі в цілому навряд чи поширюється на її кору. Висока теплогенерація веде до більш швидкого нагромадження тепла в надрах до деякого критичного рівня, за яким з'являється активізація, тобто винос енергії в приповерхню зону за допомогою тепломасопереносу. Потім відбувається релаксація теплової аномалії у вигляді підвищеного теплового потоку (ТП) через поверхню. Імовірно, у докембрії такі активізації відбувалися частіше, ніж у фанерозої, але їхні теплові параметри істотно не відрізнялися від сучасних. У давніх породах щитів у вигляді високотемпературних фацій метаморфізму фіксувалися саме моменти максимального прогріву. Породи, що знаходяться на сучасній поверхні щитів, сформувалися при високих тисках, тобто на значних глибинах. Вони стали доступними для вивчення в результаті підняття блоків кори та їхньої ерозії.

Для обґрунтованішого рішення питання порівняємо сучасну теплову модель активного регіону з даними геотермометрів щодо докембрійських порвд Українського щита (УЩ).

Максимальний сучасний прогрів в Україні характерний для земної кори Закарпатського прогину (ЗП), у межах якого сполучилися теплові процеси альпійської геосинклінали (вік складчастості – близько 25 млн років) і молоді постгеосинклінальної активізації (що почалася декілька мільйонів років тому і триває й по сьогодні).

Теплова модель надр прогину складається з трьох частин:

1. Стаціонарного фоновому розподілу Т, обумовленого радіогенною теплогенерацією (ТГ) в корі й нормальним ТП з нерухомої мантії (близько 20-22 мВт/м² [2]).

2. Нестационарного розподілу Т, пов'язаного з порівняно молодими джерелами тепла в корі й верхніх шарах мантії, що виникли в ході альпійського геосинклінального процесу.

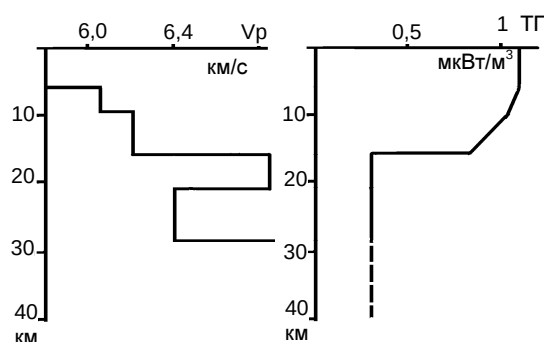


Рис. 1. Швидкісний і теплогенераційний розрізи кори Закарпатського прогину

3. Нестационарного розподілу Т, сформованого останніми актами тепломасопереносу в земній корі при молодій активізації.

Побудова стаціонарної теплової моделі в ЗП відрізняється від звичайної деякою своєрідністю. Справа в тому, що нижня частина кори в інтервалі глибин приблизно від 28 до 40-45 км тут на сьогодні відсутня, але, імовірно, існувала в недавньому минулому. Розрахунок показує, що ефект радіогенної ТГ у ній майже цілком зберігся в корі. Для цього інтервалу глибин був прийнятий рівень теплогенерації, типовий для континентальної кори – близько 0,3 мВт/м³. В іншій частині кори ТГ визначена по швидкісному розрізу [5] з використанням кореляційних зв'язків ТГ і швидкості поздовжніх сейсмічних хвиль в осадовому шарі й консолідованій корі [2]. Під час обчислення враховувалася висока температура і часткове плавлення в нижніх шарах (рис. 1). Попередня оцінка Т, потрібна для розрахунку, проведена за геофізичними даними. Наприкінці побудови повної теплової моделі її

уточнили. Зокрема, ця оцінка показала наявність шару часткового плавлення в інтервалі глибин 22–28 км. Врахування цього факту приводить до практично однакової теплогенерації на всіх глибинах більше 17 км.

Розрахунок корових T виконано з використанням загальноприйнятого виразу

$$T = T_0 + \Sigma(T\dot{T}_i / \lambda_i) \Delta H_i$$

де: T_0 – температура поверхні (10°C),

$T\dot{T}_i$ – тепловий потік у центрі розрахункового інтервалу глибин ($T\dot{T}$ через поверхню мінус сумарна теплогенерація вищих інтервалів),

λ_i – теплопровідність порід розрахункового інтервалу глибин (з урахуванням складу, температури і тиску за [4]),

ΔH_i – потужність розрахункового інтервалу глибин.

Отримано значення T : на 10 км – 210, на 20 км – 340 і на 30 км – 460 $^\circ\text{C}$.

Джерела тепла ($\dot{T}$), що виникли при альпійському геосинклінальному процесі, побудовані за адвекційно-поліморфною гіпотезою [2]. Кожний з них апроксимувався паралелепіпедом з аномальною T . Обчислювався сумарний ефект декількох $\dot{T}$, що виникли на різній глибині в різний час. Температури, пов'язані з одним $\dot{T}$, визначалися за формулою:

$$T = 0,125Ta(\Phi(0,5x_2(at)^{-0,5}) - \Phi(0,5x_1(at)^{-0,5})) \times \\ \times (\Phi(0,5y_2(at)^{-0,5}) - \Phi(0,5y_1(at)^{-0,5})) (\Phi(0,5(h_1+z)(at)^{-0,5}) - \\ - \Phi(0,5(h_2+z)(at)^{-0,5}) + \Phi(0,5(h_2-z)(at)^{-0,5}) - \Phi(0,5(h_1-z)(at)^{-0,5})),$$

де a – температуропровідність середовища (прийнята

рівної $7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$),

t – час (вік $\dot{T}$),

Ta – аномальна температура (стосовно навколишнього середовища в момент появи $\dot{T}$),

h_1 і h_2 – глибини покрівлі і підосви $\dot{T}$,

x_1 і x_2 – відстань від місця розрахунку до країв $\dot{T}$ нахрест простягання,

y_1 і y_2 – відстані від місця розрахунку до торців $\dot{T}$,

Φ – інтеграл ймовірності.

Ця ж методика розрахунку використана і для обліку ефектів $\dot{T}$, що виникли в ході молодшої активізації прогину. Вона охоплює частину території ЗП. Геологічні і геофізичні дані дозволяють вважати ймовірними різні сценарії процесу, відповідно одержуємо різні сучасні теплові моделі. Найкращий збіг з тепловим потоком у прогині досягається у випадку, коли в порушених активізацією фрагментах структури останній $\dot{T}$ виник близько 1 млн років тому. Розподіл T в корі ЗП показано на рис. 2.

Для порівняння з температурами в надрах Закарпатського прогину використано інформацію про РТ-умови метаморфізму в деяких районах УЩ [1, 3 та ін.]. Результати зіставлення показано на рис. 3. Вважалося, що тиск у зонах метаморфізму помітно не відрізнявся від літостатичного. Використані дані відбивають РТ-умови метаморфізму від архею до середнього протерозою (приблизно 1,5-3 млрд років тому).

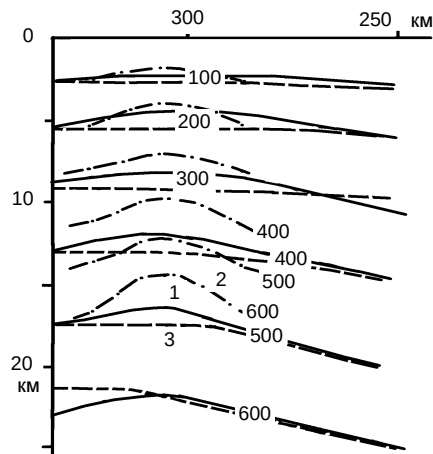


Рис. 2. Сучасна теплова модель кори Закарпатського прогину вздовж геотраверса II: 1–3 – ізотерми, $^\circ\text{C}$ (1 – при коровій адвекції 3 млн років тому, 2 – 1 млн років тому, 3 – без корової адвекції)

Очевидно, що максимальні T непогано погоджуються з більшістю даних, що відображають результати метаморфізму порід. Відхилення пов'язані, ймовірно, з локальними вкоріненнями магми в інтервали глибин, розташовані над основними резервуарами частково розплавлених порід. Таке явище відзначено і в Закарпатському прогині.

Наступна зміна T (у напрямку регресивного метаморфізму без зміни глибини) показана стрілкою для порід Голованівської зони (рис. 3). Зміна температури на глибині близько 20 км за результатами розрахунків становить 40–45 $^\circ\text{C}$ за 2 млн років, що близько до встановленого в [1].

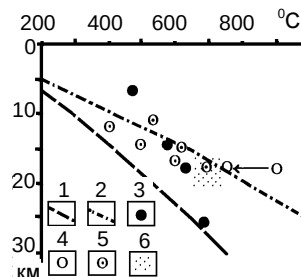


Рис. 3. Максимальні T в корі зони ЗП і дані геотермометрів щодо порід докембрію Українського щита [1, 3 та ін.].

1, 2 – сучасні розрахункові температури (1 – без впливу останньої активізації, 2 – із впливом останнього епізоду активізації), 3 – Приазовський масив, 4 – Голованівська зона, 5 – Криворізько-Кременчуцька і Західно-Інгулецька зони, 6 – область T інших частин УЩ

1. Белевцев Р.Я., Дудко В.С., Белевцев А.Р. Диффузионный массоперенос при метаморфизме в докембрии. – К., 2001. 2. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В. Тепловое поле территории Украины. – К., 2002. 3. Метаморфизм Украинского щита // Ред. И.С.Усенко. – К., 1982. 4. Моисеенко У.И., Гордиенко В.В., Завгородняя О.В. и др. О теплопроводности слоев земной коры и верхних горизонтов мантии // Геотермические модели геологических структур. – СПб., 1991. 5. Чекунов А.В., Ливанова Л.И., Гейко В.С. Глубинное строение земной коры и некоторые особенности тектоники Закарпатского прогиба // Сов. геология. – 1969. – 10. – С.57-68.

Надійшла до редколегії 01.12.2003 р.