

ЗОНИ НИЗЬКИХ СЕЙСМІЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ В ЗЕМНІЙ КОРІ І ЇХ ПЕТРОФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ

У земній корі (Н=5-20 км) зони низьких швидкостей (ЗНШ) можуть мати термобаричну природу. Вони виникають і змінюються залежно від глибинних температурних градієнтів і температурних потоків. На конфігурацію ЗНШ фізичні зміни параметрів порід впливають більше, ніж мінеральний склад. У земних надрах з низькими температурами і тепловим потоком наявність ЗНШ мало ймовірна.

Ключові слова: зони низьких швидкостей; тиск; температура; глибина; експеримент.

Глибинними сейсмічними дослідженнями літосфери встановлені аномалії пружної поведінки мінерального середовища на різних глибинах у вигляді, так званих, зон низьких швидкостей (ЗНШ). Зони виявлені в континентальній і океанічній корі, в районах різної тектонічної активності і розташовані, як правило, на глибинах 3-25 км [Трипольский, Шаров, 2004]. Вони мають потужність від декількох метрів до 20 км із зменшенням швидкості в них до 0,4-0,6 км/с. Абсолютні значення швидкості в зоні зазвичай $6,1 \pm 0,4$ км/с (рис. 1).

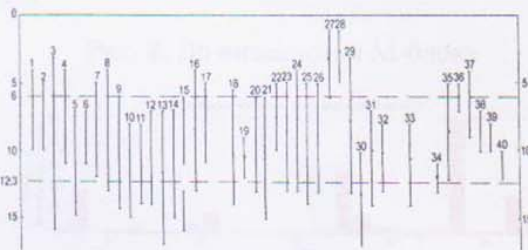


Рис. 1. Розподіл хвилеводів в земній корі Українського (1-17), Балтійського (18-32), Індійського (33), Канадського (34-40) щитів. $\Delta V_p = 0,1-0,7$ км/с (0,1-0,22 км/с), $\Delta H = 3-15$ км, $H_{\min} = 5-12$ км [Трипольский, Шаров, 2004].

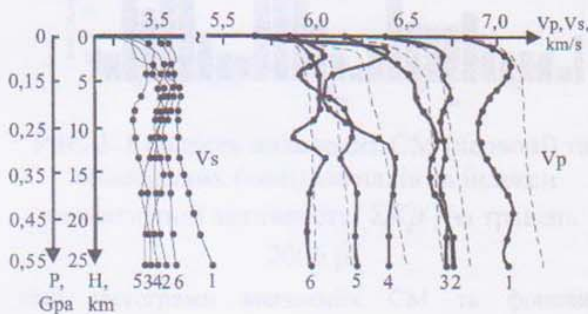


Рис. 2. Зміна $V_{p,s} = f(PT) = f(H)$ з глибиною для різних гранітоїдів:
1 – пегматоїдні, 2 – порфіровидні,
3,5 – рапаківі, 4,6 – середньозернисті.

Природа зон недостатньо вивчена. Експериментальними дослідженнями гірських порід різного мінерального складу в умовах високого тиску і температури, які змінюються за програмами, що відповідають різним глибинам,

нами встановлені складні залежності зміни їх пружних параметрів з глибиною [Корчин, 2007].

На залежностях $V_{p,s} = f(PT) = f(H)$ (рис. 2) виявлені області інверсії швидкостей, де утворюються так звані зони низьких швидкостей. Ці експериментальні зони добре корелюються за своєю конфігурацією і місцезоположенням з пружними аномаліями, виявленими в земній корі в природних умовах методом ГСЗ (рис. 1).

Встановлено, що існує порогове значення зміни з глибиною температури при якому виникають ЗНШ.

Для утворення зони необхідне виконання умови для абсолютних величин:

$$\left| \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \cdot \frac{\partial P}{\partial H} \right| < \left| \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot \frac{\partial T}{\partial H} \right| \quad (1)$$

На підставі експериментальних даних встановлено, що у разі реалізації низькотемпературного режиму дослідів $\partial T / \partial H < 9-11^\circ\text{C}/\text{км}$ зони інверсії швидкостей на залежностях $V_p = f(PT) = f(H)$ не виявляються. Якщо температурний градієнт $\partial T / \partial H > 15-20^\circ\text{C}/\text{км}$ в інтервалі тиску $1,8 \div 3,5$ кбар на залежностях $V_p = f(PT)$, зони низьких швидкостей виявляються чітко. Конфігурація експериментальних зон низьких швидкостей (глибина залягання, потужність, зниження швидкості) подібні виявленим в ході глибинного сейсмічного зондування земної кори (рис. 1, 2). В результаті комплексного структурного дослідження порід після дії різного високого тиску і температур оптичними, рентгеноструктурними, електронно-мікроскопічними методами, аналізуючи матеріали вивчення пружних характеристик порід і даних ГСЗ, зроблено припущення про термобаричну природу пружної вертикальної зональності мінеральної речовини окремих горизонтів земної кори [Корчин, 2007, 2010; Korchin et al., 2007]. Вважаємо, що наявність зон низьких швидкостей в земній корі є об'єктивною реальністю, як результат структурних перетворень порід в умовах протидіючого тиску і температури, характерних для певних глибин літосфери. Показано [Корчин, 2007, 2010; Korchin et al., 2007], що умови виникнення термобаричних зон аномальної поведінки мінеральної речовини на певних глибинах вельми чутлива до температур. Очевидно, флуктуації температури на глибинах 7-

20 км можуть змінювати параметри зони низьких швидкостей аж до їх зникнення. Причиною такого явища може бути зміна теплового режиму за рахунок зміни фізичних характеристик порід в зоні і глибинних термопроцесів. Термобаричне петрофізичне моделювання ділянок літосфери УЩ з коровими зонами низьких сейсмічних швидкостей (на прикладі Придніпров'я і Західно-Інгулецької зони) показало, що ЗНШ в корі слабо залежать від мінерального складу порід на відповідних глибинах. Ці зони, в першу чергу, пов'язані з геотермічною обстановкою на відповідних глибинах, тепловим потоком (ТП).

Залежно від значення теплового потоку (сумарного) змінюються температури в літосфері, а, також, і фізичні властивості порід, що складають її. Так, на глибині 25 км розраховуються наступні залежності T від ТП [Кутас, 1978]: $T=250^{\circ}\text{C}$ при $\text{ТП}=30 \text{ мВт/м}^2$; $T=300^{\circ}\text{C}$ при $\text{ТП}=40 \text{ мВт/м}^2$; $T=500^{\circ}\text{C}$ при $\text{ТП}=60 \text{ мВт/м}^2$.

Оскільки теплові потоки на досліджуваній ділянці УЩ варіюють від 30 до 55 мВт/м^2 [Кутас, 1978], то різні блоки уздовж ділянки профілю мають різні температурні градієнти з глибиною, а, отже, повинні характеризуватися різною конфігурацією зони низьких сейсмічних швидкостей, у зв'язку з істотною залежністю їх від $\partial T/\partial H$. Дійсно, як видно із наведених моделей (рис. 3), ЗНШ більш значущі і упевнено реєструються на західній і східній ділянках, де $\text{ТП}=50\text{-}60 \text{ мВт/м}^2$, а $T_{25}=350\text{-}425^{\circ}\text{C}$ ($\partial T/\partial H=14\text{-}17 \text{ C/км}$). У центральному блоці (ПК 110-70), де $\text{ТП}=35\text{-}45 \text{ мВт/м}^2$, а $T=270\text{-}305^{\circ}\text{C}$ ($\partial T/\partial H < 12^{\circ}\text{C/км}$).

У зв'язку з неоднорідністю теплового поля в центральному блоці (ПК 75-30) виділяється дві ЗНШ: перша – на глибині $H=6\text{-}9 \text{ км}$ в гранітах ($\Delta V=0,15 \text{ км/с}$) і друга – на $H=10\text{-}12 \text{ км}$ в діоритах ($\Delta V=0,03 \text{ км/с}$).

Нами експериментально підтверджено, що існує тісний зв'язок в різних РТ-умовах між теплопровідністю порід і їх пружними характеристиками [Кутас, 1978; Лебедев и др., 1980]. За розрахунками і експериментальними даними зміна теплопровідності в земній корі в деякому інтервалі глибин прямопропорційна зміні пружно-щільнісних характеристик мінерального середовища і зворотнопропорційна температурі. Показано, що теплопровідність порід в земній корі змінюється подібно $V_p=f(H)$, тобто на залежності $\lambda=f(H)$ виділяються області мінімальних значень, які співпадають з подібними для швидкостей [Кутас, 1978; Лебедев и др., 1980; Нашекин, 1969]. Тоді зона низьких швидкостей в земній корі характеризується зниженими значеннями λ і є відбиваючим горизонтом для теплового потоку, джерелом якого є термоактивні процеси на великих глибинах. За класичними законами термодинаміки і теплофізики наявність шару із зниженою теплопровідністю на шляху роз-

повсюдження теплової енергії, призводить до підвищення температури на нижній ділянці шару і зниженню її на верхньому (рис. 4).

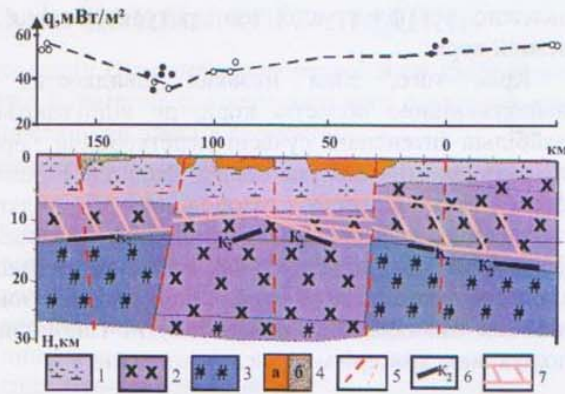


Рис. 3. Фрагмент схематичного розрізу речового складу земної кори ділянки геотранверса IV:

1 – плагиограніти, 2 – діорити, 3 – андербіти, 4 – осадовчно-вулканогенні породи зеленокаменних структур (а) і гранитоїди кіровоградсько-житомирського комплексу (б), 5 – зони розломів, 6 – межі K_2 , 7 – зона низьких швидкостей, q – тепловий потік уздовж профілю

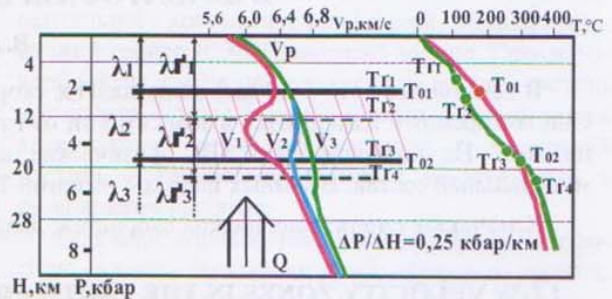


Рис. 4. Динаміка зміни параметрів зони низьких швидкостей у зв'язку із зміною глибинного теплового потоку (Q)

Таким чином, порушується рівноважна РТ-умова існування ЗНШ. Із зниженням температури у верхній області зони порушується термобарична умова (1). Стан порід верхнього шару зони вирівнюється із станом вищерозміщених порід і верхня кромка зони опускається донизу. Одночасно, пропорційно різниці теплопровідності мінерального середовища зони в нижній частині підстилаючих її порід, відбувається перегрів підшви зони, що призводить до порушення знову ж таки умови (1) і нижня кромка зони опускається дониуз. Більший тиск зупиняє зростання зони за рахунок компенсації термічних структурних порушень порід тиском. При цьому, зона змінює свою конфігурацію – її потужність може збільшуватися (із збільшенням інтенсивності глибинного теплового потоку) або вона зникне (зі зниженням надходження достатнього тепла з

глибини). Подібна нестійкість, нестабільність термодинамічних зон низьких швидкостей обумовлює їх епізодичність прояву в земній корі, а також їх міграцію за глибиною і по горизонталі залежно від флуктуації температурного поля в земній корі.

Крім того, зона низьких швидкостей є найактивнішою областю кори, де відбуваються найбільш інтенсивні сучасні перетворення порід за рахунок міграції глибинних флюїдів і інших форм масопереносу газоподібних і рідких середовищ диференціації глибинних розчинів, формуючи в окремих областях локалізації корисних копалини. Таким чином, корові зони низьких швидкостей можуть бути глибинним пошуковим критерієм корисних копалин.

Література

- Корчин В.А. Структурные особенности минеральной среды в РТ-условиях различных глубин земной коры // Геофизический журнал. — 2007. — 29, №3. — С.49-77.
- Корчин В.О. Корові термобаричні перетворення мінеральної речовини і пов'язане з ними сейсмічне вертикальне розшарування

літосфери // Геодинаміка. — 2010. — №1(9). — С. 50-56.

- Korchin V.A., Koboлев V.P., Burtny P.A., Karnaukhova E.E. The thermobaric nature of the low seismic velocities zone's in the Earth crust // Международный научно-практический семинар "Модели земной коры и верхней мантии". — 18-20 сентября, 2007. — Санкт-Петербург, Россия. — CD ROM.
- Кутас Р.И. Поле тепловых потоков и теоретическая модель земной коры. — Киев: Наук. думка, 1978. — 140 с.
- Лебедев Т. С., Шаповал В. И., Корчин В. А., Правдивый А. А. Определение теплопроводности минерального вещества по акустическим измерениям в различных термобарических условиях // Геофиз. журн. — 1980. — 11, № 5. — С. 33—39.
- Нашекин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. — М.: Изд-во «Высшая школа», 1969. — 560 с.
- Трипольский А.А., Шаров Н.В. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным. — Петрозаводск, 2004. — 159.

ЗОНЫ НИЗКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И ИХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

В.А.Корчин

В земной коре ($H=5-20$ км) зоны низких скоростей (ЗНС) могут иметь термобарическую природу. Они возникают и изменяются в зависимости от глубинных температурных градиентов и температурных потоков. На конфигурацию ЗНС физические параметры пород оказывают большее влияние, чем минеральный состав. В земных недрах с низкими T и TP наличие ЗНС мало вероятно.

Ключевые слова: зона низких скоростей; давление; температура; глубина; эксперимент.

LOW VELOCITY ZONES IN THE EARTH CRUST AND THEM PETROPHYSICAL FEATURES

V. Korchin

As low velocity zones result from temperature destruction of rocks uncompensated by pressure at 5-20 km depths, changes in T at these depths can lead to change in intensity of the thickness of these zones and rate of decrease in V_p within them. Crustal thermobaric zones are shown to increase, decrease and disappear depending on $\partial T/\partial H$, $\partial P/\partial H$, λ , T . Instability of the crustal thermobaric zones of low velocity result in their episodic occurrence in the crust and their vertical and horizontal migration depending on temperature fluctuations in the crust.

Key words: low velocity zones; pressure; temperature; depth; experiment.

Институт геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, м. Київ