

УДК 552+536.2+502.64

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНІТОЇДІВ ВОЛИНСЬКОГО МЕГАБЛОКА ЯК КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЇХНЬОЇ ПРИДАТНОСТІ ДЛЯ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Л. Кузів, М. Толстой

*Інститут геологічних наук Національної академії наук України
вул. Гончара, 55б, м. Київ, e-mail: Liliana_k@ukr.net*

Наведено узагальнені дані залежностей коефіцієнта теплопровідності гранітоїдів Волинського мегаблока від їхнього мінерального складу, структурно-текстурних та інших властивостей. Проаналізовано зміни коефіцієнтів теплопровідності, температуропровідності та питомої теплоємності під дією високих тисків і температур, що є особливо актуальним для системи геологічного захоронення РАВ та інших небезпечних речовин.

Ключові слова: система захоронення, радіоактивні відходи, коефіцієнт теплопровідності, петротипи, гранітоїди, конвективне теплоперенесення, проникність.

У разі створення підземних сховищ теплогенерувальних радіоактивних відходів (РАВ) важливого значення набувають зміни петроструктурних та петрофізичних властивостей порід унаслідок теплового впливу завдяки прогріванню гірських порід, що призводить до їхнього розуцільнення і зміни транспортних характеристик.

Достатньої і тривалої надійності об'єкта ізоляції досягають спільною дією взаємодоповнювальних бар'єрів системи захоронення, що охоплює: склад РАВ, контейнер, матеріали засипки, геологічне середовище тощо. Головну роль відіграють природні бар'єри (вмісні породи), які разом із інженерними складовими забезпечують утримання РАВ протягом часу, достатнього для суттєвого зниження активності короткоживучих радіонуклідів. Вмісні породи повинні бути досить стійкими щодо теплового та радіаційного впливу та мати достатню теплопровідність [13,8]. Тому дослідження пошуку придатних умов захоронення РАВ повинні забезпечувати інформацію про доступні характеристики природного бар'єру.

Серед теплофізичних параметрів найуживанішим є *коефіцієнт теплопровідності* (λ). У цьому контексті його розглядають як один з параметрів вибору порід, який характеризує якість геологічних бар'єрів. Ретельно цей параметр досліджують фінські та шведські вчені [11,5]. Зокрема, однією з вимог, висунутих ними до порід об'єкту сховища, була їхня теплопровідність, що повинна становити 2,5 В/м·К і більше [4].

Поведінку фізичних властивостей гірських порід за температури до +350 °С й тиску до 0,7 МПа вивчають у Відділі фізичних властивостей речовини Землі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України [1]. Результати цих досліджень дали змогу прогнозувати зміни коефіцієнтів теплопровідності до глибин близько 20–25 км.

Теплофізичні характеристики в оцінюванні придатності порід для сховища РАВ. Поведінка і стан гірського масиву як геологічного сховища значно залежатиме від його теплового режиму, що є важливим чинником, який визначає рівень безпеки

захоронення РАВ. Тому інформація про справжні коефіцієнти теплоємності, тепло-ратуро-провідності, теплопровідності та взаємозв'язки цих коефіцієнтів з показниками інших фізичних властивостей порід мають важливе значення. З огляду на сценарій розігрівання порід ближнього поля сховища, вивчення теплофізичних властивостей доцільно моделювати глибинами проектної системи захоронення. Згідно з [1], така глибина захоронення РАВ становить від 400 до 700 м. Для розрахунку температури на зазначеній глибині можна скористатись формулою визначення геотермічного градієнта для гранітної товщі, запропонованою Ф. Берчем та Д. Хьюзом [4]:

$$G_{гр}=[24,8-0,9\cdot X] \text{ град/м,}$$

де X – глибина в земній корі, для якої розраховують градієнт, $0 < X < 15$ км.

Для глибини 700 м геотермічний градієнт становитиме $24,17$ °С/м, за графіком зміни температури і тиску в земній корі можна визначити, що тиск для цієї глибини буде близько 140 атм.

Від параметрів мікроклімату і якості атмосфери значно залежить стійкість підземних виробок. Щодо цього верхньою межею допустимої температури повітря в сховищі є температура, яка становить $26\text{--}30$ °С. У гірських породах, що оточують підземні могильники РАВ, виникають штучні температурні поля і поля їхніх концентрацій через різницю між температурою відходів та природною температурою гірських порід, а також через дифузійні процеси, внаслідок перебігу хімічних реакцій чи реакцій перетворення в матеріалі, який захоронюють тощо. Теплові потоки в масиві порід, спричинені наявністю сховища, є змінними з часом, особливо в початковий період експлуатації, та суттєво залежать від рівня температур і теплофізичних характеристик порід.

Теплофізичні характеристики та їхній зв'язок із складом і структурою порід Волинського мегаблока. Загалом у межах УЩ максимальні значення теплопровідності гранітоїдів спостерігають у Північно-Західному та Середньо-придніпровському районах (відповідно, до $3,50$ і $3,2$ Вт·м⁻¹·К⁻¹), а мінімальні (близько $1,95$ Вт·м⁻¹·К⁻¹) – у Дністерсько-Бузькому, що відображає відмінності у валовому мінеральному складі порід [3].

У табл. 1 наведено значення коефіцієнта теплопровідності та відсотковий вміст мінералів, що є в складі деяких гранітоїдів Волинського мегаблока. Наприклад, мінімальні значення теплопровідності характерні для житомирських гранітів однойменного комплексу, бехівських гранітів осницького комплексу, острівських гранітів, граніту рапаківі малинського, рапаківіподібних гранітів потіївського та норинського коростенського комплексу і становлять $2,6\text{--}2,95$ Вт·м⁻¹·К⁻¹. Максимальні значення властиві гранітам львівківським, сирницьким, хочинським пержанського комплексу, мухарівським гранітам осницького комплексу та рапаківіподібним березівським гранітам коростенського комплексу – $3,3\text{--}3,6$ Вт·м⁻¹·К⁻¹. Гістограма на рис. 1 відображає залежність теплопровідності від відсоткового вмісту кварцу та слабку залежність від відсоткового вмісту калішпатів (коефіцієнт кореляції між теплопровідністю та вмістом кварцу і калішпату становить $0,58$ та $0,21$, відповідно). Відсутність тісного кореляційного зв'язку пояснюють тим, що компоненти складу, які є визначальними в разі формування відповідних фізичних властивостей, у різних

Таблиця 1

Мінеральний склад та теплопровідність провідних петротипів Волинського мегаблока

Комплекс		Петротип	Теплопровідність, Вт/м*К	Мінеральний склад, %							
				плагіоклаз		кварц		калішпат		біотит	
					середнє		середнє		середнє		середнє
Пержанський	1	Граніт львівківський	3,12	5-8	6,50	32-54	43,00	36-55	45,50	1-4	2,50
	2	Граніт сирницький	3,58	4-10	7,00	25-47	36,00	44-62	53,00	0,2-2	1,10
	3	Граніт хочинський	3,27	4-7	5,50	29-35	32,00	56-62	59,00	1-3	2,00
Коростенський	4	Граніт лізниківський	3,50	6-17	11,50	28-35	31,50	46-59	52,50	1-6	3,50
	5	Граніт острівський	3,00	32-41	36,50	30-36	33,00	20-26	23,00	5-10	7,50
	6	Граніт рапаківіподібний березівський	3,40	8-15	11,50	26-33	29,50	45-62	53,50	0-3	1,50
	7	Граніт рапаківіподібний ємельянівський	3,10	6-12	9,00	31-33	32,00	53-58	55,50	1-3	2,00
	8	Граніт рапаківіподібний розсохівський	3,15	10-18	14,00	22-35	28,50	43-58	50,50	1-4	2,50
	9	Граніт рапаківіподібний норинський	2,80	2-9	5,50	21-29	25,00	50-75	62,50	0-1	0,50
	10	Граніт рапаківіподібний ігнатпільський	3,25	24-26	25,00	31-34	32,50	34-38	36,00	2-4	3,00
	11	Граніт рапаківіподібний коростенський	3,20	5-9	7,00	29-35	32,00	53-58	55,50	1-2	1,50
	12	Граніт рапаківіподібний потіївський	2,95	15-17	16,00	15-26	20,50	53-64	58,50	2-4	3,00
	13	Граніт рапаківі малинський	2,90	9-11	10,00	19-32	25,50	52-68	60,00	1-2	1,50

Продовження табл. 1.

Кишинівський	14	Граніт устинівський	3,01	24-34	29,00	22-31	26,50	43-50	46,50	1-3	2,00
	15	Граніт новоград-волинський	3,17	13-24	18,50	36-52	44,00	13-28	20,50	4-13	8,50
Осницький	16	Граніт мухарівський	3,30	12-32	22,00	25-42	33,50	29-63	46,00	1-5	3,00
	17	Граніт бехівський	2,66	12-25	18,50	20-25	22,50	45-54	49,50	2-9	5,50
	18	Граніт осницький	3,08	від 20-25 до 30-43	29,50	від 15 до 37-45	28,00	від 18 до 33-40	27,25	2-9	5,50
	19	Гранодіорит ясногорський	2,64	32-54	43,00	20-24	22,00	12-24	18,00	8-18	13,00
Житомирський	20	Граніт коростишівський	3,07	18-26	22,00	25-27	26,00	40-45	42,50	2,80	2,80
	21	Граніт житомирський	2,77	32-43	37,50	20-27	23,50	20-35	27,50	7-12	9,50
	22	Граніт курчицький	3,02	11-29	20,00	24-44	34,00	30-39	34,50	3-7	5,00
	23	Граніт кам'янобродський	3,22	22-43	32,50	27-33	30,00	14-29	21,50	5-7	6,00
Теплопровідність, Вт/м*К за літературними даними [2]				2,10-2,17	2,14	6,0-13,0	9,50	2,90	2,90	0,7-1,6; 2,0	1,58

петрографічних відмінах порід не тотожні. Наприклад, зростання вмісту SiO_2 у діоритах супроводжує зменшення теплопровідності, оскільки водночас зменшується вміст піроксенів. Однак зростання вмісту SiO_2 у гранітах відповідатиме збільшенню теплопровідності, оскільки в цьому випадку суттєво зростатиме вміст кварцу [3]. На рис. 2 зображений зв'язок теплопровідності деяких гранітоїдів Волинського мегаблока із вмістом SiO_2 , їхній коефіцієнт кореляції становить 0,58, тобто такий самий, як між кварцом та теплопровідністю, хоча між вмістом кварцу та SiO_2 залежність слабка – 0,35.

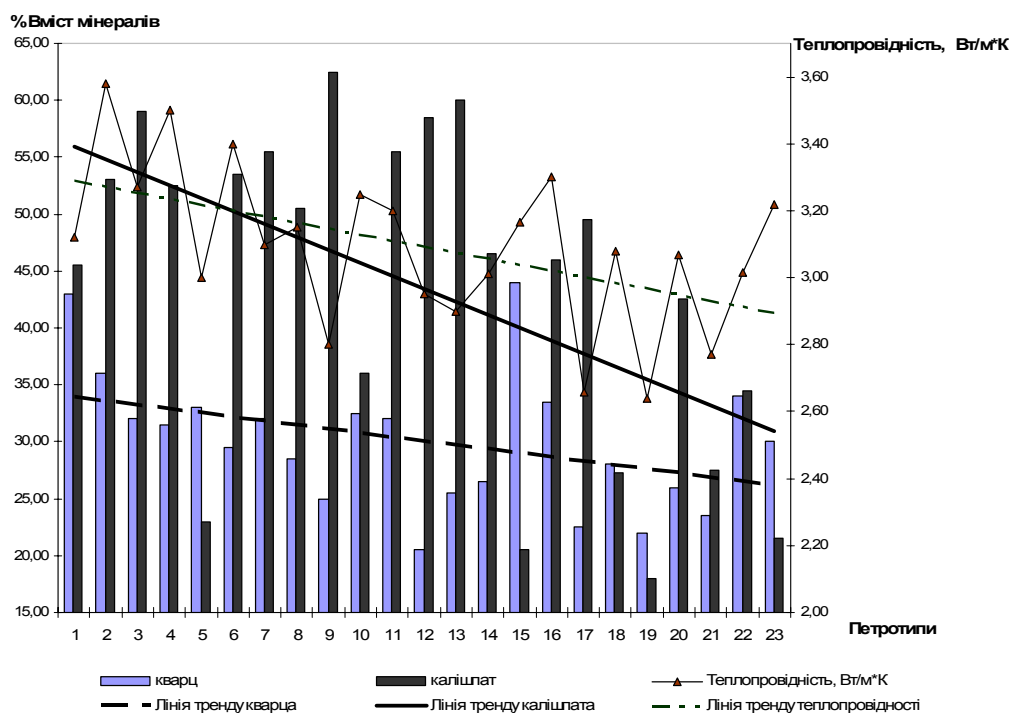


Рис. 1. Залежність теплопровідності деяких гранітоїдів Волинського мегаблока від вмісту кварцу та калішпатів.

Теплопровідність порід залежить також від розміру зерен мінералів. Зі зменшенням розміру зерен теплопровідність зменшується. Порушення (дефекти) кристалічної структури мінералів також призводять до зменшення теплопровідності [3]. Переважно петротипам Волинського мегаблока за зернистістю властивий перехід від дрібно- до середньозернистих з розмірами зерен від 0,2–1,0 мм для дрібнозернистих до 1–5 мм для середньозернистих. Яскраво виражені великозернисті відміни з розміром зерен до 8 мм характерні для рапаківіподібних березівських, емельянівських, потіївських гранітів коростенського комплексу та устинівських гранітів кишинського комплексу. Для побудови залежності розміру зерен досліджуваних гранітоїдів від теплопровідності (рис. 3) прийнято таке усереднення зернуватості, мм: для дрібнозернистих – 0,8; дрібно-середньо-зернистих – 1,0; середньозернистих – 2,5; середньо-великозернистих – 5,0; великозернистих – 6,5. На графіку показано розділення

цих петротипів за розмірами зерен на три умовні групи. До першої ввійшли петротипи дрібно-середньозернисті за структурою, до другої та третьої – середньозернисті та середньо-великозернисті, відповідно. Третю групу сформували здебільшого рапаківіподібні граніти коростенського комплексу, другу – граніти *нормального* складу переважно житомирського комплексу, а в першій групі переважають *лужні* відміни порід пержанського, осницького та коростенського комплексів. Характерно, що діапазон значень теплопровідності для кожної з груп (від першої до третьої) становить 2,7–3,6, 2,8–3,5 та 3,1–3,4 Вт·м⁻¹·К⁻¹, тобто зі збільшенням розміру зерен діапазон теплопровідності зменшується. Це можна пояснити однорідністю чи неоднорідністю порід, складом домішок. Наприклад, для дрібнозернистих відмін петротипів бехівських, бистрівських та суслівських гранітів сумарний вміст акцесорних, рудних та вторинних мінералів становить 6,9 %, для великозернистих кишинських, устинівських та емельянівських гранітів – 4,0 %, для середньозернистих коростишівських, курчицьких та кам'янобродських гранітів – 15,1 %.

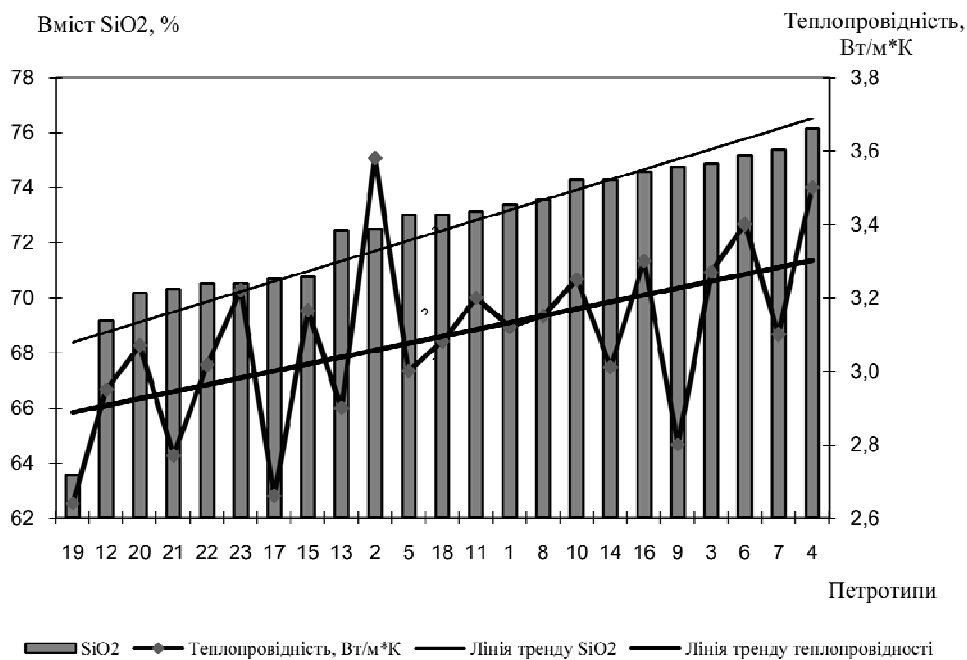


Рис. 2. Залежність теплопровідності деяких гранітоїдів Волинського мегаблока від вмісту SiO₂.

Характеристикою теплової неоднорідності є коефіцієнт β , що відображає мінливість теплопровідності в межах зразка; він стрімко зростає в разі метасоматичного перероблення порід (кременево-лужний метасоматоз, грейзенізація тощо) [3]. Значення β зростає також у нерівномірнозернистих, порфіроподібних і катакlastичних структурах. Розвиток систем крихких порушень, які зменшують кількість міжзернових контактів, теж призводить до зростання β і зниження теплопровідності. У гранітоїдах Волинського мегаблока максимальні значення коефіцієнта характерні для

сирницьких, бехівських, устинівських гранітів та рапаківіподібних потіївських гранітів, а мінімальні – для львівківських, житомирських, лізниківських гранітів та рапаківіподібних коростенських гранітів. На рис. 4 показана залежність коефіцієнта теплової неоднорідності β від кристалохімічної щільності.

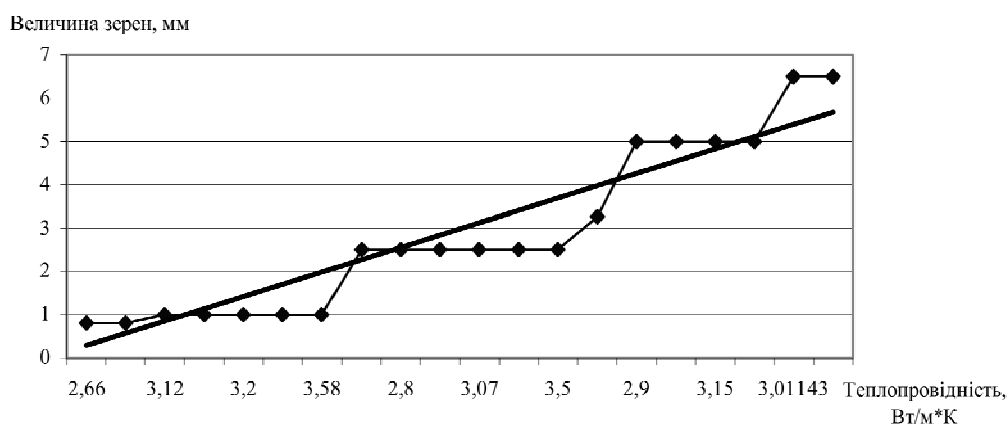


Рис. 3. Залежність теплопровідності гранітоїдів Волинського мегаблока від розміру їхніх зерен.

Теплопровідність залежить також від “упорядкованості” мінералів. У шаруватих породах зафіксовано анізотропію теплопровідності. Зазвичай, теплопровідність уздовж шаруватості завжди більша, ніж уперек. Коефіцієнт анізотропності для шаруватих порід коливається в межах 1,1–1,5 [2]. Петротипи пержанського комплексу мають масивну, головню розгнейсовану текстуру, коростенського та інших комплексів – масивні, загалом безовоїдні відміни.

Під час нагрівання мінерали, подібно до інших тіл, збільшуються в об’ємі, що часто є причиною утворення тріщин та послаблення міцності породи. Інтенсивність теплового розуцільнення збільшується від лампрофірів та кварцових діоритів до найбільш кислих кварцо- і калішпатовмісних різновидів гранітоїдів [6]. Залежність загальної пористості від теплопровідності для гранітоїдів Волинського мегаблока можна побачити на рис. 5. Лінія тренда має тенденцію до зростання, що свідчить про наявність безпосереднього, проте несуттєвого зв’язку – коефіцієнт кореляції становить 0,10.

На теплопровідність впливають тип і стан флюїду. Коефіцієнт теплопровідності рідин є пропорційним до їхньої теплоємності, густини, середньої міжмолекулярної відстані та швидкості переміщення молекул від нагрітого до менш нагрітого шару. Теплопровідність води з підвищенням температури спочатку збільшується, а далі (за $T = 400\text{ K}$) зменшується внаслідок ослаблення взаємодії між молекулами рідини [3]. Збільшенню теплопровідності сприяє підвищення мінералізації води. Коефіцієнт теплопровідності води ($0,5\text{ ккал/м}\cdot\text{год}^{\circ}\text{C}$) в 4 рази більший, ніж у нафти, у 14 разів більший, ніж у газу, та в 25 разів більший, ніж повітря [2].

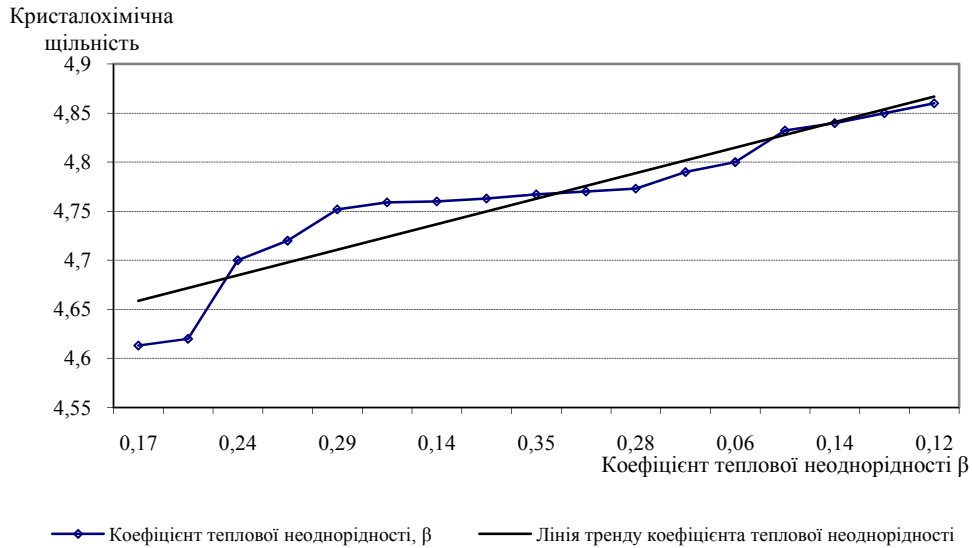


Рис. 4. Залежність між кристалохімічною щільністю та коефіцієнтом теплової неоднорідності β .

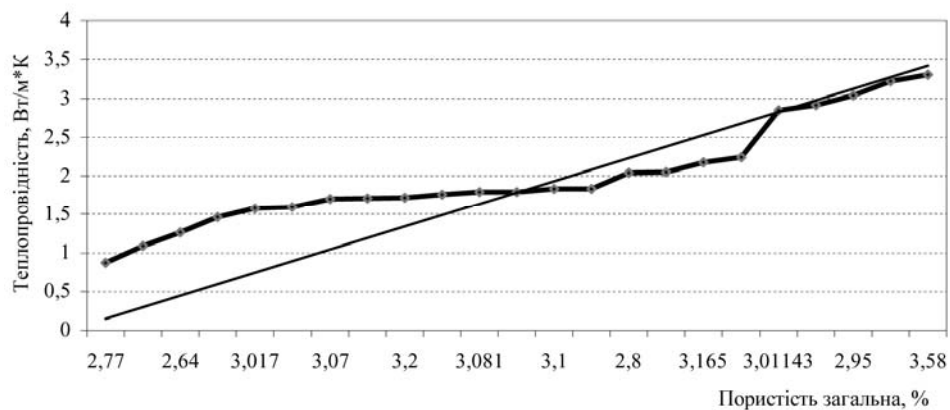


Рис. 5. Залежність теплопровідності гранітоїдів Волинського мегаблока від їхньої загальної пористості.

Процеси теплоперенесення і їхній вплив на безпеку середовища. Характеристика теплоперенесення змінюється з підвищенням температури, зокрема, коефіцієнти тепло- і температуропровідності зменшуються, а теплоємність збільшується. З огляду на це незалежно від складу вмісних порід раціональний вибір ділянок розміщення ВАВ повинен передбачити виявлення та всебічну оцінку головних варіацій

петрохімічних і петрофізичних властивостей, у тім числі характеристики теплоперенесення.

Підземні води в кристалічних породах здебільшого мають низьку концентрацію солей, слабо лужний відновний характер, що загалом відповідає умовам мінімальної розчинності радіонуклідів. Наслідком нагрівання та висушування гірського масиву може бути зміна фізико-механічних властивостей, утворення тріщин у приконтатковій зоні вмісного масиву, і як підсумок – тепловий режим може впливати на інтенсивність міграції радіонуклідів.

Конвективне перенесення підземними водами є головним механізмом винесення радіонуклідів із підземного сховища РАВ до поверхні Землі. Тому вибір масивів порід зі сповільненим регіональним рухом підземних вод – одна з головних вимог до ділянки, призначеної для спорудження підземного захоронення високоактивних відходів. За таких умов винесення радіонуклідів зі сховища в біосферу зумовлене переважно тепловою конвекцією, що розвивається у вмісних породах унаслідок тепловиділення в масі відходів. Згідно з результатами математичного моделювання цього процесу, радіонукліди переміщуються з підземного сховища вверх висхідними потоками конвективної ґратки в породах, що прилягають до заповненої частини підземного сховища [7]. За наявності субгоризонтальної шаруватої анізотропії проникності порід інтенсивність термоконвективного перенесення суттєво послаблюється. З огляду на це в разі оцінювання безпеки підземного захоронення високорадіоактивних відходів необхідно враховувати анізотропію проникності порід, особливо за підвищених температур, характерних для ближнього поля сховища. З підвищенням температури на 10°C коефіцієнт теплопровідності зменшується на 1–2 %. Підвищення тиску майже не впливає на теплопровідність та інші теплові властивості порід [2].

Проникність. Для розуміння закономірностей флюїдного тепломасоперенесення у земній корі дуже важливо оцінити як сучасну проникність глибинних порід *in situ*, так і їхню палеопроникність на різних етапах геологічної історії. Складність полягає в тому, що не існує дистанційного методу для безпосереднього визначення проникності глибинних порід у їхньому природному заляганні. Однак проникність гірських порід, у тому числі й за високих температур і тисків, що відповідає умовам *in situ*, можна виміряти безпосередньо на зразках.

Для деяких петротипів коростенського комплексу виконано дослідження шліфів під мікроскопом для визначення тріщинної проникності (табл. 2). Отримані результати свідчать про незначну проникність цих порід. Про слабкий зв'язок проникності з розмірами зерен досліджуваних петротипів засвідчує коефіцієнт кореляції 0,38. Однак залежність проникності та загальної пористості досить значна (рис. 6). Поведінка кривих згаданих властивостей має подібні особливості – максимальні значення властиві рапаківіподібному потіївському граніту. Лінії тренда мають тенденцію до зростання – зі збільшенням загальної пористості проникність теж зростатиме. Коефіцієнт кореляції зв'язку становить 0,84.

Проникність значно залежить від температури та тиску. Дослідження [3], проведені ІЕМ РАН на установці, розробленій В. Шмоновим, за температур до 600°C і гідростатичного тиску до 200 МПа для типових порід континентальної кори – гранітів, гранодіоритів, базальтів, амфіболітів, вапняків, пісковиків та інших (близько 50 зразків) довели, що з підвищенням тиску (при $T = \text{const}$) проникність усіх досліджуваних зразків зменшується. Підвищення температури за сталого тиску приводить або до

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів тріщинної проникності та теплопровідності петротипів коростенського комплексу

Петротип	Кількість шліфів	Загальна кількість тріщин	Розкриття мікротріщини b , мм	Площа шліфа S , см ²	Кп, мД	Теплопровідність, Вт/м*К		Розмір зерен, мм	
						середнє значення	діапазон значень	Якісна характеристика	Кількісна характеристика
Граніт острівський	3	10	0,000128389	4,85	5,9785E-16	3,13		д/з	0,8
Граніт ігнатпільський	1	7	7,71429E-05	4,48	1,06763E-16	3,25	3,05-3,50	д/з-с/з	1,0
Граніт коростенський	8	18	0,000225389	3,77	1,88381E-14	3,2	3,1-3,35	д/з-с/з	1,0
Граніт рапаківі малинський	5	16	0,000230443	2,90	6,87628E-15	2,9	2,6-3,05	с/з	2,5
Граніт лізниківський	4	24	9,63667E-05	2,36	5,33011E-16	3,5	3,0-3,75	с/з-к/з	5,0

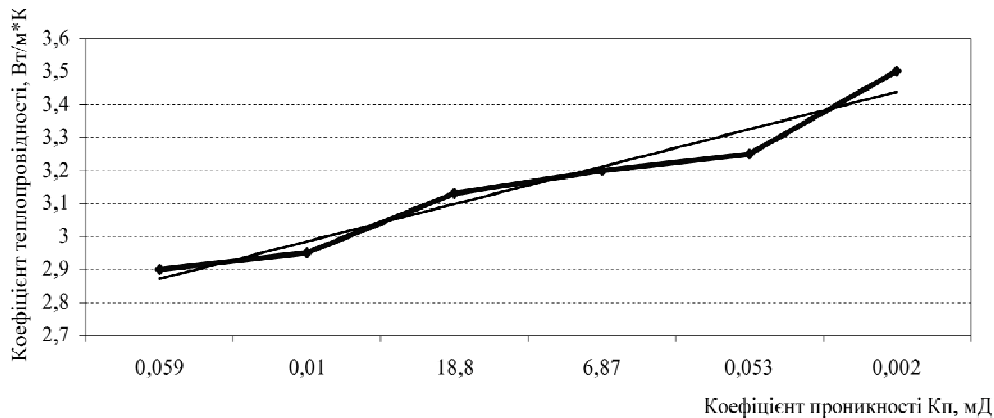


Рис. 6. Залежність проникності від загальної пористості (на прикладі петротипів коростенського комплексу).

монотонного збільшення чи зменшення проникності в усьому діапазоні температур, або до появи інверсій на температурних трендах: проникність спочатку зменшується, досягаючи мінімуму, потім збільшується. З'ясовано, що така поведінка проникності за високих РТ визначена змінами мікроструктури порід унаслідок конкурентної взаємодії температури і тиску. Кореляційний аналіз проникності та теплопровідності петротипів коростенського комплексу не виявив залежності (коефіцієнт кореляції становить 0,02). Однак зі збільшенням вологості теплопровідність збільшується в декілька разів (до шести-восьми), причому найбільша інтенсивність зростання зафіксована в початковий період зволоження [2].

Термічні навантаження, зумовлені енергією розпаду радіонуклідів, спричинюють втрату породами фізично зв'язаної води, а також часткову дегідратацію мінералів і порід. Придатними можна вважати такі породи, в яких внаслідок взаємодії з тріщинними водами будуть знижуватися водопроникні та підвищуватися сорбційні властивості, – це породи, в яких реакції мінералоутворення супроводжуватимуться закупорюванням тріщин і пор. Термодинамічні розрахунки засвідчують, що чим вища основність порід, тим більше вони відповідають вимогам. Наприклад, гідратацію дунітів супроводжує приріст об'єму новостворених фаз на 47 %, габро – 16, гранодіориту – 1 %, а гідратація граніту взагалі не приводить до самозаліковування тріщин [2 та ін.]

Міцнісні властивості. Експериментально з'ясовано, що міцнісні властивості всіх гірських порід під час нагрівання в досліджуваних межах збільшуються. (У камері високого тиску моделювали умови, характерні для свердловин до 10 тис. м.: повний гірський тиск, боковий гірський тиск, пластовий тиск і температура в діапазоні від кімнатної до 180–200 °С). У разі нагрівання до 200–250 °С зменшується відстань між зернами та пористість і збільшується сила зчеплення між зернами. Внутрішнє термічне напруження, що виникає між зернами, ще не є достатнім для утворення значної кількості мікротріщин.

Для кожної породи є критична температура, після нагрівання до якої її міцність збільшується. Подальше підвищення температури понад 250–800 °С зумовлювало в більшості гірських порід зменшення їхньої міцності. У цьому випадку швидко збі-

льшується термічне напруження, а об'ємне розширення кристалів зменшує пористість і тріщинуватість породи, після чого утворюються мікротріщини. Наприклад, мікроскопічні дослідження зразків граніту довели, що підвищення температури нагрівання з 300 до 600 °С приводить до збільшення кількості мікротріщин у чотири – п'ять разів. Під час нагрівання таких порід як кварцит, граніт, пісковик, до 400–600 °С твердість та межа текучості збільшуються на 30 %.

Отже, перевагою кристалічних порід, крім їхньої високої міцності, є стійкість до впливу помірних температур, підвищена теплопровідність, що за умов захоронення РАВ сприятиме розсіюванню тепла, унеможлививши його накопичення і, відповідно, нагрівання гірських порід довкола сховища.

Теплопровідність пов'язана з низкою петрофізичних характеристик і залежить головню від мінерального складу (а точніше – від здатності мінералів проводити тепло), розміру зерен, анізотропії. Пористість, тиск впливають на теплопровідність незначно.

Фізико-хімічні процеси, що відбуваються в системі РАВ–гірська порода–підземні води, можуть сприяти як підвищенню, так і зниженню надійності могильника. За даними [2], збільшення вологості призводить до збільшення теплопровідності. Кореляційний аналіз проникності та теплопровідності петротипів коростенського комплексу не виявив залежності.

Унаслідок виконаного аналізу теплопровідності з іншими властивостями порід, особливо зі структурно-текстурними особливостями, а також з огляду на значення критерію, запропоноване іноземними дослідниками, попередньо придатними для системи захоронення РАВ можна вважати такі петротипи: граніти львівківські та сирницькі пержанського комплексу, граніти мухарівські та бехівські осницького комплексу, острівські і рапаківіподібні ігнатпільські та коростенські граніти.

-
1. Белоновская Л.Г., Булач М.Х., Гмид Л.П. Роль трещиноватости в формировании ёмкостно-фильтрационного пространства сложных коллекторов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007 (2). www.ngtp.ru
 2. Дортман Н.Б., Васильева В.И., Вейнеберг А.К и др. Физические свойства горных пород и пещеры ископаемых СССР. М.: Недра., 1964. 325 с.
 3. Изоляция радиоактивных отходов в геологических формациях (геолого-теплофизическая часть). Киев, 1993. 60 с. (Препринт / АН Украины, Ин-тут геологических наук; 93-3).
 4. Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины (проблемы и возможные решения) / Отв. ред. акад. В.М. Шестопалов. Киев, 2006. 398 с.
 5. Исследование петроструктурных, минерально-химических и теплофизических свойств гранитоидов Нижнеканского массива (Енисейский кряж) в связи с проблемой захоронения высокоактивных отходов / Полуэктов В.В., Петров В.А., Попов В.Г. ИГЕМ РАН, МГУ.
 6. Коболев В.П., Свищук И.Н., Шаповал В.И., Карнаухов Е.Е. Теплопроводность некоторых гранитоидов Украинского щита в термобарических условиях земной коры. Геофиз. журнал № 3. 2007. Т. 29.
 7. Определение анизотропной проницаемости пород для оценки безопасности подземного захоронения высокордиоактивных отходов. Мальковский В.И.,

- Жариков А.В., Шмонов В.М. / Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН).
8. Петрографія, акцесорна мінералогія гранітоїдів Українського щита та їх речовинно-петрофізична оцінка / Толстой М.І., Костенко Н.В., Кадурін В.М. та ін. К.: Київ. ун-т, 2008. 356 с.
 9. Петрогеохімія і петрофізика гранітоїдів Українського щита та деякі аспекти їх практичного використання / Толстой М.І., Гасанов Ю.Л., Костенко Н.В. та ін. К.: ВПЦ Київ. ун-т, 2003. 329 с.
 10. Про затвердження Вимог до вибору майданчика для розміщення сховища для захоронення радіоактивних відходів. Наказ від 14.11.2008 N 188. Розділ II. Базові положення вибору майданчика п. 2.1.1.
 11. Толстой М.І., Гожик А.П., Рева М.В. та ін. Основи геофізики (методи розвідувальної геофізики): Підручник. К.: ВПЦ Київ. ун-т, 2006. 446 с.
 12. Электронный научно-информационный журнал "Вестник Отделения наук о Земле РАН" №1(25)'2007 ISSN 1819 – 6586 URL: Транспортные и упругие свойства кристаллических пород при высоких рт-параметрах (по экспериментальным данным) / Жариков А.В., (ИГЕМ РАН), Шмонов В.М. (ИЭМ РАН), Керн Х. (Университет г. Киль). www.scgis.ru.
 13. Annika Hagros. Host Rock Classification (HRC) System for Nuclear Waste Disposal in Crystalline Bedrock. Academic Dissertation. Publication of the Department of Geology D8. Helsinki, 2006. 252 p.
 14. Johan Andersson, Andera Strom, Christer Svemar. What requirements does KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation. SKB: Technical Report TR-00-12. April 2000. Stockholm, Sweden. 148 p.

THERMOPHYSICAL CHARACTERISTIC OF GRANITOIDS OF THE VOLYN' REGION AS CRITERION OF ESTIMATION OF THEIR FITNESS FOR BURIAL PLACE OF RADIO-ACTIVE WASTES

L. Kuziv, M.Tolstoj

*Institute of geological sciences of the National academy of sciences of Ukraine
Gonchar Str., 55b, Kyiv, e-mail: Liliana_k@ukr.net*

The summarized data of the thermal conductivity coefficient dependences of the mineral composition, structure, texture and other granitoids properties of the Volyn region are presented. The changing of the thermal conductivity, thermal diffusivity and specific heat coefficients under the influence of the high pressure and temperature, that is very actual for the geological system of the waste disposal and others dangerous substances are analyzed here.

Key words: system of burial place, radio-active wastes, coefficient of heat conductivity, petrotypes, granitoids, convection, permeability.

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНИТОИДОВ
ВОЛЫНСКОГО МЕГАБЛОКА КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ИХ
ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

Л. Кузів, М. Толстой

*Институт геологических наук Национальной академии наук Украины
ул. Гончара, 55б, г. Киев, e-mail: Liliana_k@ukr.net*

Приведены обобщенные данные зависимостей коэффициента теплопроводности гранитоидов Волынского мегаблока от их минерального состава, структурно-текстурных и других свойств. Проанализированы изменения коэффициентов теплопроводности и удельной теплоемкости, температуропроводности под воздействием высоких давлений и температур, что является особенно актуальным для систем геологического захоронения РАО и других опасных веществ.

Ключевые слова: система захоронения, радиоактивные отходы, коэффициент теплопроводности, петротипы, гранитоиды, конвективный теплоперенос, проницаемость.

Стаття надійшла до редколегії 04.11.2009

Прийнята до друку 04.10.2010

