

О МЕТОДИКЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ПЛОСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

¹ Сакварелидзе Е.А., ² Глonti Л.Е.

¹ *Тбилисский государственный университет им. И.Джавахишвили, 0179, Тбилиси,
проспект И.Чавчавадзе 1, evgeni.sakvarelidze@tsu.ge*

² *Институт гидрологии и инженерной геологии, 0159, Тбилиси, с.Дигоми, ул.св.Нины 1.*

Экспериментальное исследование теплофизических характеристик горных пород является одной из основных задач геотермии, так как знание этих параметров необходимо для расчета тепловых полей Земли и их анализа. Среди экспериментальных методов предпочтительными являются методы нестационарного теплового режима; их использование дает возможность одновременно определить все три тепловых параметра – коэффициенты температуропроводности (k), объемной теплоемкости ($ср$) и теплопроводности (λ) в течение одного эксперимента.

Настоящая работа посвящена импульсному методу одновременного определения трех теплофизических параметров горных пород на основе распределения температуры в окружающей среде, вызванной действием плоского мгновенного источника тепла (плоского зонда)

Импульсные методы определения теплофизических характеристик горных пород ранее рассматривались в работах [1 – 6].

Основной проблемой зондовых методов является качество контакта нагреватель – образец и термическое сопротивление в зоне этого контакта. В некоторых случаях необходимо ввести теоретические и эмпирические поправки, учитывающие неидеальную реализацию математических условий (цилиндрическая форма нагревателя, его диаметр и длина, конечная длительность теплового импульса).

Ранее [6] нами была предложена методика плоского импульсного источника тепла, в которой в качестве зонда (нагревателя) была использована плоская спираль из нихромовой проволоки диаметром 0,1 мм. Предложенный вариант предпочтительнее по сравнению с другими зондовыми методами. Его преимущества:

1. простая геометрия образца и его сравнительно маленькие размеры;
2. высокая степень контакта нагреватель-образец;
3. малая инерционность нагревателя;
4. возможность одновременного измерения на двух одинаковых образцах одной и той же породы.

Однако, наряду с отмеченными преимуществами, в предложенной ранее методике имеется и слабая сторона, касающаяся нагревателя – он одноразовый и не пригоден для проведения измерений тепловых характеристик сыпучих материалов (песка).

В данной статье представлена методика с усовершенствованным нагревателем. Нагреватель нового типа представляет собой намотанную на тонкую пластинку из слюды толщиной

0,25 мм спираль из нихромовой проволоки диаметром 0,1 мм. Такой нагреватель также неинерционный, многоразовый, который можно вводить в сыпучий материал.

Исследуемый образец имеет форму цилиндра или куба. Нагреватель зажимается специальным зажимным устройством между двумя образцами, изготовленными из одной и той же породы. При прохождении тока через нагреватель излучается тепловой импульс, продолжительность которого регулируется с помощью реле времени и обычно не превышает 3-4 секунды. Изменение температуры в образце, вызванное тепловым импульсом, регистрируется хромель-алюмелиевой дифференциальной термопарой. по зеркальной шкале гальванометра М-17/4, которая предварительно градуируется. Количество тепла, излучаемого нагревателем регистрируется при помощи ваттметра Д575(02).

Во время эксперимента измеряются температурный максимум в точке измерения и время его достижения. Теплофизические коэффициенты рассчитываются по формулам:

$$\text{температуропроводность} \quad k = \frac{R^2}{2t_m}, \quad (1)$$

объемная теплоемкость

$$c\rho = \frac{Q}{4T_mSR}, \quad (2)$$

теплопроводность

$$\lambda = kc\rho, \quad (3)$$

где R – расстояние между нагревателем и точкой регистрации температуры, T_m – максимум температуры в точке наблюдения, t_m – время достижения максимальной температуры, Q – количество тепла, излучаемого нагревателем, S – площадь нагревателя. Максимальная относительная погрешность для k , $c\rho$ и λ составляет 1,2%, 4,5% и 5,7% соответственно.

Табл.

	Название породы	плотность (г/см ³)	k_1 10 ⁻³ (см ² /сек)	k_2 10 ⁻³ (см ² /сек)	$c\rho_1$ (кал/ см ³ К)	$c\rho_2$ (кал/ см ³ К)	λ_1 10 ⁻³ (кал/см·сек.К)	λ_2 10 ⁻³ (кал/см·сек.К)
1	Органогенный известняк	2,67	10,47	10,51	0,66	0,62	6,91	6,51
2	Оливиновый базальт	2,82	6,60	6,58	0,71	0,69	4,68	4,54
3	Оливиновый базальт	2,82	6,20	6,15	0,76	0,77	4,62	4,73
4	Песчаник мелкозернистый	2,58	7,50	7,51	0,70	0,67	5,25	5,03
5	Пемзовый туф	2,60	9,70	9,73	0,68	0,68	6,60	6,61
6	Порфирит	2,90	10,20	10,08	0,74	0,71	7,55	7,15

Значения теплофизических параметров пород, полученные предложенным методом, согласуются с аналогичными данными, приведёнными в работах [2], [3], [4], [5], [6], что доказывает надежность метода. В нижеприведенной таблице приведены результаты измерений на нескольких образцах некоторых пород, полученных в работе [6] (индекс 1) и результаты, полученные в настоящей работе для тех же образцов (индекс 2). Учитывая погрешности измерений, можно утверждать о хорошем совпадении результатов.

Надо отметить, что компактность и простота предлагаемого экспериментального устройства, а также небольшое время, необходимое для реализации эксперимента, дает возможность применять его при проведении исследований в широких интервалах температуры и давления.

Литература

1. Чудновский А. «Теплофизические характеристики дисперсных материалов», Государственное издательство физико-математической литературы, М, 1962.
2. Сакварелидзе Е. «О методе исследования тепловых параметров горных пород в зависимости от температуры», Доклады АН ГССР, том 51, выпуск №1, 1968.
3. Любимова Е., Старикова Г., Шушпанов А. «Теплофизические исследования горных пород» Сб. «Геотермальные исследования», «Наука», 1964.
4. Старикова Т., Любимова Е. «Тепловые характеристики горных пород из скважин Кольского полуострова». В сб. «Тепловые потоки из коры и верхней мантии Земли» № 12 «Наука». М. 1973.
5. Сакварелидзе Е. «Теплофизические свойства горных пород в интервале температур 20-5000 °С». В сб. «Тепловые потоки из коры и верхней мантии Земли» № 12 «Наука» М. 1973.
6. Sakvarelidze E., Glonti L. Research into Rocks' Thermal Characteristics by the Method of Impuls Flat Heat Sours, Journ. of the Georgian Geophysics Sosieti Solid Earth, 12, 2008.

ბრტყელი იმპულსური წყაროს მეთოდით ქანების სითბური პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდიკის შესახებ

საყვარელიძე ე. ღლონტი ლ.

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ქანების ტემპერატურაგამტარობის, მოცულობითი სითბოტევადობის და თბოგამტარობის კოეფიციენტების განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც ემყარება ბრტყელი მყისიერი სითბური წყაროს მიერ შექმნილი ველის ცვლილების შესწავლაზე. შემოთავაზებულია ბრტყელი სითბური ზონდის კონსტრუქცია, რომელსაც გააჩნია უპირატესობათა მთელი რიგი არსებულ ზონდებთან შედარებით. მოცემულია ახალი ზონდის გამოყენებით ზოგიერთი ქანის სითბური პარამეტრების გაზომვის შედეგები. ამ შედეგების შედარება ადრე მიღებულ მონაცემებთან მიგვიჩვენებს შემოთავაზებული მეთოდიკის და შექმნილი ახალი ზონდის საიმედოობაზე.

О методике измерения теплофизических параметров горных пород методом плоского импульсного источника тепла

Сакварелидзе Е.А., Глonti Л.Е.

Реферат

В работе рассматривается методика экспериментального исследования коэффициентов температуропроводности, объемной теплоемкости и теплопроводности горных пород, основанная на изменении теплового поля, созданного плоским мгновенным источником тепла. Предлагается конструкция плоского теплового зонда, имеющего ряд преимуществ по сравнению с существующими. Приведены результаты исследований тепловых параметров некоторых пород, полученные с применением нового зонда. Сравнение полученных результатов с уже существующими данными подтверждает надежность предложенной методики и созданного нового зонда.

About the methodology for measuring thermo physical parameters of rocks by the method of a flat pulsed heat source

Sakvarelidze E., Glonti L.

Abstract

The work considers a methodology for the experimental study of temperature conductivity, volume heat capacity and thermal conductivity of rocks, based on a change in the thermal field created by a flat pulsed heat source. It proposes the construction of a flat heat probe, which has a number of advantages over existing ones. The results of studies of the thermal parameters of some rocks obtained with the use of a new probe are given. Comparison of the results with existing data proves the reliability of the proposed methodology and the newly created probe.