

УДК 528.8.042:550.822.3

Д. В. БОРИСЕНКО, Ю. В. МИТЬКО

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОПТИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
borisenk2011@mail.ru, J\_Mitsko@mail.ru*

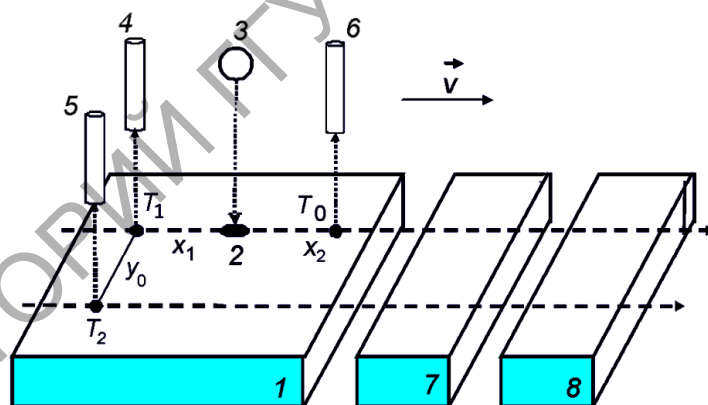
*В статье описана методика определения теплофизических свойств кернового материала при помощи метода оптического сканирования. Приведены результаты температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости для керна, сложенного доломитом. Установлена зависимость полученных данных с другими петрофизическими свойствами горных пород.*

В настоящее время для изучения керна используется множество методов. Многие методы исследования сильно повреждают керн в следствии дробления, деления, распила, растирания, кипячения и т.п. и в результате он становится не пригодный для хранения или дальнейшего изучения. Все эти методы достаточно эффективны, но образцы кернов весьма ценный геологический материал, поэтому целесообразно использование методов столь же эффективных, но не уничтожающих саму пробу. К таким методам относится метод оптического сканирования. Использование данного метода способствует повышению качества данных о тепловых свойствах пород для повышения надежности оценок теплового потока, интерпретации результатов термометрии в скважинах.

Метод оптического сканирования основан на нагреве поверхности твердого тела непрерывно действующим концентрированным оптическим источником тепловой энергии, движущимся по поверхности тела с постоянной скоростью, и регистрации избыточной температуры нагреваемой поверхности инфракрасными радиометрами на участках поверхности, движущихся со скоростью источника тепла (рисунок 1). Для создания теоретических моделей метода измерений теплопроводности, температуропроводности и объемной теплоемкости было использовано соотношение, описывающее избыточную температуру  $\Delta T$  нагреваемой поверхности полубесконечного тела в подвижной прямоугольной системе координат, начало которой совмещено с источником нагрева [1]:

$$\Delta T(x, y, z, t) = \frac{q}{q_0 c \rho (\pi a)^2} \exp\left[-\frac{vx}{2a}\right] \int_0^t \frac{\exp\left[-\frac{v^2 t'}{4a} - \frac{R^2}{4at'}\right]}{(t')^{\frac{3}{2}}} dt, \quad [1]$$

где  $x, y, z$  – координаты,  $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ,  $t$  – момент времени после включения источника,  $q$  – мощность источника,  $v$  – скорость сканирования,  $c$  и  $\rho$  – соответственно удельная теплоемкость и плотность образца,  $a$  – температуропроводность образца.



1 – исследуемый образец; 2 – пятно нагрева; 3 – оптический источник тепла; 4, 5, 6 – инфракрасные датчики температуры; 7, 8 – образцы меры теплопроводности и температуропроводности (эталонные образцы);  $V$  – скорость движения оптического источника тепла и инфракрасных датчиков температуры относительно исследуемого образца

**Рисунок 1 – Схема расположения оптического источника тепла и инфракрасных датчиков относительно исследуемого образца горной породы [2]**

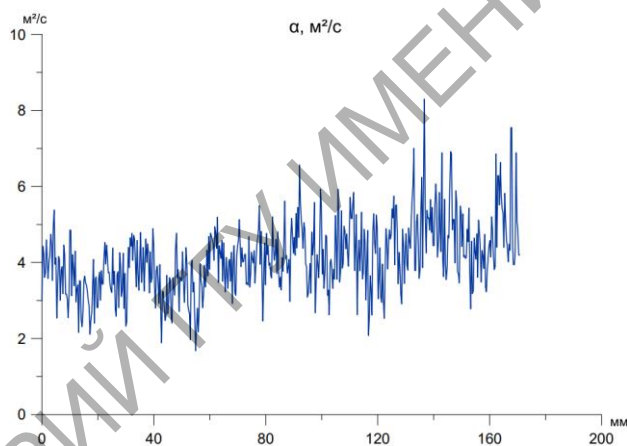
При экспериментальной реализации теоретических моделей метода оптического сканирования для измерений тепловых свойств образцов горных пород при помощи подвижного оптического источника тепла (лазер, специальная лампа с фокусирующим отражателем) осуществляют последовательный нагрев одного или нескольких помещенных

в ряд образцов исследуемых пород и двух образцовых мер теплопроводности и температуропроводности (эталонных образцов) с известными теплопроводностью и температуропроводностью.

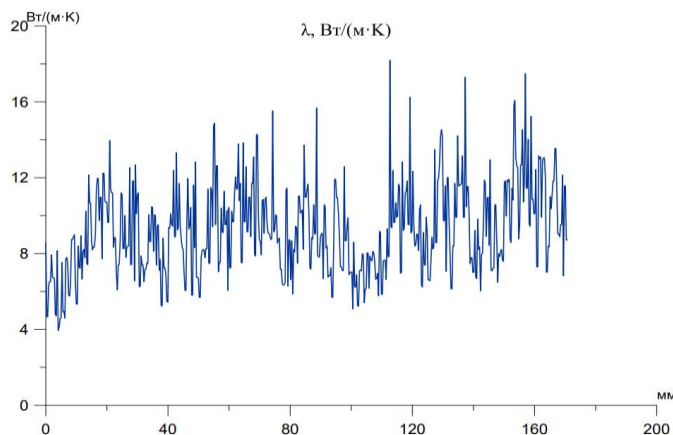
В процессе нагрева регистрируют электрические сигналы подвижных инфракрасных датчиков температуры (типа *MOD-IR-TEMP*), соответствующие температурам, нагреваемых поверхностей исследуемых образцов пород и двух эталонных образцов как до нагрева, так и сразу после нагрева [3, 4].

Лабораторному исследованию был подвергнут керн диаметром 100 мм, отобранный из Карташовского месторождения Припятского прогиба, сложенного доломитом. Процесс оптического сканирования керна заключался в том, что при попадании пучка лазера на образец керна происходят различные петрофизические реакции – нагрев, расширение образца, изменение его свойств из-за нагрева. В это же время три датчика, как показано на рисунке 1, фиксируют температуру на поверхности керна, параллельно этому керн на специальной каретке передвигается вдоль расположения датчиков по линии  $X_1-X_2$ .

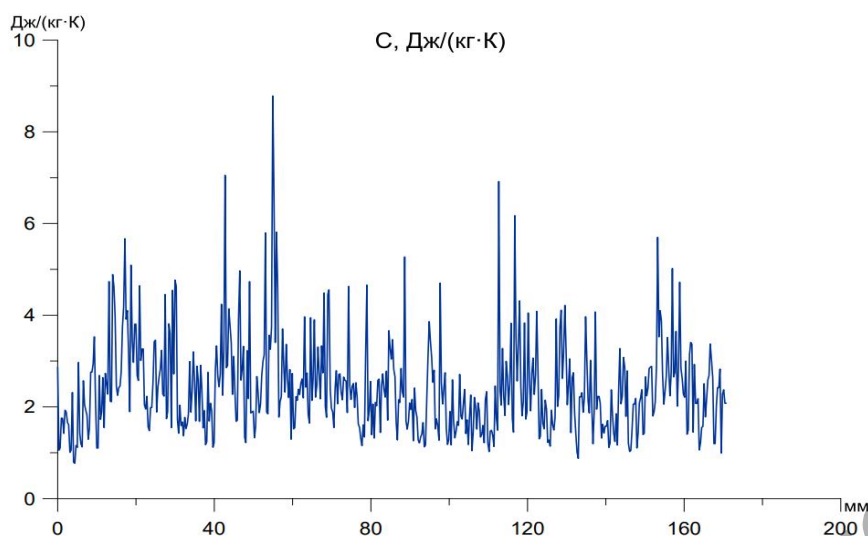
В результате были получены данные по температуропроводности, теплопроводности теплоемкости по линии 0-0, приведенные на рисунках 2–4. Колебания значений в пределах керна связаны с изменениями гранулометрического состава, плотности породы, пористости, включений в породе и возможных примесей. В исследованиях российских ученых были установлены тесные связи теплопроводности с данными геофизических исследований скважин по ряду других свойств пород – пористость, скорости упругих волн, плотность, общее содержание органического вещества.



**Рисунок 2 – График изменения температуропроводности керна доломита Карташовского месторождения по линии 0-0**



**Рисунок 3 – График изменения теплопроводности керна доломита Карташовского месторождения по линии 0-0**



**Рисунок 4 – График изменения теплоёмкости ядра доломита Карташовского месторождения по линии 0-0**

Корреляционный анализ результатов акустического каротажа и теплофизического каротажа на ядре показал тесную связь скоростей упругих волн и теплопроводности.

Таким образом, при применении данного метода изучения ядра можно получить все петрофизические данные образца. Использование этого метода не вредит ядровому материалу, не повреждает его, сам ядро не нуждается в распиле или разрезе, а в установке используется стандартный ядро. В дальнейшем при проведении испытания по нескольким линиям ядра, например, через каждые 60 градусов, можно будет сделать круговую пиктограмму теплопроводности, температуропроводности и теплоёмкости образца для дальнейшего исследования и использования данных.

### Список литературы

- 1 Рыкалин, Н.Н. Тепловые основы сварки / Н.Н. Рыкалин. – Ч.1. – М. : Литература, 1947. – 283 с.
- 2 Попов, Е.Ю. Бесконтактные измерения теплопроводности и температуропроводности полноразмерного ядра без выравнивания оптических характеристик образцов / Е.Ю. Попов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – № 4. – 2015. – с. 45–52.
- 3 Попов, Ю.А. Теоретические модели метода измерения тепловых свойств горных пород на основе подвижных источников тепловой энергии / Ю.А. Попов // Известия высших учебных заведений. Часть I. // Геология и разведка. – № 9. – 1984. – С. 97.
- 4 Popov Yu. B. G., Clauser C., Roy S. ISRM Suggested methods for determining thermal properties of rocks from laboratory tests at atmospheric pressure. // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2016. – Vol.49(10). – P. 4179–4207.

*D. V. BORISENKO, Y. V. MITSKO*

### *USING THE OPTICAL SCANNING METHOD TO STUDY CORE MATERIAL*

*The article describes a method for determining the thermophysical properties of core material using the optical scanning method. The results of thermal conductivity, thermal conductivity, and heat capacity for a core composed of dolomite are presented. The dependence of the obtained data with other petrophysical properties of rocks is established.*