

Изучение теплоемкости и теплопроводности горных пород надсолевой толщи Половодовского участка ВКМКС.

И.С. Филимоновых¹, студент гр.ФПр-11-1со, IV курс

И.Л. Паньков², к.т.н., доцент

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет

²ФГБУН Горный институт УрО РАН

г. Пермь

Устойчивый спрос на калийные удобрения приводит к вовлечению в эксплуатацию новых участков Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС). В настоящее время планируется строительство нового рудника для отработки полезных ископаемых Половодовского участка. Строительство стволов рудников в условиях ВКМКС подразумевает применение технологии замораживания с целью образования вокруг будущего контура стволов ледопородного ограждения, воспринимающего на себя давление окружающих незамороженных пород и препятствующего притоку воды в выработку при ее проходке. При этом первоочередной является информация о теплофизических свойствах (теплоемкость и теплопроводность) слагаемых горных пород.

Эксперименты по определению теплофизических свойств проводились на образцах, изготовленных из керна контрольно-стволовых скважин №1 и №2 Половодовского участка.

Для определения теплоемкости горных пород использовался метод остывания [2, 3], заключающийся в сопоставлении скорости остывания предварительно нагретого образца горной породы, имеющего форму плоскопараллельного диска диаметром 100 мм и толщиной 30 мм, со скоростью остывания медного эталонного образца такого же размера (удельная теплоемкость - 0,385 кДж/кг·К).

Подготовка образцов к эксперименту заключалась в установке термодатчиков, показания с которых выводились на многоканальный измеритель температуры “ТЕРМОДАТ-11М5”. Подготовленные образцы и эталон поме-

щались в сушильный шкаф, в котором выдерживались при температуре 60 °С до их полного прогрева. Далее производилось их извлечение из сушильного шкафа с установкой на теплоизоляционные подставки, где они остывали до комнатной температуры. Измерение температуры остывания проводилось через каждые 5 минут. Согласно методике удельная теплоемкость породы определялась из выражения:

$$c_{\text{п}} = c_{\text{эт}} \cdot \frac{m_{\text{эт}}}{m_{\text{п}}} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{\text{эт}}}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{\text{п}}},$$

где $c_{\text{п}}$, $c_{\text{эт}}$ – удельная теплоемкость образца горной породы и эталона; $m_{\text{п}}$, $m_{\text{эт}}$ – масса образца горной породы и эталона, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{\text{п}}$, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{\text{эт}}$ – скорости остывания образца горной породы и эталона.

Эксперименты по определению коэффициента теплопроводности, проводились на тех же образцах горных пород по методике, изложенной в ГОСТе [1].

В качестве нагревателя использовалась нагревательная плита с функцией поддержания заданной температуры. В качестве эталона использовалось кварцевое стекло марки КВ, толщиной 20 мм (удельная теплопроводность - 1,38 Вт/м·К). Сверху эталона устанавливался массивный медный теплоотводящий цилиндр. Между рабочей поверхностью плиты, образцом, эталоном и калориметром помещались термодатчики, вмонтированные в тонкие теплопроводящие медные диски. В целях создания равномерного теплового потока, для улучшения теплового контакта между всеми контактирующими поверхностями помещался тонкий слой теплопроводящей смазки. Для предотвращения утечек тепла боковые грани образца и эталона обкладывались теплоизоляционным материалом. Фиксация температуры термодатчиков проводилась

через 350 - 400 минут после начала эксперимента (приблизительное время стабилизации процесса). Температура плитки составляла 60 °С.

Согласно методике, коэффициент теплопроводности образца вычислялся по формуле:

$$\lambda_{\text{п}} = \lambda_{\text{эт}} \cdot \left(\frac{h_{\text{п}}}{h_{\text{э}}} \right) \cdot \left(\frac{\Delta T_{\text{э}}}{\Delta T_{\text{п}}} \right),$$

где $\lambda_{\text{эт}}$ - теплопроводность эталона, Вт/м·К; $h_{\text{п}}$ и $h_{\text{э}}$ – толщина исследуемого образца и эталона, мм; $\Delta T_{\text{п}}$ и $\Delta T_{\text{э}}$ – перепады температур внутри образца и эталона, К.

Результаты исследования теплофизических свойств образцов горных пород приведены в таблицах №1 и №2.

Таблица №1

Результаты определения коэффициентов удельной теплопроводности и теплоемкости пород надсолевой толщи скважины КСС-1

Порода	Глубина отбора, м	Теплопроводность	Теплоемкость
		$\lambda_{\text{п}}$, Вт/(м*К)	$c_{\text{п}}$, кДж/(кг*К)
мергель, табачно-серый	6,30-31,00	1,41	0,73
известняк глинистый доломитовый	31,6-31,8	1,35	0,68
мергель глинистый	33,7-42,9	1,42	0,72
мергель доломитовый	44,4-44,7	0,99	0,79
мергель с реликтами известняка	45,7-48,1	1,00	0,74
мергель глинистый	49,3-49,7	0,97	0,71
Мергель	52,3-53,6	0,89	0,81
мергель доломитовый	53,5-53,9	0,86	0,76
мергель глинистый	56,4-59,8	0,65	0,68
Мергель	60,4-69,0	1,00	0,76
мергель доломитисто-известковый	70,1-70,4	1,08	0,68
Мергель	71,4-71,7	0,66	0,77
мергель известково-доломитовый	89,0-90,4	1,12	0,71
мергель доломитисто-известковый	92,4-92,6	1,13	0,90
мергель глинистый, черный	96,0-103,8	0,75	0,89
мергель известково-доломитовый	104,3-104,7	1,76	1,07
глинисто гипсовая порода	105,8-107,6	1,14	1,01
мергель глинистый	119,9-127,4	0,57	0,78
доломит-гипсовая порода	135,1-135,4	1,09	0,82

Порода	Глубина отбора, м	Теплопроводность	Теплоемкость
		λ_n , Вт/(м*К)	c_n , кДж/(кг*К)
мергель глинистый, черный	139,3-139,6	0,57	0,74
известковая глина	143,8-146,4	0,55	0,85
мергель глинистый	153,1-166,8	0,59	0,91
гипсовая порода	171,8-172,0	0,59	1,11
каменная соль	172,6-174,2	2,85	0,74

Таблица №2

Результаты определения коэффициентов удельной теплопроводности и теплоемкости пород надсолевой толщи скважины КСС-2

Порода	Глубина отбора, м	Теплопроводность	Теплоемкость
		λ_n , Вт/(м*К)	c_n , кДж/(кг*К)
мергель глинистый	12,20-32,95	0,96	0,82
мергель глинистый, доломитисто-известковый	34,6-34,9	1,71	0,73
мергель глинистый	38,3-44,3	1,14	0,76
мергель глинистый, доломитисто-известковый	45,5-45,8	0,85	0,78
мергель глинистый	47,54-48,0	1,32	0,76
мергель глинистый, доломитисто-известковый	58,9-59,34	0,81	0,78
мергель глинистый, доломитисто-известковый	61,0-62,4	0,71	0,91
мергель глинистый	65,7-66,0	1,04	0,77
мергель глинистый, доломитисто-известковый	72,5-72,9	1,43	0,70
мергель глинистый, доломитисто-известковый	74,9-75,3	0,63	0,74
мергель глинистый, табачно-серый	76,7-83,8	0,89	0,74
мергель глинистый	86,2-86,4	0,67	0,84
мергель глинистый, доломитисто-известковый	95,1-95,4	0,77	0,75
мергель глинистый	96,3-102,8	0,76	0,78
мергель-гипсовая порода	112,3-141,9	0,80	1,00
мергель глинистый	155,0-168,5	0,69	1,00
мергель-гипсовая порода	169,5-180,6	0,90	1,03
мергель-гипсовая порода	182,1-182,3	1,07	1,02

Полученные результаты предполагается использовать при обосновании параметров технологии проходки ствола проектируемого рудника Половодского участка ВКМКС.

Список литературы:

1. ГОСТ 25499-82. Породы горные. Метод определения коэффициента теплопроводности. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: В 3-х т. М.: Наука, 1982. Т.1.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, 1981. Т.2.