

## СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ИХ ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Мустафаев Н. Т., Попов В. Н.,  
Научный руководитель: Баранова И. А.  
Сибирский Федеральный Университет

В современном мире ведутся научно-исследовательские работы по использованию нетрадиционных способов разрушения горных пород. К таким методам относятся

- ✓ гидравлический – разрушение горных пород под высоконапорной струей жидкости;
- ✓ электрогидравлический – трансформация электрической энергии в механическую энергию жидкости;
- ✓ гидровакуумный – использование гидравлических ударов;
- ✓ взрывной – использование энергии взрывной волны;
- ✓ термодинамический – используется струи раскаленных газов получаемых в горелках термобурах;
- ✓ термоэлектрический – Нагревание пород в высоко частотном электрическом поле;
- ✓ термоиндукционный – нагревание горных металлосодержащих пород под действием высокочастотного электромагнитного поля;
- ✓ плазменный – нагрев горных пород с помощью высокотемпературных газов или плазмы [Р1, С. 126-129].

Таким образом, анализ выше приведенных способов разрушения горных пород можно разделить на механические и термические. Привлекательной является идея сравнения энергетических затрат на разрушения горных пород по их физическим свойствам.

К механическим физическим свойствам мы отнесли :

- ✓ плотность вещества - скалярная физическая величина, определяемая как отношение массы тела к занимаемому этим телом объёму. [Р2]
- ✓ предел прочности на сжатие  $\sigma_{\text{мак}}$  - величина напряжения, вызывающая разрушение образца при одноосном сжатии. [Р3]
- ✓ напряжение ( $\sigma$ ) – сила  $F$  упругости, действующая на единицу площади  $S$  тела. Данная величина определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S} . \quad (1)$$

К физическим характеристикам, характеризующим тепловые свойства горных пород мы отнесли:

- ✓ удельную теплоту плавления  $\lambda$  - количество теплоты, которое необходимо сообщить единице массы кристаллического вещества в равновесном изобарно-изотермическом процессе, чтобы перевести его из твёрдого (кристаллического) состояния в жидкое. [Р6]
- ✓ теплоемкость  $c$  – количество теплоты, которое необходимо передать одному килограмму вещества, чтобы нагрет его на один градус кельвина.[Р2]

✓ температуру плавления  $T_{пл}$  - температура, при которой твёрдое кристаллическое тело совершает фазовый переход в жидкое состояние. [P5]

Расчет тепловых затрат на единицу массы мы производили по формуле:

$$Q/m = c\Delta T + \lambda \quad (2)$$

где  $\Delta T$ - разность температур между температурой минерала и его температурой плавления.

Работу на разрушение на единицу массы определяли исходя из того, что работа по определению равна произведению силы на перемещение

$$A = F\Delta h, \quad (3)$$

где  $\Delta h$  – толщина сжатия породы, где сила– необходимая для разрушения горных определяется из формулы (1)  $F = \sigma \cdot S$ . Таким образом,

$$A = \sigma \cdot S \Delta h = \sigma \cdot \Delta V = \sigma \cdot \Delta m / \rho. \quad (4)$$

Данный результат необходимо усреднить, поскольку при сжатии происходит уплотнение материала. работа на единицу массы с учетом усреднения будет равна:

$$A / \Delta m = \frac{1}{2} \sigma \cdot S \Delta h = \frac{1}{2} \sigma \cdot \Delta V = \frac{1}{2} \sigma / \rho. \quad (5)$$

Для сравнения энергетических затрат по формулам (2) и (5) мы выбрали самые тугоплавкие и имеющие высокую прочность. Физические свойства минералов по данным критериям сведены в таблицу 1.

Результаты поиска выбранных физических характеристик для минералов представлены в табл. 1

**Таблица 1 физические характеристики минералов.**

Название минерала.	Формула.	T, °C плавления.	$\lambda$ - Удельная теплота плавления (КДж/кг).	c- Теплоемкость (кДж/(кг·град).	Плотность вещества. (г/с м <sup>3</sup> )	Прочность на сжатие.(МПа)
Корунд (сапфир)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2050	109	0.105	4	2000
Кремень	SiO <sub>2</sub>	1410	49.8	0.67	2.6	328
Кварц	SiO <sub>2</sub>	1710	8.54	0.75	2.6	450
Кальцит	CaCO <sub>3</sub>	1200	9.2	0.8	1.5	20

По данным представленным в таблице 1 и формулам (2) и (5) были определены энергетические (тепловые и механические) затраты на единицу массы, а также проведен расчет отношения этих затрат по отношению друг к другу по формуле

$$k = A/Q \quad (6)$$

Результаты этих расчетов сведены в таблицу 2.

**Таблица 2 сравнение энергетических затрат**

Название(формула)	$Q/m \cdot 10^6$ (Дж/кг)	$A/m \cdot 10^6$ (Дж/кг)	$k=A/Q$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -корунд(сапфир)	0.32	223	696
SiO <sub>2</sub> -кремень	0.99	63	63.6
SiO <sub>3</sub> -кварц	0.13	86	670.3
CaCO <sub>3</sub> -кальцит	0.97	65	67.6

Как видим тепловой способ разрушения оказывается наиболее эффективным и выгодным методом бурения по энергетическим затратам на единицу массы. Нам представляется, что данный способ разрушения горных пород является перспективным, поскольку при тепловом воздействии на породы помимо нагревания происходит тепловой удар. При тепловом ударе температура разрушения может существенно уменьшиться 1) если в породе присутствует кристаллизационная вода, то из-за возгонки воды и, как следствие этого, резкого возрастания давления внутри породы, что приводит к ее разрушению; 2) из-за уменьшения предела прочности с ростом температуры; 3) при наличии градиента температур возникают дополнительные механические напряжения, которые приводят также к разрушению пород при более низких температурах, чем температура плавления. Все эти факторы делают тепловые методы разрушения горных пород весьма привлекательными.

P1 Рожков В. П. История и закономерности развития техники и технологии бурения скважин / В. П. Рожков // учебное пособие. ГУЦМиЗ.—Красноярск. – 2004. –с.164

P2 <http://ru.wikipedia.org/wik/Плотность>

P3 [http://gidrogeology.academic.ru/2143/предел\\_прочности\\_на\\_сжатие](http://gidrogeology.academic.ru/2143/предел_прочности_на_сжатие)