

УДК 622:53

**В.И. Городниченко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ  
ИЗЛУЧЕНИЕМ В МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД**

Неделя горняка-2007  
Семинар № 3

---

**И**злучение, как носитель энергии для разрушения горных пород, получают от генераторов, которые по виду используемой ими первичной энергии различают работающие на химической энергии и на электрической энергии. Для разрушения горных пород с поверхности необходимы генераторы электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне. От инфракрасного излучения в горную породу может передаваться до 80 % энергии, а с применением дополнительных мер до 95 % [1].

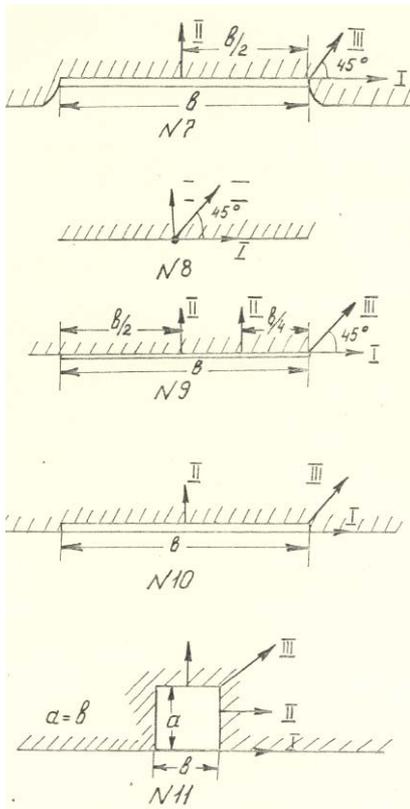
Генераторы на химической энергии могут работать на различных видах твёрдого, жидкого и газообразного топлива. КПД генераторов, работающих на газе, по инфракрасному излучению может составлять до 70 % при температуре излучающей поверхности 500 °С и до 30 % при температуре 1000 °С.

Генераторы на электрической энергии различают с фокусируемым и с нефокусируемым излучением. Плотность излучения в фокусе может достигать нескольких кВт/см<sup>2</sup>, а температура нескольких тысяч градусов. КПД генераторов с фокусируемым инфракрасным излучением составляет до 25 %. На нефокусирующих излучающих поверхностях температура не превышает 800–900 °С, а плотность излучения составляет до 12 Вт/см<sup>2</sup>. КПД нефокуси-

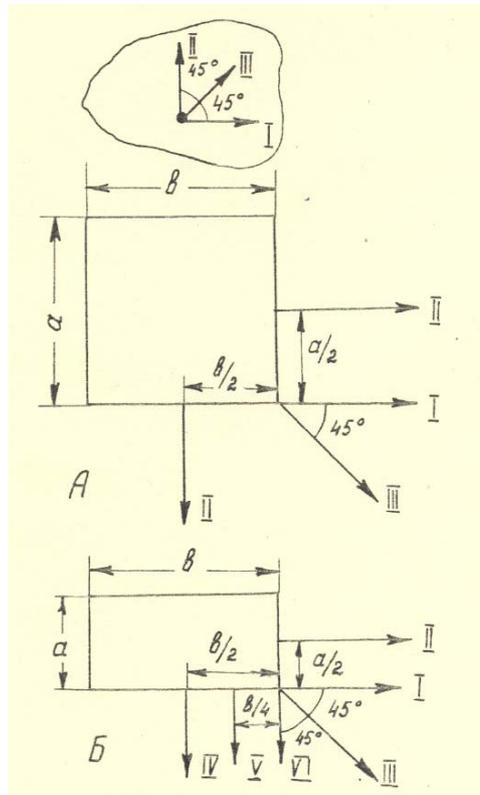
рующих электрических генераторов по инфракрасному излучению составляет 85–90 %.

При увеличении площади излучающей поверхности, в связи с возрастающими конвективными потерями к.п.д. по инфракрасному излучению составляет до 70–80 %.

Исследованиями отбойки горных пород с применением инфракрасного излучения [1] установлена существенная зависимость скорости отбойки и энергоёмкости процесса от параметров рабочих органов, в частности, от рабочей площади излучающих поверхностей, от площади поперечного сечения выработки в проходке. К факторам, определяющим эту зависимость, относятся, увеличение относительной доли потерь энергии за счёт конвекции, в связи с увеличением удельного периметра излучателя; снижение количества энергии вводимой в горную породу. Наблюдения показали также, что после заглубления рабочих органов в массив горных пород, происходит повышение эффективности процесса отбойки, которая в этих условиях ведётся, как бы, в квазизамкнутом пространстве, по сравнению с начальной стадией отбойки до заглубления в массив в открытом пространстве. При этом важно отметить роль снижения конвективных потерь энергии, а также необходимость рассмотрения как используется для отбойки породы



Варианты 7 - 11



Варианты 1 - 6.

Рис. 1. Схемы вариантов (1-11) ввода энергии в массив горных пород: I, II, III, IV – направления измерений, А –  $a = b$ ; Б –  $a < b$ ;  $a, b$  – размеры источника энергии

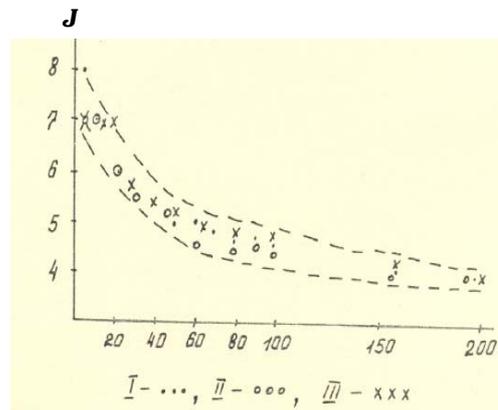
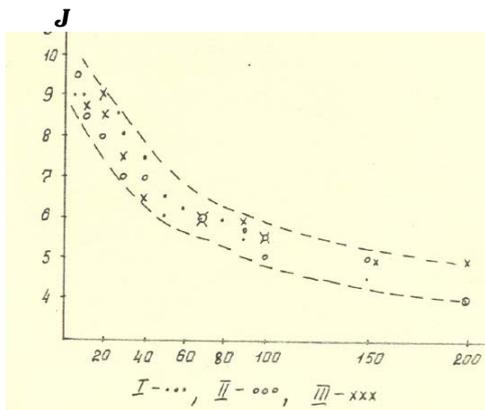
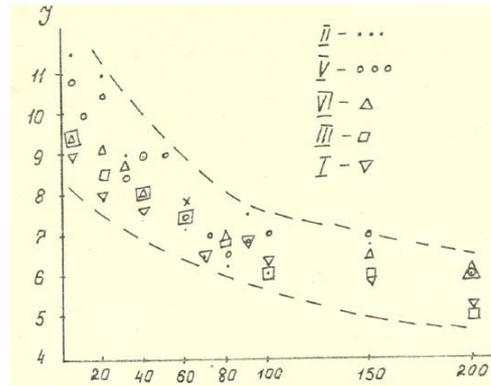
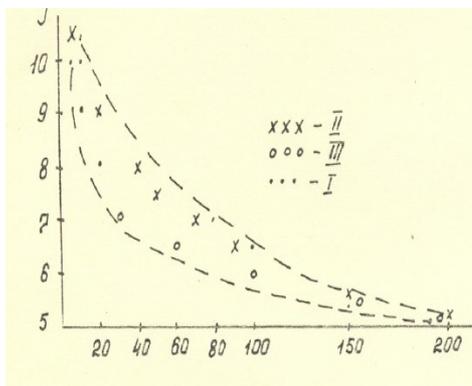
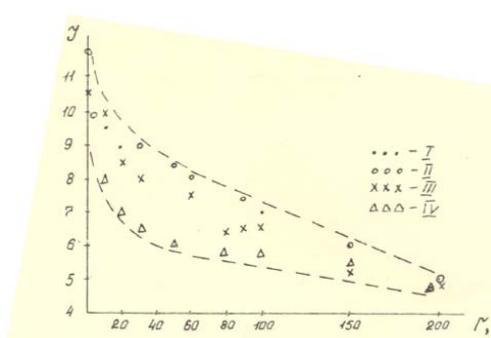
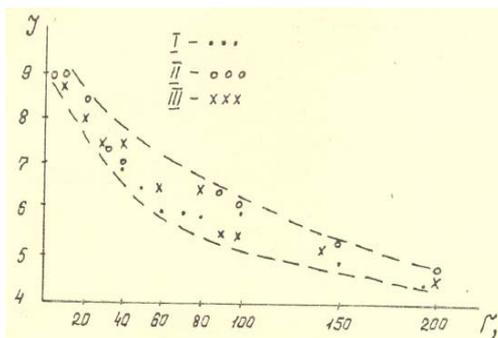


Рис. 2. Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по вариантам 2 и 1, моделирующим условия отбойки при очистной выемке сплошным забоем ( $a_1 = b_1$ ) и при расширении скважины



**Рис. 3. Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по вариантам 3 и 4, моделирующих условия отбойки при очистной выемке сплошным забоем ( $a_2=b_2=4a_1=4b_1$ ) и шелью ( $a:b=1:8$ )**

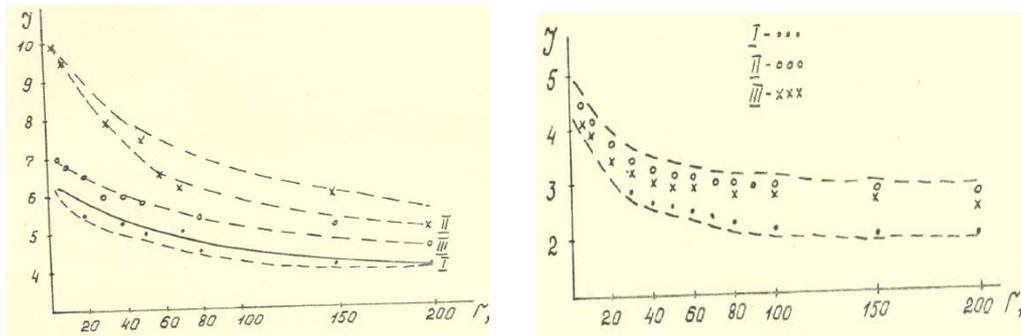


**Рис. 4. Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по вариантам 5 и 6, моделирующих условия отбойки при очистной выемке сплошным забоем ( $a:b=1:1,5$ ) и шелью ( $a:b=1:3,5$ )**

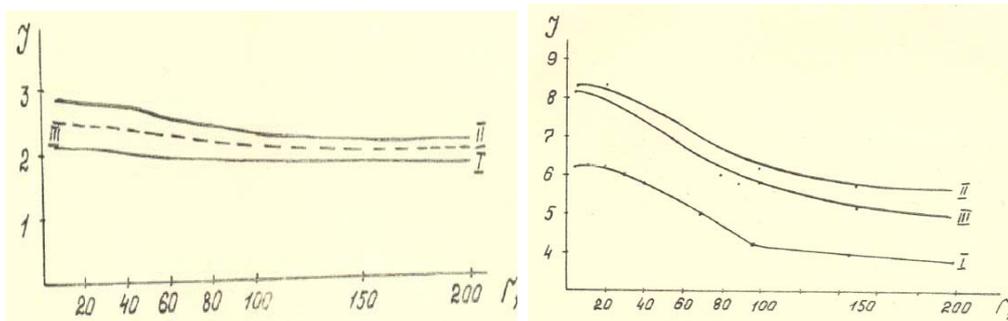
подводимая излучением к массиву энергия при одинаковых конвективных потерях.

В связи с этим проведено моделирование контактного ввода энергии в массив горных пород с предположением, что моделируемый процесс является аналогом процесса передачи энергии в массив от излучения, попадающего на горную породу, за вычетом энергии конвективных потерь.

Моделировались различные схемы ввода энергии в массив горной породы (рис. 1), различные по размерам и по форме источники излучения, квазипологавшиеся на поверхности квазибесконечного массива и на различной глубине от поверхности массива. В качестве показателя, характеризующего величину вводимой в массив горных пород энергии, принята величина измерявшегося потенциала электрического поля  $J$ .



**Рис. 5. Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по вариантам 7 и 8, моделирующих условия отбойки рудной жилы в массиве (a:b=1:25) и от источника на поверхности массива**

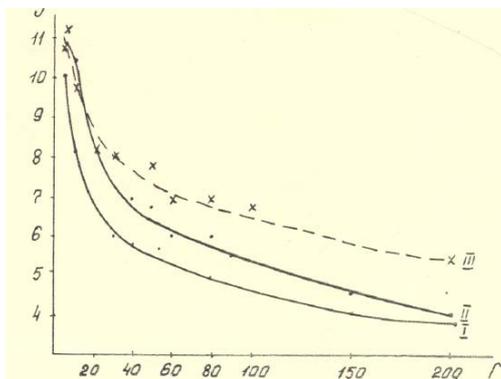


**Рис. 6. Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по вариантам 9 и 10, моделирующих условия отбойки от линейного источника на поверхности массива и в массиве (a:b=1:25)**

Поток, поступающей в массив горных пород, энергии  $Q$  пропорционален облучаемой площади  $S$  и, согласно [2], определяется выражением:  $Q = 2S (\lambda C \rho^{-1})^{0.5} (T_n - T_0) (\tau_2^{0.5} - \tau_1^{0.5})$ , где  $\lambda$ ,  $C$ ,  $\rho$  - соответственно, коэффициент теплопроводности, удельная теплоёмкость, объёмная масса горной породы;  $T_0$ ,  $T_n$  - начальная и конечная температура породы при отбойке;  $\tau_2 - \tau_1$  - продолжительность процесса.

Величина  $Q$  характеризует энергоёмкость процесса отбойки породы. По результатам моделирования,

количество вводимой в массив горных пород энергии действительно зависит, кроме других факторов, от размеров облучаемой площади на поверхности массива и, соответственно, от размеров источника энергии (рис. 2, 3, 5). Однако, при удалении источника энергии от массива на расстояния превышающие поперечный размер излучателя это влияние уменьшается. При этом повышается влияние формы излучателя, о чём свидетельствуют значения коэффициентов вариации показателя  $J$  по различным координатным на-



**Рис. 7.** Графики изменения показателя энергии, вводимой в массив горных пород, в зависимости от расстояния до источника энергии по варианту 11 ( $a = b$ ), моделирующему условия отбойки в массиве на глубине «а»

правлениям, составляющие в варианте 1 – до 8 %, в варианте 2 до 10 %, в варианте 3 до 25 – 30 %.

Следовательно, для обеспечения минимального разубоживания руды при выемке тонких рудных жил, за счёт повышения эффективности использования вводимой в породу энергии, необходимо применять неравно-

сторонний источник энергии, то есть вытянутый вдоль рудного тела.

Моделирование с предполагаемой выемкой тонких рудных жил (рис. 3, 4) показывает, что наименее благоприятными по количеству энергии, вводимой в массив горных пород будут условия на начальной стадии отбойки руды (рис. 5, 6). При увеличении мощности рудной жилы и соответствующем увеличении ширины источника энергии, количество вводимой в массив энергии будет возрастать, что, можно полагать позволит снизить удельные затраты энергии на отбойку руды

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1995, 29,0 п. л., тираж 2000.

2. Дмитриев А.П., Гончаров А.П. Термодинамические процессы в горных породах. – М.: Недра. 1983. – 342 с. **ГИАБ**

#### Коротко об авторе

Городниченко В.И. – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры физики горных пород и процессов, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 3 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Л. Шкуратник.

