

УДК 622.235.5

## Повышение эффективности действия взрыва в нефтесодержащих породах

Д.С. Подозерский

Горный институт КНЦ РАН, Анапиты

**Аннотация.** Коэффициент полезного использования энергии взрыва повышается за счет увеличения объема газообразных продуктов взрывного разложения переходного слоя из азотнокислых солей, образующегося непосредственно в щелочных и щелочноземельных породах, прилегающих к стенкам зарядной полости при их обработке азотной кислотой. В нефтеносных породах в объеме зоны проникновения азотной кислоты образуется низкобризантное взрывчатое вещество, увеличивающее суммарную массу заряда.

**Abstract.** The efficiency factor of explosive energy increases due to increasing volume of gas products of explosive decomposition of a transitive layer of nitrate salts formed directly in alkaline and alkaline-earth rocks adjacent to the walls of a charge cavity as a result of their treatment with nitric acid. In oil-bearing rocks within the volume of the nitric acid penetration zone there is formed a low brisant explosive, increasing the total weight of the charge.

### 1. Введение

К настоящему времени в горном производстве накоплен большой опыт по управлению действием взрыва и установлению влияния отдельных факторов на эффективность взрыва. При этом способы повышения эффективности использования энергии взрыва можно разделить на несколько основных групп.

Способы, основанные на изменении параметров взрывного импульса, позволяют перераспределять энергию взрыва между бризантными и фугасными формами его работы, в основном, за счет снижения начального давления и увеличения длительности взрывного импульса.

К способам повышения эффективности взрыва, основанным на изменении напряженного состояния пород, относится, прежде всего, весьма эффективный способ управления энергией взрыва – короткозамедленное взрывание, при котором повышается доля затрат энергии ВВ на полезную форму работы – дробление.

Большая группа способов повышения эффективности использования энергии взрыва основана на изменении влияния граничных условий. Сюда относятся способы, связанные с рациональным размещением заряда при взрывании на обнаженную поверхность, с определением оптимальных соотношений веса заряда и ЛНС, регулирование степенью дробления за счет оптимального коэффициента сближения скважины и т.д.

Однако перечисленные способы не позволяют значительно повысить эффективность действия взрыва.

Исследования, проведенные под руководством докт. физ.-мат. наук Шведова К.К. (Кукиб и др., 1991), показали, что эффективность действия взрыва промышленных ВВ в горных породах оценивается следующим образом:

$$A \approx Q_{\text{взр}}^{0.75} \cdot V_0^{0.25}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{взр}}$  – теплота взрыва ВВ;  $V_0$  – объем газов, выделяемый при взрыве ВВ.

Отсюда следует, что для повышения эффективности взрыва отдельно взятого заряда необходимо стремиться к увеличению теплоты взрыва и объема газообразных продуктов. Однако способы повышения теплоты взрыва и объема газов промышленных ВВ ограничены и требуют больших материальных затрат. Кроме того, повышение теплоты взрыва путем введения в состав ВВ высокоэнергетических добавок неизбежно приводит к уменьшению объема газообразных продуктов.

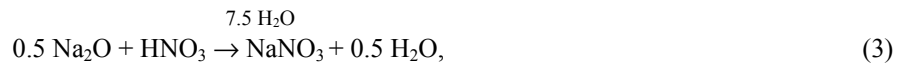
Введение в эксплуатацию в ближайшие годы нефтеносных и газовых месторождений, открытых на материковой части шельфа арктических морей, делают весьма актуальными работы по повышению их газо- и нефтеотдачи, которая при существующих технологиях добычи составляет 30-40 %.

Повысить коэффициент извлечения можно за счет увеличения площади трещиноватого коллектора, прилегающего к забою скважины, путем создания зоны повышенной трещиноватости, по которым происходит миграция нефтепродуктов, с помощью взрывных технологий.

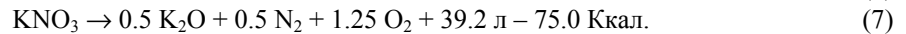
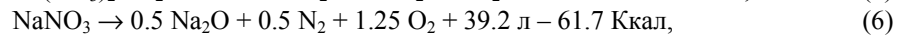
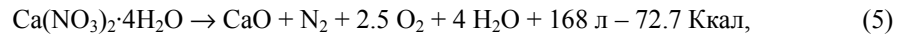
## 2. Исследование

Нами предложен новый способ повышения эффективности действия взрыва за счет увеличения объема газов, выделяющихся при разложении солей, образующихся на стенках скважины в результате обработки материнской породы азотной кислотой

При обработке азотной кислотой стенок скважин в щелочных породах образуются нитраты по формулам:



Из расчета 1 моля соли разложение протекает по формулам:



Процесс разложения идет с выделением значительного количества газов. Газы, расширяясь, совершают работу, которая в данном случае является дополнительной, следовательно, исходя из формулы 1, растет эффективность действия взрыва. Разложение солей требует затраты энергии.

Как показано в работе (Мосинец, 1976) отношение конечного объема расширения продуктов взрыва  $V_\infty$  к начальному объему, который равен объему зарядной полости  $V_n$ , равно:

$$V_\infty / V_n = 1000 / \sigma_{\text{сж}}^{3/4}, \quad (8)$$

где  $\sigma_{\text{сж}}$  – предел прочности на одноосное сжатие.

Объем  $V_\infty$  может быть отождествлен с объемом цилиндрической зоны пластических деформаций радиуса  $R_\infty$ . В этой зоне поглощается до 25 % потенциальной энергии ВВ. Преобразуя объем в радиус зоны, получим для скважинного заряда ВВ определенной высоты:

$$R_\infty^2 / R_n^2 = 1000 / \sigma_{\text{сж}}^{3/4}. \quad (9)$$

При наибольшем пределе прочности руд и пород радиус зоны пластических деформаций, в которой поглощается 25 % энергии ВВ, составляет  $R_n$ . Отсюда встает вопрос об определении количества энергии, необходимой для разложения солей нитратов, и объема газов, выделяемого этими солями.

По формулам (5-7) возможно количественно определить теплопоглощение и газовыделение соответствующих солей нитратов. Для оценки дополнительного газовыделения и теплопоглощения солей нитратов, которые образуются в рудах и породах, исходя из содержания соответствующих окислов, были проведены расчеты. Содержание окислов в продуктивном пласте Песчаноозерного нефтяного месторождения взято по данным Арктикоморнефтегазразведки.

Расчеты показали, что, в отличие от других солей, известняки дендритовые нефтенасыщенные после обработки азотной кислотой имеют положительную теплоту разложения, т.е. выделяют тепло при разложении, за счет присутствия в своем составе горючего – нефти.

При взрывном воздействии на стенки зарядной полости, обработанных азотной кислотой, объем газов, выделившихся при разложении соли на 1 кг породы составил  $\Sigma$  354.5 л, а тепловая энергия взрывного разложения –  $\Sigma$  +370.6 ккал.

Для исследования влияния на эффективность взрыва количества образующихся газообразных продуктов были поставлены специальные эксперименты. С этой целью в песке влажностью 6 % были проведены две серии опытов:

I серия – взрыв заряда ТЭНа весом 10 г.

II серия – взрыв заряда ТЭНа весом 10 г с добавкой 10 г материала нефтесодержащих кернов, обработанных азотной кислотой.

Была применена специальная конструкция заряда.

Так как кальциевая селитра в смеси с нефтепродуктами обладает большим критическим диаметром по параметрам устойчивой детонации, то исследуемое вещество окружалось слоем высокобризантного вещества, при такой конструкции заряда за счет сходящихся продуктов взрывного разложения обеспечивалось полное разложение вещества в заданном объеме. Заряды выбранной конструкции помещали на глубину 15 см. В каждом опыте определяли размеры воронки выброса. Усредненные результаты по пяти взрывам в каждой серии приведены в таблице.

Таблица. Зависимость воронки выброса и объема газов от материала добавки

| Номер серии | Глубина воронки, см | Радиус воронки, см | Объем воронки, см <sup>3</sup> | Объем газообразных продуктов взрыва, л/кг |
|-------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|---|
| 1           | 16                  | 25                 | 10500                          | 580                                       |
| 2           | 18                  | 32                 | 19300                          | 1200                                      |

Анализ данных таблицы показывает, что по сравнению со взрывом 10 г ТЭНа добавка к ТЭНу 10 г материалов представленных кернов, обработанных азотной кислотой, приводит к увеличению воронки выброса примерно в 1.9 раза. Объем воронки выброса при добавке к ТЭНу 10 г материалов керна, не обработанных азотной кислотой, остается неизменным, так же, как и в первой серии взрывов.

С целью определения объема газов, образующихся при взрыве зарядов ВВ с различными добавками, проведены следующие эксперименты. Для этого в бомбе Апина-Беляева проводили взрывы зарядов ТЭНа весом 5-10 г в зависимости от принятой схемы опытов и перед взрывом из бомбы откачивали воздух до остаточного давления  $6.65 \cdot 10^3$  Па, каждый опыт повторяли пять раз. Объем газообразных продуктов взрыва, приведенных к нормальным условиям, вычисляли по формуле

$$V = [(P - W) \cdot 273 \cdot 1000] / [T \cdot 1.02 \cdot 108 q], \quad (10)$$

где  $V$  – внутренний объем бомбы, м<sup>3</sup>;  $P$  – давление газов при температуре  $T$ , Па;  $W$  – давление насыщенных паров воды при температуре  $T$ , Па;  $T$  – температура охлажденных газов, К;  $q$  – навеска заряда, г. При расчетах принимали  $V = 5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>,  $T = 291$  К,  $W = 2.08 \cdot 10^3$  Па.

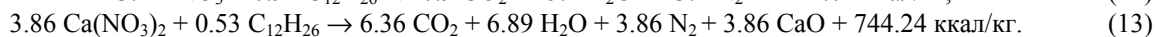
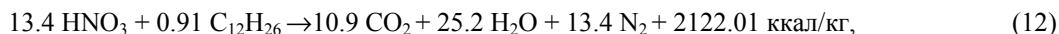
К вычисленному объему газов добавляли объем паров. Объем паров воды при нормальных условиях определяли по формуле:

$$V_n = (22.4 \cdot m \cdot 1000) / (18 q), \quad (11)$$

где  $m$  – количество воды, г. Содержание воды в бомбе определяли по изменению веса хлоркальциевой трубки. Усредненные данные опытов приведены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что под влиянием иницирующего импульса взрыва ТЭНа происходит разложение материалов добавки с увеличением объема газов в данной серии опытов примерно в два раза.

Реакции взрывного превращения окислителя и нефтепродуктов происходит по следующим схемам:



Взрывы в калориметрической бомбе зарядов с нефтеносной породой обработанной азотной кислотой и необработанной кислотой показали приращение объема газообразных продуктов взрыва.

### 3. Заключение

В результате выполненных исследований показано, что при химическом взаимодействии азотной кислоты с щелочными и щелочноземельными породами вокруг зарядной полости образуется переходной слой из азотнокислых солей, а в зоне пластических деформаций при взрыве основного заряда ВВ за счет динамического сжатия и теплообмена продуктов взрыва происходит разложение азотнокислых солей с образованием дополнительного объема газов, увеличивающих фугасное действие взрыва.

В нефтеносных породах в объеме зоны проникновения азотной кислоты, образуется низкобрызганное взрывчатое вещество, увеличивающее суммарную массу заряда, позволяющую расширить зону трещинообразования и тем самым увеличить нефтеотдачу пластов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-05-00026).

### Литература

**Кукиб Б.Н., Панкова Е.З., Афанасенков А.Н., Потулов В.Ю., Шведов К.К.** Расчетный экспресс-метод предварительной оценки энергетических характеристик, параметров детонации, относительной работоспособности и энергетической эффективности промышленных ВВ. В кн.: *Методы испытаний низкочувствительных ВВ. Черноголовка*, стр.90-108, 1991.

**Мосинцев В.Н.** Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. *М., Недра*, 271 с., 1976.