Министерство черной металлургии СССР
ГЛАВРУДА
Восточный научно-исследовательский горнорудный институт
(ВостНИГРИ)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Новокузнецк — 1974

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Г Л А В Р У Д А

Восточный научно-исследовательский горнорудный институт
(ВостНИГРИ)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Новокузнецк
1974

В работе освещены методы определения газовости шпуровых, наружных и скважинных зарядов ВВ. Дается описание известных методов определения газовости ВВ: камерного и бескамерного.

Предлагается новый метод определения газовости ВВ "без перемычки".

Приводятся значения газовости шпуровых, наружных и скважинных зарядов ВВ на железных рудниках Сибири.

Работа предназначена для работников предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций.

При расчетах потребного количества воздуха для проветривания горных выработок после взрывных работ необходимо знать газовость взрывчатых веществ (ВВ), т.е. количество образовавшихся ядовитых газов, отнесенных к расходу ВВ. Правильная норма газовости ВВ, заложенная в расчетную формулу, позволит более обоснованно, как в техническом, так и в экономическом отношении производить выбор средств проветр вания.

Вопросам исследования газовости ВВ посвящено ряд работ [I-9], из которых следует, что она зависит от множества факторов, основными из которых являются минералогический состав горных пород, состав ВВ и их физико-химические свойства, условия ведения взрывных работ. Эти факторы учесть теоретически довольно сложно, поэтому для последующего аналитического обобщения необходим сбор обширного экспериментального материала в условиях действующих предприятий.

Успешное проведение таких работ может быть достигнуто при наличии простого и в то же время обеспечивающего достаточную точность замеров метода определения газовости ВВ.

В настоящей работе предпринята попытка осветить существующие методы определения газовости ВВ, детально излагаются новые методы определения газовости шпуровых, наружных и скважинных зарядов ВВ.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ШПУРОВЫХ И НАРУЖНЫХ ЗАРЯДОВ ВВ

Камерный метод

Камерный метод, разработанный В.А.Ассоновым и Б.Д.Росси [1,2], является наиболее распространенным и точным методом определения газовости ВВ в производственных условиях. Он основан на определении содержания ядовитых газов в изолированной части подземной тупиковой выработки, представляющей собой закрытую камеру. Изоляция камеры достигается за счет отделения части горной выработки перемычкой (занавесом) из газонепроницаемой ткани (брезент, прорезиненная ткань и т.д.).

Тупиковая выработка, в которой расположена камера, должна иметь сечение 4-10 $м^2$ и длину не менее 65 м. Длина камеры должна быть не более 40 м, а объем 60-450 $м^3$. Если в процессе проведения опытных взрывов длина камеры выйдет за допустимые пределы, то занавес перевешивают. Объем камеры подсчитывают как произведение ее длины на среднее сечение. Последнее определяется как среднее арифметическое из результатов замера сечений камеры через интервалы в 2 м.

После электрического взрывания комплекта шпуров бойцы ВГСЧ или отборщики проб, снабженные изолирующими кислородными респираторами, опускают занавес, заходят в камеру и производят в ней перемешивание газов с помощью кусков плотной ткани размером около 1 $м^2$. При перемешивании бойцы проходят камеру 3-4 раза в течение 5 мин. Отбор проб после перемешивания производят у забоя, в середине камеры и у занавеса с внутренней стороны. Пробы берут в трех точках по высоте.

Перемешивание газов в камере может быть осуществлено также с помощью вентилятора местного проветривания. Число точек отбора проб при этом сокращается до трех, т.е. по одной пробе у забоя, в середине камеры и с внутренней стороны занавеса на высоте I-I,5 м от почвы выработки.

Взятие проб на ядовитые продукты разложения ВВ (окись углерода, окислы азота) производится точечным способом. Пробы на содержание окиси углерода берут, накачивая газовую смесь с помощью груши или насоса в резиновые камеры, которые после наполнения герметически закрывают.

Для взятия пробы на содержание окислов азота в специально подготовленной бутылке открывают пробку и газовая смесь автоматически всасывается за счет разрежения в бутылке, после чего бутылку вновь закрывают пробкой.

По результатам химического анализа проб воздуха берутся усредненные значения концентрации CO и NO_2. Общий объем образовавшихся после взрыва ядовитых газов подсчитывается отдельно для CO и NO_2 по формулам:

$$V_{CO} = 10\ CO\% \cdot V_к,\ л, \qquad (I)$$

$$V_{NO_2} = 10\ NO_2\% \cdot V_к,\ л, \qquad (2)$$

где $CO\%$, $NO_2\%$ - среднее содержание ядовитых компонентов,%;

$V_к$ - объем камеры, $м^3$.

Удельный объем CO и NO_2 подсчитывается по формулам:

$$b_{CO} = \frac{V_{CO}}{A},$$

$$b_{NO_2} = \frac{V_{NO_2}}{A},$$

где A - количество взорванного ВВ, кг.

Газовость ВВ определяется по формуле

$$b_{CO_{уд}} = V_{CO} + 6{,}5\ V_{NO_2},\ л/кг. \qquad (3)$$

В общем случае газовость ВВ по отдельным компонентам при камерном методе подсчитывается по формуле

$$b = \frac{\bar{C} \cdot \bar{S} \cdot \ell}{A}, \qquad (4)$$

где $\bar{C}$ – среднее содержание определяемого компонента в атмосфере выработки;

$\bar{S}$ – средняя площадь сечения выработки;

ℓ – длина камеры;

A – количество взрываемого ВВ.

При измерении $\bar{C}, \bar{S}, \ell, A$ допускаются ошибки, характеризующие отклонения истинных значений от измеренных. Обозначая истинные ошибки функции b и аргументов $\bar{C}, \bar{S}, \ell, A$ через $\Delta b, \Delta\bar{C}, \Delta S, \Delta\ell, \Delta A$,получим

$$b+\Delta b=\frac{(\bar{C}+\Delta\bar{C})(\bar{S}+\Delta\bar{S})(\ell+\Delta\ell)}{A+\Delta A}, \qquad (5)$$

откуда $$\Delta b=\frac{(\bar{C}+\Delta\bar{C})(\bar{S}+\Delta\bar{S})(\ell+\Delta\ell)}{A+\Delta A}-\frac{\bar{C}\cdot\bar{S}\cdot\ell}{A},$$

но $$\frac{(\bar{C}+\Delta\bar{C})(\bar{S}+\Delta\bar{S})(\ell+\Delta\ell)}{A+\Delta A}=\frac{\bar{C}\cdot\bar{S}\cdot\ell}{A}+\frac{\partial b}{\partial\bar{C}}\Delta\bar{C}+$$
$$+\frac{\partial b}{\partial\bar{S}}\Delta\bar{S}+\frac{\partial b}{\partial\ell}\Delta\ell-\frac{\partial b}{\partial A}\Delta A.$$

При разложении в ряд Тейлора ввиду малости истинных ошибок аргументов можно ограничиться только первыми производными и первыми степенями ошибок.

Тогда

$$\Delta b=\frac{\partial b}{\partial\bar{C}}\Delta\bar{C}+\frac{\partial b}{\partial\bar{S}}\Delta\bar{S}+\frac{\partial b}{\partial\ell}\Delta\ell-\frac{\partial b}{\partial A}\Delta A. \qquad (6)$$

Допустив, что частные производные $\frac{\partial b}{\partial\bar{C}}, \frac{\partial b}{\partial\bar{S}}, \frac{\partial b}{\partial\ell}, \frac{\partial b}{\partial A}$ остаются постоянными в пределах изменения аргументов от $\bar{C}_i$ до $\bar{C}_i+\Delta\bar{C}_i$, от $\bar{S}_i$ до $\bar{S}_i+\Delta\bar{S}_i$, от ℓ_i до $\ell_i+\Delta\ell_i$ и от A_i до $A_i+\Delta A_i$ и, переходя к квадратам средних ошибок, получим

$$m_b^2=\left(\frac{\partial b}{\partial\bar{C}}m_{\bar{C}}\right)^2+\left(\frac{\partial b}{\partial\bar{S}}m_{\bar{S}}\right)^2+\left(\frac{\partial b}{\partial\ell}m_\ell\right)^2+\left(\frac{\partial b}{\partial A}m_A\right)^2. \qquad (7)$$

Взяв частные производные с учетом выражения (4), получим

$$m_B^2 = \left(\frac{\partial B}{\partial C} m_C\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial S} m_S\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial \ell} m_\ell\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial A} m_A\right)^2 \qquad (8)$$

или $$\left(\frac{m_B}{B}\right)^2 = \left(\frac{m_C}{C}\right)^2 + \left(\frac{m_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{m_\ell}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{m_A}{A}\right)^2.$$

Обозначим $\frac{m_B}{B} = V_B$, $\frac{m_C}{C} = V_C$, $\frac{m_S}{S} = V_S$, $\frac{m_\ell}{\ell} = V_\ell$, $\frac{m_A}{A} = V_A$,

где V с соответствующими индексами есть максимальные относительные вариации отклонений от истинных величин, выраженные в процентах.

Тогда $$V_B^2 = V_C^2 + V_S^2 + V_\ell^2 + V_A^2, \qquad (9)$$

откуда $$V_B = \pm \sqrt{V_C^2 + V_S^2 + V_\ell^2 + V_A^2}. \qquad (10)$$

Рассмотрим возможные величины вариаций, входящих в подкоренное выражение (10).

Измерение концентрации газов в выработке происходит в 2 этапа: набор газа в сосуды и непосредственное измерение концентрации газов на соответствующих измерительных аппаратах.

При точечном способе набора газа, как показали исследования, колебание фактической концентрации от средней в сечении находится в пределах 10%, паспортная погрешность измерительного аппарата - 5%, т.е. вариация V - находится в пределах 15%.

Согласно данным [10], при тщательном измерении S величина вариаций находится в пределах 5 ÷ 10%. Принимаем $V_S = 8\%$.

Считаем, что ошибки измерений при определении ℓ и A отсутствуют.

Тогда величина $V_B = \pm \sqrt{225 + 64} = \pm 17\%$.

Отсюда можно сделать вывод, что камерный метод определения

газовости ВВ характеризуется достаточной точностью.

К недостаткам камерного метода относятся: трудоемкость возведения перемычки (занавеса), возможность использования метода лишь для электрического взрывания шпуров, т.к. при огневом взрывании газовоздушная волна будет выброшена за пределы камеры.

Бескамерный метод

Бескамерный метод определения газовости ВВ предложен П.А.Парамоновым [3]. Этот метод исключает создание герметизированной камеры, что значительно снижает трудоемкость работ при определении газовости ВВ.

Сущность метода заключается в следующем. После взрывания ВВ в тупиковой выработке длиной не менее 50 м включается вентилятор, работающий на нагнетание. В замерной станции, выбранной на некотором расстоянии от забоя (50-100 м), производится набор проб воздуха с определенными интервалами.

Количество воздуха Q, подаваемое в выработку для разбавления взрывных газов, подсчитывается на основании данных средней скорости движения воздуха $W_{ср}$ и поперечного сечения выработки S в месте замера:

$$Q = W_{ср} \cdot S, \ м^3/сек. \qquad (11)$$

Для более точного определения количества воздуха, проходящего по выработке, производится замер скорости воздуха в трубопроводе в сечении замерной станции.

С помощью воздухомерной трубки и микроманометра определяется динамический напор в 4-5 точках воздухопровода (от стенки трубопровода к центру) по двум взаимно перпендикулярным диаметрам.

На основании данных динамического напора определяется скорость движения воздушной струи в каждой точке замера по формуле

$$W = \sqrt{\frac{2gh_{ск}}{\gamma}}, \ м/сек, \qquad (12)$$

где g - ускорение силы тяжести (g =9,81 м/сек^2);

h_{α} – динамический напор, измеряемый по микроманометру, мм вод.ст. ;

γ – удельный вес воздуха (γ =1,2 кг/м^3).

Средняя скорость $V_{ср}$ движения воздуха в трубопроводе вычисляется как средняя арифметическая всех точек замера. Количество воздуха, проходящее в замерной станции, определяется в результате произведения средней скорости движения воздуха в трубопроводе на его сечение.

Пробы воздуха в замерной станции отбирают через определенные промежутки времени на окись углерода и окислы азота. Окись углерода определяют экспрессным линейно-колориметрическим методом с момента подхода переднего фронта взрывных газов и до их исчезновения.

По данным химического анализа и определения количества воздуха Q , вычерчивается график зависимости концентрации окиси углерода от количества воздуха, поданного в выработку, из которого вычисляется объем образовавшегося газа путем определения площади фигуры, ограниченной кривой.

На рис.1 показан характер изменения концентрации окиси углерода после взрывания ВВ в орте № 4 рудника Таштагол.

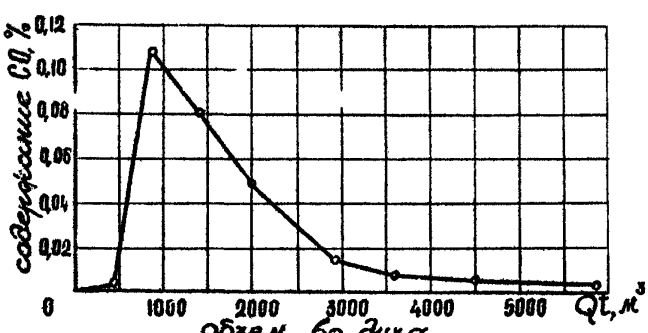

Рис.1. Характер изменения концентрации окиси углерода

Объем окиси углерода практически определяется как сумма отдельных трапеций, составляющих площадь фигуры, ограничен-

ной кривой. В свою очередь площадь трапеции определяется произведением средней высоты ее на основание.

Пробы на окислы азота берутся в течение первых 10 мин с момента подхода переднего фронта газовой волны к замерной станции.

При анализе определяется средняя концентрация окислов азота в пересчете на окись углерода; при одном и том же количестве поданного воздуха находят отношение концентраций окислов азота к окиси углерода. По этому отношению и ранее найденному объему окиси углерода устанавливают объем окислов азота, образовавшихся при взрыве.

Газовость ВВ по CO определяется путем деления объема окиси углерода на вес взорванного ВВ. Аналогично подсчитывается газовость по окислам азота.

Общая газовость ВВ определяется по выражению

$$b = V_{CO} + 6{,}5\, V_{NO_2},\ л/кг.$$

В общем случае газовость ВВ по отдельному компоненту при этом методе подсчитывается по формуле

$$b = \frac{\bar{C} \cdot \bar{W} \cdot S}{t}, \qquad (13)$$

где $\bar{W}$ – средняя скорость движения воздуха;

t – время проветривания.

Тогда коэффициент вариации

$$V_b = \pm \sqrt{V_c^2 + V_W^2 + V_S^2 + V_t^2}. \qquad (14)$$

Ошибка измерений концентрации газов при использовании экспрессметода достигает 30%. При определении скорости движения воздуха в выработке с помощью анемометра V_W находится в пределах 7,5 ÷ 39,3% [10].

Считаем, что ошибка измерений при определении t отсутствует. С учетом значений вариаций, входящих в формулу (14),

$$V_b = \pm\sqrt{900 + 400 + 0} = 35\%.$$

Бескамерный метод определения газовости ВВ обладает рядом недостатков. При этом методе точность замеров ниже, чем при камерном, в связи с применением индикаторных трубок для определения концентрации СО и косвенного определения содержания окислов азота. Незначительная неточность в определении количества воздуха влечет значительную ошибку в подсчете объема образующихся газов.

Метод предусматривает длительное нахождение отборщиков проб в загазованной атмосфере, наличие специальной аппаратуры для определения скорости воздуха в трубопроводе.

Метод "без перемычки"

В основу метода "без перемычки", разработанного в ВостНИГРИ, заложены принципы камерного метода. Отличительной особенностью метода является отсутствие жесткой перемычки (занавеса). Функцию перемычки выполняет естественная граница газовоздушной смеси в выработке. Применение данного метода основано на том, что при огневом взрывании шпуров газы, выбрасываемые в выработку при взрыве через значительные интервалы времени, интенсивно перемешиваются, в результате чего их концентрация сравнительно постоянна по всей длине зоны отброса продуктов взрыва.

На рис.2 показан характер изменения концентрации окиси углерода и окислов азота в зоне отброса газов (считая от груди забоя) при взрыве в IO орте гор.70 м рудника Таштагол. Как видно из рисунка, распределение концентрации не имеет резких пиков, наблюдается лишь плавное снижение концентрации газов в направлении выхода из тупиковой выработки.

Исследование газовости ВВ при методе "без перемычки" осуществляется следующим образом. Спустя IO-I5 мин после взрывания последнего шпура, когда, в основном, прекращается движение газов за счет температурного напора, приступают к набору проб воздуха на окись углерода и окислы азота. Пробы отбираются последовательно в 5-6 пунктах по длине отброса продуктов взрыва (примерно через каждые IO м), начиная от границы газовой волны. Возможно также одновременное взятие проб при наличии 5-6 человек, занятых на этой операции.

Общая длина зоны отброса газов, а также длина интервалов между пунктами набора проб воздуха тщательно измеряются. Размеры поперечного сечения выработки измеряются через каждые 5 м.

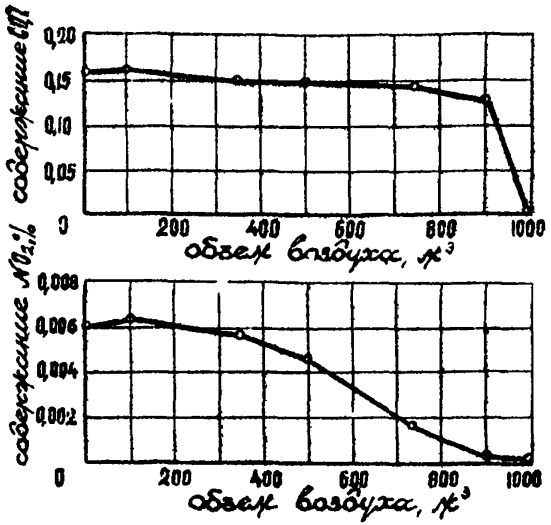

Рис.2. Характер изменения содержания ядовитых газов в зоне отброса продуктов взрыва

Пробы на окись углерода набираются с помощью ручного насоса в резиновые камеры емкостью 2-2,5 л, а на окислы азота - в стеклянные вакуумированные бутылки с 20 см³ 0,5-процентного раствора едкого натрия. Причем эти пробы берутся не с отдельных точках сечения выработки, как при камерном методе, а путем зигзагообразного обвода сечения выработки. При зигзагообразном обводе сечения выработки сокращается количество проб и обеспечивается получение усредненного значения содержания ядовитых газов в атмосфере.

Многократные испытания точечного способа отбора проб путем зигзагообразного обвода сечения показали, что они сравнимы

между собой. Так, среднее значение концентраций при точечном способе отличалось не более чем на 10% значения концентрации, определенного одновременно в том же сечении зигзагообразным обводом сечения выработки, т.е. расхождение находилось в пределах ошибки измерения.

Ввиду невозможности определения усредненного значения окислов азота известными устройствами при вакуумно-химическом способе отбора проб воздуха, авторами разработано специальное устройство для набора проб воздуха на NO_2 [x].

Устройство (рис.3) состоит из поршневого цилиндра I, в стенке которого выполнен продольный канал с входными отверстиями (дюзами). Внутри цилиндра расположен шток 5 с поршнем 2.

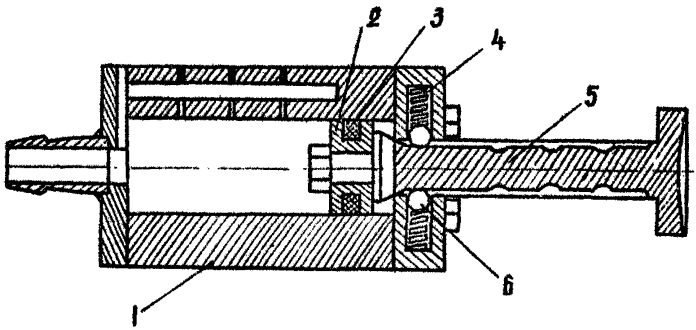

Рис.3. Устройство для усредненного отбора проб на окислы азота

Для герметизации поршня во внутренней выточке его расположено резиновое кольцо 3. Шток фиксируется в определенных положениях за счет шариков 6, пружины 4 и углублений в продольном пазе штока.

---

x) С.Я.Клубов, В.Г.Козлов, В.Ф.Заграничная "Устройство для набора проб". Авт.свидетельство № 377665. Бюлл. "Открытия, изобретения и товарные знаки", 1973, №18.

Перед набором проб рудничного воздуха зажимают резиновую трубку, вынимают пробку (оплавленную стеклянную палочку) и вместо нее вставляют устройство для набора проб воздуха в положении взведенного до упора штока.

Начиная отбор проб воздуха зигзагообразным обводом сечения выработки, фиксируют шток в первом положении, при котором открывается одна дюза. При этом положении штока строго определенное время обеспечивается постоянная равномерная подача исследуемого воздуха в бутылку до момента, пока отношение давления в бутылке к атмосферному давлению не становится больше 0,528. После этого открывают вторую дюзу, устанавливая шток во второе фиксированное положение и т.д. Время фиксации в определенных положениях отсчитывается по секундомеру. За счет увеличения площади эквивалентного отверстия при изменяющемся давлении воздуха в бутылке, обеспечивается постоянное равномерное поступление исследуемого воздуха в течение 20-25 сек.

Отобранные в шахте пробы доставляются в газоаналитическую лабораторию ВГСЧ. Анализ окиси углерода производится кондуктометрическим методом, окислы азота анализировались методом Гриесса-Илосвая.

Результаты анализа содержания газов отдельно по каждому компоненту и данные по объему загазованной зоны наносятся на графики (рис.2), по которым определяется количество выделившегося газа при взрыве.

При этом в случае последовательного отбора проб воздуха по длине выработки полученные в результате анализа значения концентрации CO и NO_2 корректируются. Это обусловливается тем, что, начиная от фронта газовоздушной волны, в каждом последующем замерном сечении концентрация ядовитых газов несколько снижается ввиду наличия движения газовоздушной смеси. Фактически приведенная к одному моменту времени концентрация ядовитых продуктов взрыва $C_{ф.пр.}$ в каждом замерном сечении определяется по формуле

$$C_{ф.пр.} = K_m \cdot C_{зам}, \qquad (15)$$

где $C_{зам}$ – замерная концентрация отдельного компонента;
K_m – коэффициент приведения концентрации газов.

Последний с учетом равных интервалов расстояний между замерными сечениями определяется из соотношения

$$K_m = 1 + \frac{\ell_к - \ell_н}{[(n+1)-m]\,\ell_н}, \qquad (16)$$

где $\ell_н$ – расстояние между фронтом газовоздушной волны и забоем выработки в момент взятия первой пробы, м;

$\ell_к$ – расстояние между фронтом газовоздушной волны и забоем выработки в момент взятия последней пробы, м;

n – количество замерных сечений;

m – порядковый номер замерного сечения, начиная со второго.

Удельное количество окиси углерода и окислов азота, образующихся при взрыве, определяется, как и в предыдущих методах, делением общего объема отдельного компонента на количество взорванного ВВ. Газовость ВВ определяется как сумма удельных объемов ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода.

При методе "без перемычки" газовость ВВ в общем случае подсчитывается по формуле аналогичной для камерного метода

$$b = \frac{\bar{c} \cdot \bar{S} \cdot \ell}{A}.$$

Коэффициент вариации при этом так же, как и при камерном методе, равен 17%.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВВ

Метод массовых взрывов

Известные способы определения газовости скважинных зарядов основаны на определении объема выделившихся ядовитых газов после массовых взрывов [4,5].

Для этих целей выбираются блоки, имеющие меньшее количество выработок с исходящей вентиляционной струей и верхнюю подсечку, т.к. в случае наличия в верхней части блока глухой камеры трудно учесть количество ядовитых газов, находящихся в ней. Камеры, в которых производится взрыв, не должны иметь поверхностей контакта с обрушенными породами. Количество одновременно взрываемого ВВ в камерах находится в пределах 100-10000 кг, ибо в случаях взрыва слишком больших зарядов ВВ трудно учесть количество образовавшихся ядовитых газов.

После взрывания ВВ горноспасатели отбирают пробы воздуха в заранее намеченных местах. Одновременно замеряется количество воздуха в местах отбора проб воздуха. Содержание ядовитых газов в исходящих струях определяют через 10-20 мин в течение первого часа после взрыва, а затем, в зависимости от характера снижения концентрации газов, через каждые 30-120 мин.

Количество ядовитых газов в $м^3$, вышедших из блока за время проветривания, по каждой выработке с исходящей струей определяют как площадь, заключенную между осями абсцисс, ординат и кривой зависимости падения концентрации газа в % от количества воздуха Q, прошедшего по выработке за время t, поделенную на 100.

Общее количество выделившихся из блока ядовитых газов определяется как сумма ядовитых газов, вышедших по отдельным выработкам.

Количество ядовитых газов, выделившихся из блока, прихо-

дящееся на I кг ВВ равно частному от деления общего количества ядовитых газов на количество взрываемого ВВ.

При массовом взрывании больших зарядов ВВ возможно определение газовости путем замера концентрации ядовитых газов на диффузоре вентилятора главного проветривания. В этом случае пробы воздуха после массового взрыва берутся через определенные интервалы времени (I0-30 мин) в зависимости от характера изменения концентрации ядовитых газов, определяемой экспресс-методом. Одновременно до и после взрыва измеряется количество воздуха, проходящее через диффузор вентилятора.

Газовость ВВ на окись углерода и окислы азота определяется делением объема CO и NO_2, выброшенного через диффузор за время проветривания шахты, на суммарную величину заряда.

Надо отметить, что метод определения газовости скважинных зарядов ВВ после массовых взрывов имеет ряд существенных недостатков, к которым в первую очередь относится малая точность в определении полного объема образовавшихся газов. При массовом взрыве большая часть образующихся газов проникает в обрушенную горную массу и длительное время аккумулируется в пространстве между кусками руды. Правильная оценка объема газов при этом методе представляет значительные затруднения.

Метод секционного взрывания глубоких скважин

Количество ядовитых газов, образующихся при взрывании скважинных зарядов ВВ, определяется при этом методе во время проходки отрезных восстающих секционным взрыванием глубоких скважин.

В районе отрезного восстающего искусственно с помощью вентиляционных дверей создают повышенный перепад давлений воздуха между горизонтами верхней и нижней подсечек. Затем непосредственно после взрыва на исходящих струях горизонтов верхней и нижней подсечек, вблизи отрезного восстающего, двумя группами исследователей в респираторах через фиксированные промежутки времени отбираются пробы рудничного воздуха на CO и NO_2 до полного проветривания восстающего. При

достижении допустимой концентрации ядовитых газов на исходящих струях в месте замера определяется скорость струи воздуха с помощью анемометров АСО-3 или МС-13 и поперечное сечение выработки.

По результатам анализа в химлаборатории ВГСЧ концентрации ядовитых газов за определенные промежутки времени t и вычисленным объемам воздуха $Q \cdot t$, прошедшим за это же время, строится график. На оси абсцисс откладываются объемы воздуха $Q \cdot t$, на оси ординат - содержание ядовитых газов. Графики строятся отдельно на CO и NO_2. Путем интегрирования площади, ограниченной ломаной кривой и осью абсцисс, определяется объем ядовитых газов, выделившихся при взрывании глубоких скважин. Суммарный объем ядовитых газов на горизонтах верхней и нижней подсечек в пересчете на условную окись углерода делится на количество взрываемого ВВ. В итоге получается значение газовости ВВ.

Для иллюстрации на рис.4 показано графическое построение результатов замеров на гор. 200 м рудника Темир-Тау при взрывании отрезного восстающего камеры № 5.

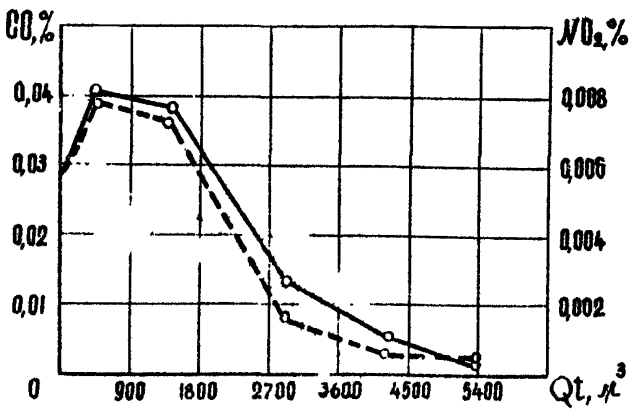

Рис. 4. Характер изменения концентрации ядовитых газов при определении газовости ВВ

Метод определения газовости скважинных зарядов при секционном взрывании глубоких скважин отличается достаточной точностью и значительно меньшими трудовыми затратами. При создании повышенного перепада давления воздуха между горизонтами верхней и нижней подсечек (10-15 мм вод.ст.) можно ограничиться замерами лишь на одном горизонте. Практически выброс продуктов взрыва против направления движения воздуха не наблюдается.

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ВВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ РУДНИКАХ СИБИРИ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Железорудные месторождения Сибири, отрабатываемые подземным способом, расположены в пределах Алтае-Саянской складчатой области и на юге Сибирской платформы.

Месторождения входят в состав Горношорского и Западносаянского районов.

В Горношорском районе находятся рудники Таштагол, Шерегеш, Темир-Тау, Каз, в Западносаянском районе - Абаканский железный рудник.

По своей структуре, характеру залегания и крепости железорудные месторождения сравнительно аналогичны. Они залегают в виде массивных тел неправильной формы: штоков, линз, даек и пр., нередко значительно удаленных друг от друга.

Руды представлены в основном магнетитом. Ближе к поверхности наблюдаются выходы мартита и полумартита. Коэффициент крепости руд по шкале проф.Протодьяконова колеблется от 10 до 16. Мощность рудных тел колеблется от незначительной до 50--100 м, падение от 40^{0} до 90^{0}.

Вмещающие породы - сланцы, адамелиты, скарновые образования - трещиноватые, очень устойчивые. Коэффициент крепости пород по шкале проф.Протодьяконова 8÷13 до 16÷18.

Газовость шпуровых зарядов ВВ

Определение газовости шпуровых зарядов ВВ на железных рудниках Сибири производилось бескамерным методом и методом "без перемычки". Применение камерного метода было затруднено вследствие неудобств в эксплуатации выработки из-за наличи перемычки.

Как правило, взрывание комплекта шпуров при проходке горных выработок на железных рудниках Сибири производится комбинированными ВВ. При взрывании врубовых шпуров используют высокобризантные ВВ - скальный аммонит № I, детонит IOA, вспомогательных и оконтуривающих шпуров - аммонит 6-ЖВ, гранулиты АС-4, АС-8. Способ взрывания - огневой. Расход огнепроводного шнура на I кг ВВ составляет в среднем 2,5 м. Газовость I пог.м огнепроводного шнура, определенная как камерным методом, так и методом "без перемычки", составляет I,I л условной окиси углерода, или 2,8 л на I кг ВВ.

Приведенные в табл. I значения замеренной газовости ВВ включают ядовитые газы, образующиеся при горении огнепроводного шнура.

Газовость ВВ отдельных компонентов определяется в несколько этапов. Вначале по среднему значению газовости аммонита 6-ЖВ, полученного при взрывании в породе, из суммарных значений газовости аммонита 6-ЖВ и скального аммонита № I определяются интервалы изменения газовости скального аммонита № I. В данном случае при принятом среднем значении газовости аммонита 6-ЖВ - 40 л/кг, газовость скального аммонита № I изменяется от IO до 40 л/кг.

Для точного определения газовости аммонита 6-ЖВ из всего массива данных задаемся значениями газовости скального аммонита в интервалах от IO до 40 л/кг и из суммарных значений газовости ВВ определяем значение газовости аммонита 6-ЖВ. По полученным значениям строим вариационный ряд (табл.2).

Величина интервала определяется по формуле

$$K = \frac{B_{max} - B_{min}}{I + 3,2\,n} = \frac{64,5 - 4,7}{I + 3,2 \cdot 63} = 8,6.$$

Таблица I

Рудник	Взрываемые породы	Крепость по Протодьяконову	Тип и количество взрываемого ВВ в кг	Содержание ядовитых газов, л/кг			Среднее значение, л/кг	Линейное отклонение /X-X/	Квадратичное отклонение /X-X/2
				CO	NO_2	$CO_{усл}$			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
			Камерный метод						
Таштагол	порода	I0-I3	аммонит 6-ЖВ-I3 + скальный аммонит № I-5 +	22,2	I,3	30,7	30,4	0,3	0,09
-"-	-"-	-"-	детонит IOA-6	25,0	I,I	32,1	30,4	I,7	2,9
-"-	-"-	-"-	-"-	32,0	0,7	36,0	30,4	,6	3I,2
			Метод "без перемычки"						
Шалым	порода	I0-I3	аммонит 6-ЖВ-22,5	34,3	0,6I	38,3	3?,0	5,3	28,0
Таштагол	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-30,0	39,0	0,9	44,5	33,0	II,5	I32,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-24,5	33,0	0,7	37.9	33,0	4,9	24,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-24,0 + скальн.аммонит №I-5,0	34,5	I,08	4I,5	32,6	8,9	80,0
Каз	-"-	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-I7 + скальн.аммонит №I-25	29,4	0,84	35,0	3I,2	3,8	I4,4
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-2I,6 + скальн.аммонит №I-20	24,I	0,9	30,0	3I,5	I,5	2,2
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I6,8 + скальн.аммонит №I-20	I9,4	0,7	24,0	3I,4	7,4	55,0

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
Таштагол	порода	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-20 † скальн.аммонит №I-20	22,8	I,3	3I,0	3I,5	0,5	0,25
Каз	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-20 скальн.аммонит №I-25	I5,5	2,0	28,5	3I,4	2,9	8,4
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I6,8 скальн.аммонит №I-20	25,2	I,I	32,3	3I,4	0,9	0,8
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-24,0 скальн.аммонит №I-22,5	I8,3	0,99	25,0	3I,4	6,4	4I,0
Шерегеш	-"-	I0-I3	аммонит 6-ЖВ-24,0 скальн.аммонит №I-24,0	26,8	0,I7	27,9	3I,5	3,6	I2,9
Таштагол	магнетит. руда	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-45	35,5	0.53	38,9	3I,0	7,9	62,0
		-"-	аммонит 6-ЖВ-45	38,0	0,67	42,3	3I,0	II,3	I28,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-33 скальн.аммонит № I-I2,5	27,4	0,79	32,5	30,4	2,I	4,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-24 скальн.аммонит № I-5	2I,0	I,67	3I,8	30,6	I,2	I,4
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-26,6 скальн.аммонит № I-I3,0	24,0	I,26	32,2	30,4	I,8	3,2
Шерегеш	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-43,5	I7,9	I,00	24,4	3I,00	6,6	43,5
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-26 скальн.аммонит № I-23	26,3	0,I8	27,5	30,0	2,5	6,2
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-26 скальн.аммонит № I-23	29,5	0,56	30,0	30,0	0	0

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Шерегеш	руда	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-23,5 скальн.аммонит № I-20	I7,9	0,98	24,2	30,I	5,9	35
Темир-Тау	порода	I0-I3	детонит ЮА-32	I2,0	0,69	I6,5	25,0	8,5	72,0
Шалым	-"-	-"-	детонит ЮА- 24	2I,7	I,24	29,8	25,0	4,8	23,0
-"-	-"-	-"-	детонит IOA-22,4	3I,9	0,36	34,2	25,0	9,2	84,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I4 скальн.аммонит № I-II детонит IOA-I3	28,0	0,73	33,0	3I,I	I,9	3,6
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I6 скальн.аммонит № I-I0 детонит IOA-I5,5	26,0	0,2	27,0	29,I	2,I	4,3
Темир-Тау	-"-	-"-	скальн.аммонит № I-I5 детонит IOA-22	20,5	0,4	23,I	27,0	3,9	I5,2
-"-	-"-	-"-	скальн.аммонит № I-I2,5 детонит IOA-22	26,4	0,43	29,2	26,8	2,4	5,7
Каз	-"-	-"-	скальн.аммонит № I-20 детонит IOA-I8	I8,9	0,77	23,9	27,6	3,7	I3,6
Шерегеш	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-20 скальн.аммонит № I-20 детонит IOA-6	I8,7	I,6	29,I	30,7	I,6	2,6
Абаканский	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-30 детонит IOA-I8	25,2	0,58	28,9	30,0	I,I	I,2
Таштагол	руда	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-I0 АС 3-44	I0,9	I,0	I7,5	I9,7	2,2	4,8
Абаканский	порода	-"-	аммонит 6-ЖВ-I6 АС-8-40	2I,2	0,38	23,7	2I,0	2,7	7,2

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
Абаканский	порода	I4-I6	аммонит 6-ЖВ-I6 АС-8-40	I2,5	0,44	I5,2	2I,0	5,8	33,5
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I8,8 АС-8-40	I8,2	0,28	I2,9	2I,5	I,6	2,6
-"-	руда	-"-	аммонит 6-ЖВ-I5,8 АС-8-42	20,7	0,72	25,0	20,9	4,I	I6,8
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-22 АС-8-42	I9,5	0,2	2I,0	2I,8	0,8	0,6
			Бескамерный метод						
Таштагол	порода	I0-I3	аммонит 6-ЖВ-I3 скальн.аммонит-5 детонит I0А-6	23,0	I,95	35,6	30,4	5,2	27
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-20 скальн.аммонит № I-I0	26,4	I,2	34,7	32,0	2,7	7,2
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-25 скальн.аммонит № I-5	5I,0	I,I	58,I	32,4	25,7	660,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-25 скальн.аммонит № I-7,5	55,0	I,6	65,0	32,3	32,7	I030,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-25 скальн.аммонит № I-7,5	I4,6	0,48	I7,8	32,3	I4,5	2I0,0
-"-	-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ-I8 скальн.аммонит-I0	6I,0	I,8	73,0	32,0	4I,0	I680,0
Темир-Тау	-"-	-"-	скальн.аммонит № I-I5 детонит-25	I5,0	0,3	I7,0	26,8	9,8	96,0

Таблица 2

Газовость аммонита 6-ЖВ (интервалы)	4-12	12-20	20-28	28-36	36-44	44-52	52-60	60-68
Частота,	3	4	13	18	17	5	2	1
Середина интервала	8	16	24	32	40	48	56	64

Распределение газовости аммонита 6-ЖВ изображено на рис.5

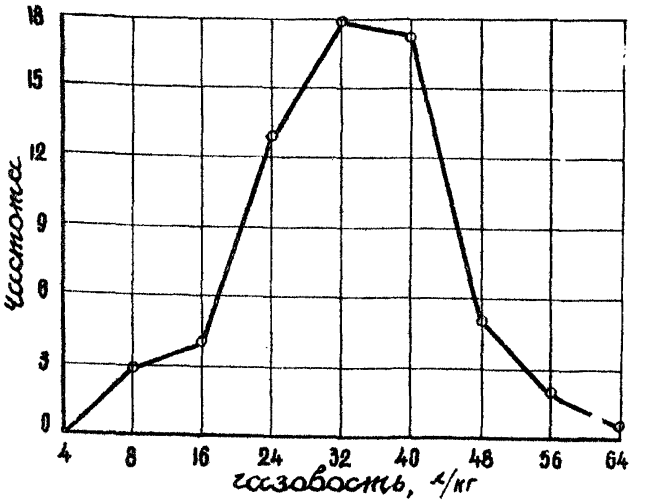

Рис.5. Распределение значений газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в породе

Средняя арифметическая взвешенная величина газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в породе

$$\bar{V}_{ам.п.} = \frac{3x8+4x16+13x24+18x32+17x40+5x48+2x56+1x64}{63} = 33 \text{ л/кг}$$

Вариационный ряд газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в руде, представлен в табл.3

Таблица 3

Газовость аммонита 6-ЖВ (интервалы)	I0-I5	I5-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Частота	I	3	4	6	I5	5	4	I
Середина интервала	I2,5	I7,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5

Распределение газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в руде, графически представлено на рис.6

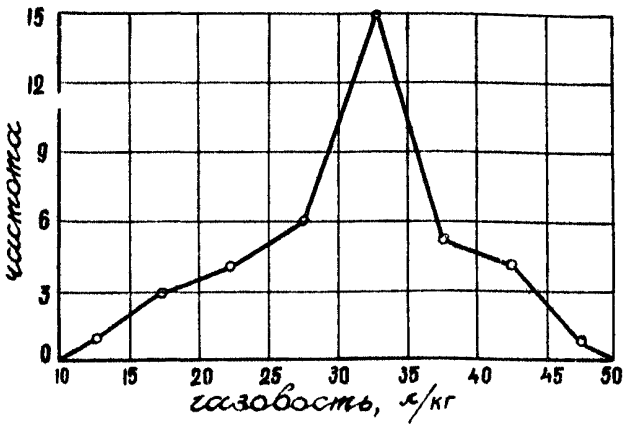

Рис.6. Распределение значений газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в руде

Средняя арифметическая взвешенная величина газовости аммонита 6-ЖВ, взрываемого в руде

$$\bar{B}_{ам\,ж} = \frac{1\times12{,}5+3\times17{,}5+4\times22{,}5+6\times27{,}5+15\times32{,}5+4\times42{,}5+1\times47{,}5}{39} = 31.$$

По полученным значениям газовости аммонита 6-ЖВ определяем значение газовости скального аммонита № I, выделяя его из суммарной замеренной величины.

Например, известно, что газовость при взрывании I6,8 кг аммонита 6-ЖВ и 20 кг скального аммонита № I равна 24 л/кг, а средняя величина газовости аммонита 6-ЖВ - 33 л/кг. Тогда газовость скального аммонита № I определяется из уравнения

$$I6{,}8 \times 33 + 20\ X_I = 24 \cdot (I6{,}8 + 20).$$

По полученным значениям для каждого отдельного случая составляется вариационный ряд и определяется средняя арифметическая газовость скального аммонита № I. По результатам приведенных данных эта величина при взрывании в породе равна 30 л/кг, при взрывании в руде - 29 л/кг.

Аналогичным образом по найденным значениям газовости аммонита 6-ЖВ и скального аммонита № I определяется средняя арифметическая величина газовости детонита IOA и АС-8, соответственно 25 и I7 л/кг.

По полученным средним значениям газовости отдельных компонентов находится средняя газовость комплексного ВВ, величина которой пропорциональна долям участия каждого типа ВВ, и также определяется линейное и квадратичное отклонение. Результаты вычислений показаны в графах 8,9,I0 табл.I.

Для газовости аммонита 6-ЖВ и скального аммонита № I, взрываемого в породе, среднее линейное отклонение при определении газовости методом "без перемычки"

$$\rho = \frac{\Sigma(x-\bar{x})}{n} = \frac{57{,}6}{I2} = 4{,}8\ ;$$

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{39{,}9}{I2}} = 5{,}8,$$

а коэффициент вариации по среднему квадратическому отклонению или показатель точности

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot I00\% = \frac{5{,}8}{32} \cdot I00 = I8\%.$$

Для газовости аммонита 6-ЖВ и скального аммонита № I, взрываемого в руде, среднее линейное отклонение ρ равно 4,4 ,

среднее квадратическое отклонение σ равно 5,6 , а коэффициент вариации V_σ = 18,5%.

Для газовости детонита 10А среднее линейное отклонение ρ равно 3,9 , среднее квадратическое σ - 4,7 , а коэффициент вариации V_σ = 17%.

Для газовости гранулированного ВВ АС-8 среднее линейное отклонение ρ равно 2,9 , среднее квадратическое σ - 3,3 , а коэффициент вариации V_σ = 16,5%.

Для значений газовости ВВ, определенной бескамерным методом, среднее линейное отклонение равно 18,8 , среднее квадратическое отклонение σ равно 23, а коэффициент вариации V_σ = 72%.

Единичные варианты значений газовости ВВ, определенной камерным методом, показали весьма высокую точность. Линейное и квадратическое отклонение в этом варианте равны соответственно 2,5 и 3,2 , а коэффициент вариации V_σ = 11%.

По результатам статистического анализа газовости шпуровых зарядов ВВ на железных рудниках Сибири в л/кг с вероятностью 0,95 составляет: аммонита 6-ЖВ, взрываемого в породе - 33 $\pm$ 11,6; взрываемого в руде - 31 $\pm$ 11,2; скального аммонита № 1, взрываемого в породе - 30 $\pm$ 11,6; взрываемого в руде - 29 $\pm$ 11,2; детонита 10А - 25 $\pm$ 9,4; гранулита АС-8 - 17 $\pm$ 6,6.

Максимальная газовость ВВ получена при взрывании аммонита 6-ЖВ по породам. При взрывании по руде аммонит 6-ЖВ показал несколько меньшую газовость. Газовость скального аммонита № 1 оказалась близкой к показателям аммонита 6-ЖВ.

Количество ядовитых газов, приходящихся на 1 кг детонита 10А, примерно на 30% меньше, чем у аммонита 6-ЖВ, что объясняется повышенной реакцией взрывчатого превращения ВВ.

Минимальную газовость гранулита АС-8 по отношению к другим типам ВВ можно, по-видимому, объяснить отсутствием бумажно-парафиновой оболочки, замедляющей реакцию взрывчатого превращения ВВ и лучшим уплотнением ВВ.

Газовость наружных зарядов ВВ

Газовость наружных зарядов ВВ определялась методом "без перемычки" в тупиковых выработках длиной более 60 м. Заряд ВВ

в россыпном виде размещался на почве выработки в непосредственной близости от его забоя.

Для получения достоверных данных в одной и той же выработке определенный вид ВВ взрывался в различных количествах. В табл. 4 приведены результаты замеров газовости наружных зарядов аммонита 6-ЖВ, детонита IOA, аммонала, скального аммонита № I.

Таблица 4

Рудник	Порода	Тип ВВ	Количество ВВ, кг	Газовость, л/кг		
				CO	NO_2	$CO_{усл}$
Абаканский	руда	аммонал ЗЛ-8	I	4I,I	I3,I	I26,3
-"-	-"-	-"-	2	6,0	I0,9	75,5
-"-	-"-	-"-	3	8,I	I0,I	73,7
-"-	-"-	детонит IOA	2	5,6	6,8	49,8
-"-	-"-	-"-	3	4,0	5,6	39,9
-"-	-"-	аммонит 6-ЖВ	2	35,5	0,65	39,7
-"-	-"-	-"-	2,5	2I,0	0,40	23,6
-"-	-"-	-"-	2	43,0	0,7	47,5
-"-	-"-	детонит IOA	2	I7,5	0,27	I9,3
Шалым	руда	аммонит 6-ЖВ	I	45,6	5,6	82,2
-"-	-"-	-"-	I,5	90,8	5,4	II4,3
-"-	-"-	скальный аммонит № I	I	I9,7	7,45	68,I
-"-	-"-	-"-	2	8,I	2,8	26,4
-"-	-"-	детонит IOA	I	I2,7	5,5	48,4
Таштагол	-"-	-"-	I0	36,6	0,8	4I,8

Из полученных значений, представленных в табл.4 видно, что газовость наружных зарядов одного и того же типа ВВ изменяется в широких пределах: аммонит 6-ЖВ от 23,6 до II4,3 л/кг; скальный аммонит от 26,4 до 68,I л/кг; детонит IOA от I9,3 до 49,8 л/кг.

Результаты исследований по определению газовости наружных зарядов ВВ свидетельствуют, что основными определяющими факто-

Таблица 5

Наименование выработки	Тип пород (руд)	Тип ВВ	Количество взорванных ВВ А, кг	Количество выделившихся ядовитых газов, л			Газовость ВВ, л/кг		
				NO_2	CO	$CO_{усл}$	CO	NO_2	CO + 6,5NO_2
Отрезной восстающий №6, Шерегеш	магнетит. руда	аммонал	72	23,1	1007	1157	14,0	0,32	16,1
Вентиляц. восстающий, Темир-Тау	сиениты	аммонит № 6-ЖВ	72	46,8	1006	1310	14,0	0,65	18,2
-"-	-"-	-"-	80	49,6	1286	1608	16,1	0,62	20,1
Отрезной восстающ.№ 5, Темир-Тау	магнетит. руда	-"-	80	71,2	1152	1615	14,4	0,89	20,2
-"-	-"-	-"-	77	58,5	1184	1564	15,4	0,76	20,3
Отрезной восстающ. №6	-"-	аммонал	80	74,4	1406	1690	15,1	0,93	21,1
-"-	-"-	аммонал	96	67,2	1606	2043	16,7	0,70	21,3
Отрезной восстающ. кам.271, Шерегеш	-"-	-"-	102	65,2	1780	2208	17,4	0,64	21,6
Отрезной восстающ. №5	-"-	аммонит № 6-ЖВ	92	148,3	1040	2004	11,3	1,61	21,8
Отрезной восстающ. кам.271, Шерегеш	-"-	аммонал	54	52,5	857	1198	15,9	0,97	22,2
Отрезной восстающ. №5	-"-	аммонит № 6-ЖВ	80	68,6	1357	1803	16,9	0,86	22,5
Отрезной восстающ. кам.271	-"-	аммонал	158	206,5	2779	3622	14,4	1,31	22,9
Отрезной восстающ. №6	-"-	аммонал	80	57,7	1471	1846	18,4	0,72	23,1
-"- -"-	-"-	аммонал	58	62,5	938	1344	16,2	1,08	23,2
Вентиляц. восстающий	сиениты	аммонит № 6-ЖВ	80	61,7	1558	1959	19,5	0,77	24,5
-"- -"-	-"-	-"-	96	132,4	1616	2478	16,8	1,38	25,8

рами, влияющими на величину образования ядовитых газов, являются условия взрывания заряда ВВ, а именно, форма расположения заряда и толщина слоя россыпного ВВ на почве выработки.

Газовость скважинных зарядов ВВ

Газовость скважинных зарядов ВВ определялась при секционном взрывании глубоких скважин в восстающих.

Результаты измерений представлены в табл.5.

Из приведенных данных следует, что величина газовости скважинных зарядов аммонала и аммонита № 6 в зависимости от условий взрывания изменяется незначительно, в основном, за счет изменения содержания окислов азота.

x x
x

Улучшение условий труда горнорабочих, интенсификация проветривания забоев могут быть достигнуты при правильном проектировании и выборе вентиляционного оборудования. Последнее зависит от точности заложенных в расчет значений газовости ВВ.

Предложенный метод "без перемычки" позволяет определять газовость ВВ с достаточной точностью. Он прост и не требует дополнительных затрат по возведению перемычки, не влияет на цикличность работ. Определение газовости ВВ этим методом может производиться силами ВГСЧ.

Метод секционного взрывания глубоких скважин позволяет с малой трудоемкостью определять газовость скважинных зарядов ВВ.

При обработке исходных данных в случае применения комплексных ВВ следует применять методы математической статистики.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. А с с о н о в В.А., Р о с с и Б.Д. Ядовитые газы при взрывных работах в подземных горных выработках. Углетех - издат, 1952.

2. Р о с с и Б.Д. Ядовитые газы при подземных взрывных работах. М., "Недра", 1966.

3. П а р а м о н о в П.А. Исследование образования ядовитых газов при ведении взрывных работ в угольных шахтах. В сб. "Вопросы безопасности в угольных шахтах". Труды МакНИИ, т. XУ, М., 1963.

4. А л е к с е е в А.Г. О нормировании ядовитых газов в продуктах взрыва, образующихся при массовых взрывах и при проходке выработок. Изв. вузов "Горный журнал", 1961, №4.

5. К и л ь к е е в Ш.Х., Л у Г о - Ж у н. Производственное исследование процессов проветривания блоков, обрабатываемых системой принудительного обрушения глубокими скважинами. Изв. вузов "Цветная металлургия", 1964, № I.

6. Б р ы л я к о в В.Е. и др. Газовость ВВ в условиях Северо-Уральских бокситовых рудников. "Безопасность труда в промышленности", 1966, № I2.

7. П а т р у ш е в М.А., М е д в е д е в И.И. Нормирование ядовитых газов в продуктах взрыва. "Безопасность труда в промышленности", 1961, № 3.

8. Я н о в А.П., С и н д е е в а Н.Ф. К вопросу образования ядовитых газов и пыли при взрывных работах в подземных выработках. В сб. научных трудов ИГД АН УССР, вып.I, М.,1962.

9. К у с т о в В.Н., М у н В.М. Газовость промышленных ВВ на некоторых рудниках Казахстана. В об. "Вентиляция и пылеподавление на рудниках Казахстана", Алма-Ата, 1971.

I0. В я з н и к о в ц е в Е.В., С л е п ы х В.Ф. Влияние ошибок измерения исходных данных на точность определения величины аэродинамического сопротивления выработок. В сб. "Вентиляция и пылеподавление на рудниках Казахстана", Алма-Ата, 1971.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ШПУРОВЫХ И НАРУЖНЫХ ЗАРЯДОВ ВВ 4

Камерный метод . . . . . –

Бескамерный метод 8

Метод "без перемычки" II

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВВ I6

Метод массовых взрывов . . . . . –

Метод секционного взрывания глубоких скважин I7

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ВВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ РУДНИКАХ СИБИРИ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ I9

Газовость шпуровых зарядов ВВ 20

Газовость наружных зарядов ВВ 28

Газовость скважинных зарядов ВВ 30

Литература 32

Составители:
Сергей Яковлевич Клубов,
Владимир Георгиевич Козлов,
канд.технических наук

М Е Т О Д И К А
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Ответственный за выпуск М.Т.Конев

ОПО 5964 , объем 2,0 п.л. Зак.2646, тир.300,ц.16 к.

Новокузнецкий полиграфический комбинат
г.Новокузнецк, пр.Коммунаров,2

gost.e-ecolog.ru