

УДК 622.268:519

**П.В. Егоров, С.И. Денисенко, Н.М. Хвещук, С.П. Старков,  
В.В. Сидорчук, Б.В. Малютин**

## СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАГАЗИРОВАНИЙ ШАХТНЫХ ВЫРАБОТОК

Возможность прогнозирования загазирований шахтных выработок в настоящее время представляет большой практический интерес. Актуальность такого прогнозирования с течением времени на шахтах Кузбасса будет возрастать в связи с интенсификацией очистных и подготовительных работ, с одной стороны, и увеличением газообильности выработок, обусловленных переходом горных работ на более глубокие горизонты, с другой.

Исследование возможности прогнозирования загазирований шахтных выработок было выполнено нами на основе изучения данных по загазированию подготовительных и очистных забоев четырех шахт Кузбасса в период с 1995 по 2001 гг. (за семь лет):

- шахта «Распадская» (267 загазирований в подготовительных забоях и 53 в очистных);
- шахта им. Ворошилова (5-6) (соответственно 99 и 10);
- шахта им. Кирова (соответственно 98 и 30);
- шахта «Красногорская» (70 и 66).

Данные по загазированию

забоев были разбиты на три группы по величине средней концентрации метана при загазировании, а именно:

- от 1 до 2 % метана при средней концентрации  $\bar{c}_z = 1,5 \%$ ;
- от 2 до 4 % метана, при  $\bar{c}_z = 3 \%$ ;
- выше 4 %, при условной средней концентрации  $\bar{c}_z = 5 \%$  (табл. 1).

Среднегодовые частоты загазирований определялись:

- для подготовительных забоев  $p_{zn} = N_{zn} / 7$ ;
  - для очистных забоев  $p_{zo} = N_{zo} / 7$ ,
- где  $N_{zn}$  и  $N_{zo}$  – число загазирований за 7 лет соответственно по подготовительным и очистным забоям.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости среднегодовой частоты загазирований от средней концентрации метана при загазировании соответственно для подготовительных и очистных забоев.

Несмотря на значительную в высоте экстремумов частоты

загазирований на средней концентрации метана 3 %, от 5,3 до 17,7 для подготовительных забоев и от 1,0 до 5,5 для очистных, вид функций для всех забоев четырех шахт практически одинаков.

Это, на наш взгляд, свидетельствует о возможности статического прогнозирования вероятности загазирования забоев на базе данных о загазировании за достаточно большой период времени. В этой связи были изучены данные по загазированию на шахте им. Ворошилова (5-6) за 1971 – 1982 гг. (за 12 лет) [1]:

- в очистных забоях всего 65 загазирований, в т.ч. со средней концентрацией метана 1,5 % - 15; со средней концентрацией 3 % - 38; с условной средней концентрацией 5 % - 12;

- в подготовительных забоях – всего – 319 загазирований, в т.ч. со средней концентрацией метана 1,5 % - 87; со средней концентрацией 3 % - 141; с условной средней концентрацией метана 5 % - 91.

Среднегодовое число забоев за указанный период времени составляло:

Таблица

Средняя концентрация метана при загазировании, $\bar{c}_z \%$	1,5	3,0	5,0	1,5	3,0	5,0	1,5	3,0	5,0	1,5	3,0	5,0
Шахты	Загазирования в подготовительных забоях						Загазирования в очистных забоях					
	Число загазирований за 7 лет, $N_{zn}$			Среднегодовая частота загазирований, $p_{zn}$			Число загазирований за 7 лет, $N_{zo}$			Среднегодовая частота загазирований, $p_{zo}$		
Распадская	85	124	58	12,2	17,7	8,3	20	28	5	2,8	4,0	0,71
им. Ворошилова (5-6)	22	61	16	3,2	8,7	2,3	2	7	1	0,28	1,0	0,14
им. Кирова	32	57	9	4,5	8,2	1,3	9	19	2	1,3	2,7	0,28
Красногорская	14	37	19	2,0	5,3	2,7	14	39	13	2,0	5,5	1,8

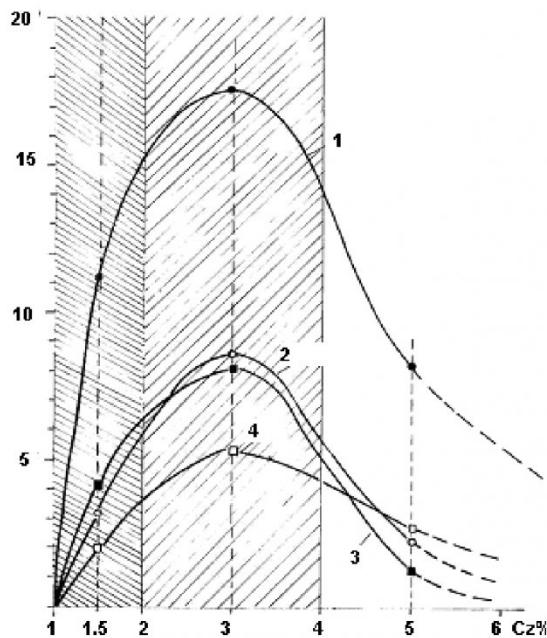


Рис. 1. Среднегодовая частота загазирований  $p_{\text{зп}}$  под подготовительных забоев:

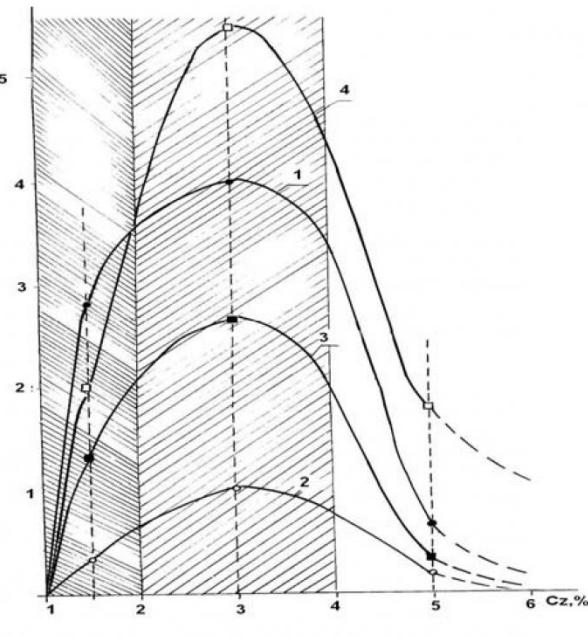


Рис. 2. Среднегодовая частота загазирований  $p_{\text{зо}}$  очистных забоев:

в зависимости от средней концентрации загазирования  $C_z$  по шахтам: 1) • - Распадская; 2) о - им. Ворошилова (5-6); 3) ■ - им. Кирова; 4) □ - Красногорская

- для подготовительных забоев  $\bar{n}_n = 25,0$ .

- для очистных забоев  $\bar{n}_o = 9,9$ ;

Вероятность загазирования среднесменная рассчитывалась по формулам:

- для подготовительных забоев:

$$\bar{p}_{\text{зп}} = \frac{N_{\text{зп}}}{12 \cdot \bar{n}_n \cdot 4 \cdot N_{\text{сум}}} ; \quad (1)$$

- для очистных забоев

$$\bar{p}_{\text{зо}} = \frac{N_{\text{зо}}}{12 \cdot \bar{n}_o \cdot 4 \cdot N_{\text{сум}}} ; \quad (2)$$

где  $N_{\text{зо}}$  и  $N_{\text{зп}}$  - число загазирований за 12-летний период для очистных и подготовительных забоев соответственно;  $N_{\text{сум}}$  - среднее число рабочих дней в году при 4 рабочих сменах.

Полученные зависимости среднесменной вероятности загазирования очистных и подготовительных забоев шахты им. Ворошилова (5-6) за 12 лет от средней концентрации метана при загазованиях представлены на рис. 3. Кривые аппроксимируются уравнениями:

- для подготовительных забоев:

$$\bar{p}_{\text{зп}} = 4,83 \cdot 10^{-4} \times (C_z - 1)^{0,8} \cdot e^{-0,4(C_z - 1)} \quad (3)$$

- для очистных забоев:

$$\bar{p}_{\text{зо}} = 12,3 \cdot 10^{-4} \times (C_z - 1)^{2,51} \cdot e^{-1,56(C_z - 1)} \quad (4)$$

В частности, вероятность загазирования с концентрацией  $C_z = 5\%$ , равной нижнему пределу взрываемости метана, в

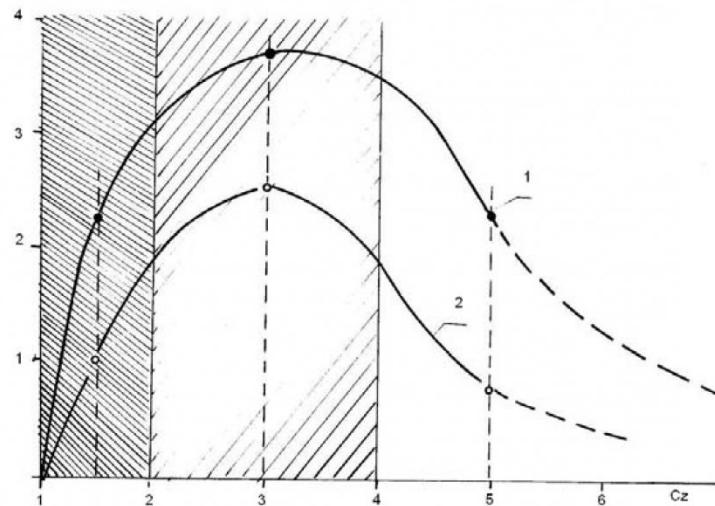


Рис. 3. Зависимость среднесменной вероятности загазирования забоя  $p_{\text{з}} \cdot 10^{-4}$  в условиях шахты им. Ворошилова (5-6) за 12 лет от средней концентрации метана при загазировании  $C_z \%$ : 1) для подготовительного забоя; 2) для очистного забоя.

каждую рабочую смену в условиях шахты им. Ворошилова (5-6) составляла по статистике 1971 – 1982 гг:

- для подготовительного забоя:

$$p_{3n_3} = 4,83 \cdot 10^{-4} (5-1)^{0,8} \times e^{-0,4(5-1)} = 2,28 \cdot 10^{-4};$$

- для очистного забоя:

$$p_{3o_3} = 12,3 \cdot 10^{-4} (5-1)^{2,51} \times e^{-1,56(5-1)} = 0,78 \cdot 10^{-4}.$$

Таким образом, учитывая сказанное выше о характере зависимостей (рис. 1 и 2), можно утверждать, что статическая вероятность загазирования описывается распределением:

$$\overline{p}_z = a(\overline{c}_z - 1)^b \cdot e^{-c(\overline{c}_z - 1)}, \quad (5)$$

где параметры  $a$ ,  $b$  и  $c$  определяются индивидуально для подготовительных и очистных забоев, применительно к условиям конкретной шахты.

Поскольку функция

$$y = ax^b e^{cx} \quad (6)$$

имеет максимум при  $x = -b/c$ , равный:

$$y_{max} = a(-b/ec)^b, \quad (7)$$

то

$$\overline{p}_{3_{max}} = a(-b/ec)^b \quad (8)$$

при

$$\overline{c}_z = 1 - b/c. \quad (9)$$

Отсюда вытекает, что для определения параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  достаточно данных о загазирований со средней концентрацией  $\overline{c}_{z_1} = 1,5\%$  и  $\overline{c}_{z_2} = 3\%$ .

Разумеется, статический прогноз вероятности загазирования лишь только на базе данных о загазирований в предшествующие периоды времени не учитывает ряда конкретных особенностей и в настоящее время, характеризующееся высокой динамичностью событий, сам по себе не может дать точной оценки опасности загазирования. Поэтому для конкретной оценки опасности

загазирования необходимо использовать метод динамического прогнозирования на базе:

- данных статического прогнозирования вероятности загазирования для всех очистных или подготовительных выработок конкретной шахты;

- текущих данных по загазированию в конкретной очистной или подготовительной выработке этой шахты.

Суть предлагаемого метода динамического прогнозирования вероятности загазирования сводится к следующему.

Пусть для конкретной шахты известно, что статическая вероятность загазирования в рассматриваемой группе забоев описывается распределением (5), параметры  $a$ ,  $b$  и  $c$  которого установлены согласно (8) и (9). Если в определенном забое в течение текущего года уже зарегистрированы загазирования с концентрацией метана  $\overline{c}_{z_1}$ ,  $\overline{c}_{z_2}$ ,  $\overline{c}_{z_3}$  ...  $\overline{c}_{z_i}$  % со временем возникновения с начала года соответственно  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  ...  $t_i$ , смен, то текущие частные вероятности загазирования с концентрацией метана 3 % составляют, согласно (1) и (2):

после первого загазирования:

$$\overline{p}_{3_1} = \frac{4N_{cm}a(\overline{c}_{z_1} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_1} - 1)} + 1}{4N_{cm} + t_1} \times \frac{a(-b/ec)^b}{a(\overline{c}_{z_1} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_1} - 1)}}; \quad (10)$$

после второго:

$$\overline{p}_{3_2} = \frac{4N_{cm}a(\overline{c}_{z_2} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_2} - 1)} + 2}{4N_{cm} + t_2} \times \frac{a(-b/ec)^b}{a(\overline{c}_{z_2} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_2} - 1)}}; \quad (11)$$

после третьего:

$$\overline{p}_{3_3} = \frac{4N_{cm}a(\overline{c}_{z_3} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_3} - 1)} + 3}{4N_{cm} + t_3} \times \frac{a(-b/ec)^b}{a(\overline{c}_{z_3} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_3} - 1)}}; \quad (12)$$

...

после  $i$ -го:

$$\overline{p}_{3_i} = \frac{4N_{cm}a(\overline{c}_{z_i} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_i} - 1)} + \sum_1^i n_j}{4N_{cm} + t_i} \times \frac{a(-b/ec)^b}{a(\overline{c}_{z_i} - 1)^b e^{-c(\overline{c}_{z_i} - 1)}}. \quad (13)$$

Текущая вероятность загазирования с концентрацией 3 % после первого события:

$$\overline{p}_{3_1} = p_{3_1};$$

после второго:

$$\overline{p}_{3_2} = p_{3_1} + p_{3_2};$$

...

после  $i$ -го:

$$\overline{p}_{3_i} = \sum_1^i p_{3_i}. \quad (14)$$

Следовательно, после каждого загазирования можно оценить максимум вероятности при концентрации 3 % и, согласно (8) и (9), заново определить параметры  $a_i$ ,  $b_i$  и  $c_i$ . При этом, разумеется, кривая нового распределения может, постепенно подымая экстремум, со временем быть намного выше кривой с первоначальными параметрами  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Таким образом, с течением времени вероятность загазирований возрастает, если в данном забое происходят новые загазирования. Зная текущие параметры  $a_i$ ,  $b_i$  и  $c_i$  для данного забоя, всегда можно определить, в частности, текущую вероятность загазирования с концентрацией метана  $C_{Z_i} = 5\%$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А. Мясников и др. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах // М.: Недра, 1985.

□ Авторы статьи:

Егоров  
Петр Васильевич  
– проф., зав. каф. разработки  
месторождений полезных ископае-  
мых подземным способом

Денисенко  
Сергей Иванович  
– генеральный директор  
УК «Кузбассуголь»

Хвещук  
Николай Максимович  
– генеральный директор  
ОАО «Шахта Первомайская»

Старков  
Сергей Павлович  
– зав. кафедрой ИПК

Сидорчук  
Владимир Васильевич  
– генеральный директор ОАО  
«Шахта Полясаевская»

Малютин  
Борис Владимирович  
– инженер ОАО «Шахта  
Первомайская»

**УДК 622.867.2**

**Д.Ю. Палеев, Е.М. Терёхина**

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ЗОНЫ ВЗРЫВА В ЛАВЕ

Главным определяющим фактором, влияющим на характер взрывного процесса, является место его возникновения

диаметра частиц породы, интенсивности ударной волны и размеров обрушенного пространства, которые непосредст-

вующие результаты.

Влияние размеров частиц породы на количество выделяемого метана рассматривалось

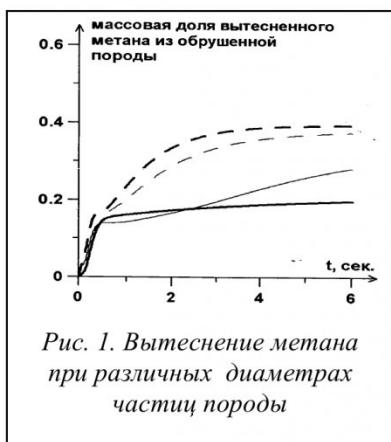


Рис. 1. Вытеснение метана при различных диаметрах частиц породы

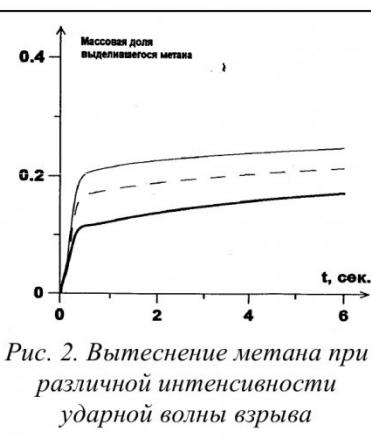


Рис. 2. Вытеснение метана при различной интенсивности ударной волны взрыва

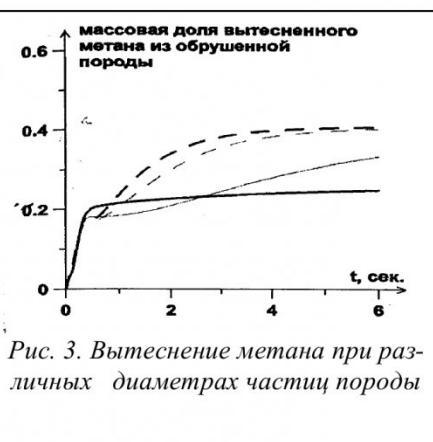


Рис. 3. Вытеснение метана при различных диаметрах частиц породы

(горная выработка или выработанное пространство) и топология сопредельных с местом взрыва действующих, изолированных или погашенных горных выработок и выработанных пространств. В зависимости от этого главного фактора и будут развиваться дальнейшие события: разгон фронта ударной волны, волновое взаимодействие распространяющихся по горным выработкам ударных волн и колебательные процессы в выработанном пространстве, вызывающие вытеснение из него больших объемов метана. Однако не следует забывать о влиянии на процесс взрыва расположения области взрыва,

венно влияют на массовую долю выделяющегося метана из обрушенного пространства. Помощью математического моделирования [1] были получены

для породы диаметром 4,76 мм (жирная сплошная линия), 47,6 мм (тонкая сплошная), 238 мм (тонкая прерывистая) и 476 мм (жирная прерывистая). Расчеты



Рис. 4. Размер выработанного пространства 100x100 м

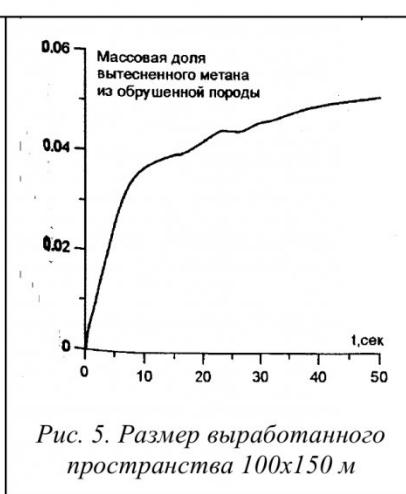


Рис. 5. Размер выработанного пространства 100x150 м