

УДК 622.831.550.32

П.В. Егоров, П.А. Филиппов, И.Л. Громова

РАВНОМЕРНОЕ ФОНОВОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШЕРЕГЕШСКОГО РУДНИКА

Деформируемые под нагрузкой горные породы в процессе трещинообразования излучают электромагнитные волны. Это излучение в последние годы используется в горной промышленности при разработке удароопасных месторождений в целях контроля и прогноза динамических проявлений горного давления [1-3]. Шерегешский рудник - одно из удароопасных предприятий в Горной Шории. Здесь специалистами КузГТУ и службы горных ударов рудника выполнен комплекс исследований по изучению электромагнитного излучения в подземных горных выработках. Регистрация излучения осуществлялась с использованием приборов РВИНДС-П-03. Прибор имеет несколько каналов регистрации и выдает информацию об интенсивности электромагнитного излучения. Показания прибора по различным каналам существенно отличаются. Ниже рассматриваются показания, зарегистрированные по каналу III.

Исследования проводились в выработках гор. +255 м в ортах 25, 26 и в штреках 1, 2, 3. Наблюдения были начаты в конце 1991 г и продолжались до середины 1993 г, когда были начаты очистные работы. Схема выработок с указанием замерных точек приведена на рисунке.

Ниже анализируются результаты измерений в орте 25 в замерных точках 2,3,... 15, в т.ч. на сопряжениях орта со штреками.

Экспериментальные данные приведены в табл. 1. Всего получено 196 отсчетов. Регистрация электромагнитного фона проводилась периодически один раз в месяц. Последние показания из приведенных

таблице сняты через 8 месяцев после предыдущей серии измерений. Третий отсчет в 1992 г снят с перерывом в 3,5 месяца. В процессе измерений обычно снималось два отсчета.

Анализируя данные табл. 1, отметим следующее: отсчеты в пределах каждой точки измерения изменяются во времени незначительно. Так, по точке 2 они в пределах 8 месяцев изменились с 13,44 - 13,67 до 15,64 - 15,78 или в среднем в 1,16 раза. В следующие 8 месяцев отсчеты в этой точке увеличились в среднем в 1,24 раза. По точке 5 показания прибора за первые 8 месяцев увеличились в 1,12 раза, за следующие 8 месяцев в 1,16 раза. Такие же незначительные изменения наблюдались и по остальным точкам, что позволяет предположить, что изменение интенсивности регистрируемого излучения во времени в рассматриваемом случае подчиняется равномерному закону распределения.

Задача настоящей работы сравнить экспериментальные

данные (экспериментальную функцию распределения $F^*(x)$) и соответствующие значения теоретической функции распределения $F(x)$ по каждой замерной точке из приведенных в табл.1, используя критерий Колмогорова.

Теоретическую функцию равномерного распределения запишем в следующем виде [4]:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , x < a, \\ \frac{x-a}{b-a} & , a < x < b, \\ 1 & , x > b. \end{cases} \quad (1)$$

где x - текущая переменная, в рассматриваемом случае величина отсчета по прибору; a, b - параметры распределения; a - левая граница интервала изменения x , b - правая граница интервала изменения x .

Применительно к функции (1) справедливы следующие соотношения:

$$\text{Математическое ожидание} \\ \bar{x} = \frac{a+b}{2}, \quad (2)$$

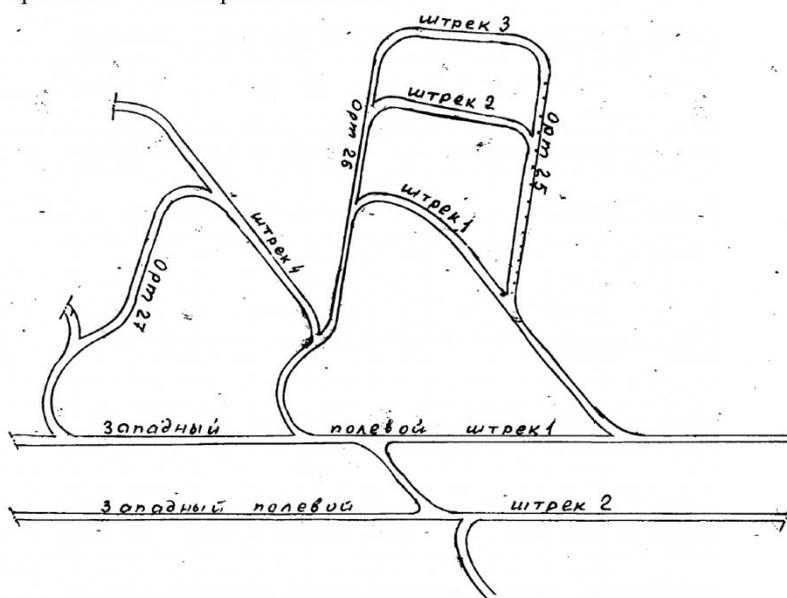


Схема горных работ на участке эксперимента.
Рудник Шерегешский гор. +255 м

Таблица 1

Результаты экспериментальных замеров

№№ замер- ных точек	Даты замеров						
	09.04.92	08.06.92	21.09.92	29.09.92	25.09.92	15.12.92	11.08.93
2	13,67	12,31	15,48	14,78	12,85	15,78	19,31
	13,44	12,79	16,12	15,13	12,47	15,64	19,71
3	13,76	14,58	16,69	15,63	12,46	13,44	21,05
	13,84	14,51	15,39	14,84	13,14	13,47	20,52
4	13,41	15,48	15,49	14,52	13,13	12,92	19,74
	13,51	11,10	16,72	15,83	12,29	13,76	16,42
5	13,51	11,49	14,65	14,96	12,47	14,87	16,52
	13,34	14,48	13,70	14,05	11,74	15,12	18,39
6	12,76	14,07	13,46	14,15	11,22	13,22	18,20
	12,51	13,25	16,53	15,84	11,94	14,93	19,80
7	13,20	12,85	16,12	15,46	11,41	14,46	19,73
	12,95	12,73	15,29	14,87	13,13	15,26	20,09
8	13,92	12,56	16,02	15,75	13,23	14,13	16,75
	14,23	13,10	12,01	14,07	7,36	14,62	19,47
9	14,11	13,22	13,85	14,87	10,09	15,33	20,16
	14,95	15,57	14,00	15,07	13,84	17,28	20,26
10	15,47	15,34	14,76	15,51	13,13	16,98	20,33
	15,22	15,28	14,81	14,87	14,00	17,90	20,77
11	15,06	16,37	14,85	14,57	15,29	13,49	21,53
	15,99	16,38	14,60	14,32	15,09	16,15	21,55
12	14,45	15,90	14,84	14,19	14,03	17,45	22,04
	16,19	15,92	15,37	14,15	13,56	15,27	21,51
13	16,63	15,85	14,79	14,23	12,29	16,19	21,90
	17,01	16,33	15,05	14,75	14,12	16,05	21,86
14	17,62	16,10	14,86	14,06	13,89	16,98	20,22
	18,16	16,25	15,20	14,36	14,20	16,35	20,23
15	17,53	16,00	15,36	14,46	15,56	16,48	20,53
	18,81	15,99	15,02	14,21	14,37	16,38	20,36

Среднее квадратичное отклонение

$$\bar{\sigma} = \frac{v - a}{2\sqrt{3}} \quad (3)$$

Из (2)-(3) следует

$$a = \bar{x} - \sqrt{3}\sigma, \quad v = \bar{x} + \sqrt{3}\sigma \quad (4)$$

Согласно критерия Колмогорова [4]:

$$D = \max |F^*(x) - F(x)|, \quad (5)$$

где $F^*(x)$ - экспериментальная и $F(x)$ - теоретическая функции распределения.

Критические значения $D_n(a)$ величины D расхождения между теоретической и экспериментальной функциями распределения при использовании критерия Колмогорова

$$D(a) > D \quad (6)$$

будем принимать по таблице «критические отклонения эмпирической функции распределения от теоретической» [5, табл. 37, стр. 235].

Для значений $D_n(a)$ и D справедливо соотношение [4]:

$$P\{\max |F^*(x) - F(x)| > D_n(a)\} = a,$$

где a - уровень значимости; P - функция вероятности.

В дальнейших расчетах принято $a = 0,05$.

В соотношении (1) под переменной x понимаются экспериментальные значения x , в выборке случайной величины X , расположенные в возрастающий ряд. Величину D в соотношении (5) удобно вычислять численным путем [4].

Приведем пример численных расчетов величины D и ис-

пользования соотношений (5)-(6) применительно к экспериментальным данным по замерной точке 2 (табл. 1).

Выпишем величины отсчетов в виде ранжированных рядов:

За 1992 г (число отсчетов $n = 12$):

12,31; 12,47; 12,79; 12,85; 13,44; 13,67; 14,78; 15,13; 15,48; 15,64; 15,78; 16,12.

За 1992-1993 гг. (число отсчетов $n = 14$):

12,31; 12,47; 12,79; 12,85; 13,14; 13,67; 14,78; 15,13; 15,48; 15,66; 15,78; 16,12; 19,31; 19,71.

Приведем необходимые расчеты отдельно по обоим рядам. Расчеты по первому ряду представим в табл. 2.

Имеем

Таблица 2

Горизонт +255 м; орт .25; замерная точка 2; 1992 г

$$n=12; \bar{x} = 14,21; \bar{\sigma} = 1,42;$$

$$a = \bar{x} - \sqrt{3}\sigma = 11,75 ;$$

$$b = \bar{x} + \sqrt{3}\sigma = 16,67;$$

$$F(x_i) = \frac{x_i - a}{b - a} = \frac{x_i - 11,75}{4,92}.$$

В колонке 4 звездочкой отмечено максимальное значение величины $D = F^*(x_i) - F(x_i)$.

Границы интервала значений теоретической функции распределения [11,75; 16,67].

Границы экспериментальной функции распределения [12,31; 16,12].

Выпишем критическое значение величины D при $n = 12; a = 0,05$ [5]:

$$D_{12}(0,05) = 0,37543.$$

Получили: $D = 0,112, D_n(a) = 0,37543,$

$$D = 0,112 < D_{12}(0,05) = 0,37543.$$

Таким образом, соотношение (6) выполняется.

Полученное значение $D=0,112$ не достигает критического значения $D_n(a) = 0,37543$, соответствующего намеченному уровню значимости; поэтому нет оснований для отклонения гипотезы о равномерном распределении.

Рассмотрим второй ранжированный ряд, в который включены отчеты за 11.08.93 г., заметно отличающиеся от данных по шести группам показаний прибора за разные периоды 1992 г. Расчеты сведем в табл. 3.

$$n=14; \bar{x} = 14,96; \bar{\sigma} = 2,33;$$

$$a = 14,96 - 4,04 = 10,92 ;$$

$$b = 14,96 + 4,04 = 19;$$

$$F(x_i) = \frac{x_i - 10,92}{8,08}.$$

Границы интервала значений теоретической функции распределения [10,92; 19,00].

Границы экспериментальной функции распределения [12,31; 19,71]. Величина

$$D = \max |F^*(x) - F(x)| = 0,213.$$

Критическое значение $D_n(a)$ при $n = 14; a = 0,05$ [5]:

x_i	$F^*(x_i)$	$F(x_i)$	$F^*(x_i) - F(x_i)$
1	2	3	4
12,31	1/12 = 0,083	0,114	-0,031
12,47	2/12=0,167	0,146	0,021
12,79	3/12 = 0,25	0,211	0,039
12,85	4/12= 0,333	0,224	0,109
13,44	5/12=0,417	0,343	0,074
13,67	6/12 = 0,5	0,390	0,110
14,78	7/12=0,583	0,616	-0,033
15,13	8/12= 0,667	0,687	-0,020
15,48	9/12 = 0,75	0,758	-0,008
15,64	10/12 = 0,833	0,791	+0,042
15,78	11/12=0,917	0,819	+0,098
16,12	12/12=1,0	0,888	+0,112*

$$D_n(0,05) = 0,34890.$$

Полученное значение $D=0,213$ не достигает критического значения $D_n(a) = 0,34890$; поэтому нет оснований для отклонения гипотезы о равномерном распределении показаний прибора за период наблюдений с апреля 1992 г по август 1993 г.

В рассмотренном случае правая граница интервала значений экспериментального ряда выходит за граничное значение интервала теоретической функции распределения $19,7 > 19,0$.

Однако это отклонение незначительно и на результатах

всей выборки не отразилось: критерий Колмогорова выполняется.

Результаты аналогичных расчетов по 14 замерным точкам сведены в табл. 4. Для замерных точек 2-15 рассмотрены отдельно по 12 замеров за период с апреля 1992 г по декабрь 1992 г и отдельно по 14 замеров взятых за указанный период и объединенных с замерами в августе 1993 г

Для замерной точки 7 получены, помимо группы из 12 замеров и группы из 14 замеров, отдельно группы из 16 замеров.

Таблица 3

Горизонт +255 м; орт 25, замерная точка 2; 1992-1993 гг

x_i	$F^*(x_i)$	$F(x_i)$	$F^*(x_i) - F(x_i)$
12,31	1/14=0,071	0,172	-0,101
12,47	2/14=0,143	0,192	-0,049
12,79	3/14=0,214	0,231	-0,017
12,85	4/14=0,286	0,239	+0,047
13,44	5/14=0,357	0,312	+0,045
13,67	6/14=0,429	0,340	-0,089
14,78	7/14=0,5	0,478	-0,022
15,13	8/14=0,571	0,521	+0,050
15,48	9/14=0,643	0,564	+0,079
15,64	10/14=0,714	0,584	+0,1300
15,78	11/14 = 0,786	0,601	+0,185
16,12	12/14=0,857	0,644	+0,213*
19,31	13/14=0,929	1,038	-0,109
19,71	14/14=1,0	1,088	-0,088

Таблица 4

Показатели закона распределения за период с апреля 1992 г по август 1993 г

№№ замерных точек	Кол-во отсчетов, n	Характеристики эксперимент. выборки		Параметры теоретического распределения				Расхождение $D = \max F^*(x) - F(x) $	Критическое значение $D_n(0,05)$
			x_{min}	a	b	\bar{x}	$\bar{\sigma}$		
2	12	12,31	16,12	11,75	16,67	14,28	1,42	0,112	0,375
2	14	12,31	19,71	10,92	19,00	14,96	2,33	0,213	0,349
3	16	12,46	22,39	10,24	21,70	15,24	2,60	0,222	0,327
4	14	13,41	19,74	19,78	18,40	14,59	2,20	0,247	0,349
5	12	11,49	15,12	11,2	16,44	13,74	1,28		0,375
5	14	11,49	18,39	11,12	17,46	14,27	1,83	0,223	0,349
6	12	11,22	16,53	11,00	16,21	13,66	1,55		0,375
6	14	11,22	19,80	10,43	18,63	14,42	2,43	0,184	0,349
7	12	11,41	16,12	10,47	17,57	14,62	1,5		
7	16	13,20	20,09	10,62	19,32	15,07	2,57	0,224	0,327
7	14	4,41	20,09			14,86	2,55		
8	12	7,36	16,02	9,54	17,30	13,42	2,24	0	0,375
8	14	7,36	19,47	9,28	18,80	14,09	2,72	0,163	0,349
9	12	10,09	17,28	11,39	17,34	14,35	1,71		0,375
9	14	10,09	20,26	10,60	19,78	15,19	2,65	0,260	0,349
10	13	13,13	20,77	12,83	19,41	16,12	1,90	0,422	0,361
10	12	13,13	17,90	13,14	17,90	15,27	1,23	0,277	0,375
11	12	13,49	16,37	13,63	16,52	15,1	0,82	0,151	0,375
11	14	13,49	21,55	11,76	20,28	16,02	2,46	0,316	0,349
12	12	13,56	17,45	13,17	17,05	15,11	1,12	0,186	0,375
12	14	13,56	22,04	11,50	20,62	16,06	2,63	0,272	0,349
13	12	12,29	17,01	12,95	15,97	15,27	1,34	0,225	0,375
13	14	12,29	21,90	11,52	20,90	16,22	2,70	0,262	0,349
14	12	13,89	18,46	13,16	18,18	15,67	1,45	0,145	0,375
14	14	13,89	20,23	12,63	20,01	16,32	2,13	0,171	0,349
15	12	14,21	18,81	13,50	18,28	15,83	1,38	0,149	0,375
15	14	14,21	20,53	12,92	20,16	16,54	2,09	0,165	0,349

Из данных последней таблицы видно, что совокупность показаний прибора за периоды с апреля 1992 г по декабрь 1992 г (6 групп отсчетов) и с апреля 1992 г по август 1993 г (7 групп) подчиняется равномерному распределению. Ни по одной из 14 точек наблюдения не зафиксировано отклонений от критерия Колмогорова.

К концу периода наблюдений (к августу 1993 г.) по всем

14 точкам отмечено увеличение интенсивности излучения примерно в 1,5 раза.

В течение 1992 г повышение интенсивности фонового излучения наблюдалось с конца сентября до конца октября. Заметное снижение интенсивности излучения отмечено в ноябре. В следующем месяце - декабре интенсивность снова увеличилась по всем 14 наблюдательным точкам.

По длине орта 25 интенсивность излучения оставалась постоянной в сентябре и октябре 1992 г. В остальные периоды интенсивность излучения возрастала от точек 2, 3 к точкам 14, 15. Следовательно, наблюдалась как временная, так; и пространственная изменчивость фона. Однако, эти изменения оставались в рамках параметров равномерного распределения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.А. Изменение электропроводности и радиоизлучения горных пород и минералов при физикохимических процессах в них / А.А.Воробьев, Е.К. Заводовская, В.Н.Сальников // Докл. АН СССР. - 1975. - Т. 220, №1. - С.82-85.

2. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. М.Б. Гохберга. - М.: ИФЗ АН СССР, ^988.

3. Гор А.Ю. Концентрационный порог разрушения и прогноз горных ударов/ А.Ю.Гор., В.С. Куксенко, Н.Г.Томилин // ФТПРПИ. - 1989: - № 3. - С. 54-60.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, изд. Третье. - 1964. -576 с.

5. Янко Я. Математико-статистические таблицы. - М.: Госстандартиздат, 1961.-243 с.

□ Авторы статьи:

Егоров
Петр Васильевич
- доктор технический наук, профес-
сор, зав. кафедрой РМПИ

Филиппов
Петр Алексеевич
- технический директор Шерегеш-
ского рудника.

Громова
Ирина Леонидовна
- начальник участка прогноза горных
ударов на шахте Шерегешской

УДК 622.142

Е.Н. Козырева, В.А. Рудаков

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УГЛЕМЕТАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Для предварительной оценки эмиссионных ресурсов метана при ведении открытых горных работ на данном этапе достаточно ограничиться самыми общими представлениями картины изменения газокинетических характеристик газоносных угольных пластов в зоне влияния надработки, не привлекая пока весьма глубоких и широко апробированных методов расчета, принятых при разработке угольных месторождений открытым способом.

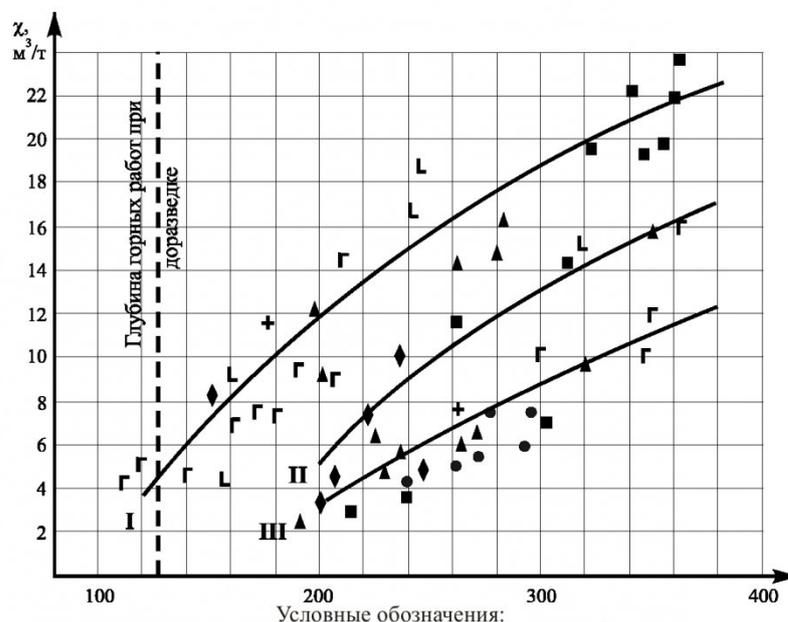
Как показывает практика, основной особенностью открытых горных работ является интенсивная разгрузка массива и возникновение мощных потоков метана к поверхности. По наблюдениям инженерно-технических работников разреза "Бачатский" (Кузбасс) первые случаи воспламенения метана при взрывных работах отмечены на глубине ведения горных работ 80-100 м от поверхности, т.е. практически вблизи границы метановой зоны, соответствующей газоносности пластов в $5 \text{ м}^3/\text{т}$. На глубинах 150-200 м газовые потоки стали представлять технологическую опасность.

Высота пламени горящего метана после проведения взрывных работ достигала 50-80 м, а его последующее горение в

зоне разрушенного угля провоцировало его возгорание в уступах и требовало мер по интенсивному тушению. Предотвращение воспламенений потребовало перехода на предохранительные взрывчатые вещества.

Отмеченные факты реакции

газового потенциала на снятие напряжений в пласте указывают, что процессы распада углеметанового вещества едины как для подземных, так и для открытых горных работ и формируют достаточно сопоставимые технологические следствия.



- | | |
|-----------------------------------|--|
| ◆ - I, II, III, IV, V Внутренние; | I - изменения газоносности с глубиной в зонах влияния разрывных нарушений; |
| Г - Горельный; | II - изменения газоносности в призматических частях синклиналей; |
| ⊕ - Характерный; | III - изменения газоносности в условиях влияния горных работ |
| Л - Лутугинский; | |
| ▲ - I-II Прокопьевский; | |
| ■ - Мощный; | |
| ● - Безымянный | |

Рис.1. Графики изменения газоносности χ с глубиной в метановой зоне на горном отводе разреза "Бачатский" (Кузбасс)