

---

УДК 622.546.296

**О.Г. КРЕМЕНЕВ**, канд.техн.наук, ст. науч. сотрудник,  
**А.Д. БОНДАРЕНКО**, науч.сотрудник; МакНИИ, Макеевка

## ОЦЕНКА ВЫБРОСООПАСНОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ПО ЕГО РАДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ШАХТАХ ДОНБАССА

*Приведены результаты измерения природной активности радионуклидов, содержащихся в угольном пласте и вмещающих породах. Описана методология исследования радиоактивности горного массива в опасной и неопасной по выбросам угля и газа зонах с помощью сравнения удельной и эффективной удельной природной активности проб угля и вмещающих пород.*

**Ключевые слова:** горный массив, угольный пласт, вмещающие породы, гамма-спектрометр, пробы угля, породы, удельная и эффективная активности, выбросоопасность

Поиск эффективного способа прогноза выбросоопасности горного массива в шахтах, обрабатывающих угольные пласты на глубинах более 1000 м – актуальная проблема безопасности горных работ. В соответствии с нормами и санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности в подземных условиях, должен осуществляться радиационный контроль [1– 4]. При этом в угольных шахтах контролируется годовая эффективная доза  $E$  облучения работников за счет природных источников излучения (если  $E$  более 1 мЗв в год) и эффективная удельная активность  $A_{эф}$  естественных (природных) радионуклидов (ЕРН) в угольном пласте и вмещающих породах (если  $A_{эф}$  более 740 Бк/кг). В процессе выполнения радиационного контроля в угольных шахтах было замечено аномальное отклонение  $A_{эф}$  в выбросоопасных зонах.

Цель статьи – установление возможности оценки выбросоопасности горного массива по эффективной удельной (радиационной) активности угольного пласта и вмещающих пород.

Для достижения данной цели МакНИИ проведены исследования природной активности радионуклидов, содержащихся в угольном пласте и вмещающих породах в очистном и подготовительном забоях угольных шахт Донбасса. Методология исследования радиоактивности горного мас-

сива заключалась в отборе проб угля и вмещающих пород в опасной зоне внезапного выброса угля и газа и неопасной зоне с последующим сравнением радиоактивности проб в этих зонах.

Исследования радиационной активности горного массива в очистном забое были выполнены на обособленном предприятии «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП ДУЭК на угольном пласте  $h_6^1$  особо опасном по внезапным выбросам угля и газа, опасном по взрывам угольной пыли и суфлярным выделениям. Пробы горного массива были отобраны в зоне внезапного выброса угля и газа, произошедшего 11.04.2014 г в нижней нише 3 восточной лавы уклонного поля центральной панели (УПЦП) пласта  $h_6^1$  «Смоляниновский», горизонта 1340 м. Интенсивность выброса составила 1176 т угля, при этом выделилось более 60000 м<sup>3</sup> метана. Горловина полости выброса была расположена приблизительно посередине забоя нижней ниши. В самом узком месте горловина имела овальное сечение шириной 0,9 м, высотой 0,5 м. От горловины вглубь угольного пласта располагалась полость выброса грушевидной формы. Размер полости составлял по простиранию угольного пласта 12 м, по падению – 6 м, по высоте – ограничивался мощностью пласта  $m = 1,51-1,19$  м.

После проведения работ по восстановлению вентиляции и уборке выброшенного угля на аварийном участке в нижней нише 3 восточной лавы УПЦП пласта  $h_6^1$  18.04.14 г. отобраны пробы угля и вмещающих пород:

- в левом нижнем кутке нижней ниши (слева от горловины полости выброса проба № 1 угля с груди забоя, проба № 4 породы кровли);
- в нижней нише напротив горловины полости выброса, (проба № 2 выброшенного угля, проба № 5 породы кровли, проба № 13 породы почвы);
- в нижней нише справа от горловины полости выброса (проба № 3 угля с груди забоя, проба № 6 породы кровли);
- в полости выброса отобрана проба №1 0 выброшенного угля.

После уборки отложившейся на расстоянии 53,5 м от нижней ниши выброшенной горной массы в лаве, 23.04.14 г. отобраны пробы угля с груди забоя лавы на расстоянии 120 м (проба № 12) и 150 м (проба № 11) от полости выброса в нижней нише. В зоне нормального залегания пласта (неопасной зоне) пробы отбирались возле приемной площадки вспомогательного уклона №1 конвейерного штрека третьих лав УПЦП. В кровле вспомогательного уклона № 1 отобраны пробы № 7, 8, в почве – проба № 9.

В отобранных пробах провели измерения активности ЕРН, содержащихся в горном массиве угольной шахты и относящихся к природным опасным физическим факторам. Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека, определяется техническими регламен-

тами, устанавливающими минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность излучений, радиационную безопасность, а также характеристики средств и методик измерений [5].

С помощью гамма-спектрометра SBS-40 [6,7] были установлены спектральные линии, соответствующие ЕРН радия-226, тория-232, калия-40, содержащихся в пробах угольного пласта и вмещающих породах горного массива, а также определены их активности. Результаты спектрометрического анализа отобранных проб приведены в табл. 1.

Радиационная активность пробы устанавливалась с помощью метода, предусматривающего сравнение активности пробы с активностью эталона в выбранных участках гамма-спектра («окнах регистрации»). При этом подсчитывалось количество импульсов в каждом окне и затем по составленным уравнениям рассчитывалось содержание естественных радионуклидов ЕРН в пробе [6,7].

В таблице знак «—» соответствует величине активности горного массива меньше минимальной детектируемой активности (м.д.а.) гамма-спектрометра SBS-40 и составляет для радия-226 – 6 Бк, для тория-232 – 7 Бк, для калия-40 – 25 Бк [6,7].

Удельная активность  $A_m$  вычислялась по формуле [2]:

$$A_m = \frac{A}{m}, \quad (1)$$

где  $A$  – абсолютная активность нуклида в пробе, Бк;

$A_m$  – удельная активность нуклида, Бк/кг;

$m$  – масса пробы, кг.

Эффективная удельная активность ЕРН в пробе ( $A_{эф}$ ) устанавливалась как взвешенная сумма удельных активностей радия-226 ( $A_{mRa}$ ), тория-232 ( $A_{mTh}$ ) и калия-40 ( $A_{mK}$ ) по формуле [2]:

$$A_{эф} = A_{mRa} + 1,32 \times A_{mTh} + 0,085 \times A_{mK}, \quad (2)$$

где коэффициенты 1,32 и 0,085 – взвешивающие коэффициенты для тория-232 и калия-40 соответственно по отношению к радию-226.

Таблица 1

Спектральные характеристики активности, состав и место отбора проб угля и вмещающих пород в 3 восточной лаве УПЦП пласта  $h_6^1$ 

№ пробы	Состав горной массы пробы	Удельная активность ЕРН, $A_m$ , Бк/кг			$A_{эф}$ , Бк/кг	Место отбора пробы
		Ra-226	Th-232	K-40		
1	Уголь, представлен кусками размером 0,3-3,0 см	-	-	-	17	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, угольный пласт, слева от горловины полости выброса
2	Уголь, представлен «бешеной мукой» и мелкодисперсными фракциями размером 0,1-0,3 см	23	-	-	23	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, выброшенный уголь напротив горловины полости выброса
3	Уголь, представлен мелкодисперсными фракциями размером 0,1-0,3 см	-	-	-	17	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, угольный пласт, справа от горловины полости выброса
10	Уголь, представлен «бешеной мукой» и мелкодисперсными фракциями размером 0,1-0,3 см	20	-	-	20	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, выброшенный уголь в полости внезапного выброса угля и газа, горловина полости
4	Порода кровли, куски размером от 5 см до 10-15 см	-	-	1024	102	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, порода кровли нижней ниши, слева от горловины полости выброса
5	Порода кровли, куски размером от 5 см до 10-15 см	-	55	722	144	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, порода кровли над горловиной полости выброса
6	Порода кровли, куски размером от 5 см до 10-15 см	-	49	833	142	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, порода кровли нижней ниши, справа от горловины полости выброса
13	Порода почвы, куски размером от 5 см до 10-15 см	-	52	82	81	3 восточная лава УПЦП пл. $h_6^1$ , нижняя ниша, порода почвы нижней ниши, под горловиной полости выброса
7	Порода кровли, куски размером 10-15 см	56	72	732	213	Порода кровли приемной площадки вспомогательного уклона №1 конвейерного штрека 3-х лав УПЦП (700 м от полости выброса)
8	Порода кровли, куски размером 10-15 см	49	71	584	192	Порода кровли приемной площадки вспомогательного уклона №1 конвейерного штрека 3-х лав УПЦП (700 м от полости выброса)
9	Порода почвы, куски размером 10-15 см	-	56	321	100	Порода почвы приемной площадки вспомогательного уклона №1 конвейерного штрека 3-х лав УПЦП (700 м от полости выброса)
11	Пластовый уголь кусками размером 5,0 - 10,0 см	-	-	-	17	3 восточная лава УПЦП пласта $h_6^1$ , грудь забоя угольного пласта, (150 м от полости выброса)
12	Пластовый уголь кусками размером 5,0 - 10,0 см	-	-	-	17	3 восточная лава УПЦП пласта $h_6^1$ , грудь забоя угольного пласта, (120 м от полости выброса)

Сгруппированные показатели активности проб угля и вмещающих пород в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта по линиям ЕРН в гамма–спектре приведены в табл. 2.

Таблица 2

Гамма–спектрометрический анализ сгруппированных показателей активности проб угля и вмещающих пород в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта в очистном забое

№ пробы	Состав горной массы пробы	Удельная активность ЕРН пробы, $A_m$ , Бк/кг			Эффективная удельная активность, $A_{эф}^*$ , Бк/кг (без учета м.д.а.)	Эффективная удельная активность, $A_{эф}$ , Бк/кг (с учетом м.д.а.)
		Ra-226	Th-232	K-40		
<b>Зона внезапного выброса угля и газа</b>						
Выброшенный уголь в полости выброса и на штреке						
2	уголь (в) <sup>1)</sup>	23	-	-	23	35
10	уголь (в)	20	-	-	20,31	32
Уголь, отобранный с поверхности пласта в зоне выброса						
1	уголь (п) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	17
3	уголь (п)	-	-	-	-	17
среднее значение		11	-	-	11	25
4	порода кровли	-	-	1024	87	102
5	порода кровли	-	55	772	138	144
6	порода кровли	-	49	833	136	142
среднее значение		-	35	876	120	129
13	порода почвы	-	52	82	75	81
<b>Неопасная зона</b>						
11	уголь	-	-	-	-	17
12	уголь	-	-	-	-	17
7	порода кровли	56	72	739	213	213
8	порода кровли	49	71	584	192	192
среднее значение		53	72	635	202,5	202,5
9	порода почвы	-	56	321	100	106

*Примечание:* <sup>1)</sup> (в) – выброшенный уголь из полости выброса; <sup>2)</sup> (п) – поверхность угольного пласта в полости выброса и угольного забоя выработки.

Анализ радиационной активности по спектральным линиям проб угля и вмещающих пород в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта (в опасной и неопасной зонах) показал следующее.

Зона внезапного выброса угля и газа (**опасная зона**).

Пробы выброшенного угля («бешеная мука») характеризуются наличием спектральной линии радий-226 (средняя удельная активность  $A_{mRa}=11$  Бк/кг; диапазон изменения 6–23 Бк/кг). Эффективная удельная активность проб выброшенного угля  $A_{эф}=33,5$  Бк/кг превышает активность угля на поверхности пласта почти в 2 раза ( $33,5/17=1,97$ ).

Пробы пород кровли характеризуются идентификацией спектральных линий: торий-232 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 35$  Бк/кг, диапазон изменения 7–55 Бк/кг); калий-40 (средняя удельная активность  $A_{mK} = 876$  Бк/кг, диапазон изменения 772–1024 Бк/кг). Эффективная удельная активность пород кровли находится в диапазоне  $A_{эф} = 120 – 129$  Бк/кг.

Пробы пород почвы характеризуются идентификацией спектральных линий: торий-232 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 52$  Бк/кг, диапазон изменения 7–52 Бк/кг); калий-40 (средняя удельная активность  $A_{mK} = 82$  Бк/кг; диапазон изменения 25 – 82 Бк/кг). Эффективная удельная активность пород почвы находится в диапазоне  $A_{эф} = 75–81$  Бк/кг.

Зона нормального залегания пласта (**неопасная зона**).

В пробах с забоя угольного пласта спектральные линии ЕРН не идентифицируются (т.е. их активность меньше м.д.а. гамма-спектрометра или равна нулю).

Пробы пород кровли характеризуются идентификацией спектральных линий: радия-226 (средняя удельная активность  $A_{mRa} = 53$  Бк/кг; диапазон изменения 49 – 56 Бк/кг); тория-232 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 72$  Бк/кг, диапазон изменения 71 – 72 Бк/кг); калия-40 (средняя удельная активность  $A_{mK} = 635$  Бк/кг, диапазон изменения 584 – 739 Бк/кг). Эффективная удельная активность пород кровли находится в диапазоне  $A_{эф} = 192 – 213$  Бк/кг.

Пробы пород почвы характеризуются идентификацией спектральных линий: тория-232 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 56$  Бк/кг, диапазон изменения 7 – 56 Бк/кг); калия-40 (средняя удельная активность  $A_{mK} = 321$  Бк/кг, диапазон изменения 25 – 321 Бк/кг). Эффективная удельная активность пород почвы находится в диапазоне  $A_{эф} = 100 – 106$  Бк/кг.

Исследования радиационной активности горного массива в подготовительном забое были выполнены в ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» в проходческом забое 9 восточного конвейерного штрека пласта  $l_4$  «Коксовый», горизонта 1078 м в опасной и неопасной по выбросам угля и газа зонах. Пласт  $l_4$ , по категории опасности является выбросоопасным, с глубины изогипсы 400м. Ранее на пласте произошли следующие газодинамические явления (ГДЯ): 1 внезапный выброс угля и газа, 1 внезапное выдавливание угля, 2 выброса угля и газа при сотрясательном взрывании. Горно-технические условия проведения выработки характеризовались следующими показателями: протяженность 23,1 м, сечение в свету – 20,1 м<sup>2</sup>, спо-

соб проведения выработки – комбайновый (КСП-35), крепление кровли – арочная крепь КМП АЗК-20,1, шаг установки крепи – 0,5 м. Геологическая характеристика угольного пласта и боковых пород: мощность пласта – 1,02 м, угол падения - 11-12°, угольный пласт сложного строения, содержит 2 угольных пачки, разделительный прослой представлен углистым сланцем мощностью 0,01 м, мощность верхней пачки 0,42 м, нижней – 0,59 м, выход летучих – 28,3-31,6%, марка угля – Ж<sub>к</sub>, природная газоносность – 22 м<sup>3</sup>/т с.б.м. Породы кровли – аргиллит, породы почвы – алевролит.

Пробы горного массива были отобраны в зоне внезапного выброса угля и газа, произошедшего 29.06.2016, из верхней пачки угля в забое 9 восточного конвейерного штрека пл. *l*<sub>4</sub>. Причина возникновения выброса – внедрение рабочего органа комбайна в зону повышенных напряжений углепородного массива, обусловленных влиянием локального непрогнозируемого геологического нарушения (мелкоамплитудной складки). Зона нарушения характеризовалась уменьшением коэффициента крепости угля с  $f=1,2$  до  $f=0,63-0,74$  по шкале Протоdjяконова и изменением мощности угольного пласта за счет утонения верхней пачки с 0,42 м до 0,14 м. Количество выброшенного угля – 55 т; объем выделившегося газа – 1000 м<sup>3</sup>, форма полости выброса – грушевидная, глубина полости – 17,0 м, ширина устья полости – 5,5 м, максимальная ширина полости – 11,7 м, угол наклона оси полости к оси выработки - 15°, отброс угля – 8,9 м, участок выработки, заполненный углем на полное сечение и наличие мелкодисперсной угольной пыли отсутствуют, повреждения крепи и оборудования, а также нарушение вентиляции не зафиксировано.

В 9 восточном конвейерном штреке пл. *l*<sub>4</sub> 01.07.2016 г были отобраны пробы угля и вмещающих пород в следующих местах:

в угольном забое штрека:

– в верхней пачке угольного пласта (в левой части устья полости выброса, проба № 1; в правой части устья полости выброса, проба № 1-1);

– в нижней пачке угольного пласта (в правой части устья полости выброса, проба № 2);

в породном забое штрека:

– в непосредственной кровле угольного пласта (в левой стороне выработки в кровле над полостью выброса, проба № 3; в правой стороне выработки в кровле над полостью выброса, проба № 4; посередине выработки в кровле над полостью выброса, проба № 3-1).

– в непосредственной почве угольного пласта (в левой стороне сечения выработки в почве под полостью выброса, проба № 8).

Результаты спектрометрического анализа отобранных проб подготовительного забоя приведены в табл. 3.

Таблица 3

Спектральные характеристики активности, состав и место отбора проб  
угля и вмещающих пород в 9 восточном конвейерном штреке пласта  $l_4$ 

№ пробы	Состав горной массы пробы	Удельная активность ЕРН, $A_m$ , Бк/кг			$A_{эф}$ , Бк/кг	Место отбора пробы
		Ra-226	Th-232	K-40		
1	2	3	4	5	6	7
<b>Зона внезапного выброса ПК2+6,1 м</b>						
1	Уголь (полублестящий, тонкополосчатый, хрупкий), представлен мелкодисперсными фракциями размером 0,1-1,0 см и кусками размером 1,1–5,0 см	-	-	-	17	9 восточный конвейерный штрек пл. $l_4$ , верхняя пачка угольного пласта (левая сторона сечения выработки – поверхность угольного пласта в левой части устья полости выброса)
1-1	Уголь (полублестящий, тонкополосчатый, хрупкий), представлен мелкодисперсными фракциями размером 0,1-1,0 см и кусками размером 1,1–5,0 см	-	-	-	17	9 восточный конвейерный штрек пл. $l_4$ , верхняя пачка угольного пласта (правая сторона выработки – поверхность угольного пласта в правой части устья полости выброса)
2	Уголь, (полублестящий, тонкополосчатый, хрупкий), представлен кусками размером 0,3-6,0 см	-	-	-	17	9 восточный конвейерный штрек пл. $l_4$ , поверхность нижней пачки угольного пласта (правая часть устья полости выброса)
3	Порода кровли, представлена кусками размером 1,0-10 см (трещиноватый неустойчивый аргиллит Б <sub>2-1</sub> , серый, мелко-зернистый, слабоалевристый)	-	64	769	155	9 восточный конвейерный штрек пл. $l_4$ , порода непосредственной кровли (левая сторона сечения выработки в кровле над полостью выброса)
3-1	Порода кровли, представлена кусками размером 1,0-10 см (трещиноватый неустойчивый аргиллит Б <sub>2-1</sub> , серый, мелкозернистый, слабоалевристый)	-	81	813	181	9 восточный конвейерный штрек пласта $l_4$ , порода непосредственной кровли (посередине сечения выработки в кровле над полостью выброса)
	Порода кровли, представлена кусками размером 1,0-10 см (трещиноватый неустойчивый аргиллит Б <sub>2-1</sub> , серый, мелкозернистый, слабоалевристый)	-	-	1347	129	9 восточный конвейерный штрек пл. $l_4$ , порода непосредственной кровли (правая сторона сечения выработки в кровле над полостью выброса)
<b>Неопасная зона ПК13</b>						
7	Уголь (черный, полублестящий тонкополосчатый, хрупкий), представлен кусками размером 1,5 –5,0 см	-	-	-	17	9 восточный конвейерный штрек пласта $l_4$ , угольный пласт представлен одной пачкой (посередине сечения выработки)
5-1	Порода кровли, представлена кусками размером 1,0-10 см (трещиноватый неустойчивый аргиллит Б <sub>2-1</sub> , серый, мелкозернистый, слабоалевристый)	-	91	925	204	9 восточный конвейерный штрек пласта $l_4$ , порода непосредственной кровли (0,5 м от левой стороны сечения выработки в кровле над угольным пластом)



Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
5-2	Порода кровли, представлена кусками размером 1,0-10 см (трещиноватый неустойчивый аргиллит Б <sub>2,1</sub> , серый, мелкозернистый, слабоалевристый)	-	106	1256	252	9 восточный конвейерный штрек пласта <i>l</i> <sub>4</sub> , порода непосредственной кровли (0,5 м от правой стороны сечения выработки в почве под угольным пластом)
6	Порода почвы, представлена кусками размером 3-15 см (алевролит, крупнозернистый, непосредственно под пластом угля комковатой текстуры «кучерявичик» П <sub>1</sub> )	-	81	724	173	9 восточный конвейерный штрек пласта <i>l</i> <sub>4</sub> , порода непосредственной почвы (0,5 м от левой стороны сечения выработки в почве под угольным пластом)

Радиационная активность проб в подготовительном забое устанавливалась по методической схеме, аналогичной для очистного забоя с применением формул (1) и (2).

Сгруппированные показатели активности проб угля и вмещающих пород в подготовительном забое 9 восточного конвейерного штрека пласта *l*<sub>4</sub> в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта по линиям излучения ЕРН в гамма-спектре приведены в табл. 4.

Таблица 4

Гамма-спектрометрический анализ усредненных показателей активности проб угля и вмещающих пород в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта в подготовительном забое

№ пробы	Состав горной массы пробы	Удельная активность ЕРН пробы, $A_m$ , Бк/кг			Эффективная удельная активность, $A_{эф}^*$ , Бк/кг (без учета м.д.а.)	Эффективная удельная активность, $A_{эф}$ , Бк/кг (с учетом м.д.а.)
		<i>Ra-226</i>	<i>Th-232</i>	<i>K-40</i>		
<b>Зона внезапного выброса угля и газа ПК2+6,1 м</b>						
1	уголь (в/п)	-	-	-	-	17
1-1	уголь (в/п)	-	-	-	-	17
2	уголь (н/п)	-	-	-	-	17
Среднее значение		-	-	-	-	17
3	порода кровли	-	64	769	149	155
3-1	порода кровли	-	81	813	175	181
4	порода кровли	-	-	1347	124	130
Среднее значение		-	48	976	149	155
8	порода почвы	-	77	680	159	165
<b>Неопасная зона ПК13</b>						
7	уголь (п)	-	-	-	-	17
5-1	порода кровли	-	91	925	198	204
5-2	порода кровли	-	106	1256	246	252
Среднее значение		-	98,5	1090,5	222	228
10	порода почвы	-	81	724	168	174

*Примечание:* в/п (н/п) – верхняя (нижняя) пачка угольного пласта; п – поверхность угольного пласта в полости выброса и угольный забой подготовительной выработки.

В подготовительной выработке анализ радиационной активности по спектральным линиям проб угля и вмещающих пород в зоне внезапного выброса угля и газа и зоне нормального залегания пласта (в опасной и неопасной зонах) показал следующее.

**Зона внезапного выброса угля и газа (опасная зона):**

Пробы угля, отобранные с поверхности угольного пласта в полости выброса угля и газа, имеют активность ЕРН меньшую, чем м.д.а. спектрометра SBS-40. Уголь, выброшенный на 9 восточный конвейерный штрек, не содержит мелкодисперсной пыли, в т.ч. «бешеной муки». Его эффективная удельная активность менее 17 Бк/кг. Спектральные линии радия-226, тория-232, калия-40 не идентифицируются.

Пробы пород кровли характеризуются: идентификацией спектральных линий тория-232, калия-40 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 48$  Бк/кг; диапазон изменения 7-81 Бк/кг;  $A_{mK} = 976$  Бк/кг; диапазон изменения 769-1347 Бк/кг). Усредненная эффективная удельная активность пород кровли находится в диапазоне  $A_{эф} = 149-155$  Бк/кг.

Пробы пород почвы характеризуются: идентификацией спектральных линий тория-232, калия-40 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 77$  Бк/кг; диапазон изменения 7-77 Бк/кг;  $A_{mK} = 680$  Бк/кг; диапазон изменения 25-680 Бк/кг). Усредненная эффективная удельная активность пород почвы находится в диапазоне  $A_{эф} = 159-165$  Бк/кг.

**Зона нормального залегания пласта (неопасная зона).**

В пробах пластового угля, отобранных с забоя угольного пласта, спектральные линии ЕРН не идентифицируются (т.е. их удельная активность менее м.д.а. гамма-спектрометра.

Пробы пород кровли характеризуются: идентификацией спектральных линий торий-232, калий-40 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 98,5$  Бк/кг; диапазон изменения 91-106 Бк/кг;  $A_{mK} = 1090,5$  Бк/кг; диапазон изменения 925-1256 Бк/кг); усредненная эффективная удельная активность пород кровли находится в диапазоне  $A_{эф} = 222-228$  Бк/кг.

Пробы пород почвы характеризуются: идентификацией спектральных линий торий-232, калий-40 (средняя удельная активность  $A_{mTh} = 81$  Бк/кг; диапазон изменения 7-81 Бк/кг;  $A_{mK} = 724$  Бк/кг; диапазон изменения 25-724 Бк/кг); усредненная эффективная удельная активность пород почвы находится в диапазоне  $A_{эф} = 168-174$  Бк/кг.

Анализ результатов радиационной активности по спектральным линиям в очистном и подготовительном забоях показал, что с помощью эффективной удельной активности естественных радионуклидов можно различать зону внезапного выброса угля и газа (опасную зону) и зону нормального залегания пласта (неопасную зону) при ведении горных работ. Для установления количественных критериев и методологии осуществле-

ния безопасного ведения горных работ путем контроля радиационных показателей угольного пласта и вмещающего породного массива необходимо проведение дальнейших исследований для набора значимых статистических данных.

## ВЫВОДЫ

1. Исследования радиационной активности горного массива на пластах, склонных к ГДЯ, при глубине ведения горных работ более 1000 м, показали отличие радиационных показателей угольного пласта и вмещающих пород в выбросоопасной и невыбросоопасной зонах, позволяющее выполнять оценку выбросоопасности горного массива.

Контролируемыми показателями выбросоопасности горного массива установлены удельная и эффективная удельная активность вмещающих пород кровли и почвы угольного пласта.

2. Эффективная удельная активность выброшенного из полости выброса мелкодисперсного угля превышает эффективную удельную активность пластового угля в неопасной зоне более чем на 97%.

Эффективная удельная активность угля с поверхности полости выброса и забоя угольного пласта в неопасной зоне практически не отличаются, и составляет менее 17 Бк/кг.

3. Эффективная удельная активность породы непосредственной кровли в неопасной зоне превышает эффективную удельную активность породы непосредственной кровли в зоне выброса более чем на 60% в очистной выработке и более чем на 48% в подготовительной выработке. Эффективная удельная активность породы непосредственной почвы в неопасной зоне по сравнению с опасной зоной имеет соответственно превышение более чем на 30% в очистной выработке и более чем на 6% в подготовительной выработке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. – С.Пб: ЦОБТПБСППО, 2010. –115 с.

2. Нормы радиационной безопасности Украины: НРБУ-97. ГГН 6.6.1. - 6.5.0001-98. – Киев, 1998. – 135 с.

3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины ОСПУ. ГСП 6.074.120-01. – Киев, 2001. – 83 с.

4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ – 99/2010. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-1. – М., 2010. – 82 с.

5. Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека: Экометрия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 245 с.

6. Одноплатный спектрометр SBS-40. Процессор импульсных сигналов ионизирующего излучения. Аппаратные средства. – М.: Грин Стар, 1996. – 10 с.

7. Гамма-спектрометр SBS. Руководство пользователя. Программное обеспечение: Интегрированный пакет программ. Эмулятор анализатора.– М.: Грин Стар, 1998.– С. 27-77.

Получено: 16.05.17

*The results of measuring of natural activity of radionuclides, contained in a coal layer and containing breeds are resulted. Methodology of research of radio-activity of mountain range is described in dangerous and not dangerous on the extrass of coal and gas areas by comparison of specific and effective specific natural activity of tests of coal and containing breeds.*

**Keywords: activity, mountain range, coal layer, containing breeds, gamma-spectrometer, tests of coal and breed, specific and effective activity.**