
УДК 622.546.294**О.Г. КРЕМЕНЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, МакНИИ,
г. Макеевка****МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА
ВЗВЕШЕННОЙ ПЫЛИ В АТМОСФЕРЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ**

Приведена методика определения дисперсного состава взвешенной пыли (содержащей естественные радионуклиды) в атмосфере горных выработок угольной шахты. Установлены диапазон размеров частиц пыли, диапазон медианного по активности аэродинамического диаметра частиц, вид распределения частиц по размерам, позволяющие определить дозу внутреннего облучения горняков при ингаляционном поступлении взвешенной пыли.

Ключевые слова: дисперсный состав, взвешенная шахтная пыль, естественные радионуклиды, шахтная атмосфера, функция распределения, горные выработки, угольная шахта.

Основными факторами, формирующими дозу внутреннего облучения горняков при ингаляционном поступлении взвешенной пыли (содержащей естественные радионуклиды и находящейся в атмосфере горных выработок угольной шахты), являются ее дисперсный и радионуклидный состав, а также типы химических соединений [1,2]. Из известных методов определения дисперсного состава аэрозолей наибольшее распространение получили метод многослойных фильтров и метод многокаскадных импакторов [3], а также метод, в котором реализована идея суммарного применения этих методов [4,5,6]. С помощью этих методов получают гистограммы распределения частиц пыли по диаметрам и параметры этого распределения. Если распределение активности по размерам частиц дисперсной фазы аэрозоля не является логарифмически нормальным, то для оценки распределения ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения по органам и тканям респираторного тракта человека возникает необходимость применения устройства, моделирующего фракционное осаждение аэрозольных частиц в каждом из отделов респираторного тракта человека. Однако применение устройств, позволяющих реализовать данные методы в шахтных условиях невозможно, так как они работают совместно со спектрометрическими и радиометрическими при-

борами, которые нельзя применять в шахтных условиях, в том числе в шахтах, опасных по газу.

Таким образом, для установления дозы внутреннего облучения горняков необходимо знание дисперсного состава промышленной пыли, витающей в атмосфере угольной шахты, и ее функции распределения по размерам частиц.

Целью статьи является разработка метода определения дисперсного состава шахтной пыли в условиях угольной шахты, опасной по газу.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ методов и средств определения дисперсного состава взвешенной шахтной пыли, содержащей естественные радионуклиды, и обоснование приборного обеспечения для реализации выбранного метода, применимого в шахтных условиях.

2. Проведение исследований дисперсного состава взвешенной шахтной пыли в горных выработках угольной шахты, опасной по газу.

Анализ методов и средств определения дисперсного состава взвешенной шахтной пыли показал, что к основным характеристикам взвешенной пыли (содержащей естественные радионуклиды) относят счетную, массовую или активностную концентрацию (объемную активность), химический (радионуклидный) состав, дисперсность и фазовый состав. Для определения первых двух параметров очень давно используются фильтры, по крайней мере, с 40-х годов XX века, однако применение волокнистых фильтров для целей дисперсного и фазового состава не является традиционным [5].

При определении дисперсности аэрозолей все измерения основаны на точном знании зависимости той или иной характеристики частицы от ее размера. Универсального метода определения дисперсности во всем диапазоне размеров частиц аэрозоля: от нескольких нанометров (нм) до нескольких десятков микрометров (мкм) – не существует. К прямым методам (с некоторой оговоркой) определения размеров частиц относятся оптическая и электронная микроскопия – весьма трудоемкие методы, использующиеся, как правило, лишь при детальном исследовании структур частиц. В связи с этим были проведены исследования дисперсности, в которых разделение на размерные фракции происходит непосредственно в пробоотборном устройстве, и после этого определяется химический (нуклидный) состав каждой фракции. Этот принцип присущ методам, основанным на диффузионном (диффузионные батареи) и аэродинамическом разделении частиц вследствие их седиментации или инерционном осаждении на препятствии. Наиболее распространенным инерционным осадителем является импактор. Современные импакторы состоят из последовательно расположенных каскадов (общее их число со-

ставляет обычно 5-6), на каждом из которых происходит осаждение той или иной размерной фракции. В качестве препятствия используют плоские поверхности или калиброванные отверстия, а в заключительном каскаде всегда используется аэрозольный фильтр. В импакторах происходит разделение частиц на размерные фракции в диапазоне от долей до десятков мкм за счет инерционного осаждения на препятствиях (коллекторах) при скоростях потоков до нескольких десятков м/с. Известен метод многослойных фильтров [4], основанный на инерционном осаждении аэрозольных частиц на волокнах фильтра при скоростях фильтрации от 0,5 до 2-3 м/с, позволяющий определять дисперсность аэрозолей в диапазоне размеров от 100 нм до нескольких мкм. Следовательно, для определения дисперсного состава аэрозолей подходят каскадные импакторы и пакеты фильтров.

Соединение в одно устройство каскадов импактора и пакета фильтров позволяют создать устройство для определения дисперсного состава витающей пыли в диапазоне от 100 нм до десятков мкм. В таком устройстве каскады импактора будут играть роль предварительных осадителей грубодисперсных аэрозолей. К тому же с увеличением количества каскадов повысится точность определения дисперсного состава аэрозолей.

Разделение частиц на размерные фракции возможно методом многослойных фильтров с помощью волокнистых фильтрующих материалов и пакетов аналитических фильтров, предназначенных для анализа дисперсного состава аэрозолей, в том числе радиоактивных.

К недостаткам использования импакторов для выполнения задач аэрозольного мониторинга можно отнести то, что они требуют высокую квалификацию экспериментаторов. Для рутинных измерений дисперсности они малопригодны в силу высокой стоимости проведения анализа. Тем не менее, в настоящее время за рубежом большинство сведений о дисперсности атмосферных аэрозолей получены с помощью импакторов [5].

К недостаткам метода многослойных фильтров можно отнести то, что существующая теоретическая, экспериментальная и инструментальная основа метода недостаточна. Так, модели волокнистых фильтров, применяемые в теории фильтрации, неадекватны реальным фильтрам. Формулы для расчета гидродинамического сопротивления и эффективности улавливания аэрозолей, полученные на основе лучшей из известных моделей – «веерной», не охватывают диапазон высоких скоростей фильтрации, необходимых для реализации данного метода. В теории фильтрации остается еще много незавершенных задач. Не удастся пока рассчитать не только поле течения и коэффициенты захвата частиц в реальных волокнистых фильтрах (тем более при высокоскоростном улавливании частиц), но даже и в их трехмерных моделях.

Поэтому решающее значение имеют экспериментальные исследования процессов улавливания частиц. Без экспериментов пока также невозможен количественный учет отскока частиц от волокон. Задача восстановления спектра размеров частиц по распределению осадка в пакете фильтров требует существенной доработки, оптимизации и соответствующего программного обеспечения. Наконец, фильтры, используемые в пакетах, должны быть достаточно тонкими, прочными и иметь однородную заданную структуру. Но имеющийся ассортимент фильтрующих материалов, выпускаемых промышленностью, не удовлетворяет этим требованиям [5]. В качестве причин, ограничивающих глубину и результативность диагностики экологически опасных (и прежде всего, радиоактивных) аэрозолей и надежности оценок их воздействия на окружающую среду, к указанному выше несовершенству мониторинга с помощью пакетов фильтров следует добавить еще и другие весьма существенные недостатки: небольшое число и генетическое разнообразие исследованных объектов, часто недостаточно глубокий уровень интерпретации экспериментальных данных. Ведь важно не только измерить параметры аэрозолей, но и прогнозировать их дальнейшее поведение, и оценивать степень их опасности. Преимущества или недостатки того или иного метода становятся очевидными только при систематическом проведении исследований аэрозольного объекта на протяжении длительного периода [5].

Обобщение результатов проведенного анализа методов определения дисперсности радиоактивных аэрозолей показывает очевидность практического использования традиционных методов определения дисперсного состава угольной пыли, а именно аспирационного метода отбора пробы шахтного воздуха и весового и счетного методов определения размеров и количества частиц с применением микроскопа.

Анализ приборов контроля шахтных радиоактивных аэрозолей (взвешенной шахтной пыли, содержащей естественные радионуклиды), допущенных к применению (использованию) в шахтах, опасных по газу, показал наличие единственного радиометра в искробезопасном исполнении: РГА-09МШ [7]. Прямое назначение данного радиометра – измерение эквивалентной равновесной объемной активности (*ЭРОА*) радона. Принцип действия радиометра основан в сборе на фильтр частиц витающей шахтной пыли и атомов дочерних продуктов распада радона (*ДПР*) свободных или присоединенных к аэрозолям, путем прокачки заданного объема воздуха за известное время с последующим измерением активности фильтра.

Наличие фильтра с отобранной пробой пыли из шахтного воздуха позволяет весовым и счетным методами определить количество частиц и их размеры с помощью микроскопического исследования. Таким образом, при

определении дисперсного состава шахтной пыли в атмосфере горной выработки с использованием радиометра РГА-09МШ, анализируется пыль, осевшая на поверхность аналитического фильтра АФА-РСП-10, при прокачке через него запыленного шахтного воздуха.

В качестве характеристики радиоактивности и дисперсного состава пыли, витающей в атмосфере горной выработки угольной шахты, учитывающей количество пылинок, осевших на поверхность аналитического фильтра АФА-РСП-10 и распределение частиц пыли по размерам, использован аэродинамический медианный по активности диаметр (*AMAD*) частиц шахтной пыли. В данной работе для определения *AMAD* шахтной пыли на запыленной поверхности фильтра был применен метод микроскопирования [8].

Поскольку определять число пылинок на всей поверхности фильтра практически весьма сложно, то производился подсчет пылинок на круговой микроплощадке (соответствующей полю зрения микроскопа). Для оценки дисперсного состава пыли на запыленной поверхности фильтра необходимо установить минимальное количество круговых микроплощадок, позволяющих с определенной достоверностью, оценивать дисперсный состав осевшей пыли. Определение минимального количества микроплощадок для значений доверительных вероятностей 0,95; 0,9; 0,8 устанавливалось путем исследований в угольной шахте на различных рабочих местах, характеризующихся запыленностью воздуха от единиц до сотен мг/м³. При этом горные выработки с обследуемыми рабочими местами условно разделялись на две группы. Первая группа – это выработки, по которым подается свежая воздушная струя (воздухоподающие выработки). Вторая группа – выработки, по которым проходит исходящая струя воздуха (вентиляционные выработки).

Исследования дисперсного состава шахтной пыли, содержащей естественные радионуклиды, выполнялись при достаточно большом количестве анализируемых микроплощадок на поверхности запыленного фильтра (13 шт.). При этом площадь поверхности фильтра АФА-РСП-10 составляла 10 см², а площадь видимого поля зрения микроскопа представляла собой круговую площадку, диаметром 450 мкм. Для удобства подсчета и разделения по размерам частиц пыли выполнялись фотографии этих круговых площадок и с их помощью производился подсчет и распределение по размерам частиц пыли. Определение *AMAD* осуществляли с помощью счетного и весового методов установления количества частиц. Подсчитанные по размерам частицы пыли фиксировали в соответствующих колонках таблицы распределения частиц по размерам. По данным таблицы распределения частиц по размерам строят график в логарифмических координатах функции распределения и размера частиц пыли. Если график представляет прямую линию, значит

функция распределения является логарифмически нормальной [8]. Расположение 13 анализируемых микроплощадок на поверхности запыленного фильтра приведено на рис.1.

Анализировались фильтры с пробами, отобранными на рабочих местах с максимальной и минимальной запыленностью шахтной атмосферы. Результаты таких исследований сгруппированы и приведены в таблице 1.

Оценку количества частиц пыли на поверхности фильтра АФА-РСП-10 достаточно выполнять на выделенных микроплощадках, размеры которых могут быть равными полю зрения микроскопа, с помощью которого производится подсчет частиц пыли. Минимальное количество анализируемых микроплощадок зависит от концентрации взвешенной пыли в атмосфере горной выработки.

Результаты исследований, приведенные в табл.1, показывают, что с доверительной вероятностью $P=0,95; 0,9; 0,8$ минимальное количество анализируемых микроплощадок n_{\min} равно соответственно:

- при запыленности до 15 мг/м^3 для счетного метода определения количества частиц $n_{\min} = 7; 5; 3$; для метода определения дисперсного состава частиц пыли по их массе $n_{\min} = 3; 2; 1$;

- при запыленности свыше 15 мг/м^3 для счетного метода определения количества частиц $n_{\min} = 7; 5; 3$; для метода определения дисперсного состава частиц пыли по их массе $n_{\min} = 2; 1; 1$.

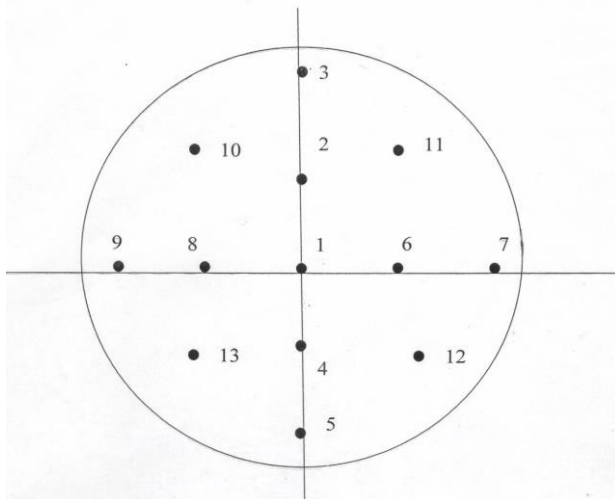


Рис. 1. Места расположения 13 круговых микроплощадок на поверхности запыленного фильтра АФА-РСП-10

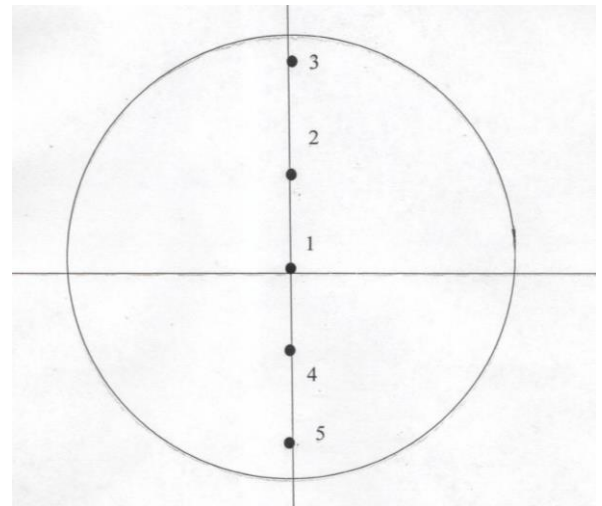


Рис. 2. Места расположения 5 круговых микроплощадок на поверхности запыленного фильтра АФА-РСП-10

Таблица 1

Результаты исследований по определению минимального количества анализируемых микроплощадок на поверхности фильтра в различных выработках угольной шахты

№ пробы, макс. размер частиц пыли	Наименование горной выработки и рабочего места	Количество микроплощадок, шт	Запыленность воздуха, мг/м ³	Минимальное количество микроплощадок на поверхности фильтра						Скорость воздуха, м/с
				n _N			n _m			
				метод счетного количества частиц пыли			весовой метод определения количества частиц пыли			
				Доверительная вероятность, Р						
1	2	3	4	0,95	0,9	0,8	0,95	0,9	0,8	11
ВОЗДУХОПОДАЮЩИЕ ВЫРАБОТКИ										
220 41мкм	Посадочная площадка клетового ствола, рабочее место рукоятчика	13	12,9	7	5	3	3	2	1	0,5
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 7,56 мкм			
218 17мкм	Конвейерный ходок 4 зап. разгрузочной лавы пл. h ₁₀ ^е , пересып №6	13	48,7	4	3	2	1	1	1	2,02
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ ВЫРАБОТКИ										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
221 22мкм	Вент. ходок 4 зап. разгр. лавы пл. h ₁₀ ^е , ПК88, раб. место	13	116,4	7	5	3	2	1	1	2,14
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
211 22мкм	Нижн. посадочная площадка вент. накл. кв-г на пл. h ₁₀ ^е гор. 750 м	13	32,5	7	5	3	1	1	1	4,31
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			

При дальнейшем обследовании радиационной обстановки в горных выработках при микроскопическом исследовании запыленных фильтров на каждом из них анализировалось 5 микроплощадок. Расположение 5 анализируемых микроплощадок на поверхности запыленного фильтра фиксировалось в позициях 1-5, приведенных на рис.1 и 2.

Горные выработки, в которых проводились исследования дисперсного состава взвешенной пыли были разделены на две условные группы. Сеть горных выработок первой группы выбирались по маршруту движения воздуха, поступающего в шахту: от рабочего места рукоятчика на воздухоподающем стволе и далее по сети воздухоподающих выработок общешахтных и участковых до очистного забоя (4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 горизонт 750 м ОП «Шахта «Холодная Балка» ГП «Макеевуголь»). Выработки второй группы включали вентиляционные выработки, начиная от исходящей струи воздуха из лавы и далее по сети вентиляционных выработок участковых и общешахтных до вентиляционного (скипового) ствола шахты.

Различие применения счетного и весового методов существенно при значительном отличии частиц по размерам. Гигиенисты при оценке вредности пыли считают целесообразным исходить из массы пыли в единице объема воздуха, характеризующей степень опасности заболевания пневмокониозом, а также заболеваний, обусловленных воздействием радиационных факторов [1, 2, 9, 10].

Обобщенные результаты исследований по определению минимального количества анализируемых микроплощадок в различных выработках угольной шахты при различной запыленности воздуха приведены в таблице 2.

Полученные результаты достаточно хорошо коррелируют с результатами анализа дисперсного состава запыленности в очистных и подготовительных выработках шахт Кузбасса. При определении технически достижимых уровней запыленности воздуха установлено, что для очистных забоев шахт Кузбасса характерно повышенное содержание тонких фракций до 4 мкм (19,2-62,3%), 4-10 мкм – 15,4 -44,4% при изменении общей концентрации пыли в широком диапазоне (до 300 мг/м³). В проходческих забоях весовая доля тонких фракций до 4 мкм составила 10-77,6%, фракций 4-10 мкм от 3 до 49% при общей запыленности до 550 мг/м³. Максимальный размер частиц витающей пыли не превышает 100 мкм [11].

Таблица 2

Обобщенные результаты исследований по определению минимального количества анализируемых микроплощадок в различных выработках угольной шахты

№ пробы, макс. размер частиц	Наименование горной выработки и рабочего места	Количество микроплощадок, шт	Запыленность воздуха, мг/м ³	Минимальное количество микроплощадок на поверхности фильтра						Скорость воздуха, м/с
				п _N			п _m			
				метод счетного количества частиц пыли			весовой метод определения количества частиц пыли			
				Доверительная вероятность, Р						
				0,95	0,9	0,8	0,95	0,9	0,8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВОЗДУХОПОДАЮЩИЕ ВЫРАБОТКИ										
220 41мкм	Посадочная площадка клетового ствола, раб. место рукоятчика	13	12,9	7	5	3	3	2	1	0,5
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 7,56 мкм			
218 17мкм	Конвейерный ходок 4 западной разгрузочной лавы пл. h ₁₀ ⁶ , район пересыпа №6	13	48,7	4	3	2	1	1	1	2,02
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
203 17мкм	Верхняя ПОП вспомогательного наклонного квершлага на пл. h ₁₀ ⁶ , машинист подъемной машины	5	9	5	3	2	8	5	3	5,93
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
205 27мкм	Центральный квершлаг с пласта K ₄ ^{2H} на пласт K ₂ ² , пересып в бункер загрузки	5	16,1	1	1	1	2	1	1	2,95
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 11,85 мкм			
213 27мкм	Конвейерный наклонный квершлаг на пл. h ₁₀ ⁶ , гор. 750м. (3 м от бункера)	5	58,9	5	3	2	2	1	1	2,06
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
212 17мкм	Нижняя приемно-отправительная площадка вспомогательного наклонного квершлага на пласт h_{10}^6	5	10,3	9	5	3	2	1	1	6,86
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
214 22мкм	6 западный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6	5	13,6	9	5	3	2	1	1	2,75
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
219 27мкм	Конвейерный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 , пересып № 4	5	39,1	7	4	2	2	1	1	2,19
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
217 22мкм	Конвейерный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 , пересып №5	5	44,8	5	3	2	1	1	1	2,17
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
207 14мкм	Подходная выработка к гезенкам скипового ствола	5	5,7; 7	12	7	4	5	3	2	0,72
				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 8,64 мкм			
ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ ВЫРАБОТКИ										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
221 22мкм	Вентиляционный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 , рабочее место на ПК88	13	116,4	7	5	3	2	1	1	2,14
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
222 22мкм	Вентиляционный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 , ПК44, раб. место посередине ходка	5	53,5	9	5	3	2	1	1	3,71
				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
224	Вентиляционный ходок 4 западной разгрузочной лавы пласта h_{10}^6 , ПК0, рабочее место в устье вентиляционного ходка	5	30,8	6	4	2	1	1	1	2,14
22мкм				AMAD _N = 1,62 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
215	Западная вентиляционная магистраль горизонта 750 м, рабочее место посередине вент. магистрали	5	21,7	12	7	2	2	1	1	2,3
22мкм				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
216	Нижняя посадочная площадка вентиляционного наклонного квершлага на пласт h_{10}^6 горизонта 750 м	5	24,9	1	1	1	2	2	1	3,48
22мкм				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
211	Нижняя посадочная площадка вентиляционного наклонного квершлага на пласт h_{10}^6 горизонта 750 м	13	32,5	7	5	3	1	1	1	4,31
22мкм				AMAD _N = 0,648 мкм			AMAD _m = 5,4 мкм			
204	Верхняя посадочная площадка вентиляционного наклонного квершлага на пласт h_{10}^6 горизонта 750 м	5	9	6	3	2	1	1	1	4,60
22мкм				AMAD _N = 0,216 мкм			AMAD _m = 3,24 мкм			

Проведенные исследования показывают, что в вентиляционной выработке на выходе из лавы медианный по активности размер частиц составляет величину 5,4 мкм (т.е. весовая доля фракций в диапазоне от 0 до 5,4 мкм и в диапазоне от 5,4 до 22 мкм составляет по 50% при общей запыленности до 116,4 мг/м³). Аналогичное распределение частиц пыли по размерам зафиксировано в воздухоподающей выработке на входе в лаву.

Исследования, проведенные в горных выработках ОП «Шахта «Холодная Балка» ГП «Макеевуголь», позволяют сделать следующие обобщающие выводы.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика определения дисперсного состава взвешенной пыли в атмосфере горных выработок угольной шахты позволяет решить актуальную проблему охраны труда в горной промышленности: установление эффективной дозы внутреннего облучения горняков, обусловленной природными радионуклидами, содержащимися в горном массиве.

2. Методика позволяет определять дисперсный состав взвешенной пыли в атмосфере угольной шахты в процессе установления радиационной обстановки на рабочих местах в горных выработках при измерении радиационных факторов: ЭРОА радона, ЭРОА торона, ОА радона с помощью радиометра РГА-09МШ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): гигиенические нормативы. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования гигиенической сертификации и экспертизы, Минздрав России, 2009.–73 с.

2. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97); Государственные гигиенические нормативы: ГГН 6.6.1.-6.5.001-98. – Офиц. изд. – К.: Отд. полиграфии Укр. центра Госсанэпиднадзора Минздрава Украины, 1998.–VI, 135 с. – (Нормативный документ Министерства здравоохранения Украины).

3. Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования: Методические указания: МУ 2.6.1.26-2000 [Электронный ресурс]: Портал нормативных документов. – Режим доступа к portalу: www.OpenGost.ru; info@opengost.ru.

4. Будыка А. К. Расчетно-экспериментальный подход к созданию средств отбора аэрозолей для оценки дисперсного состава /А. К. Будыка, Д. А. Припачкин, А. Г. Цовьянов // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010.– М., 2010. – Т.1. – С.1-4.

5. Будыка А. К. Атмосферный мониторинг и диагностика аэрозолей: автореф. доктора физико-мат. наук / А. К. Будыка.– М.: МИФИ, 2001 [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека.– disserCat: <http://www.dissercat.com/content/atmosfernyi-monitoring-i-diaagnostika-aerozolei>.

6. Импактор-фантом респираторного тракта человека / А. Е. Карев, А.Г. Цовьянов, Б.А. Кухта (RU), Патент RU 2509375 [Электронный ресурс]:

Патентный поиск, поиск патентов на изобретения – FindPatent.RU 2012-2015.
– Режим доступа к патенту: <http://www.findpatent.ru/patent/250/2509375.html>.

7. Радиометр эквивалентной равновесной объемной активности радона РГА-09МШ (РГА-09МШ1). Руководство по эксплуатации АЖАХ .412123 .008 РЭ. – Желтые Воды: Тетра, 2014. – 27 с.

8. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / Коузов П. А. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.

9. Хухрина Е. Б. Борьба с силикозом / Хухрина Е. Б. – М.: Изд-во АН СССР, 1955.– Т.2.– С. 205 – 214.

10. Голутвина М. М. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием / Голутвина М. М., Абрамов Ю. В.; под ред. Л. А. Булдакова.– М.: Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.

11. Ярош А. С. Разработка способа и средства оперативного контроля запыленности воздуха в горных выработках угольных шахт. Автореф. канд. техн. наук /А.С. Ярош.– М.: Федеральное гос. унитарное предприятие Национальный научный центр горного производства ИГД им. А. А. Скочинского, 2008 [Электронный ресурс]: Охрана труда: [http:// teknofera.com/razrabotka – sposoba –operativnogo-kontrolya-zapylenosti –vozduha-gornyh-vyrabotkah-shaht](http://teknofera.com/razrabotka-sposoba-operativnogo-kontrolya-zapylenosti-vozduha-gornyh-vyrabotkah-shaht).

Получено: 10.06.15

Наведено методику визначення дисперсного складу завислого пилу (що включає природні радіонукліди) у атмосфері гірничих виробок вугільної шахти. Встановлені діапазон розмірів частинок пилу, діапазон медіанного за активністю аеродинамічного діаметру частинок, вид розподілу часток за розмірами, що дозволяють визначити дозу внутрішнього опромінення гірників при інгаляційному надходженні завислого пилу.

Ключові слова: дисперсний склад, завислий шахтний пил, природні радіонукліди, шахтна атмосфера, функція розподілу, гірничі виробки, вугільна шахта

The method for respirable dust disperse composition determination (containing natural radionuclides) in the mine working air of a coal mine has been set out. The size range of dust particles, the range of aerodynamic particle diameter with median activity, the distribution type of the particles according to their size have been determined which allows to define the dosis of internal radiation of miners by respirable dust inhalation.

Keywords: dispersible composition, self-weighted dust, natural radionuclides, mine atmosphere, distribution function, mine workings, coal mine.