

УДК 622.233:622.235:622.831



**С.И. ГОЛОСКОКОВ**

канд. техн. наук,  
заведующий лабораторией  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru



**М.С. САЗОНОВ**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: sms.nc-vostnii@yandex.ru



**С.А. ДОВЫДЕНКО**

ведущий инженер  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово



**А.А. ТИХОНЕНКО**

ведущий инженер  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЯ КРУТОНАКЛОННЫМ СЕПАРАТОРОМ

*Проведен анализ эффективности пылевзрывозащитных мероприятий, применяемых на установке для извлечения угля из разубоженной горной массы. Показано, что в отложившейся пыли корпусов для извлечения угля из горной массы содержание наиболее взрывоопасных частиц превышает 99%. Установлено, что максимальное количество частиц отложившейся пыли в различных корпусах представлено пылинками размером от 36 до 216 мкм.*

Ключевые слова: ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЕ, ВЗРЫВООПАСНОСТЬ, ПЫЛЕВЗРЫВОЗАЩИТА, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ОТЛОЖИВШАЯСЯ ПЫЛЬ

Перед сотрудниками лаборатории борьбы с пылью и пылевзрывозащиты АО «НЦ ВостНИИ» филиала «Бачатский угольный разрез» ОАО «Кузбассразрезуголь» была поставлена задача определить места интенсивного пылеотложения и установить взрывчатые свойства углепородной пыли, отобранной в производственных помещениях «Установки для извлечения угля из разубоженной горной массы» (далее - установка).

Основным предназначением установки является извлечение угля из разубоженной горной массы (РГМ) и последующая отгрузка товарной продукции потребителю. Разубоженная горная масса представляет собой смесь угля с породой, образовавшуюся при зачистке кровли и почвы отработываемых пластов угля открытым способом, а также при выемке высокозольных пачек угля при основной добыче пластов II Прокопьевского,

Лутугинского, II–III Внутреннего, верхней и нижней пачек угля пласта Горелого, обрабатываемых филиалом «Бачатский угольный разрез». В результате извлечения угля из РГМ получается товарный продукт в виде энергетических углей марки СС, КС, КО. Зольность угля, поставляемого на установку для извлечения из разубоженной горной массы, составляет 40–70%. В результате обогащения выделяется концентрат зольностью 11–16 %. Метод обогащения - мокрый, нижний предел обогащения - 0,2 мм.

Извлечение угля из РГМ осуществляется в весенне-летний и осенний периоды года с плюсовой температурой наружного воздуха, при этом проектная мощность переработки достигает 1 млн. тонн угля (концентрата) в сезон.

Проектом «Реконструкции обогатительной установки с отсадочной машиной «Батак» в филиале «Бачатский угольный разрез» ОАО «Кузбассразрезуголь» предусмотрены следующие технические мероприятия по борьбе с пылью:

- герметичные укрытия узлов перегрузки и ленточных конвейеров;
- минимальная высота перепадов при перегрузках угля;
- гидравлическая уборка пыли в помещениях в сезонный период;
- строительные конструкции зданий и сооружений (полы, стены, потолки и другие внутренние конструкции помещений), где по условиям технологического процесса возможны отложения угольной пыли, которые имеют гладкую поверхность и отделку, позволяющую производить уборку пыли мокрым или пневматическим способом;
- выступающие части строительных конструкций, подоконники, полки строительных металлоконструкций, имеющие откосы под углом не менее 60° для предотвращения скопления угольной пыли (кроме металлоконструкций галерей).

Согласно «Проекту комплексного обеспыливания установки для извлечения угля из разубоженной горной массы», утвержденному техническим директором филиала «УК

«Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез», выделения углепородной пыли возможны только в дробильном отделении. В остальных зданиях и сооружениях обогащаемый материал находится либо в водной среде технологических аппаратов, либо во влажном состоянии. Отложившаяся угольная пыль со склада РГМ филиала «Бачатский угольный разрез», согласно исследованиям в аккредитованном испытательном центре НЦ ВостНИИ (ИЦ АТВ), взрывоопасна. Нижний предел взрываемости отложившейся угольной пыли составляет 153 г/м<sup>3</sup> (Протокол испытаний №51–14–НЦ от 29.05.2014 г.).

В соответствии с утвержденным «Графиком проведения пылевзрывозащитных мероприятий на май - октябрь 2015 г.» в дробильном отделении на открытом пространстве производится сухая уборка с периодичностью:

- пол - 1 раз в смену;
- стены, потолок, оборудование - 2 раза в месяц.

В производственных помещениях корпуса круто-наклонного сепаратора (КНС), корпуса обогащения шлама и в главном корпусе с КНС уборка осевшей пыли производится мокрым способом, путем смыва осевшей пыли струей распыленной воды с периодичностью:

- пол - 1 раз в смену;
- стены, потолок, оборудование - 1 раз в месяц.

Для этой цели в помещениях установки предусмотрена разветвленная сеть трубопроводов с вентилями для присоединения резиноканавых рукавов. Наружные поверхности металлоконструкций, где предусмотрена мокрая уборка угольной пыли, имеют антикоррозийное покрытие, а дверные проемы, расположенные на отметках пола, позволяют производить смыв пыли.

В результате обследования производственных помещений корпуса извлечения угля из РГМ в КНС, корпуса извлечения угля из шлама и главного корпуса с КНС определены следующие места отложений углепородной пыли:

- оборудование углеприемного отделения;

- полы, стены, потолки углеприемного отделения;
- внутренние конструкции углеприемного отделения.

Для определения суточной интенсивности пылеотложения согласно [1] в помещениях установки были размещены подложки (пластинки 6x9 см), на которые осаждалась углепородная пыль. Результаты расчетов показали следующее: в дробильном отделении осаждалось пыли 1343 г/сут.; в помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС -

33751 г/сут.; в помещении корпуса извлечения угля из шлама - 10489 г/сут.; в здании главного корпуса с КНС - 38851 г/сут.

В производственных помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС, корпуса извлечения угля из шлама и главного корпуса с КНС с металлоконструкций и металлических ограждений отобраны пробы углепородной пыли на определение взрывчатых свойств. Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Результаты определения взрывчатых свойств углепородной пыли, отложившейся в помещении корпуса извлечения угля из РГМ в КНС

№ образца для испытания	Масса образца, г	Добавка инертной пыли, %	Масса образца угольной пыли, г	Масса образца инертной пыли, г	Давление взрыва, кПа	Концентрация вещества в реакционном сосуде, г/м <sup>3</sup>
1	0,000	0	0,00	0,00	31,9	0
2	1,500	0	1,50	0,00	83,1	289
3	2,200	0	2,20	0,00	527,2	433
4	3,180	0	3,18	0,00	105,4	620
5	4,000	60	1,60	2,40	22,5	684
6	4,000	50	2,00	2,00	30,6	694
7	4,000	30	2,80	1,20	37,5	717
8	3,140	25	2,36	0,79	336,8	605
9	3,140	35	2,04	1,10	334,9	610
10	3,140	40	1,88	1,26	18,1	547

Таблица 2 – Результаты определения взрывчатых свойств углепородной пыли, отложившейся в помещении корпуса извлечения угля из шлама

№ образца для испытания	Масса образца, г	Добавка инертной пыли, %	Масса образца угольной пыли, г	Масса образца инертной пыли, г	Давление взрыва, кПа	Концентрация вещества в реакционном сосуде, г/м <sup>3</sup>
1	0,000	0	0,00	0,00	37,4	0
2	1,880	0	1,88	0,00	52,0	330
3	2,200	0	2,20	0,00	38,6	387
4	2,500	0	2,50	0,00	36,9	442
5	3,140	0	3,14	0,00	30,8	555
6	3,760	0	3,76	0,00	41,7	677
7	4,220	0	4,22	0,00	265,5	820
8	2,540	0	2,54	0,00	508,0	501
9	1,880	0	1,88	0,00	331,9	366

№ образца для испытания	Масса образца, г	Добавка инертной пыли, %	Масса образца угольной пыли, г	Масса образца инертной пыли, г	Давление взрыва, кПа	Концентрация вещества в реакционном сосуде, г/м <sup>3</sup>
10	2,240	0	2,24	0,00	42,4	401
11	3,140	30	2,20	0,94	52,1	549
12	3,140	35	2,04	1,10	68,1	589
13	3,140	40	1,88	1,26	39,1	550
14	4,000	40	2,40	1,60	31,4	695
15	3,140	40	1,88	1,26	42,2	556

Таблица 3 – Результаты определения взрывчатых свойств углеродной пыли, отложившейся в здании главного корпуса с КНС

№ образца для испытания	Масса образца, г	Добавка инертной пыли, %	Масса образца угольной пыли, г	Масса образца инертной пыли, г	Давление взрыва, кПа	Концентрация вещества в реакционном сосуде, г/м <sup>3</sup>
1	0,000	0	0,00	0,00	30,6	0
2	1,880	0	1,88	0,00	503,7	372
3	2,220	0	2,22	0,00	572,8	437
4	2,520	0	2,52	0,00	537,7	494
5	4,000	50	2,00	2,00	314,8	779
6	4,000	55	1,80	2,20	44,6	701
7	3,140	55	1,41	1,73	31,4	542
8	2,500	55	1,13	1,38	51,7	445
9	2,500	58	1,05	1,45	41,0	438
10	3,140	58	1,32	1,82	38,5	547
11	4,000	58	1,68	2,32	33,5	690
12	3,140	58	1,32	1,82	46,9	555

На основании проведенных испытаний установлено, что углеродная пыль, отобранная в производственных помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС, корпуса извлечения угля из шлама и главного корпуса с КНС, является взрывоопасной, так как давление взрыва углеродной пыли превышает 50 кПа [2].

Проведен анализ гранулометрического состава проб отложившейся углеродной пыли, отобранных в производственных помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС, корпуса извлечения угля из шлама и главного корпуса с КНС. Результаты представлены в таблицах 4–6 и на рисунках 1–3.

Таблица 4 – Анализ гранулометрического состава отложившейся углепородной пыли в помещении корпуса извлечение угля из РГМ в КНС

Размер сред- ний [мкм]	dQ3(x) [%]	Q3(x) [%]									
0,04	0,11	0,11	0,68	0,28	1,71	5,47	1,40	20,80	44,09	5,06	82,01
0,09	0,08	0,19	0,75	0,32	2,03	6,04	1,40	22,19	48,69	4,70	86,71
0,10	0,07	0,26	0,83	0,37	2,40	6,67	1,40	23,59	53,78	4,12	90,83
0,11	0,05	0,31	0,91	0,42	2,82	7,37	1,40	24,99	59,40	3,38	94,21
0,13	0,04	0,34	1,01	0,47	3,30	8,14	1,40	26,39	65,61	2,51	96,73
0,14	0,02	0,37	1,12	0,53	3,83	8,99	1,44	27,82	72,46	1,68	98,40
0,15	0,01	0,38	1,23	0,59	4,42	9,93	1,50	29,32	80,03	0,97	99,37
0,17	0,01	0,39	1,36	0,65	5,07	10,97	1,61	30,93	88,40	0,45	99,82
0,19	0,01	0,40	1,50	0,71	5,78	12,11	1,75	32,68	97,63	0,15	99,98
0,21	0,01	0,40	1,66	0,78	6,56	13,38	1,93	34,62	107,83	0,02	100,0
0,23	0,01	0,41	1,83	0,85	7,41	14,78	2,15	36,77	44,09	5,06	82,01
0,25	0,01	0,43	2,03	0,93	8,34	16,32	2,43	39,20	48,69	4,70	86,71
0,28	0,02	0,45	2,24	0,99	9,33	18,03	2,78	41,98	53,78	4,12	90,83
0,31	0,04	0,49	2,47	1,04	10,37	19,91	3,17	45,15	59,40	3,38	94,21
0,34	0,05	0,54	2,73	1,14	11,50	21,99	3,50	48,65	65,61	2,51	96,73
0,37	0,08	0,62	3,01	1,20	12,70	24,29	3,85	52,49	72,46	1,68	98,40
0,41	0,10	0,72	3,33	1,25	13,95	26,82	4,23	56,72	80,03	0,97	99,37
0,46	0,13	0,85	3,68	1,31	15,26	29,63	4,70	61,42	88,40	0,45	99,82
0,50	0,16	1,01	4,06	1,36	16,63	32,72	4,99	66,41	97,63	0,15	99,98
0,56	0,19	1,20	4,48	1,39	18,01	36,14	5,28	71,69	107,83	0,02	100,0
0,61	0,23	1,44	4,95	1,39	19,40	39,92	5,26	76,95			

\* где dQ3(x) [%] – плотность распределения частиц; Q3(x) [%] – сумма распределения частиц.

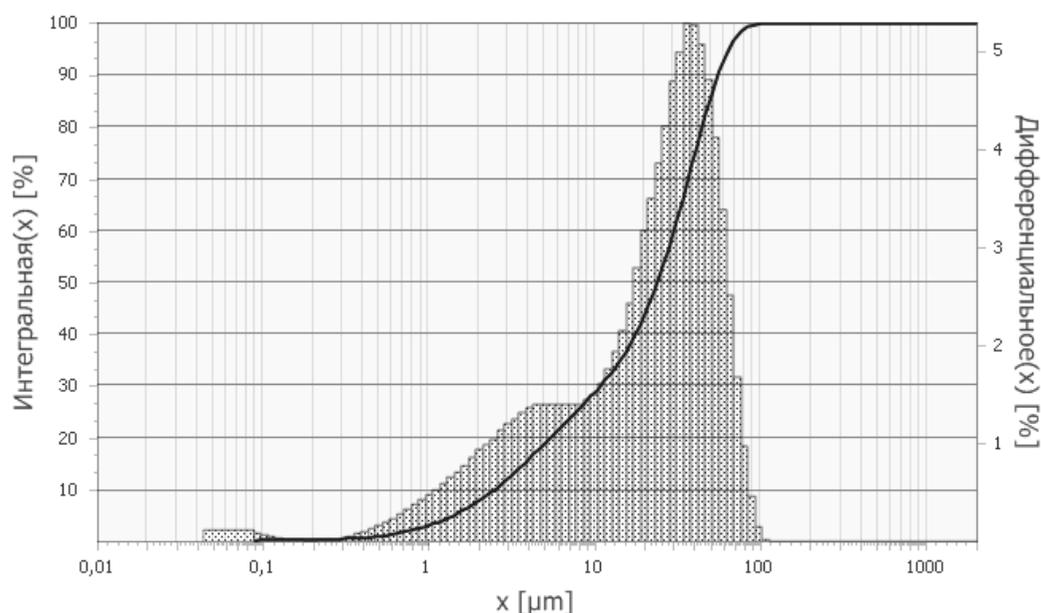


Рисунок 1 – Гранулометрический состав отложившейся углепородной пыли в помещении корпуса обогащения РГМ в КНС

Таблица 5 – Анализ гранулометрического состава отложившейся углеродной пыли в помещении корпуса извлечения угля из шлама

Размер сред- ний [мкм]	dQ3(x) [%]	Q3(x) [%]									
0,04	0,01	0,01	0,83	0,11	0,78	8,14	0,42	6,60	80,03	1,78	30,74
0,09	0,01	0,01	0,91	0,12	0,90	8,99	0,46	7,06	88,40	1,85	32,59
0,10	0,01	0,02	1,01	0,14	1,04	9,93	0,50	7,56	97,63	1,97	34,56
0,11	0,01	0,03	1,12	0,16	1,20	10,97	0,54	8,10	107,83	2,25	36,80
0,13	0,01	0,03	1,23	0,17	1,37	12,11	0,58	8,68	119,10	2,70	39,50
0,14	0,01	0,04	1,36	0,19	1,56	13,38	0,62	9,30	131,54	3,35	42,85
0,15	0,01	0,05	1,50	0,20	1,76	14,78	0,65	9,95	145,28	4,19	47,04
0,17	0,01	0,06	1,66	0,21	1,97	16,32	0,68	10,63	160,46	5,21	52,25
0,19	0,01	0,07	1,83	0,23	2,20	18,03	0,72	11,34	177,23	6,15	58,40
0,21	0,01	0,08	2,03	0,24	2,44	19,91	0,76	12,10	195,74	6,99	65,39
0,23	0,01	0,10	2,24	0,24	2,68	21,99	0,78	12,89	216,19	7,80	73,19
0,25	0,02	0,11	2,47	0,24	2,93	24,29	0,82	13,70	238,78	7,52	80,70
0,28	0,02	0,13	2,73	0,26	3,19	26,82	0,87	14,58	263,73	6,69	87,40
0,31	0,02	0,16	3,01	0,26	3,45	29,63	0,98	15,56	291,28	5,32	92,72
0,34	0,03	0,18	3,33	0,26	3,71	32,72	1,06	16,62	321,72	3,80	96,52
0,37	0,03	0,22	3,68	0,27	3,97	36,14	1,22	17,84	355,33	2,24	98,75
0,41	0,04	0,25	4,06	0,27	4,25	39,92	1,31	19,15	392,45	0,95	99,70
0,46	0,05	0,30	4,48	0,28	4,53	44,09	1,43	20,58	433,46	0,27	99,97
0,50	0,05	0,35	4,95	0,29	4,81	48,69	1,55	22,13	478,75	0,03	100,0
0,56	0,06	0,42	5,47	0,30	5,12	53,78	1,64	23,76			
0,61	0,07	0,49	6,04	0,33	5,44	59,40	1,72	25,48			
0,68	0,08	0,57	6,67	0,35	5,79	65,61	1,74	27,22			
0,75	0,10	0,67	7,37	0,39	6,18	72,46	1,75	28,97			

\* где dQ3(x) [%] – плотность распределения частиц; Q3(x) [%] – сумма распределения частиц.

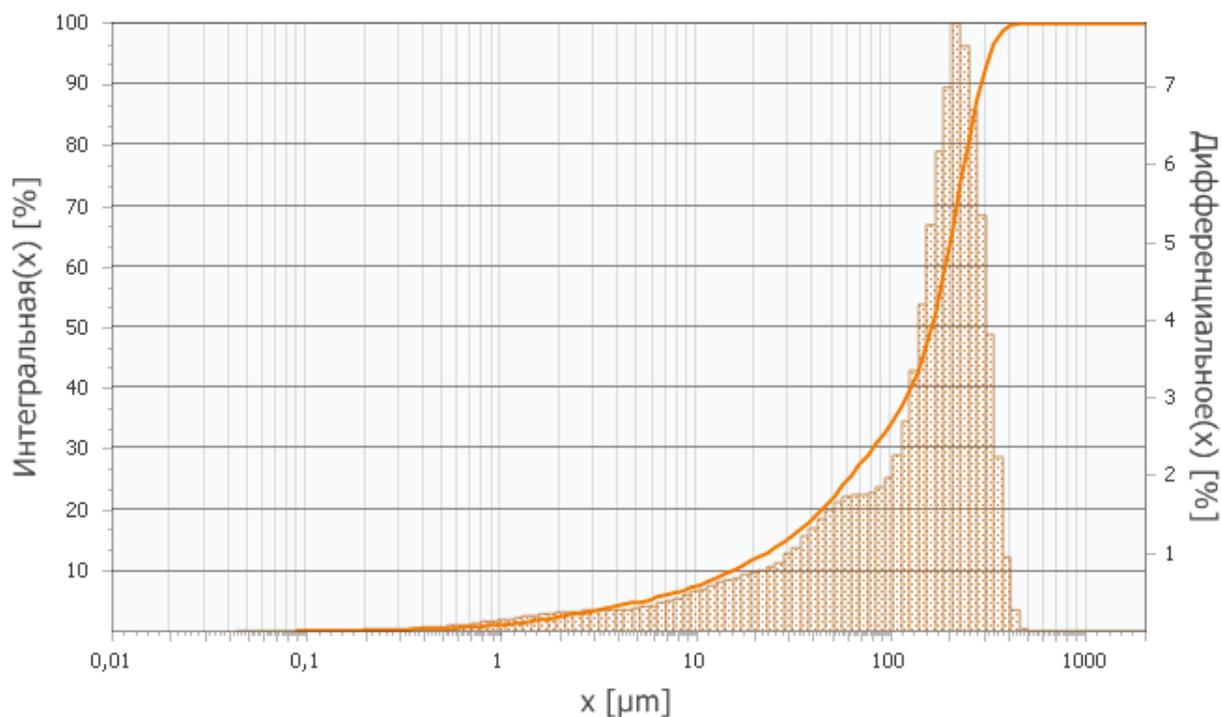


Рисунок 2 – Гранулометрический состав отложившейся углеродной пыли в помещении корпуса извлечения угля из шлама

Таблица 6 – Анализ гранулометрического состава отложившейся углеродной пыли в здании главного корпуса с КНС

Размер сред- ний [мкм]	dQ3(x) [%]	Q3(x) [%]									
0,04	0,00	0,00	0,56	0,14	0,94	3,68	0,57	9,10	24,29	4,20	40,45
0,09	0,00	0,00	0,61	0,16	1,09	4,06	0,57	9,67	26,82	4,61	45,07
0,10	0,00	0,00	0,68	0,18	1,27	4,48	0,57	10,24	29,63	5,15	50,22
0,11	0,00	0,00	0,75	0,21	1,48	4,95	0,57	10,81	32,72	5,43	55,65
0,13	0,00	0,01	0,83	0,24	1,72	5,47	0,60	11,41	36,14	5,82	61,47
0,14	0,01	0,01	0,91	0,27	1,98	6,04	0,65	12,06	39,92	5,84	67,31
0,15	0,01	0,03	1,01	0,31	2,29	6,67	0,71	12,77	44,09	5,76	73,07
0,17	0,02	0,04	1,12	0,35	2,64	7,37	0,80	13,56	48,69	5,57	78,65
0,19	0,02	0,07	1,23	0,39	3,04	8,14	0,90	14,46	53,78	5,17	83,82
0,21	0,03	0,10	1,36	0,43	3,47	8,99	1,03	15,49	59,40	4,62	88,44
0,23	0,04	0,14	1,50	0,48	3,95	9,93	1,18	16,67	65,61	3,85	92,28
0,25	0,05	0,19	1,66	0,51	4,46	10,97	1,37	18,04	72,46	3,01	95,30
0,28	0,06	0,24	1,83	0,55	5,01	12,11	1,59	19,63	80,03	2,17	97,47
0,31	0,07	0,31	2,03	0,58	5,59	13,38	1,84	21,48	88,40	1,39	98,86
0,34	0,08	0,39	2,24	0,59	6,17	14,78	2,13	23,61	97,63	0,74	99,60
0,37	0,09	0,47	2,47	0,58	6,76	16,32	2,49	26,10	107,83	0,31	99,91
0,41	0,10	0,57	2,73	0,60	7,36	18,03	2,93	29,03	119,10	0,09	100,0
0,46	0,11	0,68	3,01	0,59	7,96	19,91	3,41	32,44			
0,50	0,12	0,80	3,33	0,57	8,53	21,99	3,81	36,25			

\* где dQ3(x) [%] – плотность распределения частиц; Q3(x) [%] – сумма распределения частиц.

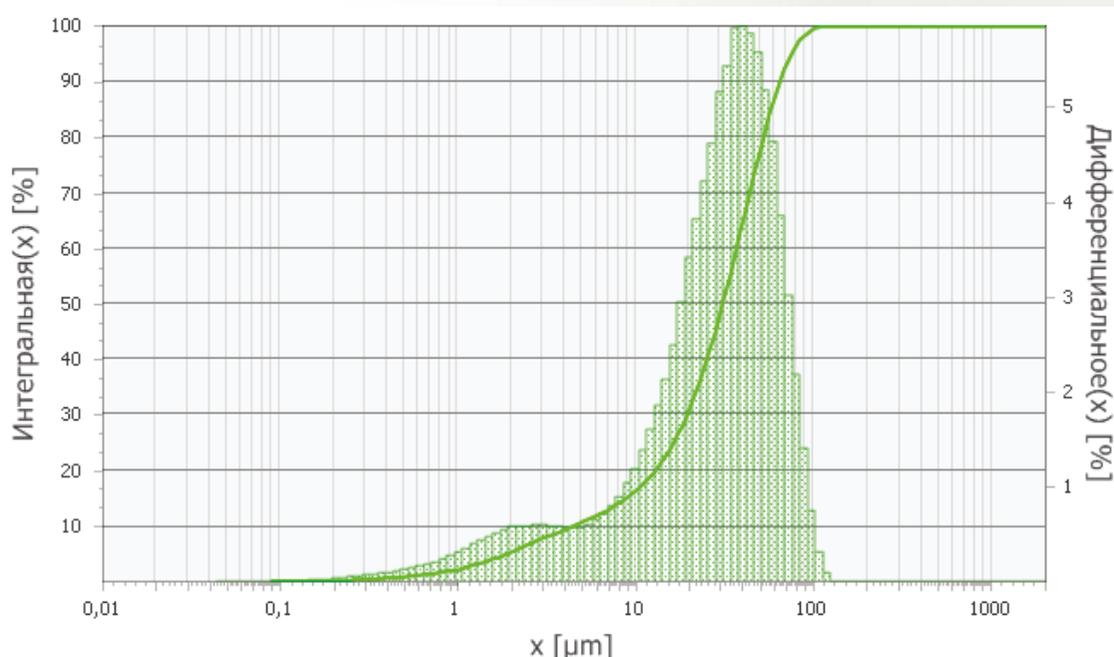


Рисунок 3 – Гранулометрический состав отложившейся углепородной пыли в здании главного корпуса с КНС

В результате проведенного анализа гранулометрического состава углепородной пыли, отобранной в производственных помещениях установки, следует, что отложившаяся углепородная пыль в помещении корпуса извлечение угля из РГМ в КНС представлена частицами с размером от 0 до 113 мкм, в помещении корпуса извлечения угля из шлама - от 0 до 503 мкм, в здании главного корпуса с КНС - от 0 до 125 мкм. Содержание частиц размером до 100 мкм, способных переходить во взвешенное состояние, составляет: в помещении корпуса извлечение угля из РГМ в КНС - 99,98%; в помещении корпуса извлечения угля из шлама - 34,56%; в здании главного корпуса с КНС - 99,60%.

Максимальное количество частиц (мода) представлено размером фракции:

- в помещении корпуса извлечение угля из РГМ в КНС - 36,14 мкм;
- в помещении корпуса извлечения угля из шлама - 216,19 мкм;
- в здании главного корпуса с КНС - 39,92 мкм.

Проведенные исследования гранулометрического состава пыли, отобранной в производственных помещениях установки, продемонстрировали, что содержание частиц размером до 100 мкм (наиболее взрывоопасных) в помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС и здании главного корпуса извлечения

угля из РГМ с КНС превышает 99%.

Результаты исследований показывают, что пыль, осаждающаяся в помещениях установок КНС в результате ведения технологического процесса, взрывоопасна. Анализ проектной документации подтвердил правильность выбора комплекса мероприятий по борьбе с пылью и предупреждению взрывов углепородной пыли. Однако в ходе обследования были установлены места скопления углепородной пыли, что свидетельствует о низкой эффективности проведения пылевзрывозащитных мероприятий персоналом.

### Вывод

Для предупреждения взрывов углепородной пыли в производственных помещениях корпуса извлечения угля из РГМ в КНС, корпусах извлечения угля из шлама и главного корпуса с КНС внесено предложение по организации ежемесячного контроля качества уборки (смыва) пыли. В случаях обнаружения видимых скоплений пыли необходимо проводить внеочередные пылевзрывозащитные мероприятия. График проведения пылевзрывозащитных мероприятий предложено корректировать по результатам ежемесячного контроля качества уборки (смыва) пыли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей (сланцев): федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. – Сер. 05. – Вып. 6. – М.: ГУП НТЦ ПБ, 2003. – 256 с.
2. ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589–84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Стандартинформ, 2006. – 100 с.

#### **S.I. Goloskokov**

Candidate of Technical Science, laboratory head  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru

#### **M.S. Sazonov**

Candidate of Technical Science, senior scientific  
worker  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: sms.nc-vostnii@yandex.ru

#### **S.A. Dovidenko**

Leading engineer  
JSC «NC VostNII», Kemerovo

#### **A.A. Tikhonenko**

Leading engineer  
JSC «NC VostNII», Kemerovo

#### THE EFFECTIVENESS OF DUST-EXPLOSION PROTECTION MEASURES DURING COAL ENRICHMENT IN STEEPLY INCLINED SEPARATOR

*The analysis of efficiency of dust-explosion protection measures used on the equipment for coal extraction from the waste rock is given. It is shown that the content of the most hazardous particles exceeds 99% in the deposited dust of housings for coal extraction from the rock mass. It is established that the maximum quantity of dust deposited in different housings presented by dust particles ranging from 36 to 216 microns.*

*Key words: DUST RELEASE, EXPLOSION HAZARD, DUST-EXPLOSION PROTECTION, GRAIN SIZE COMPOSITION, DEPOSITED DUST*

#### REFERENCES

1. Правила безопасности на предприятиях по обогашчению и брикетированию углей (сланцев): федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности (Safety Rules at enterprises for the enrichment and briquetting of coal (Shales). Vol. 05. Iss. 6. M.: GUP NTC PB, 2003. 256 p.
2. ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589–84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. (ГОСТ 12.1.044–89(ИСО 4589–84). Occupational Safety Standards System. Fire –and–explosion hazard of substance and materials. Nomenclature of indices and methods of their identification). М.: Стандартинформ, 2006. 100 p.