

УДК 622.235.523:622.271

Малеев Е.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА НА
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЫЛЕГАЗОВОГО ОБЛАКА ПРИ МАССОВЫХ
ВЗРЫВАХ**

Малєєв Є.В., магістр
(ИГТМ НАН України)

**ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ НА
ПОШИРЕННЯ ПИЛОГАЗОВОЇ ХМАРИ ПІД ЧАС МАСОВИХ ВИБУХІВ**

Maleev Ye. V., M.S(Tech)
(IGTM NAS of Ukraine)

**AN EFFECT OF BOREHOLE CHARGE DESIGN ON THE SPREAD OF
DUST AND GAS CLOUDS AT MASSIVE BLASTING**

Аннотация. В статье изложены основные экологические проблемы ведения горных работ на Кальчикском карьере в условиях уменьшенной санитарно-защитной зоны. На основании выполненных расчетов в программе Эол-Плюс по содержанию вредных примесей в атмосферном воздухе, было выявлено, что наиболее экологически опасными технологическими процессами по выделению вредных веществ являются массовые взрывы в карьере. Обоснованы конструкции скважинных зарядов и их влияние на снижение концентрации и интенсивности выбросов загрязняющих веществ при массовых взрывах в карьере с учетом метеорологических условий. На основании выполненных исследований был предложен тип конструкции скважинных зарядов, рассредоточенных водным промежутком, который позволит сократить количество выбросов и уменьшить зону их распространения на данном карьере.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона; конструкция скважинных зарядов; концентрации вредных веществ; массовый взрыв.

Актуальность. В Украине на сегодняшний день около 40-42 % разрабатываемых месторождений твердых нерудных полезных ископаемых находятся в непосредственной близости от населенных пунктов (в 300-400 м), природных ландшафтных объектов и территорий, которые требуют защиты от пагубного влияния горнодобывающего производства. В соответствии с Государственными санитарными правилами [1] размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для этих предприятий принимается на основании расчетов. С случае несоответствия установленных СЗЗ фактическим размерам распространения загрязняющих веществ в атмосфере или расположении внутри них селитебной зоны предприятие обязано принимать меры по изменению технологии производства, которая предусматривается снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, или подлежит закрытию.

Поэтому разработка технических решений по обеспечению экологической безопасности производства при добыче твердого нерудного сырья в пределах санитарно-защитных зон является актуальной.

Целью работы является обоснование конструкций скважинных зарядов, при которых концентрации и интенсивность выбросов загрязняющих веществ при массовых взрывах в карьере снижаются с возможностью установления размера санитарно-защитной зоны до 300 м.

Изложение основного материала. Особенностью развития горных работ на Кальчикском карьере является высокая концентрация и интенсификация всех технологических процессов, связанных с добычей и переработкой нерудного сырья, что негативно влияет на окружающую природную среду и условия труда рабочих.

Наиболее экологически опасным технологическим процессом являются массовые взрывы в карьерах, вклад в выбросы предприятия которых достигает до 35 % по пыли и 60 % по токсичным газам.

На примере Кальчикского гранитного карьера выполнены расчеты в программе ЭОЛ-ПЛЮС содержания вредных примесей в атмосферном воздухе населенного пункта Гранитное после проведения массового взрыва в карьере. Для Кальчикского карьера установлена СЗЗ размеров 1500 м. В зоне СЗЗ предприятия расположен населенный пункт Гранитное. В связи с этим для данного предприятия актуальным является вопрос снижения количества выбросов в атмосферу и сокращения размером СЗЗ

В выбросах карьера наибольший удельный вес имеет вещества серы диоксид и пыль неорганическая, в связи с чем далее показаны расчеты для токсичного загрязняющего вещества серы диоксид.

В ходе расчета было принято 7 основных источников загрязнения атмосферы (в том числе: организованных - 6, неорганизованных - 1. Для каждого источника определены опасная скорость ветра, максимальная концентрация выброса в долях ПДК и расстояние, на котором достигается концентрация, которые отображены на рис. 1.

Результаты расчетов (см. рис.1) свидетельствуют, что концентрации серы диоксид изменяются внутри СЗЗ от 3 ПДК (в центральной части) до 0,4 ПДК (на границе СЗЗ). Однако северная и северо-западные части населенного пункта Гранитное попадают в зону превышения ПДК серы диоксид (от 1 до 1,5 ПДК).

Основными источниками выделения серы диоксида являются буровзрывные работы.

Известно, что интенсивность пыле- и газообразования при ведении буровзрывных работ в карьере зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, способы бурения взрывных скважин, применяемые типы ВВ и забоечные материалы, методы взрывания и др.

Следовательно, для уменьшения вредных выбросов при массовых взрывах в карьерах, и соответственно для сокращения размера СЗЗ, необходимо обосновать параметры буровзрывных работ, при которых пылегазовое облако не будет распространяться на значительные расстояния.

На основании этого выполнены исследования влияния конструкции скважинных зарядов на количественные и качественные показатели выбросов.

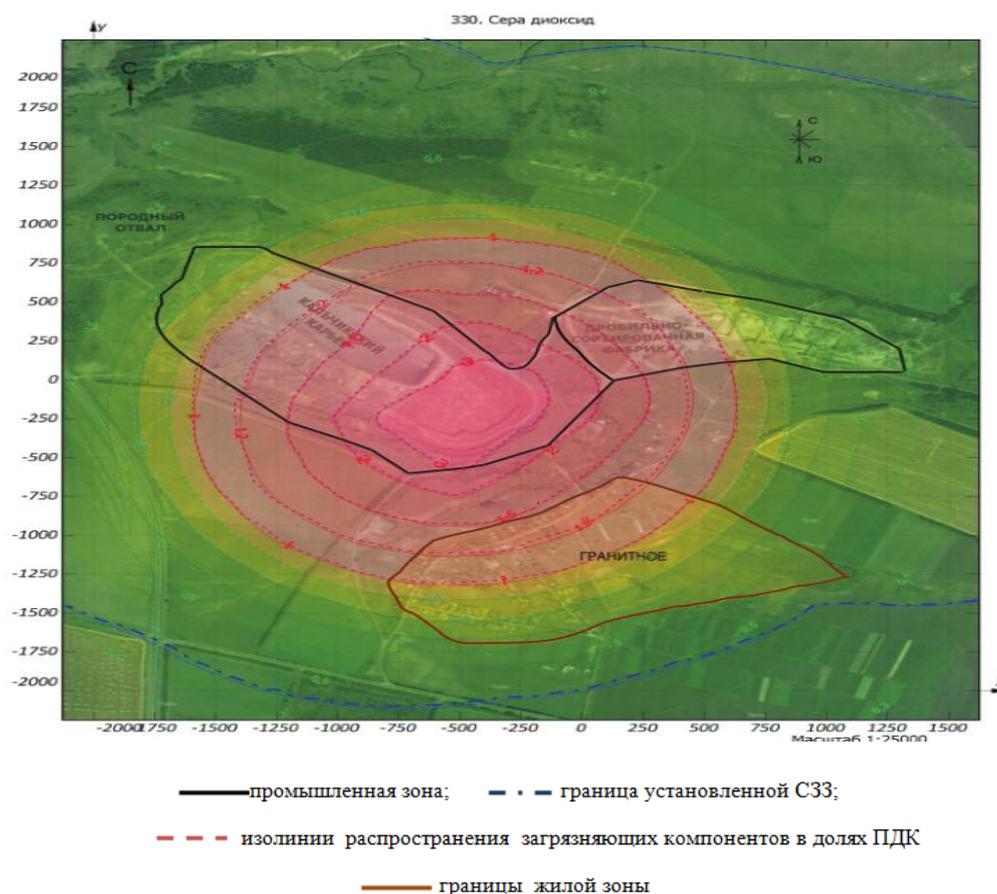


Рисунок 1- Ситуационный план размещения предприятия и изолинии расчетных концентраций серы диоксид

Влияние конструкции зарядов на выбросы в атмосферу.

Авторами исследования [4] показано, что изменением конструкции скважинного заряда можно регулировать содержание вредных примесей в пылегазовом облаке. Помимо регулирования степени дробления горных пород, замена сплошной конструкции скважинного заряда на конструкцию с воздушными, инертными, водными промежутками (в зависимости от обводненности массива горных пород) позволяет не только улучшить степень дробления пород по сравнению с применением сплошного заряда, но и значительно снизить выброс отравляющих вредных веществ в окружающую среду.

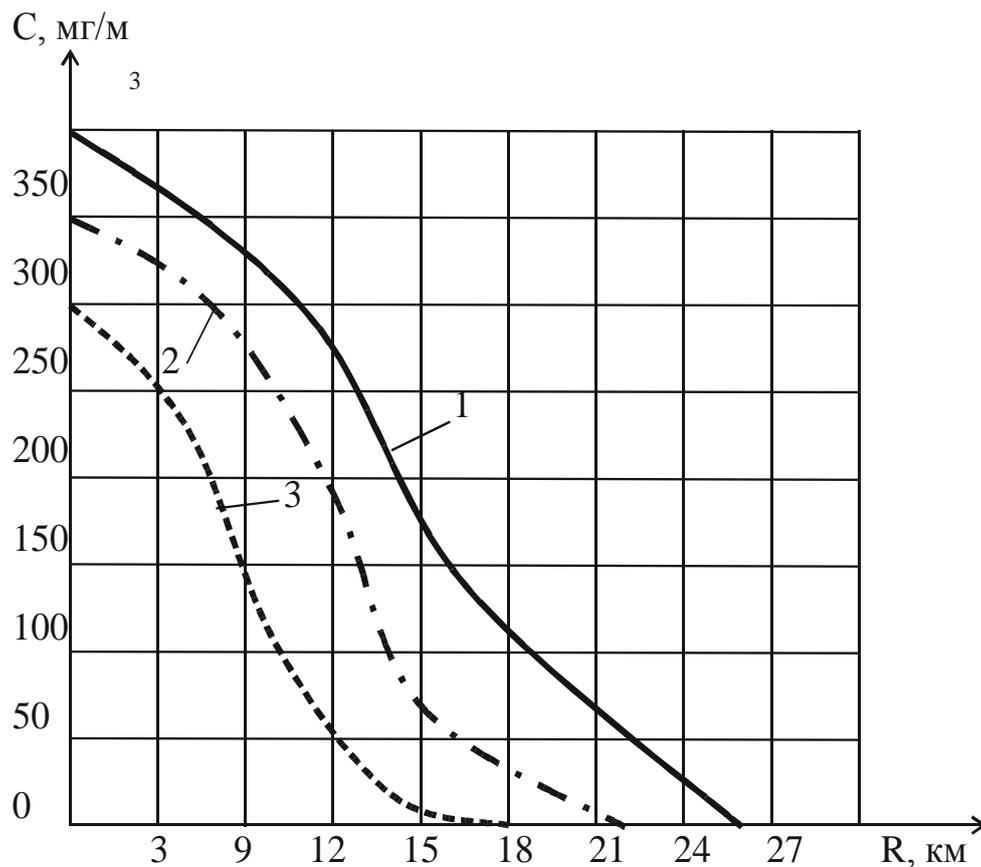
Необходимо отметить, что применение конструкций скважинных зарядов, рассредоточенных воздушными, водными или инертными промежутками, обеспечивает кроме уменьшения удельного расхода ВВ более чем на 30 % снижение заколов вглубь массива и уменьшение сейсмического эффекта взрыва, что также является важным при расположении в непосредственной близости от предприятия селитебной зоны.

Целесообразно использовать рассредоточение заряда в неоднородных породах, путём расположения различного рода промежутков в менее крепких участках взрываеваемого массива горных пород по его высоте. В качестве промежутков можно использовать также различного рода нейтрализаторы.

При наличии промежутков в зарядах во взрываемый массив передаются нагрузки с меньшей силовой и большей временной характеристиками, в результате чего, наряду с интенсивным дроблением массива, количество пылевидных фракций становится значительно меньше.

Проведенные в этом направлении исследования показали, что снижение количества пыли можно достигнуть путем создания промежутка между зарядом и забойкой в сочетании с запирающими зарядами, которые взрываясь вместе с основными, препятствуют выбросу отравляющих вредных веществ из устья скважины.

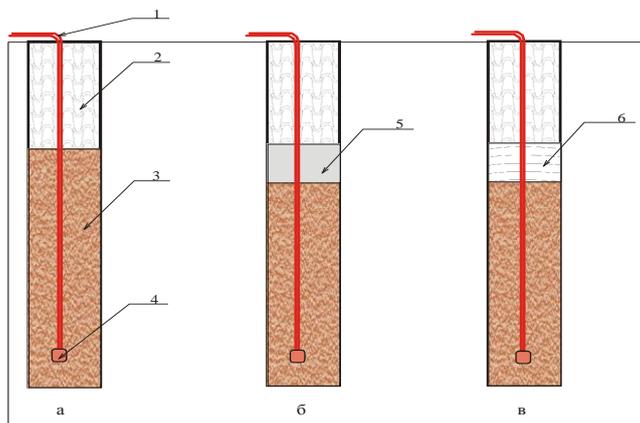
Распространение пылегазового облака при применении различных конструкций скважинных зарядов приведено на рис. 2.



1 – при сплошном заряде; 2, 3 – расщепленных, соответственно воздушным и водным промежутками [5]

Рисунок 2 - Распространение пылегазового облака при применении различных конструкций скважинных зарядов (количество взрываемого ВВ в блоке 10 – 50 т., тип – граммонит 79/21)

На основе литературных данных [4] с целью изучения распространения пылегазового облака, был проведен ряд исследований по определению дисперсного состава пылевидных фракций, выпадающих из пылегазового облака на различных расстояниях от места проведения массового взрыва при сплошной конструкции скважинного заряда (рис. 3 а), расщепленной воздушным (рис. 3 б) и водным (рис. 3 в) промежутком.



1- неэлектрическая система инициирования; 2 - инертная забойка; 3 - заряд взрывчатого вещества; 4 - промежуточный детонатор (тротиловая шашка Т-400Г);
5 - водный промежуток; 6 - воздушный промежуток

Рисунок 3 - Конструкции скважинных зарядов

Результаты исследований приведены в таблицах 2 – 4.

Таблица 2 – Дисперсный состав пыли, выпадающей из пылегазового облака на различных расстояниях от места производства массового взрыва при сплошной конструкции скважинного заряда

Расстояние, м	Содержание (%) фракций, мкм				
	До 1,5	1,5 – 5	5 – 15	15 – 50	50 и более
50	64,82	27,02	9,19	1,37	1,56
100	67,13	24,15	8,23	1,04	0,51
150	78,77	29,41	8,01	1,12	0,03
200	73,10	17,14	7,03	0,78	0,03
300	74,16	19,80	7,76	0,82	0,02
400	76,32	14,56	5,20	0,63	0,18
500	77,08	14,03	5,02	0,58	0,16
1000	64,02	12,48	3,82	0,42	0,10
1500	38,42	7,49	2,03	0,22	0,08

Таблица 3 – Дисперсный состав пыли, выпадающей из пылегазового облака на различных расстояниях от места производства массового взрыва при конструкции скважинного заряда рассредоточенного воздушным промежутком

Расстояние, м	Содержание (%) фракций, мкм				
	До 1,5	1,5 – 5	5 – 15	15 – 50	50 и более
50	51,86	21,62	7,35	1,10	1,25
100	53,71	19,32	6,58	0,83	0,41
150	63,02	23,53	6,41	0,89	0,02
200	58,48	13,71	5,63	0,62	0,02
300	59,33	15,84	6,21	0,66	0,02
400	61,06	11,65	4,16	0,51	0,14
500	61,66	11,22	4,02	0,46	0,13
1000	51,22	9,98	3,06	0,34	0,08
1500	30,81	5,99	1,62	0,18	0,06

Таблица 4 – Дисперсный состав пыли, выпадающей из пылегазового облака на различных расстояниях от места производства массового взрыва при конструкции скважинного заряда рассредоточенного водным промежутком

Расстояние, м	Содержание (%) фракций, мкм				
	До 1,5	1,5 – 5	5 – 15	15 – 50	50 и более
50	38,89	16,21	5,52	0,83	0,94
100	40,28	14,49	4,94	0,63	0,31
150	47,26	17,65	4,81	0,67	0,02
200	43,86	10,28	4,22	0,47	0,02
300	44,50	11,88	4,66	0,50	0,01
400	45,80	8,74	3,12	0,38	0,11
500	46,25	8,42	3,01	0,35	0,01
1000	38,41	7,49	2,29	0,25	0,06
1500	23,05	4,49	1,22	0,13	0,05

На основании данных таблиц 2-4 построены диаграммы (рис. 4) сравнения распространения частиц дисперсного состава пыли неорганической, выпадающей из пылегазового облака, на различных расстояниях от места производства массового взрыва для трех конструкций скважинного заряда (см. рис. 3).

Анализ диаграмм (рис. 4) свидетельствует о следующем:

- с увеличением расстояния от источника количество выбросов уменьшается;
- наиболее крупные частицы пыли неорганической оседают в пределах 100-300 м зоны от источника выбросов;
- количество выбросов наименьшее при использовании конструкций зарядов, рассредоточенных водным промежутком, а наибольшее при сплошной конструкции зарядов.

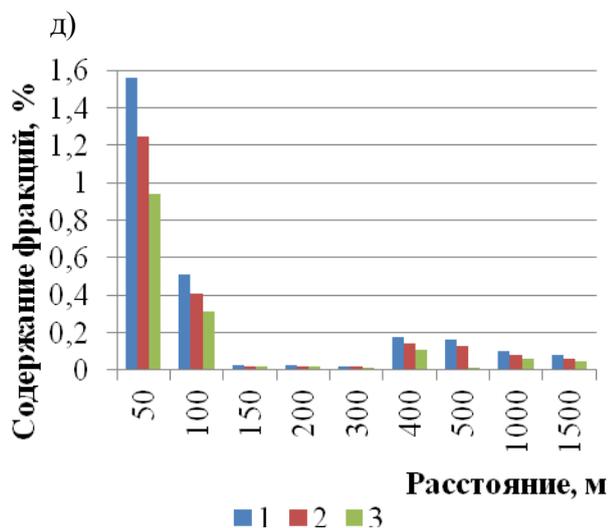
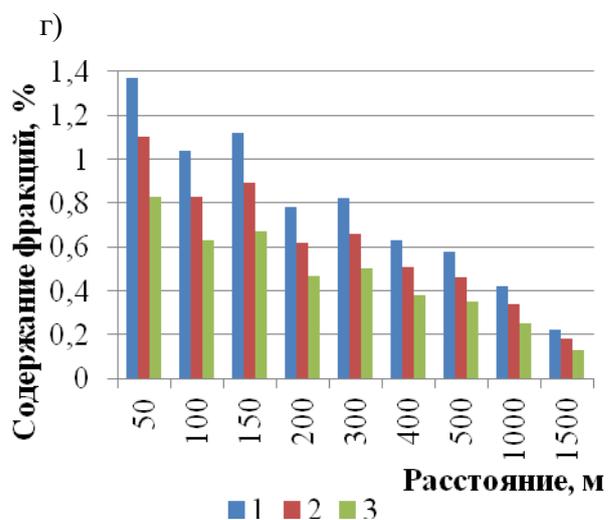
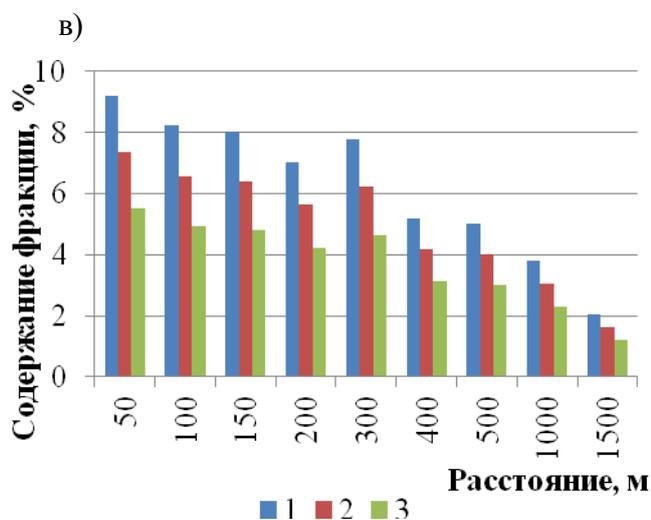
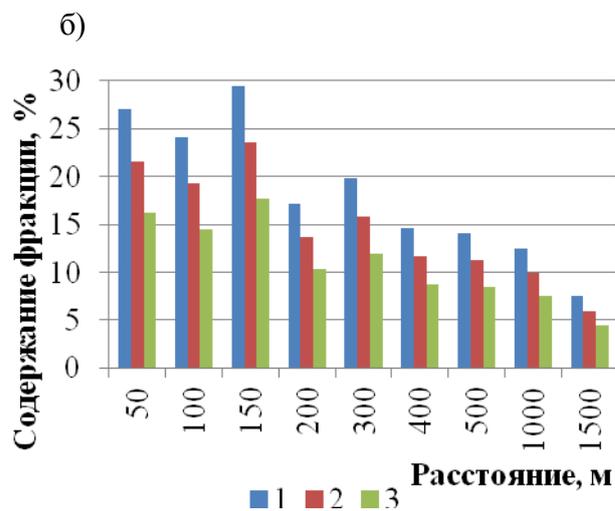
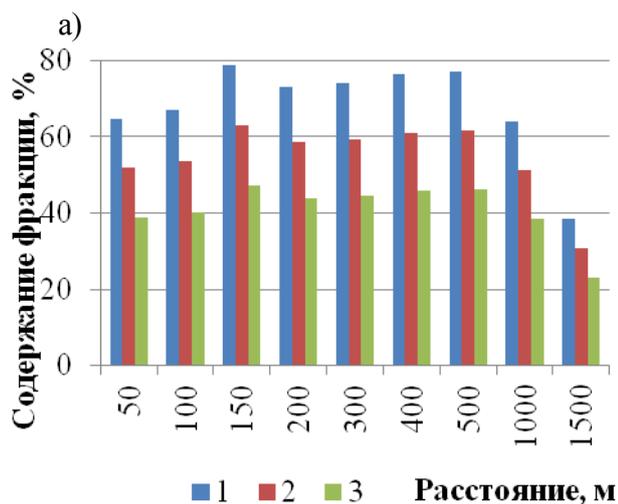
Полученные данные о распределении дисперсных частиц пыли неорганической в пределах СЗЗ карьера, а также количественной их характеристике, для разных конструкций скважинных зарядов, позволяют сделать вывод о том, что использование скважинных зарядов, рассредоточенных водным промежутком, приводят к сокращению количества выбросов и уменьшению зоны их распространения. В этом случае, можно установить меньший размер СЗЗ.

В работе [5] предлагается суммарную длину воздушных промежутков можно принимать в следующих пределах:

- слабые породы 0,32 – 0,4 длины заряда;
- крепкие породы 0,15 – 0,20 длины заряда.

Оптимальную длину водных промежутков в скважинных зарядах, позволяющую максимально снизить количество выбросов при сохранении уровня взрывного дробления пород необходимо установить в ходе экспериментальных исследований.

Авторами работы [6] доказано, что в обводнённых скважинах наиболее эффективным является применение водных или водно-щебёночных промежутков, поскольку в этом случае существенно снижается удельный расход ВВ и одновременно улучшается взрывное дробление скального массива.



1 – при сплошной конструкции; 2 – при конструкции рассредоточенной воздушным промежутком; 3 – при конструкции рассредоточенной водным промежутком; а) для пыли фракции до 1,5 мкм; б) для фракций пыли 1,5-5 мкм; в) для фракций пыли 5-15 мкм; г) для фракций пыли 15-50 мкм; д) для фракций пыли более 50 мкм

Рисунок 4 – Изменение содержания различных фракций пыли неорганической в атмосферном воздухе в зависимости от источника выброса при различных конструкциях скважинных зарядов

Влияние природных условий на распространение пылегазового облака.

Метеорологические условия при производстве массовых взрывов оказывают большое влияние на вынос и распространение вредных примесей за пределы карьера и являются одним из основных факторов самоочищения окружающей среды [7].

В связи с этим, необходимо учитывать метеорологические аспекты при ведении взрывных работ, что дает возможность не только прогнозировать распространение концентрации вредных веществ, но и, принимая во внимание многие факторы, планировать и реализовывать комплекс мер, направленных на защиту окружающей среды.

Поскольку вода препятствует распространению загрязняющих веществ в атмосфере, то в данной работе проведено исследование влияния различных видов природных осадков на дисперсный состав пыли неорганической и ее распространение от места проведения массового взрыва.

Результаты исследования дисперсного состава пыли, выпадающей из пылегазового облака на различных расстояниях от места производства массового взрыва с использованием сплошной конструкции скважинного заряда при различных видах осадков, приведены в табл. 5.

Как видно из таблицы 5, атмосферные осадки при производстве массовых взрывов существенно влияют на интенсивность осаждения пылевых фракций из пылегазового облака и значительно снижают в нем концентрацию загрязняющих веществ. При этом, чем гуще осадки, тем больше их способность препятствовать распространению загрязняющих веществ в атмосфере.

В связи с этим, рациональным является проведение массовых взрывов с использованием конструкций зарядов, рассредоточенных водным промежутком, в условиях естественных осадков в виде мороси или создании искусственных условий, близких к естественным. В этом случае существенно снижается количество загрязняющих веществ, сокращается зона их распространения, что дает возможность уменьшиться размер СЗЗ до такого, при котором внутри нее не будут располагаться населенные пункты.

В условиях уменьшенной санитарно-защитной зоны необходимо чётко придерживаться правил безопасности при взрывных работах [2], норм сейсмической безопасности [3] и норм ПДК пылегазовых выбросов. Теоретические расчёты и практические результаты выполнения взрывных работ и постоянный мониторинг влияния негативных факторов на карьерах в условиях уменьшенных санитарно-защитных зон позволит усовершенствовать взрывные работы и улучшить качество готовой продукции и уменьшить экологическую нагрузку.

Выводы. Технология производства массового взрыва, предусматривающая применение различных конструкций скважинных зарядов с использованием нейтрализующих веществ в составе забоечного материала дает возможность широко управлять распространением пылегазового облака. Так, при использовании в скважинных зарядах водных промежутков концентрации вредных веществ снижаются на 20 %, а соответственно водных промежутков - около 70 % по отношению к зарядам со сплошной конструкцией.

Таблица 5– Дисперсный состав пыли, выпадающей из пылегазового облака на различных расстояниях от места производства массового взрыва при сплошной конструкции скважинного заряда и различных видах осадков

Тип осадков	Расстояние от источника выбросов, м	Содержание (%) пылевидных фракций в пылегазовом облаке, мкм				
		до 1,5	1,5 –5	5 – 15	15 – 50	50 и более
Дождь	50	56,7	23,6	8,04	1,20	1,37
	100	58,7	21,1	7,20	0,91	0,45
	150	68,9	25,7	7,01	1,00	0,03
	200	64,0	15,0	6,15	0,68	0,03
	300	64,9	17,3	6,79	0,72	0,02
	400	66,8	12,7	4,55	0,55	0,16
	500	67,5	12,3	4,39	0,51	0,14
	1000	56,0	10,9	3,34	0,37	0,09
	1500	33,6	6,6	1,78	0,19	0,07
Сильный дождь	50	42,1	17,6	5,97	0,89	1,01
	100	43,6	15,7	5,35	0,68	0,33
	150	51,2	19,1	5,21	0,73	0,02
	200	47,5	11,1	4,57	0,51	0,02
	300	48,2	12,8	5,04	0,53	0,01
	400	49,6	9,5	3,38	0,41	0,12
	500	50,1	9,1	3,26	0,38	0,10
	1000	41,6	8,1	2,48	0,27	0,07
	1500	25,0	4,9	1,32	0,14	0,05
Морось	50	30,8	12,8	4,37	0,65	0,74
	100	31,9	11,5	3,91	0,49	0,24
	150	37,4	14,0	3,81	0,53	0,01
	200	34,7	8,1	3,34	0,37	0,01
	300	35,2	9,4	3,69	0,39	0,01
	400	36,3	6,9	2,47	0,30	0,09
	500	36,6	6,7	2,39	0,28	0,08
	1000	30,4	5,9	1,82	0,20	0,05
	1500	18,3	3,6	0,96	0,11	0,04

Также было установлено, что количество и дисперсный состав пыли в пылегазовом облаке существенно зависят от метеорологических условий и максимально сокращаются при проведении массовых взрывов при выпадении осадков в виде мороси.

Таким образом, использование таких конструкций скважинных зарядов в зависимости от гидрогеологических и метеорологических условий дает возможность широко управлять действием взрыва в массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГСП 173-96 «Государственные санитарные правила планирования и застройки населённых пунктов. - Киев: Министерство охраны здоровья Украины, 1996 г. – 58 с.
2. Единые правила безопасности при взрывных работах.– К.: Норматив, 1992. – 171 с.
3. ДСТУ 4704:2008 «Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки». - Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 11 с.

4. Розробити технологічні основи еколого- й енергозберігаючого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон: звіт про НДР (заключ.) / Державний ВНЗ «НГУ»; керівник Симоненко В.І.; виконавці: Анісімов О.О. [та ін.]. - Дніпропетровськ, 2011.- 315 с. - № ДР 011V00532.

5. Технологические решения снижающие воздействие горного производства на природную среду при разработке гранитных месторождений Украины / В.И. Симоненко, А.В. Черняев, А.В. Мостыка [и др.] // Проблемы открытой разработки месторождения полезных ископаемых: Материалы науч. – техн. конф., 29-30 ноября 2007 г. - Екатеринбург: из-во УТГУ, 2010 – С. 289.

6. Ефремов, С.И. Способ повышения эффективности взрыва и локализации пылегазовых выбросов / С.И. Ефремов, В.П. Мартыненко, А.Я. Бережицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ.– Кременчук, 2002.– Вип. 2(13).– С.3–5.

7. Mironova, I. Defining the parameters of the atmospheric air for iron ore mines / I. Mironova, O. Borysovs'ka // Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, Leiden, Netherlands: CRC Press 2014 / Balkema: pp. 333-339.

REFERENCES

1. The Ministry of Health of Ukraine (1996), *GSP 173-96: Gosudarstvennye sanitarye pravila planirovaniya i zastroyki naseleennykh punktov* [GSP 173-96. State sanitary rules for planning and building of settlements], the Ministry of health of Ukraine, Kiev, Ukraine.

2. State Service of Mining Supervision and Safety of Ukraine (1992), *NPAOP 0.00-1.17-92: Edinye pravila bezopasnosti pri vzryvnykh rabotakh* [NPAOP 0.00-1.17-92 Common safety rules for blasting], Standard, Kiev, Ukraine.

3. SE “Krivbasstandartmetrologiya” (2009), *DSTU 4704:2008 Provedennyya promyslovykh vybukhiv. Normy seysmichnoi bezpeky* [DSTU 4704:2008. Implementation of industrial explosions. Standards of seismic safety], Derzhspozhyvstandart of Ukraine, Kiev, Ukraine

4. Simonenko, V.I. (ed) (2011), To develop the technological basis of environmental - and energy-efficient production in the extraction of non-metallic solid siromani within the sanitary protection zones: research Reports, SHEI "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine.

5. Simonenko, V.I., Chernyzev, A.V., Mostyka, A.V. and Patsyera, S.V. (2010), “Technological solutions that reduce the impact of mining on the natural environment when developing granith deposits of Ukraine”, *Problemy otkrytoy razrabotki mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh* [Problems of opening Developing mineral deposits], Ekaterinburg, Russia, 29-30 November 2007, p. 289.

6. Yefremov.S.I., Martynenko V.P. and Berezutski, A.Ya. (2002), “Method of increasing the efficiency of the explosion and containment of dust and gas emissions”, *Visnyk Kremenchustkogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu*, no. 2(13), pp. 3-5.

7. Mironova, I. and Borysovs'ka, O. (2014), “Defining the parameters of the atmospheric air for iron ore mines”, *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, Leiden, Netherlands: CRC Press 2014 / Balkema: pp. 333-339.

Об авторе

Малеєв Євгеній Владимирович, інженер в відділі геомеханічних основ технологій відкритої розробки месторождений, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, maleev@i.ua

About the author

Maleiev Yevhenii Vladimirovich, Master of Sciences, Engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, maleev@i.ua

Анотація. В статті викладено основні екологічні проблеми ведення гірничих робіт на Кальчикському кар'єрі в умовах зменшеної санітарно-захисної зони. На підставі виконаних розрахунків в програмі Еол-Плюс за змістом шкідливих домішок в атмосферному повітрі, було виявлено, що найбільш екологічно небезпечними технологічними процесами з виділення шкідливих речовин є масові вибухи в кар'єрі. Обґрунтовано конструкції свердловинних зарядів та їх вплив на зниження концентрації та інтенсивності викидів забруднюючих речовин при масових вибухах в кар'єрі з урахуванням метеорологічних умов. На підставі виконаних досліджень був запропонований тип конструкції свердловинних зарядів, розосереджених

водним проміжком, який дозволить скоротити кількість викидів і зменшити зону їх поширення на даному кар'єрі.

Ключові слова: санітарно-захисна зона; конструкція свердловинних зарядів; концентрації шкідливих речовин; масовий вибух.

Abstract. The article describes key environmental problems of mining operations in the Kalchikskiy quarry in conditions of reduced sanitary protection zone. Content of harmful impurities in the air was calculated by the program EOL-Plus, and basing on the results it was revealed that massive blasts in the quarries presented the most environmentally hazardous technological processes with release of harmful substances. The borehole charge designs and their impact on decrease of concentration and intensity of polluting substance emissions at the massive blasts in the quarry are substantiated in the article with taking into account weather conditions. Basing on the findings, a design of borehole charges with water interval was proposed which would reduce amount of emissions and area of their distribution in this quarry.

Key words: sanitary-protective zone; design of borehole charges; concentration of harmful substances; massive blast.

Стаття поступила в редакцію 28.07.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. М.С. Четвериком