

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПАРОЧНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ

А. Я. Бережецкий, инж. (Госнадзорохрантруда Украины), О. А. Вовк, инж. (НАУ)

Наведено результати експериментів по зменшенню рівня небезпечних викидів в атмосферу при здійсненні масових вибухів за рахунок застосування водяної набивки з домішкою пропарювального розчину, що містить $\text{Ca}(\text{OH})_2$. За рахунок цієї домішки досягається коагуляція частинок пилу і часткова нейтралізація токсичних газоподібних речовин. Визначено оптимальні концентрації цього розчину у внутрішній, зовнішній і комбінованій набивках.

Массовые взрывы на горных предприятиях являются источником загрязнения атмосферного пространства как самого карьера, так и прилегающей к нему территории. При этом наблюдаются два основных вида пылегазового облака. Облака первого вида образуются в результате выноса пыли из устья скважины истекающими газообразными продуктами взрыва, в которые попадает измельченная порода, оторвавшаяся от стенок зарядной камеры и расположенная в районе устья скважины, в том числе и буровой шлам. Облака второго вида возникают вследствие образования пыли в процессе взрыва и перемещения горной массы при падении породы на подошву уступа. Объем пылегазового облака может достигать 15...20 млн м³. В верхней части облака содержится 0,04 % СО и 0,007 % NO_x (через 1,5...2 мин после взрыва). Концентрация пыли в облаке колеблется в пределах от 680 до 4250 мг/м³ [1]. Следует отметить, что одновременное образование вредных газов и пыли в процессе взрыва сопровождается адсорбцией этих газов поверхностью частиц пыли. Такая пыль содержит СО до 0,09 мг/г пыли и NO₂ от 0,1093 до 1839 мг/г пыли [2]. Массовое загрязнение атмосферы в ряде городов превышает предельно допустимые нормы в несколько раз. Так, например, в Кривом Роге, являющемся центром горнодобывающей и металлургической промышленности, выбросы в атмосферу составляют 8 % от общего объема загрязнений по Украине, превышающего 20 млн. тонн в год, что представляет серьезную угрозу здоровью населения. По данным [3] в 2003 году на карьерах Кривбасс-взрывпрома было взорвано 56056 т взрывчатых веществ (ВВ), в результате чего в атмосферу поступило свыше 11 тыс. т пыли, около 8 млрд л ядовитых газов в пересчете на СО.

Исследования влияния техногенных выбросов в атмосферу на заболеваемость населения южного промузла Кривого Рога показали, что количество заболеваний органов дыхания по сравнению с контрольной зоной увеличилось в 1,73 раза, органов кровообращения – в 2,14 раза, заболеваемость гипертони-

ческой болезнью – в 1,69 раза, ишемической болезнью – в 1,5 раза, стенокардией – в 10,35 раза. В целом общая заболеваемость населения возросла в 1,2...1,57 раза [4].

Цель работы – обоснование способа уменьшения пылегазовых выбросов и нейтрализации ядовитых газов при взрыве ВВ путем применения в качестве забойки водного пропарочного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ различной концентрации. При этом решались следующие задачи:

экспериментальное определение влияния конструкции забойки скважинных зарядов на количество пыли и газообразных продуктов, выделяющихся при взрывах в карьере;

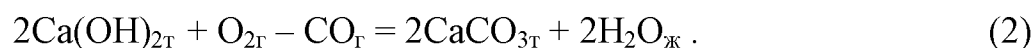
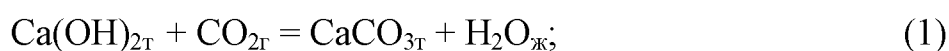
установление влияния концентрации пропарочного раствора в водяной забойке на содержание вредных компонентов в пылегазовом облаке при взрывах скважинных зарядов ВВ;

сравнительный анализ действия взрыва зарядов с забойкой различной конструкции на снижение пылегазовыделения в атмосферу карьера.

В экспериментах в качестве контрольной служила обычная глиняная забойка (рис. 1, а). Сравнивались параметры пылегазовыделения при взрывах зарядов с использованием внутренней, внешней и комбинированной водяной забойки с обычной водой и с добавлением в нее пропарочного раствора (рис. 1, б-ж). Для выполнения внутренней водяной забойки в обоих случаях применялись полиэтиленовые рукава (ПР), заполненные забоечной жидкостью и помещаемые в скважину. Внешняя забойка представляла собой полиэтиленовый мешок, заполненный забоечной жидкостью, который укладывался над устьем скважины. При взрыве мешок разрушался, и жидкость под действием продуктов детонации равномерно распределялась в пылегазовом облаке, способствуя коагуляции и выпадению пылевых частиц в районе взрываемого облака. На каждую скважину укладывались 2...3 мешка емкостью по $0,15 \text{ м}^3$ жидкости в каждом. За несколько секунд до основного взрыва эти мешки подрывались дополнительными зарядами, создавая водяную завесу над блоком. Комбинированная забойка представляла собой одновременное применение внутренней и внешней забойки.

Для приготовления пропарочного раствора концентрацией 5, 7 и 9 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ использовался цементный щелок, образующийся на заводах железобетонных конструкций и являющийся отходом производства. В жидкой фазе этого раствора основным компонентом является гидроксил кальция в концентрации 0,5...3 %, хотя присутствуют и CaO , NaOH , CaSO_4 , а также силикаты. Этот раствор обладает высокими коагулирующими свойствами и способностью поглощать оксиды углерода из атмосферы.

Нейтрализация оксидов происходит по следующим реакциям:



В формулах (1) и (2) индексы «Г», «Ж» и «Т» обозначают соответственно

газ, жидкий и твердый.

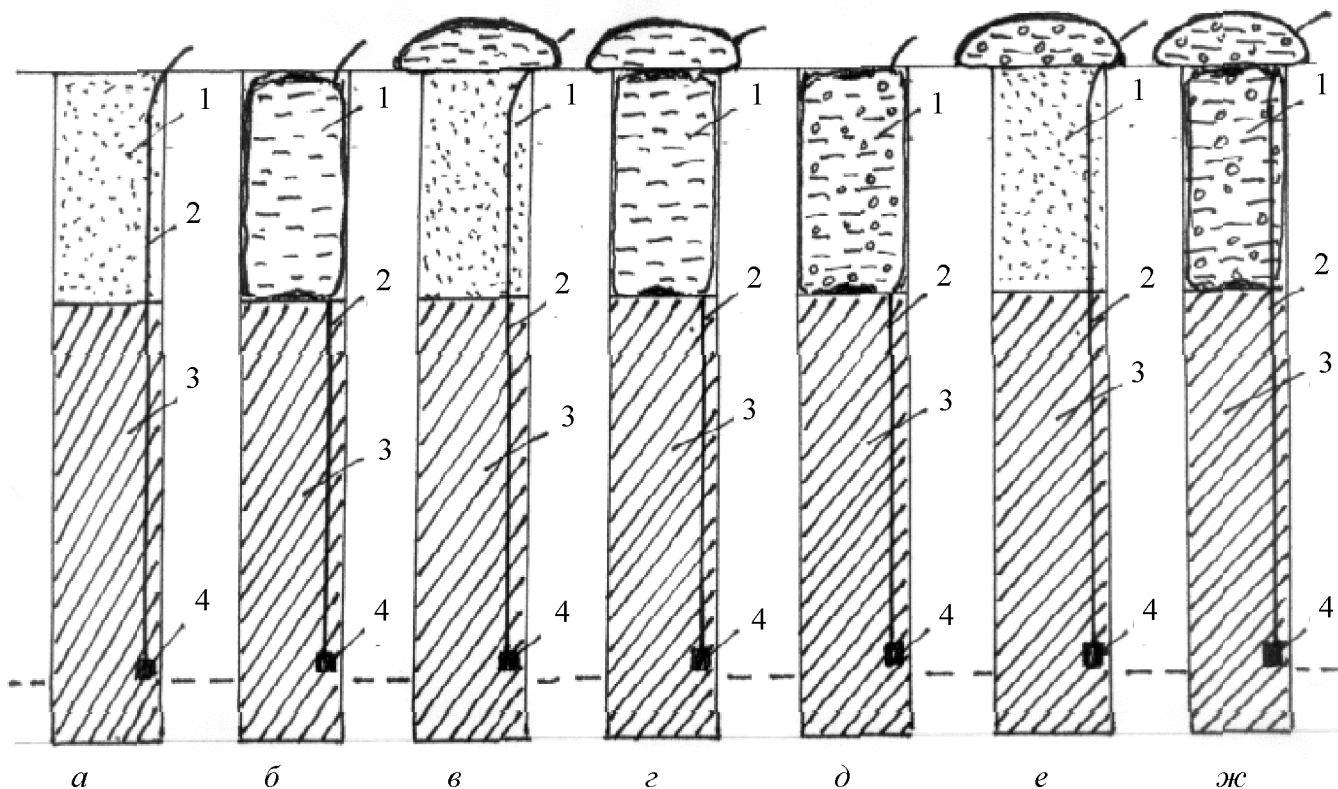


Рис. 1. Конструкции экспериментальных скважинных зарядов ВВ с забойками: *a* – обычной (глиняной); *б* – водяной в ПР (внутренней); *в* – то же, внешней; *г* – то же, комбинированной; *д* – водяной с пропарочным раствором в ПР (внутренней); *е* – то же, внешней; *ж* – то же, комбинированной; 1 – забойка; 2 – ДШ; 3 – ВВ; 4 – боевик

В результате этих реакций ионы кальция связываются в нерастворимые соединения, которые в условиях выпадения кислотных дождей оказываются даже полезными как нейтрализаторы. Содержащиеся в пропарочном растворе силикаты кальция и другие элементы являются природными сорбентами многих тяжелых цветных металлов и радионуклидов.

Зависимость концентрации пыли (n , мг/м³) по пути распространения пылегазового облака от скорости ветра V_B и расстояния L от места взрыва можно записать следующим образом:

$$n = n_0 \exp \frac{V_B^{7,59} L}{292,5V_B^2 + 497,5V_B - 500}, \quad (3)$$

где n_0 – концентрация пыли в атмосфере карьера до взрыва.

Время рассеивания (t , мин) пылегазового облака для карьеров, имеющих отношение ширины к глубине больше 6, определяется по формуле [1]:

$$t = (7,5 - 0,7V_B) e^{0,004+Q}, \quad (4)$$

где Q – количество взрываемого ВВ, т.

Для выполнения внутренней забойки полиэтиленовые ампулы, заполненные раствором различной концентрации, размещали по всей длине незаряженной части. Внешняя забойка представляла собой полиэтиленовый рукав

диаметром 0,93 м, заполненный пропарочным раствором. Он укладывался либо отдельными отрезками вокруг каждой скважины, либо по всей длине ряда скважин.

Определение параметров пылегазовых выбросов проводилось в течение 20 мин после взрыва в соответствии с формулами (3) и (4). Результаты замеров концентрации вредных выбросов после взрыва в приземном слое атмосферы при применении обычной забойки и трех разновидностей забойки обычной водой приведены в табл. 1, а при использовании гидрозабойки с добавлением пропарочного раствора 5, 7 и 9 %-ной концентрации – в табл. 2–4. Во всех таблицах: I – пыль; II – суммарные окислы азота; III – оксид углерода.

Таблица 1. Концентрация вредных веществ после взрыва заряда с обычной забойкой и с гидрозабойкой обычной водой, мг/м³

Обычная забойка			Гидрозабойка обычной водой								
			внешняя			внутренняя			комбинированная		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2450	5,6	221	970	5,3	183	480	4,7	120	275	4,4	95
2500	5,5	216	955	5,5	176	495	4,5	118	292	4,5	103
1905	5,3	228	1005	5,4	162	478	4,6	123	283	4,3	98
1830	5,8	201	938	5,0	188	465	4,7	128	297	4,4	92
1890	5,9	230	942	4,7	175	450	4,8	115	302	4,6	89
1970	4,9	205	957	4,9	173	485	4,6	112	271	4,5	85
2350	4,8	215	985	5,6	168	492	4,9	108	287	4,3	87
2458	5,2	222	993	5,3	156	500	4,5	122	292	4,2	93
2233	5,4	212	930	4,5	169	502	4,6	118	293	4,2	105
2420	5,1	220	945	4,5	178	470	4,7	123	295	4,5	102
2200	5,3	217	962	5,08	172,8	481	4,66	118,7	288	4,42	94,9

Таблица 2. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере при применении гидрозабойки из 5 %-ного пропарочного раствора, мг/м³

Внешняя			Внутренняя				Комбинированная		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	
175	4,6	72,3	150	4,2	55,8	128	3,5	45,8	
173	4,5	73,4	153	4,3	56,3	135	3,7	46,2	
180	4,7	74,4	155	4,4	58,4	139	3,2	47,8	
190	4,6	74,5	156	3,9	59,2	140	3,8	49,3	
185	4,7	70,2	157	3,9	60,3	141	3,9	48,7	
193	4,8	71,5	150	4,0	55,9	138	3,5	43,8	
182	4,9	70,8	152	4,1	56,2	139	3,2	45,9	
179	4,5	71,2	153	4,8	57,8	140	3,3	46,0	
189	4,7	73,5	151	4,2	58,3	130	3,4	45,0	
192	4,7	74,8	150	4,9	59,0	132	3,6	45,5	
183,8	4,6	72,6	152,7	4,27	57,7	136,2	3,51	46,4	

Таблица 3. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере при применении гидрозабойки из 7 %-ного пропарочного раствора, мг/м³

Внешняя			Внутренняя			Комбинированная		
I	II	III	I	II	III	I	II	III
139	3,8	60,3	127	3,0	45,3	99	2,9	33,2
141	3,8	62,4	130	3,4	44,4	100	2,8	34,5
142	3,9	62,5	131	3,0	47,3	102	2,7	33,3
143	3,7	63,4	132	3,5	40,2	98	2,5	34,0
140	3,6	62,5	133	3,2	40,3	103	2,9	32,4
139	3,7	62,0	130	3,4	41,5	99	2,7	34,7
142	3,8	61,4	129	3,3	42,3	104	2,6	32,5
139	3,9	60,0	128	3,0	43,3	101	2,8	35,2
144	3,8	60,2	127	2,9	44,0	102	2,9	35,3
138	3,8	61,0	122	2,9	42,5	102	2,7	35,8
140,7	3,78	61,6	128,9	3,16	43,1	101,0	2,75	34,09

Таблица 4. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере при применении гидрозабойки из 9 %-ного пропарочного раствора, мг/м³

Внешняя			Внутренняя			Комбинированная		
I	II	III	I	II	III	I	II	III
130	2,9	55,5	121	2,5	30,4	78	1,8	23,5
125	2,9	48,3	141	2,3	29,8	85	2,5	25,5
126	3,1	45,5	130	2,5	31,2	89	2,3	20,3
128	3,2	49,2	100	2,6	28,7	95	1,9	17,8
133	3,3	50,8	98	2,7	30,7	97	2,4	18,2
134	2,9	51,2	99	2,4	29,5	90	2,2	17,9
132	2,8	53,4	90	2,5	31,5	72	2,4	18,3
135	3,1	54,8	120	2,2	32,3	73	2,3	19,2
134	3,2	55,9	115	2,7	33,4	78	2,0	20,0
131	3,0	56,0	103	2,4	32,0	85	2,5	20,5
130,8	3,04	52,0	111,7	2,48	30,9	84,2	2,2	20,1

Данные табл. 1–4 показывают, что применение гидрозабойки как с пропарочным раствором, так и без него значительно снижает запыленность и содержание вредных газов в пылегазовом облаке.

Математическая обработка данных табл. 2–4 позволила определить среднестатистические показатели вредных компонентов при изменении концентрации раствора от 5 до 9 % (табл. 5). Анализ табл. 5 показывает, что близким к оптимальному является 7 %-ный раствор, хотя при дальнейшем повышении концентрации показатели загрязнения продолжают уменьшаться.

Таблица 5. Концентрация вредных выбросов при использовании пропарочного раствора различной концентрации, г/м³

Вредные компоненты	Концентрация раствора, %					
	4	5	6	7	8	9
Внешняя						
Пыль	228,1	182,6	154,5	138,0	130,3	130
NO _x	4,9	4,6	4,2	3,9	3,4	3,0
CO	83,9	43,7	66	60,3	56,3	53,5
Внутренняя						
Пыль	177,5	151	133	121,2	114,4	111,9
NO _x	4,7	4,1	3,7	3,3	2,8	2,4
CO	68	58,4	49,9	42,4	35,9	30,2
Комбинированная						
Пыль	154,6	134,6	118	104,1	92,5	82,7
NO _x	3,8	3,5	3,2	2,8	2,5	2,2
CO	57,6	49	41	33,9	27,6	22,1

В табл. 6 приведены данные, полученные при использовании различных видов забойки в сравнении с 7 %-ным пропарочным раствором для первого отбора.

Таблица 6. Сравнительные показатели загрязнения атмосферы при взрывах с применением различных видов забойки, мг/м³

Обычная	Тип забойки						Соотношения показателей				
	обычная вода			7% -ный пропарочный раствор			1:2	1:3	1:5	1:6	1:7
	Внешняя забойка	Внутренняя забойка	Комбинированная забойка	Внешняя забойка	Внутренняя забойка	Комбинированная забойка					
Пыль											
2450	970	480	275	139	127	99	2,53	5,1	17,63	19,29	24,7
Суммарные окислы азота											
5,6	5,3	4,7	4,4	3,8	3,0	2,9	1,06	1,19	1,47	1,87	1,93
Оксид углерода											
221	183	120	95	60,3	45,3	33,2	1,21	1,84	3,67	4,88	6,66
Суммарные газы выделения NO _x + CO											
257,4	217,45	150,55	123,6	85	64,8	52,0	1,18	1,71	3,03	3,97	4,95

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что применение гидрозабойки с обычной водой приводит к снижению содержания пыли по сравнению с обычной забойкой в 5 раз, а содержания ядовитых продуктов – в 1,7 ... 1,8 раза, в то время как забойка из 7 %-ного пропарочного раствора снижает эти показатели во много раз.

Данные табл. 6 показывают, что применение 7 %-ного пропарочного раствора вместо обычной гидрозабойки, например, при варианте внутренней забойки снижает пылеобразование в 3,78 раза, а суммарное газовыделение – более чем в 2 раза. По сравнению же с обычной (сухой) внутренней забойкой пылевыведение может быть снижено почти в 20 раз, а газовыделение – в 4 раза даже при применении лишь варианта внутренней забойки, как наиболее экономичного. Вариант комбинированной забойки может быть вполне целесообразным даже в том случае, если пропарочный раствор используется только в виде внутренней забойки, а внешняя может быть выполнена из обычной воды.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке конструкций зарядов ВВ для отбойки горных пород на предприятиях горнодобывающей промышленности и в строительстве.

1. Скорченко В. Ф., Вовк О. А. Экологические проблемы при производстве взрывных работ // Некоторые проблемы экологии в горнодобывающей промышленности. – К.: НТУУ «КПИ», 1996. – 157 с.

2. Wovk A. A., Skorczenko W. F., Zych J. Problemy ekologiczne zwiazane z prowadzeniem robot strzjalowych w kopalniach odkrywkowych // W mat. VII Miedzynarodowe Sympozjum «Geotechnika–Geotechnics-96». – Gliwice. – 1996. – S. 325–335.

3. Бабаян И. П., Гапон В. А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха Южного промузла Кривбасса химическими веществами техногенного происхождения // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ. – 2000. – Вып. 72. – С. 141–144.

4. Ищенко Н. И., Лисицын Н. В., Монаков А. Ф. Перспективы развития взрывных технологий на карьерах Кривбасса // Украинский союз инженеров-взрывников. – Комсомольск: УСИБ. – 2003. – № 1(5). – С. 18–33.