

**ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ
СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ
НА ГОРНОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ**

У статті відображено процес винесення забруднюючих речовин за межі зони вибуху при руйнуванні гірських порід залежно від типу вживаних конструкцій свердловинних зарядів і метеорологічних умов при проведенні масових вибухів.

**FEATURES OF POLLUTION OF THE ENVIRONMENTAL NATURAL
ENVIRONMENT BY MANUFACTURE OF MASS EXPLOSIONS
ON MINING ENTERPRISES**

In the article the process of bearing-out of contaminants is reflected outside the area of explosion at destruction of mountain breeds depending on the type of the applied constructions of down hole charges and meteorological terms during the lead through of mass explosions.

В настоящий период времени на территории промышленных регионов все больше и больше возрастает проблема загрязнения атмосферы, почвы и водных источников. В этой связи возникает проблема разработки и применения методов снижения концентрации вредных веществ на карьерах и прилегающих к ним территорий.

Повышенные концентрации вредных примесей в атмосфере карьера и за его пределами, образующихся во время производства массовых взрывов, определяются балансом между их поступлением вместе с пылегазовым облаком, нейтрализацией под воздействием различных типов атмосферных осадков и эффективности экологобезопасных мероприятий [1, 2]. Осадки воздействуя на пылегазовое облако, очевидно, характеризуют в целом степень самоочищения атмосферы карьера от загрязнения.

Технологические операции по производству массовых взрывов на карьерах Украины зачастую производятся без соблюдения элементарных мероприятий направленных на предотвращение или локализацию негативных последствий, возникающих по мере движения пылегазового облака.

Влияние геометрических параметров карьерных полей, типов применяемых взрывчатых веществ (ВВ), конструкций скважинных зарядов (позволяющих помимо нейтрализации вредных примесей еще и существенно экономить расход ВВ), метеорологических условий в настоящее время недостаточно учитывается, а в некоторых случаях полностью игнорируется производителями. Не имея полной картины в этом аспекте (экономия ВВ, материалов, сокращение эксплуатационных затрат, размеры штрафных санкций и многое другое) они рассматривают эти мероприятия как отрицательный фактор, наносимый ущерб материальному фонду предприятия.

В процессе движения пылегазового облака возникают различного рода химические реакции, играющие роль стабилизатора состояния атмосферы.

Причем, необходимо отметить, что скорости этих реакций в пылегазовом облаке по отдельным элементам в большой степени зависят от типов приме-

няемых ВВ, их количества, видов и интенсивности выпадения осадков, а также констант скоростей реакций вредных веществ и газов [3].

Во время производства массового взрыва, например, при повышенной влажности и низкой скорости ветра в карьере образовывается фотохимический смог, при котором в зависимости от применяемого типа ВВ нейтральная среда преобразуется в кислую среду.

Учитывая, что метеорологические условия во время производства массовых взрывов меняются в широких пределах, необходимо отметить, что время существования примесей в атмосфере будет зависеть в большой степени от вышеперечисленных факторов.

Время существования, например, NO_x можно приближенно оценивать зная тип и количество используемого ВВ, владея информацией о состоянии атмосферы на определенных участках при прохождении пылегазового облака и наличии на его пути водных источников и биологических преград.

Различными авторами ранее установлено, что время существования оксида азота в атмосфере – 168 часов, диоксида азота – 120 часов, азотистой кислоты – 336 часов, азотной кислоты – 72 часа, триоксида азота – 72 часа, оксида углерода – 26280 часов, диоксида углерода – 26280 часов [4, 5, 6, 7, 8].

Отмечается, что время существования твердых частиц фракцией 0,1–10,0 мкм в атмосфере составляет несколько дней, а их осаждение под воздействием осадков и гравитационных сил существенно зависит от размера и формы каждой частицы в отдельности [9, 10].

Если, например, фракции твердых частиц размером 0,1–10,0 мкм при стабильной атмосфере (скорость ветра менее 4 м/с) из пылегазового облака осаждаются под воздействием гравитационных сил, то при нестабильной атмосфере (скорость ветра свыше 4 м/с) эти фракции в зависимости от метеорологических условий и количества взорванного ВВ захватываются движущимся ветровым потоком и поднимаются в более высокие слои атмосферы.

Количество и концентрация вредных веществ в пылегазовом облаке также во многом зависят от выбора конструкции скважинных зарядов.

Конструкции скважинных зарядов, предусматривающие рассредоточение водными и воздушными промежутками, существенно влияют не только на регулирование степени дробления, но и на количество поступающих в атмосферу пылевидных фракций. Использование таких конструкций скважинных зарядов в зависимости от гидрогеологических и метеорологических условий дает возможность широко управлять действием взрыва в массиве. При этом концентрации вредных веществ в пылегазовом облаке при инициировании скважинного заряда, рассредоточенного водным промежутком, в одних и тех же условиях будут ниже, чем при использовании скважинного заряда с воздушным промежутком. Так, при использовании в скважинных зарядах водных промежутков, концентрация вредных веществ снижается на 20 %, а соответственно водных промежутков около 70 % по отношению к зарядам со сплошной конструкцией.

Дисперсный состав пыли, выпадающей из пылегазового облака на различ-

ных расстояниях от места производства массового взрыва при использовании сплошной конструкции скважинного заряда и выпадения различных видов осадков, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – 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, 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

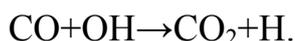
Особое внимание при производстве массовых взрывов следует уделять типу применяемого ВВ, так как тип ВВ по большому счету будет играть существенную роль в выделении NO_x . Например, при использовании ВВ типа граммонит 79/21 выделение $\text{NO} + \text{NO}_2$ 3,33 л/кг, а граммонита 50/50 и гранулола в тех же условиях составляет соответственно 2,82 л/кг [11].

Расчет химических реакций с образованием NO_x , протекающих в атмосфере, выполняется с использованием метода численного моделирования с учетом трансформации этой примеси [8]. Из этих исследований следует, что скорости протекающих в атмосфере реакций для твердых и газовых частиц по

своему характеру отличаются друг от друга.

Если на выпадение твердых частиц из атмосферы карьера и атмосферы в целом огромное влияние оказывают сила гравитации и метеорологические условия, то при воздействии на газовые частицы последние могут носить фатальный характер по воздействию на сельскохозяйственные угодья, металлоконструкции и т.д. (выпадение кислотных дождей).

Воздействие концентраций СО исследовалось на примере его взаимодействия с радикалом ОН [12]:

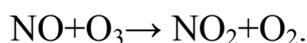


На основании данных [13], свидетельствует о том, что около 90 % СО окисляется в окружающей среде свободным радикалом ОН.

Из работ [14, 15, 16] следует, что аэрозольные частицы размерами меньше 1 мкм в условиях повышенной влажности (выпадение осадков) вызывают у людей раздражение слизистых оболочек, ухудшают видимость.

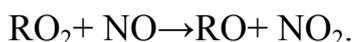
В свою очередь азотосодержащие примеси по своему характеру являются очень агрессивными и токсичными веществами, обладающими окислительными свойствами. Определение их наличия в атмосфере карьера можно проводить калориметрическими методами, методом качественного анализа [17] и другими методами.

Определение NO и NO₂ каждого в отдельности проводят методом хемилюминесценции реакцией NO с O₃ [18, 19]. При определении NO₂ его предварительно при высоких температурах восстанавливают сульфатом железа до NO.



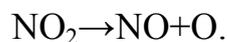
Мониторинг NO_x можно также выполнять используя лазерно-индуцированную флуоресценцию и лазерные методы в целом [20], а в лабораторных условиях – спектроскопией оптического поглощения [21].

Поскольку при движении пылегазового облака NO_x преобразуются в азотные и азотистые кислоты, а проведенные исследования [19] показали, что содержание HNO₃ при дальнейших превращениях значительно меньше NO₂, то в дальнейшем превращения NO_x в пылегазовом облаке необходимо рассматривать в виде реакции пероксирадикалов (источники образования NO₂):



Известно, что азотосодержащие неорганические соединения в аэрозолях находятся в большинстве случаев в виде нитратов. Анализ их содержания в водных источниках можно провести методом ионной, жидкостной хроматографии, а также с помощью метода кондуктометрического титрования [22, 23].

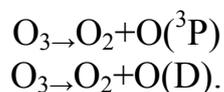
Образование NO и NO₂ при производстве массового взрыва напрямую связано с выбором типа ВВ. Так, при использовании типов ВВ, содержащих в продуктах взрыва большое количество NO_x, при неблагоприятных метеорологических условиях возникает фотохимический процесс, который в дневное время сводится к фотолизу NO₂ [4]:



Образованный атом кислорода в атмосферных условиях реагирует в основном с молекулярным кислородом [5]:



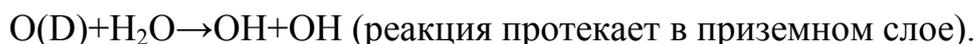
В дальнейшем образующийся в реакции озон подвергается фотолизу, при этом атом кислорода образуется в двух состояниях:



Атом кислорода O(³P) при условии неустойчивого разложения цепи реагирует с окислом азота образуя при этом NO₂:

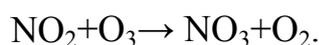


Атом кислорода O(D) под воздействием выпадающих атмосферных осадков вступает в реакцию с парами воды, образуя свободные гидроксильные радикалы:



Во время производства массового взрыва образовавшаяся пыль абсорбирует на своей поверхности NO_x, образуя нитросоединения (нитраты). Необходимо также отметить, что нитраты в атмосфере карьера могут образовываться вследствие неполной детонации ВВ, так как примеси аммиака в воздухе вступают во взаимодействие с твердыми частицами (пыль).

В работах [4, 12] указываются преобладающие химические реакции, происходящие в ночное время:



Отметим, что в промежуточных реакциях NO₃–NO₂ образуется N₂O₅, который под воздействием солнечных лучей достаточно неустойчив:

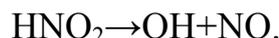




В вышеизложенных реакциях образовавшийся NO может также прореагировать с радикалом OH образовывая при этом азотистую кислоту:

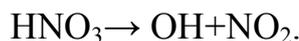


При условии проведения массового взрыва днем образовавшаяся HNO₂ распадается



В реакции NO₂ с OH, например, образуется азотная кислота:

NO₂ + OH → HNO₃, которая при воздействии солнечных лучей более устойчива по отношению к HNO₂:



Заметим, образовавшийся NO₂ при распаде азотной кислоты включается в реакцию, которая сводится к фотолизу. При этом реакция имеет характер цикличной.

Подытоживая вышесказанное можно сделать вывод, что пылевидные фракции, поступающие в атмосферу карьера во время производства массового взрыва, вследствие фотохимического взаимодействия тесно связаны с окислами азота, и на уровень превращений NO_x огромное влияние будет оказывать тип и количество используемого ВВ.

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.

Глубина карьера, его размеры в плане, а также отметка уровня производства массовых взрывов в значительной степени влияют на вынос вредных веществ за пределы карьерного поля и концентрацию загрязнения прилегающих территорий.

Распространение частиц в пылегазовом облаке от взорванного блока на различные расстояния, а также превращение их в те или иные вредные химические соединения в значительной мере зависят от метеорологических условий.

Зная особенности влияния вышеперечисленных факторов при производстве массовых взрывов можно не только прогнозировать изменение концентрации вредных веществ с расстоянием, но и планировать и реализовывать комплекс мер, направленных на защиту окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротенко Л.М., Пацера С.В., Ворон Е.А. Влияние метеорологических условий на загрязнение окружающей среды при производстве массовых взрывов на карьерах // Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов. Вып. № 65, 2006 г
2. Методические подходы к выбору устойчивого развития территории / Под научной редакцией проф., д-ра техн. Наук А.Г. Шапаря; НАН Украины. Ин-т проблем природопользования и экологии. – Днепропетровск, 1996. В двух томах.
3. Химия нижней атмосферы: Пер. с англ. / Под ред. С. Разула.–М.: Мир, 1976. – 407 с.
4. Leighton P.A. Photochemistry of Air Pollution.–N.Y. Academic Press, 1961. – 300 p.
5. Atmospheric chemistry / Ed. Goldberg E.D. – Berlin: Springer-Verlag, 1982. – 385 p.
6. Carter W.P.L., Lloyd A.C., Sprung J.N., Computer modeling of smog chamber data: progress in validation of a detailed mechanism for the photooxidation of propene and *n*-butane in photochemical smog // Int. J. Chem. Kinet. – 1979. – V. 17. – P. 45-101.
7. Grosjean D. Distribution of atmospheric nitrogenous pollution at a Los Angeles area smog receptor site // Environment Sci. Technol. – 1983. – V. 17. – P. 13-19.
8. Пененко В.В., Алоян А.Е., Бажин Н.М., Скубневская Г.И. Численная модель гидрометеорологического режима загрязнения промышленных районов // Метеорология и гидрология. – 1984. – №4. – С. 5-15.
9. Prospero J.M., Charlson R.J., Mohnen V. et al. The Atmospheric aerosol system: an overview // Rev. Geophys. Spac Phys. – 1983. – V. 21, N 7. – P. 1607-1629.
10. Зберовский А.В. Охрана атмосферы в экосистеме «карьер-окружающая среда-человек». – Днепропетровск, РИО АП ДКТ, 1997, 136 с.; 64 ил.
11. Проблеми екології масових вибухів у кар'єрах / Е.І. Єфремов, П.В. Бересневич, В.Д. Петренко та ін.; Під редак. чл.–кор. НАН України Е.І. Єфремова. – Дніпропетровськ: Січ, 1996. – 179 с.
12. Demore W.B., Margitain I.I., Molina M.I. et al. Tables of rate constants extracted from chemical kinetic and photochemical data for use in stratospheric modelling. Evaluation number 7 // Int. J. Chem. Kinet.–1985. – V. 17.–P. 1135-1151.
13. Campbell M.J., Sheppard K., Au B.F. Measurements of hydroxyl concentration in boundary layer air by monitoring CO oxidation // Geophys. Res. Lett.–1977. – V. 4. – P. 101-104.
14. Розенберг Г.В. Возникновение и развитие атмосферного аэрозоля – кинетически обусловленные параметры // Изд. АН СССР. Физика атмосф. океана – 1983. – Т. 19, № 1.–С 21-36.
15. Husar R.B., Whitby K.T., Growth mechanisms and size spectra of photochemical aerosols // Environ. Sci. Technol. – 1973. – V. 7. – P. 241-247.
16. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И. Єфремов, П.В. Бересневич, В.Д. Петренко и др. – Днепропетровск: Січ, 1996. – 178 с.
17. Сегада А.С. Аналітична хімія. Якісний і кількісний і аналіз.–Навчально-методичний посібник.–К.: ЦУЛ, Фіто центр. – 2003. – 312 с.
18. Project Gametag.–Global Atmospheric Measurements experiment on tropospheric aerosol and gases // J. Geophys. Res.–1980. – V. 85, N C12.
19. Kelly T.J., Stedman D.H., Ritter J.A., Harvey R.S. Measurements of oxides of nitrogen and nitric acid in clean air // J. Geophys. Res. – 1980 V. 85, N C12. – P. 7417-7424.
20. Зуев В.Е., Наац И.Э. Обратные задачи лазерного зондирования атмосферы. – Новосибирск: Наука, 1982. – 242 с.
21. Helas G. Techniques for the measurement of tropospheric nitrogen compounds: NH₄, NO, N₂O, HNO₂, NO₂, HNO₃, NO₃ and PAN // Chemistry of unpolluted and polluted troposphere. – Dordrecht, 1982. – P. 35-55.
22. Mulik J.D., Sawiski E. Ion chromatography // Environ. Sci. Technol. – 1979. – V. 13, N 7. – P. 804-809.
23. Klockow D. Analytical chemistry of the atmospheric aerosol // Chemistry of unpolluted and polluted troposphere. – Dordrecht, 1982. – P. 57-90.