© В.В. Гарнов, Б.Г. Горюнов,
В.В. Александров,
А.В. Адушкин, 2007

УДК 550.348+5512

В.В. Гарнов, Б.Г. Горюнов, В.В. Александров,
А.В. Адушкин

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНЕ СИЛЬНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Семинар № 11

В настоящее время становятся все более актуальными исследования, связанные с предсказанием и определением последствий природных и техногенных катастрофических явлений, вызванных взрывом взрывчатых веществ (ВВ), газопроводов, вулканов, ударом метеорных тел, комет и т.д.

Катастрофы, происходящие из-за взрывов, занимают значительное место среди аварийных ситуаций, возникающих при реализации различных технологических процессов. Известны крупные аварийные взрывы при хранении и транспортировке ВВ [1-3]. Для оценки возможного развития чрез-вычайных ситуаций при взрывах целесообразно использовать опыт, накопленный при проведении экспериментальных взрывов, а также использовать данные по имеющимся аварийным взрывам. Аварийные взрывы могут быть отнесены к накладным наземным взрывам.

При наземных взрывах основное количество энергии расходуется на механическое разрушение грунта, тепловое излучение и уносится ударной волной в воздух. Проведенные исследования показали, что все эти факторы оказывают негативное влияние на экологическое состояние прилегающего к взрыву района. Область сильного механического воздействия на литосферу определяется воронкой и сейсмической волной, при этом происходит нарушение микрорельефа. Воздушная ударная волна и тепловое излучение наносят повреждения растительности и живым организмам. На поздних стадиях взрывов в атмосферу выбрасывается большое количество нагретого газа, пыли, которые поднимаются в верхние слои атмосферы и распространяются по ветру на большие расстояния, загрязняя окружающую среду. В условиях глобального звукового канала акустические и инфразвуковые возмущения, вызванные взрывом, могут распространяться на большие расстояния. Экологические последствия таких явлений недостаточно изучены и являются предметом экспериментального и теоретического моделирования. Важным фактором при изучении аварийных взрывов является экологический мониторинг, который позволяет оценить развитие негативных последствий взрыва.

Задачей и содержанием мониторинга является осуществление системных наблюдений за состоянием окружающей среды, обеспечивающее регистрацию изменений, происходящих в биосфере, оценку различных негативных факторов и объективную оценку опасности загрязнения и деградации окружающей среды.

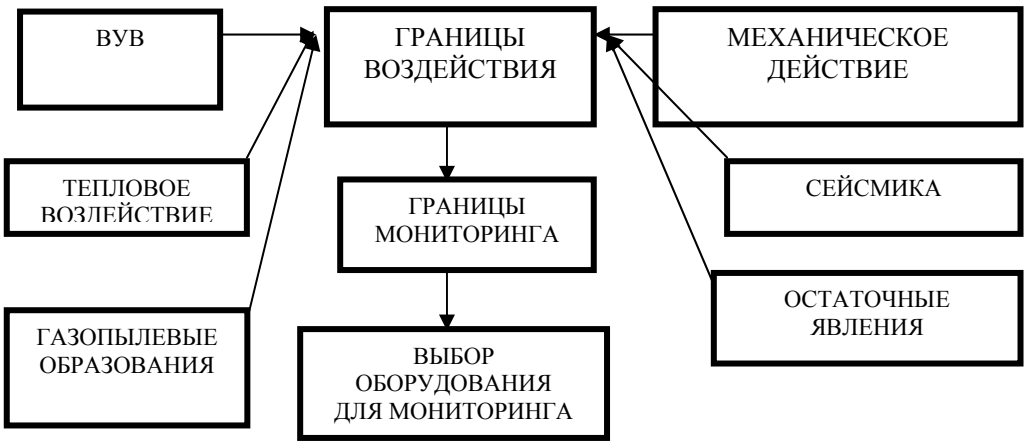

Рис.1. Схема последовательности проведения экологического мониторинга

Наблюдения осуществляются приборными средствами, а оценка - посредством использования модели источника.

Частный мониторинг является составной частью экологического. Изучается влияние на биосферу и геофизические процессы в ней, путем измерений и наблюдений геофизических характеристик окружающей среды, их изменений во времени. Оценка качества окружающей среды проводится по результатам этих измерений. Объектом мониторинга является территория вокруг контролируемой зоны взрыва и зоны возможного поражения.

Предметом мониторинга на указанных площадях будет:

- почва и грунт, пыль и аэрозоли;
- воды (подземные и поверхностные);
- воздух (атмосферный и почвенный);
- растительность и животный мир региона.

Период мониторинга может быть сезонный или годовой в зависимости от нахождения близлежащих природных и промышленных объектов. Мо-ниторинг основан на использовании имеющихся методов и моделей. Осуществляется с использованием принципов общей экологии, системного подхода, геофизических методов и представлений.

Основные задачи определяются системой наблюдения и контроля состояния природной среды и потенциально опасных объектов:

- сбор и анализ информации о состоянии природной среды:
- прогнозирование и наблюдение за экологической обстановкой;
- экологическая экспертиза возможных аварийных ситуаций;

Поля изучения:

- эпицентральная зона;
- район прохождения следа от облака взрыва.

На рис. 1 приведена схема проведения экологического мониторинга.

Рассмотрим результаты наблюдений при опытных наземных взрывах химических ВВ. Определяющим при этом является оценка зон поражения природных объектов.

Для экспериментального и математического моделирования процессов взрывного типа используются создаваемые базы данных по известным крупным экспериментальным и аварийным взрывам ВВ и их мониторингу.

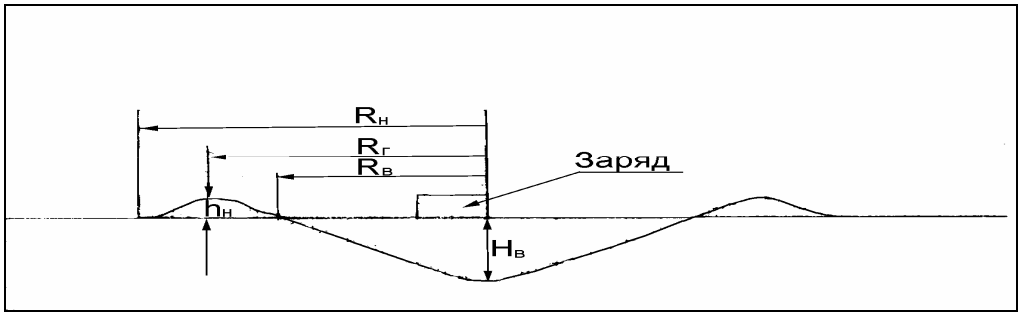

Рис. 2. Характерный профиль воронки взрыва

Схема типичного профиля воронки взрыва тротила на мягком грунте приведены на рис. 2. При крупных аварийных взрывах возникают зоны локальных поражений экологических (геоэкологических) структур. К таким структурам может быть отнесена приповерхностная область литосферы, с которой непосредственно взаимодействует атмосфера, биосфера и гидросфера.

Оценим на экспериментальном материале экологические последствия и границы таких наземных взрывов [1, 2]. Основными факторами воздействия на окружающую среду в этом случае являются механическое воздействие на верхний слой грунта, образование воронки и навала, воздействие воздушной ударной волны на прилегающий район, тепловое облучение, а также действие продуктов взрыва и газопылевого облака на грунт и окружающую среду. Рассмотрим их в перечисленном порядке.

В эпицентре взрыва на поверхности слоя мягкого грунта в зоне наибольшего механического повреждения верхнего слоя образуется воронка и навал. Характерные значения радиуса, площади, максимальной глубины и объема воронки определяются эмпирическими формулами $R_в$=3,4 $q^{1/3}$, м; $H_в$=1,6 $q^{1/3}$, м; S=40 $q^{2/3}$, м^2; V=26 q, м^3 , где q - тротиловый эквивалент взрыва в тоннах. Поверхность, которая не может быть восстановлена без специальной рекультивации, оценивается, как площадь, ограниченная навалом грунта, равная около S ≈1000 $q^{2/3}$, м^2. Образование воронок приводит к разрушению верхнего слоя грунта, изменению рельефа местности, нарушению верхних водоподстилающих слоев. Под воронкой происходит разрушение массива в значительных объемах. Если рекультивация местности после взрыва не производится, то со временем воронка может обводниться с образованием устойчивого водоема. Сезонные обводнения могут привести к обрушению бортов и сносу грунта с образованием оврагов, особенно при взрывах на склонах.

При падении больших кусков грунта, выброшенного из воронки, могут образоваться вторичные воронки, соизмеримые с размером центральной воронки, что увеличивает площадь разрушения. Разрушение верхнего слоя грунта и изменение местного рельефа может быть отнесено к нарушению геоэкологического характера. В воронке и навале обычно отмечаются повышенные содержания абсорбированных нитратных соединений. Через год это приводит к сильному зарастанию этих участков растительными формами не типичными для этой местности. На второй год из-за сезонного разрушения мягкого кускового материала, выстилающего воронку, ее поверхность частично выравнивается.

Характерные повреждения некоторых природных объектов при эталонном взрыве тротила массой 1000 т

R, м	R^0, м/кг$^{1/3}$	$\Delta P_м$, МПа	I_+, МПа с	τ_+, с	Действие взрыва
115	1,15	1,24	0,047	0,182	Граница сплошного навала
120	1,2	1,102	0,045	0,186	Сильное повреждение лесного массива, повал деревьев
150	1,5	0,621	0,036	0,208	Наклон деревьев на 30-40^0. Обрыв листьев и сучьев.
235	2,35	0,211	0,023	0,261	Обугливание древесины.
600	6,0	0.033	0,009	0,416	Повал отдельных деревьев. Уплотнение снежного покрова на 80-90%, гибель биообъектов.
800	8,0	0.021	0,0068	0,481	Разрушение среды обитания
2800	28	0.004	0,0019	0,90	Разрушение среды обитания биообъектов на деревьях

Высота навала и глубина уменьшаются на 20-30 %. Далее идут участки, для которых может понадобиться частичная рекультивация. Обычно они располагаются с подветренной стороны по следу газопылевого облака.

За границей навала прослеживается действие воздушной ударной волны (ВУВ), которая при своем прохождении воздействует на поверхность грунта, создавая избыточное давление и скоростной напор воздуха. На образование ВУВ расходуется до 70 % энергии контактного взрыва. Параметры ударной волны рассчитываются по эмпирическим формулам М.А. Садовского для зависимости приращения максимального давления ΔP, длительности t_+, и удельного импульса i положительной фазы волны от расстояния R и тротилового эквивалента q при взрыве в диапазоне $1 \le (R/q^{1/3}) \le 100$, м/кг$^{1/3}$.

$$\Delta P = 0,095/(R/q^{1/3}) + 0,39/(R/q^{1/3})^2 +$$

$$+1,3/(R/q^{1/3})^3,\ МПа$$

$$t_+ = 1,7 q^{1/6} R^{1/2},\ с;$$

$$i - 5,4 \cdot 10^{-4} q^{2/3}/R,\ МПа\,с$$

Площадь зоны остаточного воздействия, определяемая границей избыточного давления ΔP ≈ 0.004 МПа, составляет $S = 2,5\ 10^5\ q^{2/3}$, м^2, где q в тоннах. Воздействие ударной волны на участок с лесом проявляется в повале деревьев, срыве кроны и листьев. Зона необратимых повреждений лесного массива лежит в границах с избыточным давлением ΔP≥0,03 МПа при скорости воздушного потока свыше 40-50 м/с на площади до $S \approx 1,3\ 10^4\ q^{2/3}$, м^2. Избыточное давление до 0,02-0,03 МПа является предельным для многих биологических объектов.

Тепловое воздействие взрыва определяется излучением и теплообменом с нагретым ударной волной воздухом и продуктами взрыва. При плотности энергии излучения не менее 40 Дж/см^2 могут загораться различные легко воспламеняющиеся материалы. Подъем пыли уменьшает вероятность образования очагов возгорания из-за экранировки потока излучения. Площадь зоны с наибольшей вероятностью возгорания сухого тор-фяника и хвойного сухостоя по оценкам составляет $S \approx 1,3\ 10^3\ q^{2/3}$, м^2.

Образовавшееся при взрыве газопылевое облако, объем которого возрастает со временем, перемещается по ветру. Выпадение продуктов взрыва, крупных частиц и пыли происходит на значительном расстоянии в направлении движения. С наветренной стороны выпаде-

ние твердых частиц происходит на расстояние $R \approx (10\text{-}20)\ R_в$. Толщина слоя осадков на этих границах составляет 1-1,5 мм. Вдоль земли может распространяться базисная волна, пыль от которой осаждается до расстояний (20-30) $R_в$ от центра взрыва. Газовое облако на поверхности распространяется на площади до $S \approx 1{,}4\ 10^3\ q^{2/3}$, м^2 [4].

Характерный состав продуктов взрыва тротила содержит двуокись углерода CO_2, окись углерода CO, азот N_2, углерод C, окислы азота NO_2, NO, воду и ряд малых составляющих. Часть этих продуктов адсорбируется в грунте. Химический контроль воздуха, начиная от воронки и по следу облака, показывает наличие окислов азота, окиси углерода, аммиака NH_3 и следов синильной кислоты HCN. Возможно появление участков с повышенной концентрацией продуктов взрыва из-за их затекания в складки местности. В таблице приведены возможные относительные границы поражения природных объектов в зависимости от избыточного давления возникающего при взрыве. Также показаны абсолютные значения граничных расстояний для мониторинга экспериментального взрыва тротила массой q = 1000 т.

Особенностью одиночных взрывов является и то, что максимальное воздействие на экологию района происходит на начальном периоде в локализованном районе и последствия взрыва могут проявляться со временем. Дальнейшее изучение экологического состояния в районе взрыва путем экологического мониторинга дает возможность уточнить отдаленные экологические последствия, что в конечном итоге позволит более полно представить экологическое состояние прилегающих районов, Многолетние наблюдения районов известных крупномасштабных взрывов указывают на то, что развития каких-либо отдаленных негативных последствий после рекультивации района взрывов не наблюдается.

Выше рассмотренные функциональные связи различных физических явлений при аварийном взрыве позволяет оценить границы и зоны мониторинга и определить методики и оборудование для его проведения. В случае если масса ВВ не известна, то по границам воздействия можно оценить мощность взрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бесчастнов М.В.* Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. М., Химия. 1991. 432 с.
2. *Бейкер У., Кокс П. и др.* Взрывные явления. Оценки и последствия. Перевод с английского, ред. Гельфанд Б.Е., Зельдович Я.Б. М., Мир, 1986, 384 с.
3. *Кармолин А.М., Чернигов А.Д., Коршунов Ю.Н.* Безопасная перевозка взрывчатых веществ железнодорожным транспортом. М., Транспорт, 1992, 383 с.
4. *Адушкин В.В., Гарнов В.В., Христофоров Б.Д.* Особенности передачи детонации при крупномасштабном взрыве. Безопасность труда в промышленности.N2, 1995, С. 33-35. ГИАБ

Коротко об авторах

Гарнов В.В., Горюнов Б.Г., Александров В.В., Адушкин А.В. – ИДГ РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 11 симпозиума «Неделя горняка-2006». Рецензент д-р техн. наук, проф. *И.М. Петухов.*