

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА БЕЗОПАСНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

САПЛИН О. Н., ТИТОВ Д. Ю., ШУЛАКОВ Д. Ю., ГУСЕВ А. И.

Более 70 % объема полезных ископаемых в горном деле добывается с помощью энергии взрыва. В ближайшей перспективе использование энергии взрыва останется основным и наиболее эффективным методом. Зоны распространения пылегазовых выбросов, ударных воздушных волн, разлета кусков породы могут быть довольно точно рассчитаны в типовых проектах, в то время как зона распространения сотрясательных явлений от взрыва является труднопрогнозируемой. С целью выявления зоны распространения сотрясательных явлений в результате ведения взрывных работ в горно-геологических условиях, характерных для Биянковского месторождения карбонатных пород (Челябинская обл.), для определения границ безопасного расположения инфраструктурных объектов карьера проведен комплекс работ по измерению сейсмического воздействия взрывов на массив пород. При проведении полевых инструментальных измерений в качестве датчиков использовались трехкомпонентные короткопериодные сейсмометры Mini SeisMonitor HS-1, сигналы которых записывались на цифровые сейсмические модули «Байкал-8» (Россия). Установлена зависимость величины сейсмического воздействия от эпицентрального расстояния, позволяющая определять безопасность влияния сотрясательных явлений от производства взрывных работ.

Ключевые слова: энергия взрыва; сотрясательные явления; сейсмическое воздействие; массив пород; эпицентральное расстояние.

Взрывные работы в горном деле – важнейший способ разрушения массива горных пород и один из главных технологических процессов при разработке месторождений твердых полезных ископаемых [1]. Более 70 % объема полезных ископаемых в горном деле добывается с помощью энергии взрыва, а объемы раздробленной и перемещенной взрывами горной массы исчисляются миллионами кубических метров в год.

В настоящее время ведутся исследования в области невзрывных способов разрушения массива горных пород, однако в ближайшей перспективе использование энергии взрыва остается основным и наиболее эффективным методом [2].

Вместе с тем в процессе ведения взрывных работ проявляются и последствия в виде пылегазовых выбросов, ударных воздушных волн (УВВ), разлета кусков породы, сотрясательных явлений в массиве [3].

Если зоны распространения пылегазовых выбросов, УВВ, разлета кусков породы довольно точно рассчитываются в типовых проектах, то зона распространения сотрясательных явлений от взрыва является труднопрогнозируемой, явно не видимой.

В свою очередь, сотрясательные явления создают дополнительную трещиноватость массива горных пород, прежде всего склонов, откосов и скальных выхо-

Саплин Олег Николаевич – генеральный директор. 456007, Челябинская обл., Ашинский р-он, г. Миньяр, ст. Биянка, ООО «Биянковский щебеночный завод». E-mail: bsz@nnk.ru

Титов Дмитрий Юрьевич – юриконсульт. 456007, Челябинская обл., Ашинский р-он, г. Миньяр, ст. Биянка, ООО «Биянковский щебеночный завод». E-mail: bsz@nnk.ru

Шулаков Денис Юрьевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией природной и техногенной сейсмичности. 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а, Горный институт УрО РАН. E-mail: arc@mi-perm.ru

Гусев Анатолий Иванович – кандидат технических наук, директор. 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 83, оф. 517, ООО «Компания «Промаудит». E-mail: agusev74@mail.ru

дов, а соответственно и их сдвигание, что влияет на безопасную эксплуатацию инфраструктурных объектов (зданий, сооружений, внутрикарьерных дорог и т. п.), находящихся вблизи производства взрывных работ. Расположение объектов инфраструктуры на гарантированном удаленном расстоянии от зоны влияния взрывных работ часто затратно, а порой технологически невозможно [4].

С целью выявления зоны распространения сотрясательных явлений в результате ведения взрывных работ в горно-геологических условиях, характерных для Биянковского месторождения карбонатных пород (Челябинская обл.), для определения границ безопасного расположения инфраструктурных объектов проведен комплекс работ по измерению сейсмического воздействия взрывов на массив пород в контурах карьеров ООО «Биянковский щебеночный завод» (ООО «БЩЗ») и ООО «Миньярский карьер».

Комплекс работ включал следующее:

- проведение инструментальных измерений величины сейсмического воздействия буровзрывных работ;
- экспресс-оценку резонансных характеристик грунта в пункте измерения;
- оценку величины сейсмического воздействия на разных эпицентральных расстояниях и при разной массе заряда;
- оценку допустимой величины сейсмического воздействия и сопоставление ее с фактически измеренными значениями.

Кроме того, поскольку карьер находится вблизи железной дороги с частым движением подвижного состава (Транссибирская магистраль), выполнены измерения сейсмического воздействия от проходящих железнодорожных составов и их сопоставление с воздействием на массив взрывных работ. Измерительные работы проведены Горным институтом УрО РАН (*Отчет по договору № БЩЗ-24.07.17-38-232 от 24.07.2017 г. с ООО «Биянковский щебеночный завод». Измерение сейсмического воздействия взрыва, проведенного 25 июля 2017 г. Пермь, 2017. 33 с.*).

Установлена максимально допустимая величина сейсмического воздействия на склоны, откосы и скальные выходы, прилегающие к карьеру ООО «БЩЗ», которая составляет не менее 7,7 см/с.

При проведении полевых инструментальных измерений в качестве датчиков использовались трехкомпонентные короткопериодные сейсмометры Mini SeisMonitor HS-1 (собственная частота 2 Гц), сигналы которых записывались на цифровые сейсмические модули «Байкал-8» (Россия). Модули «Байкал-8» осуществляют преобразование аналогового сигнала датчиков в цифровой вид (коэффициент преобразования 0,303 мкВ/дискр.) с частотой дискретизации до 1000 Гц и сохраняют данные во внутренней памяти.

Наиболее характерные примеры записей взрывов, полученных на разных эпицентральных расстояниях, представлены на рис. 1.

На приведенных сейсмограммах можно увидеть ряд характерных особенностей. Во-первых, с увеличением эпицентрального расстояния увеличивается длительность сигнала. Это обусловлено как разной скоростью распространения разных типов волн, так и появлением в хвостовой части сигнала кода-волн, формирующихся за счет рассеяния (дисперсии) сигнала в неоднородной среде. Во-вторых, на всех сейсмограммах достаточно четко выделяются два цуга колебаний: в начальной части – высокочастотный, соответствующий приходу объемных сейсмических волн (продольных P и поперечных S), затем – более длиннопериодный, являющийся волнами поверхностного типа L и кода-волнами. Степень выраженности этих цугов на разных сейсмограммах различная, на малых расстояниях они могут частично накладываться друг на друга, однако с увеличением

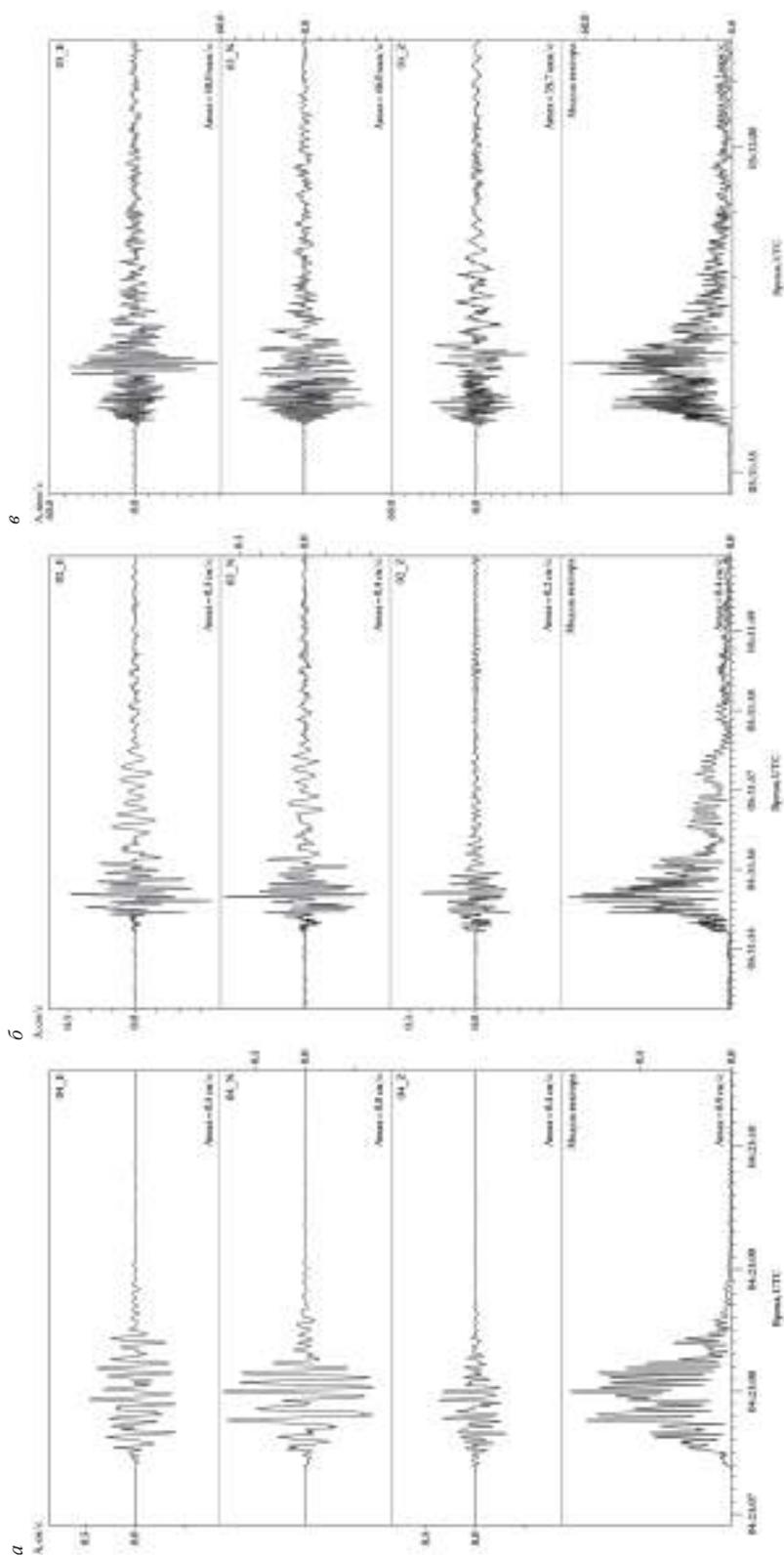


Рис. 1. Сейсмограммы взрыва:
 а – карьер ООО «БШЗ», эпицентрального расстояние 277 м; б – карьер ООО «Миньярский карьер», эпицентрального расстояние 688 м; в – карьер ООО «Миньярский карьер», эпицентрального расстояние 3720 м

дистанции из-за разницы в скорости распространения разделение становится очень четким.

Для расчетов была определена зависимость амплитуды сейсмической волны V от приведенного расстояния $R_{пр}$, характеризующейся степенной функцией с коэффициентом корреляции 0,96:

$$t^* = 8820R_{пр}^{-2,42}.$$

Исходя из максимальной массы заряда на одну ступень 328 кг установлена зависимость величины сейсмического воздействия от эпицентрального расстояния (рис. 2).

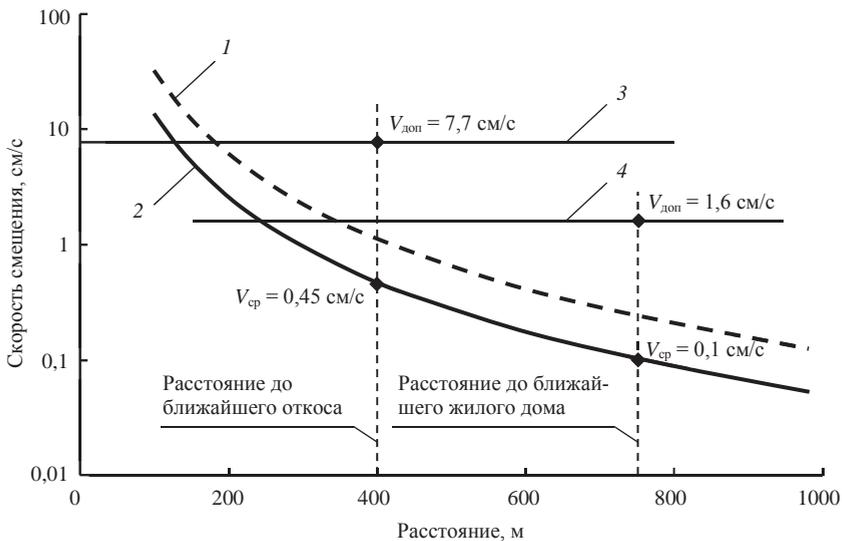


Рис. 2. Зависимость величины сейсмического воздействия от эпицентрального расстояния:

1, 2 — максимальная и средняя величина сейсмического воздействия соответственно; 3, 4 — предельно допустимые уровни сейсмического воздействия для склонов и откосов, для индивидуальных жилых домов соответственно; $V_{дон}$, $V_{сп}$ — допустимая и средняя скорость смещения соответственно, см/с

Установленная зависимость позволяет определять безопасность влияния сотрясательных явлений от производства взрывных работ. По фактическим параметрам в настоящее время расстояние до ближайшего откоса и жилых объектов более чем в два раза превышает зону сотрясательных явлений.

В процессе проведения полевых измерений зарегистрировано большое количество колебаний, связанных с движением подвижных составов по проходящей вблизи железной дороге.

На основании выполненных расчетов количества энергии сейсмических волн, приходящейся на единицу площади в данном месте, от взрывных работ в карьере ООО «БЦЗ» и от проходящих железнодорожных составов с учетом интенсивности их движения определено среднеемесячное количество сейсмической энергии. Установлено, что совокупное влияние интенсивного движения подвижных составов по железной дороге превышает влияние взрывных работ в 2,7 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузов Б. Н. Взрывные работы. М.: Недра, 1988. 284 с.
2. Матвейчук В. В., Чурсалов В. П. Взрывные работы. М.: Академический проект, 2002. 384 с.

