

В.А. Штирц, А.А. Еременко, А.И. Конурин, И.В. Клишин
ОПЫТ ПРОГНОЗА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ

Выполнен анализ геомеханического состояния горных пород на Таштагольском руднике ОАО «Евразруда» при проведении массового взрыва по обрушению блока для обеспечения безопасности горных работ и разработки предложений, обеспечивающих увеличение полноты и качества рудного минерального сырья, устойчивого развития очистных работ в удароопасных условиях. Геологическое строение блока осложнено серией разрывов, которые образуют полого падающую зону нарушений. Такая тектоника района определяет повышенную геодинамическую активность массива в основном в виде квазипластических деформаций, которые приводят к горным ударам, вывалам и выбросам горной массы, нарушению крепления, рыхлению почвы и поднятию и путей. На основе анализа мест локализации динамических явлений при предыдущих массовых и технологических взрывах на этом участке шахтного поля определены наиболее вероятные зоны и области динамических форм проявления горного давления. Выполнен прогноз коэффициента удароопасности при проведении массового взрыва по обрушению блока исходя из планируемой массы взрывчатых веществ и расчетной сейсмической энергии взрыва. В результате получено заключение о возможном развитии геодинамической ситуации при проведении массового взрыва по обрушению блока.

Ключевые слова: горный удар, прогноз, массовый взрыв, динамические явления, безопасность горных работ, коэффициент удароопасности, горное давление.

При переходе горных работ на глубины 600–1000 м и ниже условия эксплуатации железорудных месторождений в Горной Шории и Хакасии резко ухудшаются из-за проявления горного давления в динамической форме [1–3]. После массовых и технологических взрывов наблюдаются динамические явления различной интенсивности, в связи с чем возникает необходимость прогноза мест локализации и энергии этих явлений [4, 5]. Для обеспечения безопасности горных работ и разработки предложений, обеспечивающих увеличение полноты и качества рудного минерального сырья, устойчивого развития очистных работ в удароопасных условиях необходимо выполнение прогноза геодинамических явлений перед каждым массовым взрывом.

Для прогноза геодинамических явлений на Таштагольском руднике ОАО «Евразруда» при проведении массового взрыва по блоку 12 в декабре 2014 г. был выполнен анализ геомеханического состояния горных пород при отработке блоков № 12 в этажах (-350):(-140) за период с 1982 по 2014 гг.

Блок № 12 в этаже (-350):(-280) расположен в центральной части массива на сочленении рудных тел № 1 и № 6–9, которые разделены зоной Диагонального нарушения. Геологическое строение блока осложнено серией разрывов, которые образуют полого падающую зону нарушений. Такая тектоника района определяет повышенную геодинамическую активность массива в основном в виде квазипластических деформаций, которые приводят к горным

ударам, вывалам и выбросам горной массы (деформации сдвижения), нарушению крепления, рыхлению почвы и поднятию и путей. Наиболее серьезные по своим последствиям горные удары на Таштагольском руднике происходили при проведении работ именно на этом участке рудного поля.

Ранее на этом участке шахтного поля массовые взрывы (МВ) по блокам № 12 в этажах (-280):(-70) производились в 1982, 1989 и 2002 гг.

В 1982 г. был произведен МВ по блоку № 12 в этаже (-140):(-70) м. Энергетический класс МВ составил 8,85.

При подготовке блока № 12 было проведено 10 технологических взрывов по формированию компенсационной камеры, подсечного пространства блока и др. В этот период зарегистрировано 15 сейсмических событий. Их эквивалент составил более 0,1 т, что соответствовало 4 энергетическому классу.

МВ по блоку спровоцировал ряд мощных горных ударов:

- горный удар 12.12.82 г. произошел сразу после МВ в кольцевом штре-

ке горизонта -140 м на сопряжении с ортом № 16;

- горный удар 15.12.82 г. произошел на третий день после технологического взрыва (ВВ -1463 кг) по образованию разворота (воронки) в блоке № 12, при этом были нарушены крепления и подняты пути в ортах 13–19 (горизонт -140 м);

- горный удар 25.12.82 г. (разрушения в ортах 17–21 горизонта -140 м и в ортах 15–18 горизонта -210 м) зарегистрирован на второй день после технологического взрыва по образованию подсечки (ВВ – 1682 кг). После прошла серия сейсмических событий с энергией более 4 класса (эквивалент по ВВ от 0,09 до 0,9 т);

- горный удар 6.02.83 г. произошел после технологического взрыва по образованию уступа (ВВ – 263 кг). После него были зафиксированы нарушения на горизонте -70 м в ортах № 8–11 в виде поднятия путей.

В 1989 г. было проведено 5 массовых взрывов, один из них по блоку № 12–112 в этаже (-210):(-140) м с массой ВВ, равной 210,5 т. Сейс-

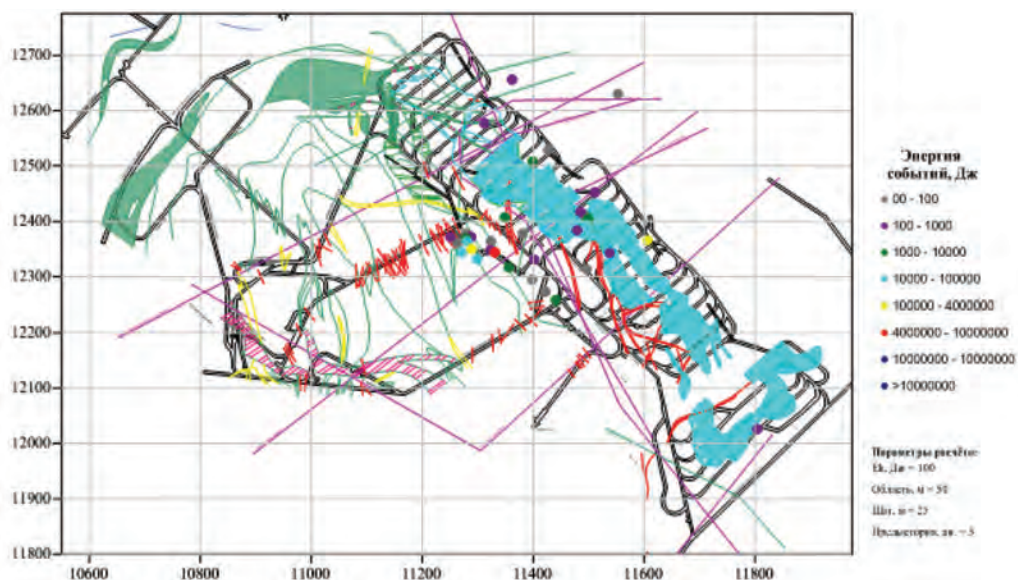


Рис. 1. Распределение толчков после МВ по блоку № 12–112 (гор -140 м)

мическая энергия взрыва составила $7,2 \times 10^8$, длительность – 250 с; эквивалент по ВВ – 206 т.

После массового взрыва наблюдался высокий уровень сейсмической активности в районе северо-западного полевого штрека (СЗПШ) и склада ВМ на гор. (-210):(-140) м; западного контакта рудных тел № 1 и № 6–9; между ортами 8–13 в этаже (-210):(-140) м; между стволами Западным и Ново-Капитальным и во вмещающем массиве, а также в районе Диагонального разлома, при этом энергия колебалась от $1,2 \cdot 10^3$ до $8,5 \cdot 10^6$ Дж. Всего в течение 1989 г. зарегистрировано 279 динамических явлений: 2 стрельняния, 1 внезапное обрушение кровли и 276 толчков (рис. 1). Около 194 толчков связано со взрывными работами.

Во время подготовки блока № 12 к отработке при проведении технологических взрывов возросла сейсмиче-

ская активность в районе п. Кочура (II полугодие 1989 г. – 331 событие). Также влияние на сейсмическую активность оказали горные работы, связанные с разрезкой горизонта -280 м (15.01.1990), при этом произошел горный удар, который связан как с перераспределением напряжений после взрыва блока № 12, так и подготовкой разрезного блока № 17.

После МВ наблюдался высокий энергетический уровень толчков в первые 4 ч и через 15–18 ч, а горный удар с максимальной энергией (10^6 Дж) произошел через 2 сут. после взрыва.

Массовые взрывы в районе аналогичных геологических структур (блоки № 12, 13, 112, 113) практически все приводили к различным нарушениям в ортах № 7–20 на верхнем и нижнем горизонтах взрываемого этажа.

В 2002 г. было проведено 3 массовых взрыва, один из них по блоку

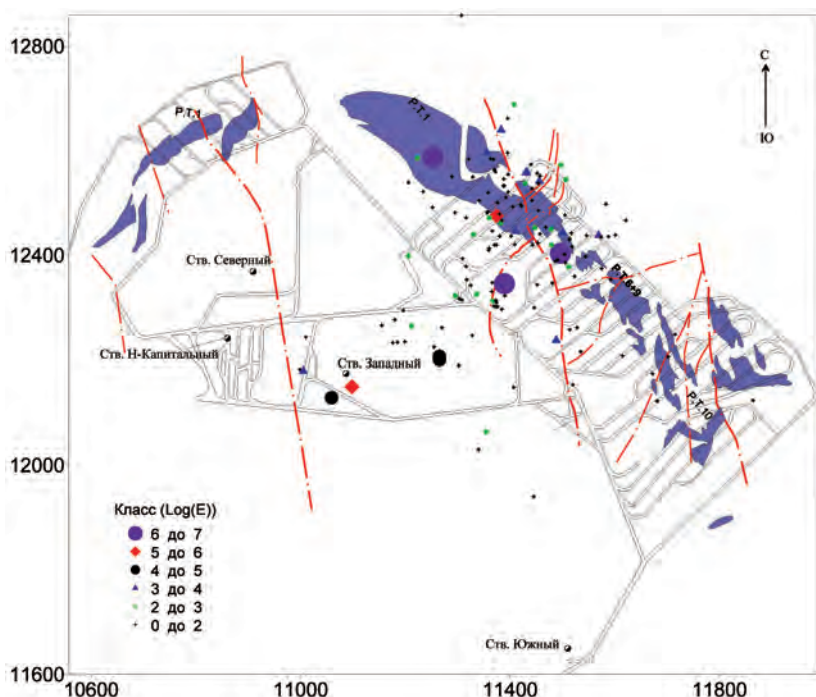


Рис. 2. Сейсмическая активность в 2002 г. (гор. -280 м) с 28.07.2002 г. до ближайшего взрыва (14.9.2002)

№ 12 (28.07.2002 г.) с массой ВВ, равной 181,23 т. Сотрясение массива наблюдалось в течение 210 сек, эквивалент по ВВ составил 260 т.

Технологические взрывы по подготовке к обрушению блока № 12 в 2002 г. привели к достаточно ожидаемой геодинамической обстановке. Регистрировалось от 9 до 15 сейсмособытий 3–7 классов, при этом 30% из них в течение суток после взрыва. Район развития деформационных процессов распространялся от ортов № 3–4 до южного треугольника в этаже -280:-140 м. Наиболее заметные повреждения фиксировали в 12-м и 13-м ортах, по полемому штреку в районе его сопряжения с этими выработками (-280 м); по СЗПШ на гор. -210 м, напротив орта № 19 и на гор. -140 м в районе южного треугольника (сколы бетона в ходке). Эти проявления наблюдались в районе Диагонального нарушения.

Всего после массового взрыва по блоку № 12 с июля по ноябрь 2002 г. зарегистрировано 361 динамическое явление, из которых 58 зафиксировано в течение 12 час. после массового взрыва (рис. 2).

Точность определения координат событий за отчетный период проверялась по проведенным массовым и технологическим взрывам. Согласно полученным данным, ошибка составляла 20–25 м, и не превышала средних значений за предыдущие 10 лет.

После МВ высокий энергетический уровень толчков наблюдался в течение первых 5 час. когда произошел горный удар с максимальной энергией (10^6 Дж), а также через 1 сутки и на 4 сутки после взрыва.

После МВ основные нарушения зафиксированы:

- на горизонте -280 м в восточных, центральных и западных частях ортов 9–13;

- орт 12: в районе ниши треснуло бетонное крепление и в районе ВДПУ

№ 2, 3, 5, 7 на протяжении 9 м поднята северная нитка пути; отслоения бетона в районе ВДПУ № 3–7, обрушено сопряжение орта 12 с СВК;

- орт 11: нарушения бетонной крепи, вывалы из незакрепленных ВДПУ в восточной части орта, приподняты пути в районе ВДПУ № 8–10;

- орт 10: нарушения бетонной крепи, особенно в восточной части, отчетливо прослеживались нарушения по пологому геологическому нарушению;

- в сборно-вентиляционном квершлага увеличился объем рыхления почвы и на сбойках с кольцом трещины в бетоне;

- орт 25 – нарушения бетона в районе ВДПУ, поднятие путей по кольцу ортов № 24–25 на 35 до 40 см;

- орт 24 – разбит бетон в районе ВДПУ, подняты пути в орте № 23 на 38 см и по кольцу к орту № 25;

- орт 22 – зафиксировано поднятие путей на 57 см.

Кроме этого в районе взрыва отмечены трещины и отслоения бетона по полевым штрекам и квершлагам, в частности на гор. -280 м в районе южного треугольника по полемому штреку, на гор. -210 м – в районе сопряжений ортов № 9–4 с полевым штреком. После взрыва в течение 12 час. зафиксировано 58 сейсмособытий (толчков), из них на первой минуте – 11, на второй – 2 толчка.

Для оценки геодинамической реакции горного массива при разрушении геологических структур района блока № 12 в этаже (-280):-(-210) м, также следует отметить последствия массового взрыва соседнего с ним блока № 13 и горного удара (24.10.1999) с сейсмособытием 9 энергетического класса. Технологические взрывы по этому блоку (по подсечке и отрезке) спровоцировали 12 толчков 3–4 класса, а массовый взрыв спровоцировал сейсмособытие 9 класса. Таким образом, разрушение геологических структур

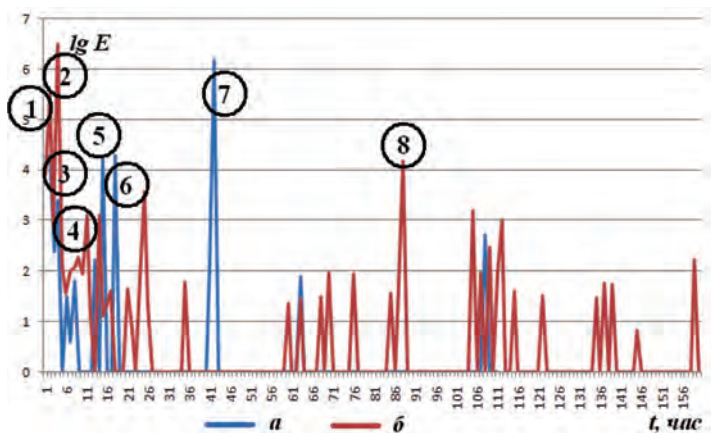


Рис. 3. Сейсмическая активность при массовых взрывах по блокам № 12: а – 1989 г., б – 2002 г. (1–9 – расположение: 1 – скл. ВМ, ств. орта № 9; 2 – ств. орта № 11; 3 – центр ортов № 12–13; 4 – запад орта № 12; 5 – скл. ВМ, ств. ортов № 9–10; 6 – скл. ВМ, ств. орта № 10; 7 – восток орта № 16; 8 – запад орта № 11)

тур в районе сочленения рудных тел № 1 и № 6–9 (блок № 12) приводило к активизации геодинамической обстановки в шахте на участке ортов № 3–18 в этаже (-280:-210), т.е. в радиусе 180–240 м от очага взрыва по простиранию месторождения.

Опыт отработки блоков № 12 в период 1989 и 2002 гг. показал, что в течение суток после взрыва сейсмическая энергия динамических явлений

колебалась от 10^1 до 10^6 Дж, причем нарушения были зарегистрированы в основном в районе склада ВМ, ортов № 8–13, далее через 41 час толчок с энергией $1,5 \times 10^6$ Дж произошел в орте № 16. Последующие толчки через 100 час, и более перераспределились в западном направлении (рис. 3, табл. 1).

В 2014 г. проведены технологические взрывы по подготовке к обруше-

Таблица 1

Распределение толчков с разной энергией после массовых взрывов по блокам № 12

Время после МВ, ч	1989 г.		2002 г.	
	Е, Дж	Привязка	Е, Дж	Привязка
1	$8,5E6$	запад, ств. 11 орта	$1,2E6$	орт 12–13, центр
1	$7,5E4$	скл. ВМ, ств. 9 орта	$4,5E6$	орт 12, запад
1	$1,0E5$	скл. ВМ, ств. 10 орта		
1	$1,5E4$	орт 12–13, центр		
2			$3,1E5$	орт 8, центр
4			$3,2E6$	орт 2, центр
14	$1,9E4$	скл. ВМ, ств. 9–10 орта		
18	$1,9E4$	скл. ВМ, ств. 10 орта		
41	$1,5E6$	орт 16, восток		
88			$1,5E4$	ств. 11 орта, запад

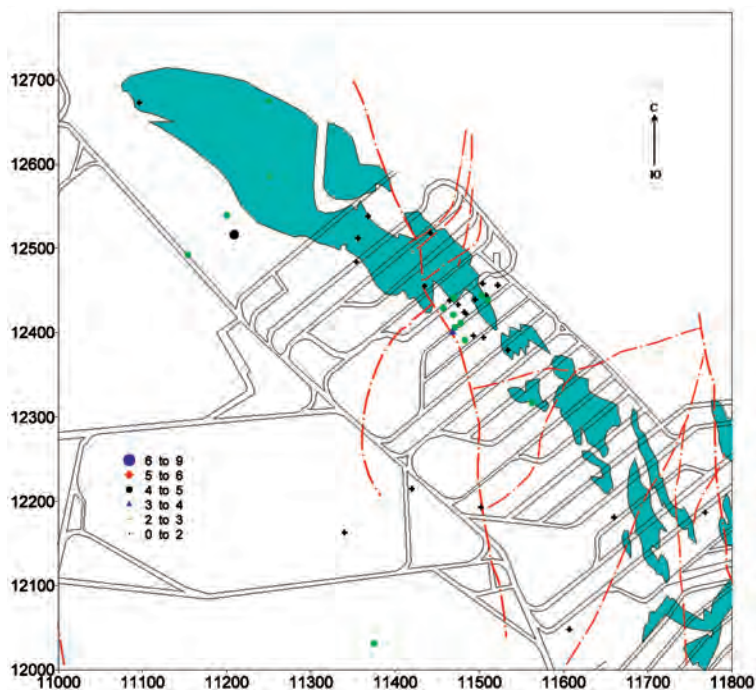


Рис. 4. Сейсмическая активность после взрыва по компенсационной камере (25.05.2014 г., гор. -280 м) с массой ВВ 1,52 т (энергия взрыва – $1,7 \times 10^6$ Дж)

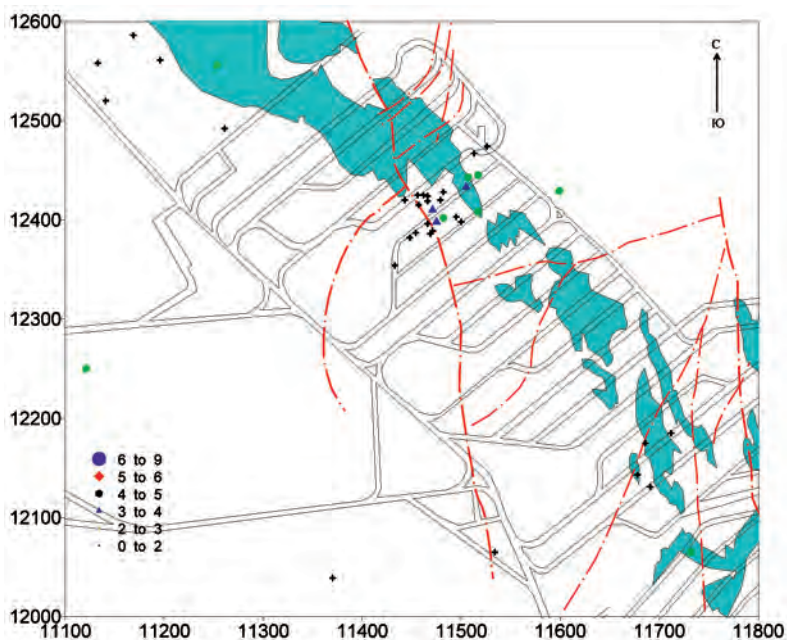


Рис. 5. Сейсмическая активность после взрыва по компенсационной камере (31.05.14 г., гор. -280 м) с массой ВВ 3,65 т (энергия взрыва – $1,6 \times 10^6$ Дж)

нию блока № 12, которые привели к следующим результатам.

Зарегистрировано от 2 до 9 сейсмособытий 3 – 5 классов, причем 30% из них в течение суток после взрыва. На рис. 4–6 показана сейсмическая активность после технологических взрывов по подготовке к обрушению блока № 12.

После взрыва по формированию компенсационной камеры, произведенного 25.05.2014 с массой ВВ 1,52 т ($1,7 \times 10^6$ Дж), коэффициент удароопасности составил 3×10^{-4} , нестабильная геодинамическая обстановка сохранялась в течение 5 суток, фиксировались динамические явления сейсмических классов 1–4; толчок с максимальной энергией $4,6 \times 10^4$ был зарегистрирован через 63 часа после взрыва.

После взрыва по формированию компенсационной камеры, произведенного 31.05.14 с массой ВВ 3,65 т ($1,6 \times 10^6$ Дж) коэффициент удароопасности составил $1,5 \times 10^{-4}$, неста-

бильная геодинамическая обстановка наблюдалась в течение 1 и 4–5 суток, фиксировались динамические явления сейсмических классов 1–3; толчок с максимальной энергией $3,8 \times 10^4$ Дж был зарегистрирован через 137 часов после взрыва.

После взрыва по формированию компенсационной камеры, произведенного 13.07.14 с массой ВВ 7 т ($1,1 \times 10^6$ Дж) коэффициент удароопасности составил $4,3 \times 10^{-4}$, нестабильная геодинамическая обстановка сохранялась в течение 4 суток, фиксировались динамические явления сейсмических классов 1–4; толчки с максимальной энергией $4,5 \times 10^4$ Дж были зарегистрированы через 2, 51, 57 и 87 часов после взрыва.

Через блок № 12 проходит тектоническая зона, определяющая Диагональный разлом (ЗОД), пересекая его по всей ширине. Подсечка блока была взорвана совместно со взрывом по обрушению блока № 13–14, чем

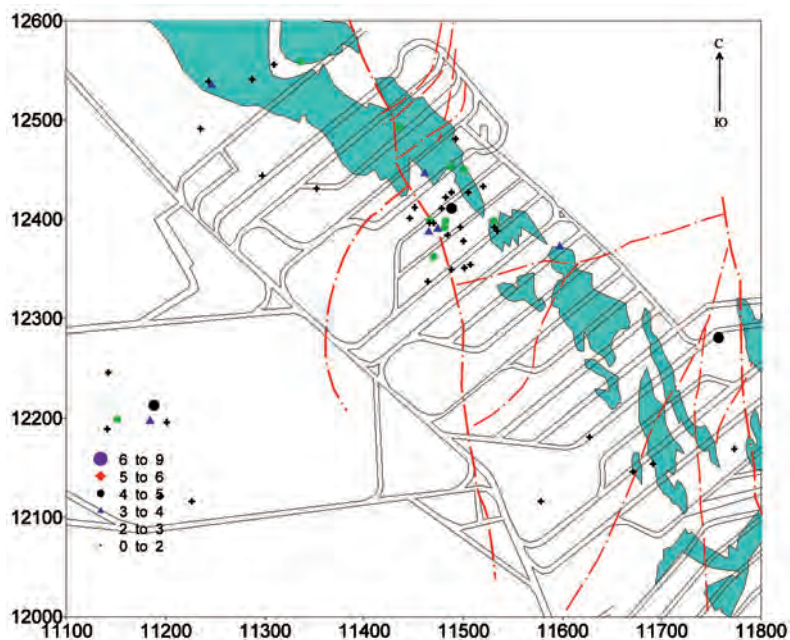


Рис. 6. Сейсмическая активность после взрыва по компенсационной камере (13.07.14 г., гор. -280 м) с массой ВВ 7 т (энергия взрыва – $1,1 \times 10^6$ Дж)



Рис. 7. Деформации в массиве на гор. -350 м (16.07.2014)

было спровоцировано множество динамических явлений и нарушений в выработках горизонта -350 м, а также на буровом п/этаже блока № 12. 13.07.2014 г. наибольшие нарушения на п/этаже блока № 12 наблюдались после взрыва (заколы, нарушение крепления и перекрытие скважин, а также поднятие почвы и смещение путей в орту № 12 на горизонте -350 м).

В массиве горных пород возникли деформационные процессы, которые показали, что на северном фланге месторождения на горизонте - 350 м

наблюдается тенденция сжатия массива, в то время, как на южном фланге – растяжение массива (рис. 7).

Ранее при отработке блока № 12 в этажах (-210):(-70) коэффициент удароопасности находился в диапазоне $(7-9,5) \times 10^{-4}$, что соответствовало динамическим явлениям типа толчков и горных ударов. Технологические взрывы по блоку № 12 в этаже (-350):(-280) м также приводили к мощным толчкам, стрелянию и заколообразованию (рис. 8).

Таким образом, на основе анализа мест локализации динамических явле-

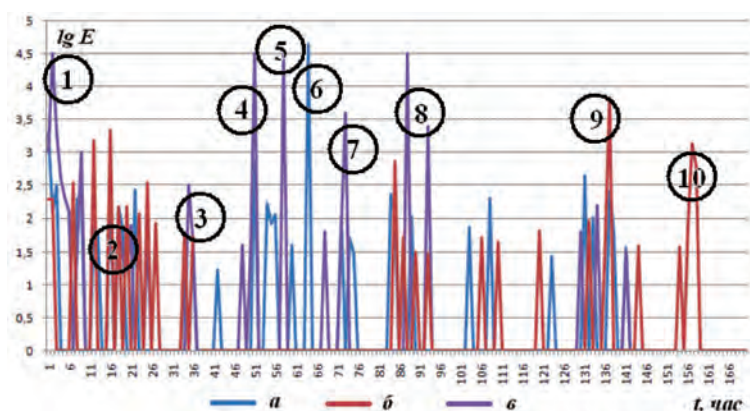


Рис. 8. Сейсмическая активность при технологических взрывах по блоку № 12 в 2014 г.: а – 25.05.2014 г., б – 31.05.14 г., в – 13.07.14 г. (1-10 – расположение: 1 – орт № 12; 2 – орты № 9-14 и за шахтным полем; 3 – орты № 22-23; 4 – орт № 22; 5 – орт № 11; 6 – орт № 12; 7 – орт № 12; 8 – орты № 11-13; 9 – орт № 22, 10 – орт № 16)



Рис. 9. Наиболее вероятные области динамических проявлений горного давления на горизонтах: а – (-210 м), б – (-280 м), в – (-350 м)

ний при предыдущих массовых и технологических взрывах на этом участке шахтного поля, можно выделить наиболее вероятные области динамических форм проявления горного давления (рис. 9).

Прогноз коэффициента удароопасности при проведении массово-

го взрыва по обрушению блока № 12 в этаже (-350):(-280) представлен в табл. 2 и на рис. 10. Он вычисляется по соотношению

$$K = \frac{E_{\text{взр}}}{4,19 \cdot 850 \cdot Q_3 \cdot 1000},$$

где $E_{\text{взр}}$ – сейсмическая энергия взрыва, Дж, Q_3 – масса ВВ, кг.

Таким образом, проведение массового взрыва по обрушению блока № 12 в этаже (-350):(-280) с массой около 90 т ВВ вероятнее всего спровоцирует следующее развитие геодинамической ситуации в шахтном поле.

Энергетический класс взрывов составит величину порядка 7,9–8,2, что соответствует сейсмической энер-

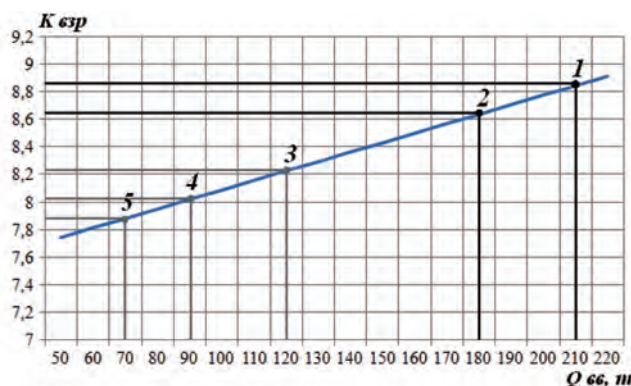


Рис. 10. Изменение энергетического класса взрывов при обрушении блоков № 12 с различной массой ВВ: 1 – 1989 г., 2 – 2002 г., 3–5 – 2014 г. (прогноз)

Таблица 2

Прогноз коэффициента удароопасности

Масса заряда, т	Энергетический класс взрыва	Сейсмическая энергия, Дж	Коэффициент удароопасности K_1
70	7,9	7,94E+07	3,19E-04
90	8,0	1,05E+08	3,27E-04
120	8,2	1,66E+08	3,88E-04

Таблица 3

Критерии удароопасности на месторождениях Горной Шории

Критерии удароопасности		Заключение о состоянии массива	Тип динамических явлений
K_1	K_2		
$K_1 < 10^{-5}$	$K_2 > 1$	Массив горных пород склонен к накоплению упругой энергии и реализации ее в виде микроразрушений	Толчки
$10^{-5} < K_1 < 1,7 \cdot 10^{-4}$	$0,5 < K_2 < 1$	Локальная концентрация напряжений в выработках	Толчки, стрельание, интенсивное заколообразование
$1,7 \cdot 10^{-4} < K_1 < 10^{-3}$	$K_2 < 0,1$	Удароопасное	Горные удары, микроудары, толчки
$K_1 < 10^{-3}$	$K_2 < 0,1$	Удароопасное на площадях более 400 м ²	Удары горно-тектонического типа, горные удары

гии $8,00 \times 10^7 - 1,70 \times 10^8$ Дж, коэффициент удароопасности K_1 будет лежать в диапазоне $3,2 \times 10^{-4} - 3,9 \times 10^{-4}$.

В соответствии с табл. 3 массив горных пород отнесен к удароопасному, где могут произойти горные удары, микроудары, толчки и др. [6].

Заключение о возможном развитии геодинамической ситуации:

1. Взрыв по блоку № 12 в этаже (-350):(-280) приведет к деформациям и сдвигению горных пород в районе Диагонального нарушения. С большой вероятностью они приведут к нарушениям крепления, рыхлению почвы в ортах № 10–14 (особенно ортов № 11–12) и ортов № 22–23.

Высока вероятность таких же нарушений в СЗППШ (-350 м) в районе ортов 10–14;

2. Сейсмическая активность массива, как результат перераспределения горного давления после МВ, возможна в виде большого количества толчков (не менее 30–40 с энергией меньше 2 класса), которые пройдут на фоне более мощных толчков (более 3 класса) 10–15 штук в течение 50 час.

3. Максимальная энергия сейсмических событий ожидается 5–6-го классов;

4. Не стабильная геодинамическая обстановка будет сохраняться в течение 2–3 суток после МВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко А.А. Совершенствование технологии буровзрывных работ на железорудных месторождениях Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2013. – 192 с.

2. Еременко А.А., Еременко В.А., Рашева С.В., Турунтаев С.Б. Влияние взрывов на техногенную сейсмичность в районе Таштагольского месторождения // ФТПРПИ. – 2009. – № 6. – С. 41–49.

3. Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 2001. – 184 с.

4. Еременко А.А., Еременко В.А., Ерусланов А.П. Отработка глубоких горизонтов

железорудных месторождений в условиях формирования зон концентрации напряжений и динамических явлений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 8. – С. 9–13.

5. Курленя М.В., Еременко А.А., Никитин В.Н., Скляр Н.И. Опыт прогноза динамических явлений при производстве массовых взрывов // Горный журнал. – 1994. – № 6.

6. Еременко А.А., Гайдин А.П., Еременко В.А. Отработка технологических блоков при массовом обрушении руд в условиях напряженно-деформированного состояния массива горных пород. – Новосибирск: Наука, 2002. – 112 с. **ГИАН**

Штирц Владимир Александрович – руководитель службы прогноза и предупреждения горных ударов, Таштагольский филиал ОАО «Евразруда», 652990, Россия, Кемеровская область, г. Таштагол, e-mail: shtirts@mail.ru,
Еременко Андрей Андреевич¹ – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, e-mail: eremenko@ngs.ru,
Конурин Антон Игоревич¹ – младший научный сотрудник, e-mail: akonurin@yandex.ru,
Клишин Игорь Валентинович¹ – кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: ivklishin@ngs.ru,
¹ ИГД СО РАН.

UDC 622.831

EXPERIENCE OF FORECASTING GEODYNAMIC EVENTS UNDER LARGE-SCALE BLASTING

Shtirts V.A., Rockburst Prediction and Prevention Director, Tashtagol Division, EVRAZRUDA, 652990, Tashtagol, Russia, e-mail: shtirts@mail.ru,
Eremenko A.A.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director on Scientific Work, e-mail: eremenko@ngs.ru,
Konurin A.I.¹, Junior Researcher, e-mail: akonurin@yandex.ru,
Klishin I.V.¹, Candidate of Technical Sciences, Researcher, e-mail: ivklishin@ngs.ru,
¹ Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia.

The article presents the analysis of geomechanical state of enclosing rock mass in Tashtagol Mine, EVRAZRUDA, during large-scale blasting, aimed to improve mining safety and to work out some offers toward complete excavation of better quality ore minerals and sustainable expansion of stoping in rockburst-hazardous environment. Geological structure of blasted block is complicated with a network of fractures that form a flat dipping damage zone. Such tectonics preconditions increased geodynamic activity shown mainly in the form of quasi-plastic deformation that induces rock bursts, falls and outbursts of rocks, damage of support, floor rock loosening and upheaval. Based on the analysis of localizations of dynamic events caused under earlier large-scale production blasting in the given area of the mine, the most probable zones of dynamic events due to rock pressure are determined. The coefficient of rockburst hazard under large-scale blasting is estimated based on the preset weight of explosive and expected value of seismic energy of the blast. It has been finally concluded on potentiality of a geodynamic event due to large-scale blasting.

Keywords: rock burst, forecast, large-scale blasting, dynamic events, mining safety, rockburst hazard coefficient, rock pressure.

REFERENCES

1. Eremenko A.A. *Sovershenstvovanie tekhnologii burovzryvnykh rabot na zhelezorudnykh mestorozhdeniyakh Zapadnoi Sibiri* (Drilling-and-blasting technology improvement in iron ore mines in Western Siberia), Novosibirsk, Nauka, 2013, 192 p.
2. Eremenko A.A., Eremenko V.A., Rasheva S.V., Turuntaev S.B. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2009, no 6, pp. 41–49.
3. Kurlenya M.V., Eremenko A.A., Shrepp B.V. *Geomekhanicheskie problemy razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdenii Sibiri* (Geomechanical problems in iron ore mining in Siberia), Novosibirsk, Nauka, 2001, 184 p.
4. Eremenko A.A., Eremenko V.A., Eruslanov A.P. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2013, no 8, pp. 9–13.
5. Kurlenya M.V., Eremenko A.A., Nikitin V.N., Sklyar N.I. *Gornyi zhurnal*. 1994, no 6.
6. Eremenko A.A., Gaidin A.P., Eremenko V.A. *Otrabotka tekhnologicheskikh blokov pri massovom obrushenii rud v usloviyakh napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya massiva gornykh porod* (Eremenko A.A., Gaidin A.P., Eremenko V.A., Large-scale caving by blasting in high stress and strain rock masses), Novosibirsk, Nauka, 2002, 112 p.