

УДК 622.831; 622.235

**А.А. Еременко, В.А. Еременко, В.А. Штирц, В.К. Климко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ  
ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГОРНОЙ ШОРИИ И ХАКАСИИ\***

*Рассмотрена геомеханическая обстановка при производстве массовых технологических взрывов на различных рудных участках месторождений. Определен энергетический класс взрывов и динамических явлений. Установлены зоны концентрации толчков в шахтном поле.*

*Ключевые слова: толчок, энергетический класс, взрыв, заряд, месторождение.*

**В** пределах рудной зоны Таштагольского месторождения выделены четыре участка: Западный, Северо-Западный, Восточный и Юго-Восточный. В настоящее время отрабатываются Восточный, Юго-Восточный и Северо-Западный участки (рис. 1).

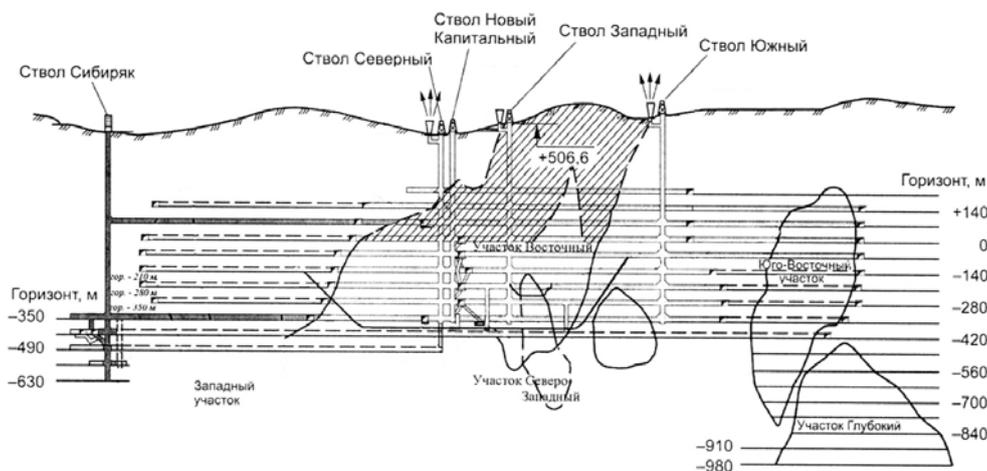
Рудные тела Восточного участка представлены магнетитом с примесью хлорита, кальцита и других минералов (рис. 2). Предел прочности на одноосное сжатие составляет 1200—1400 кг/см<sup>2</sup>, в тектонических зонах — 600-1000 кг/см<sup>2</sup>. Рудные тела участка образуют зону северо-западного простирания, длина которой на вскрываемых и подготавливаемых горизонтах составляет 730-750 м. Горизонтальная мощность рудных тел изменяется от 15-20 до 40-60 м и более. Отмечается тенденция к слиянию рудных тел и глубина их распространения превышает 1500-1700 м. Угол падения изменяется от 70 до 90°. Вмещающие породы представлены в основном сиенитами, скарнами, слан-

цами и порфиритами. Предел прочности пород на одноосное сжатие изменяется от 500 до 1800 кг/см<sup>2</sup> [1-3].

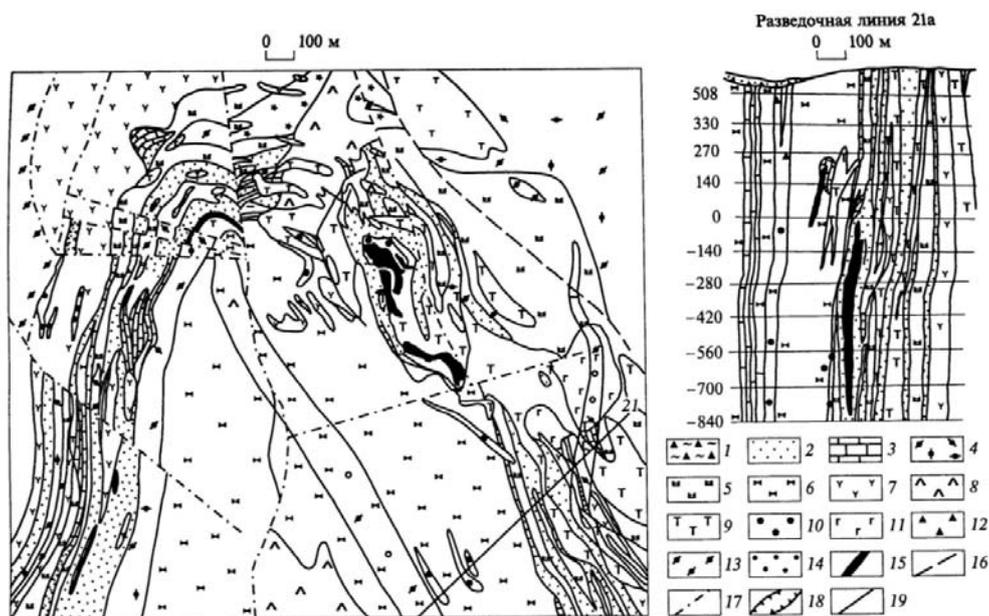
За период с 2006 по 2011 гг. произведено 11 массовых взрывов: на северном фланге месторождения блоки №№ 9, 8, 3; 1-1бис, 4-5; в центральной части — №№ 18, 16 и 19; на южном фланге — № 26, 27 и 28 в этажах (-70) ч (-350) м (рис. 3, 4).

Рассмотрена геомеханическая обстановка на месторождении после производства массовых взрывов, расположенных на северном фланге в этаже (-140) ч (-70) м. Так, при взрывании блоков №№ 3 и 1-1бис (02.08.09; 13.12.09) с массой ВВ, соответственно равной 205 и 28 т, энергетический класс взрывов колебался от 6,6 до 8,5, через 6 и 31 с произошли толчки 1,1-2,1 энергетических классов и продолжались до 200 часов со снижением энергетического класса до 2 до очередных технологических взрывов по оформлению разворотов в блоке № 1-1бис и компенсационной камеры в блоке № 19.

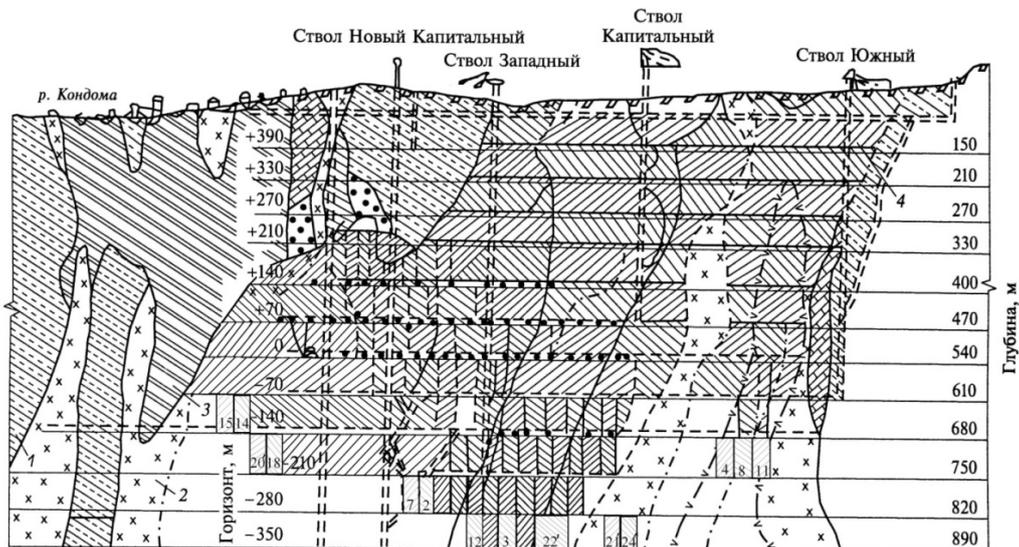
\*Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.



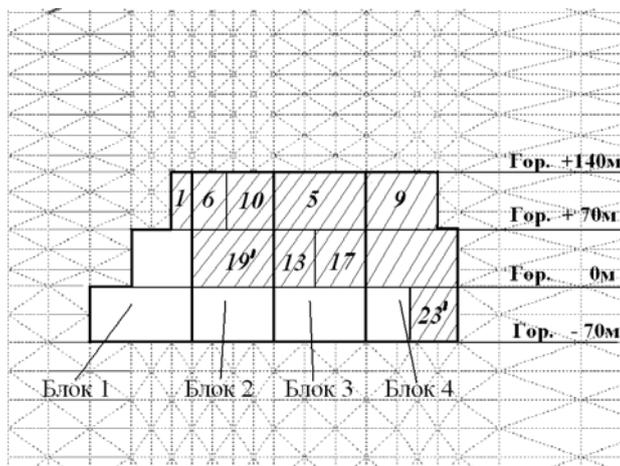
**Рис. 1. Схема отработки рудных участков Таштагольского месторождения**



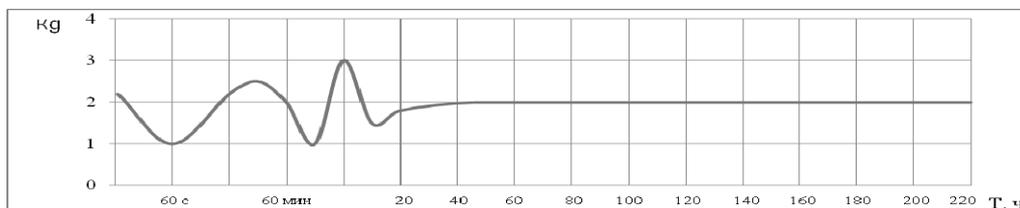
**Рис. 2. Геологический план поверхности и разрез по разведочной линии 21а Таштагольского месторождения (по М. П. Тараймовичу и М. И. Селиверстовой):**  
 1 — суглинки и глины, 2 — алевролиты, аргиллиты, сланцы, песчаники, 3 — известняки, 4 — туфы трахитовых порфиров, 5 — смешанные туфы трахитовых порфиров и андезитовых порфиров, 6 — туфы андезито-базальтовых порфиров, 7 — порфиры андезито-базальтовые, 8 — туфы, лавобрекчии андезито-базальтовых и андезитовых порфиров, 9 — сиениты, сиенит-порфиры, 10 — диориты, микродиориты; 11 — габбро, 12 — габбро-порфиры, диабазовые порфиры, 13 — хлорит-эпидотовые и альбит-хлорит-серицит-карбонатные породы, эпидозиты, 14 — скарны пироксеновые, гранатовые, пироксен-гранатовые, 15 — магнетитовые руды, 16 — геологические границы, 17 — тектонические нарушения, 18 — границы карьера, 19 — граница прогнозной рудной зоны «Глубокая»



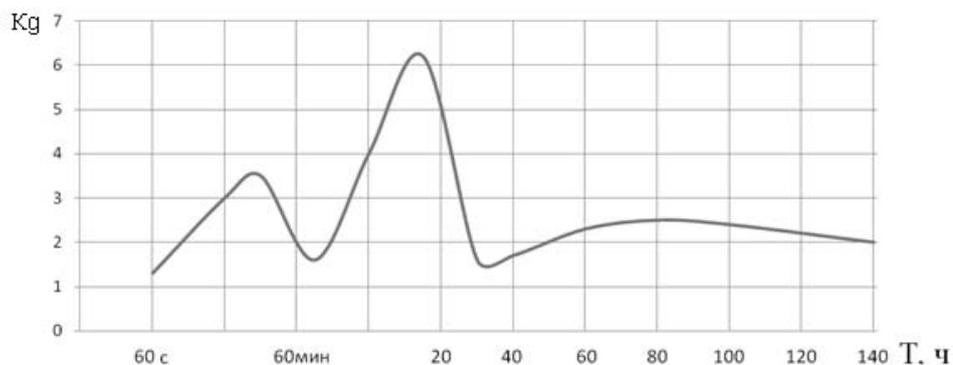
**Рис. 3. Схема расположения блоков на Восточном участке Таштагольского месторождения:** 1 — скарны; 2 — сиенит; 3 — габбропорфирит; 4 — сланцы; 2 ÷ 18 — очередность отработки блоков за период с 2006 по 2010 гг.; 20 ÷ 24 — очередность отбойки блоков в 2011 г.



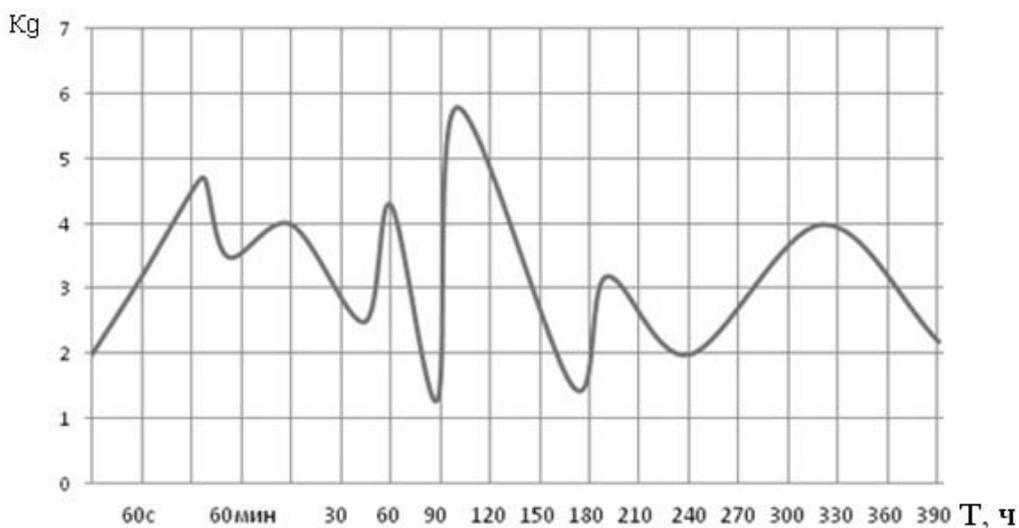
**Рис. 4. Схема отработки блоков, слоев и секций на Юго-Восточном участке Таштагольского месторождения (от фланга к флангу):** 1-17 — очередность отработки блоков за период с 2006 по 2010 гг.; 19' и 23' — очередность отработки блоков в 2011 г.



**Рис. 5. Изменение энергетического класса толчков  $K_d$  после массовых взрывов по блокам №№ 3 и 1-бис в этаже (-140) ч (-70) м во времени**



**Рис. 6. Изменение энергетического класса толчков (Kg) при взрывании блока № 4-5 в этаже (-210) ÷ (-140) м**



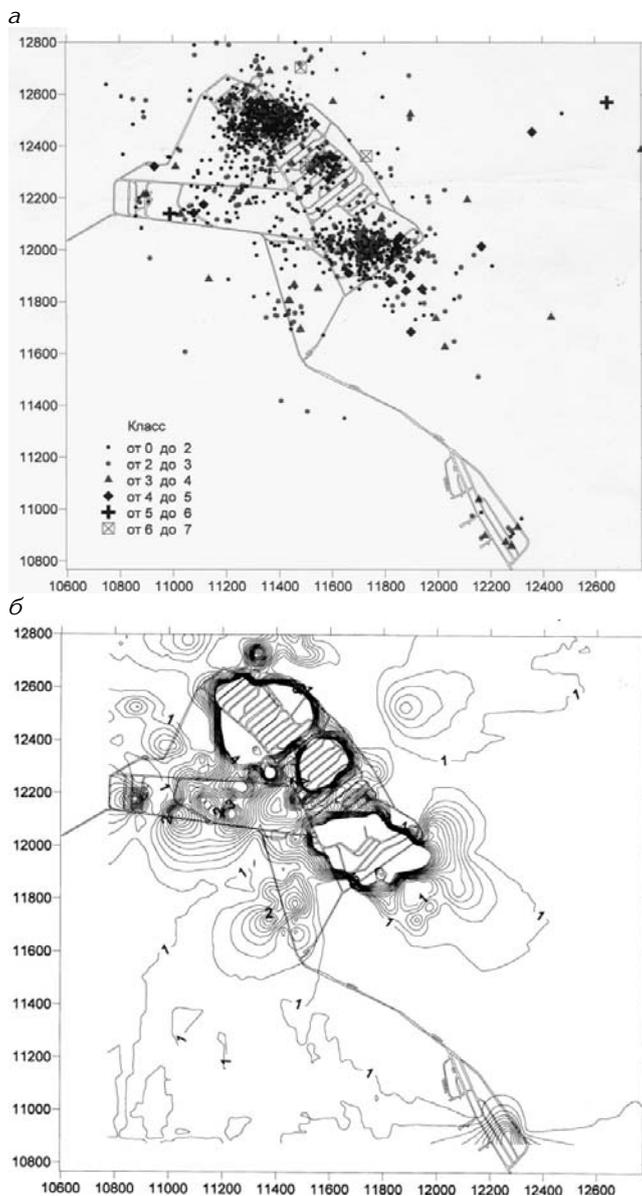
**Рис. 7. Изменение энергетического класса толчков (Kg) при взрывании блоков №№ 9 и 8 в этаже (-280) ÷ (-210) м**

Снижение энергетического класса (Kg) от 2 до 1 наблюдалось от 6 до 31 с, 15 до 45 мин и 1 до 10 ч; рост Kg происходил от 31 с до 15 мин и 45 мин до 1 ч (рис. 5).

Блоки № 4-5 в этаже (-210) ч (-140) м были обрушены после блока № 1-1бис через 9 мес. Сразу же после массового взрыва по блоку № 4-5 через 35 с произошел толчок с Kg, равным 1,3, затем до 48 мин повторилось еще 7 толчков, а в периоде от 1

до 12 ч с Kg, равным 5-6. Зарегистрировано резкое увеличение Kg от 35 с до 17 мин и от 48 мин до 15 ч; снижение Kg — от 3,5 до 1,6 и от 6 до 1,7 происходило в течение 30 мин и 17 ч (рис. 6).

При обрушении блоков №№ 9 и 8 в этаже (-280) ч (-210) м (08.06.06; 22.07.07) толчки с Kg от 2 до 5,8 регистрировались в течение 390 ч (до первых технологических взрывов по блокам №№ 18 и 13). Первые толчки



**Рис. 8. Распределение гипоцентров толчков (а) и изолиний по количеству (плотности событий) толчков (б) на плане гор. -70 м после взрывания блоков №№ 8, 27 в этажах (-280) ÷ (-210) м и (-350) ч (-280) м в 2007 г. 10600 ÷ 12600 и 10800 ÷ 12800 — координаты x и y**

после взрывов наблюдались через 6 и 35 с с  $K_g$ , равным 2,0. Установлено шесть периодов увеличения и уменьшения энергетического класса дина-

мических явлений (рис. 7). Наиболее активными периодами времени являлись 50-60, 90-110 и 240-325 ч.

Взрывная отбойка блоков на северном фланге месторождения в этажах (-280) ÷ (-70) м показала, что рост энергетического класса динамических явлений после массовых взрывов до первых технологических взрывов происходит в период первых секунд, минут, от 1 до 20 ч, 90 ÷ 110 ч и 240 ÷ 320 ч.

Из рис. 8 видно, что на северном фланге месторождения, где расположен блок, наблюдается увеличение общего количества толчков, при этом плотность событий на северном фланге составила 4. При обрушении блоков №№ 3 и 1-1бис в следующем 2008 г. плотность событий на северном фланге выросла до 4,5-5 (рис. 9).

При проведении экспериментальных исследований массовые взрывы имели энергетический класс 6,6-9,1. Установлено влияние энергетического класса массовых взрывов на энергию динамических явлений. Так, при изменении энергетического класса взрывов от 6,6 до 7,9 средний энергетический класс динамических явлений ( $K_{ср.д.} = \Sigma K_p / N_{шт.}$ , где  $\Sigma K_p$  — суммарное количество энергетических классов толчков, зарегистрированных после массовых взрывов;  $N$  — количество толчков за данный период време-

на

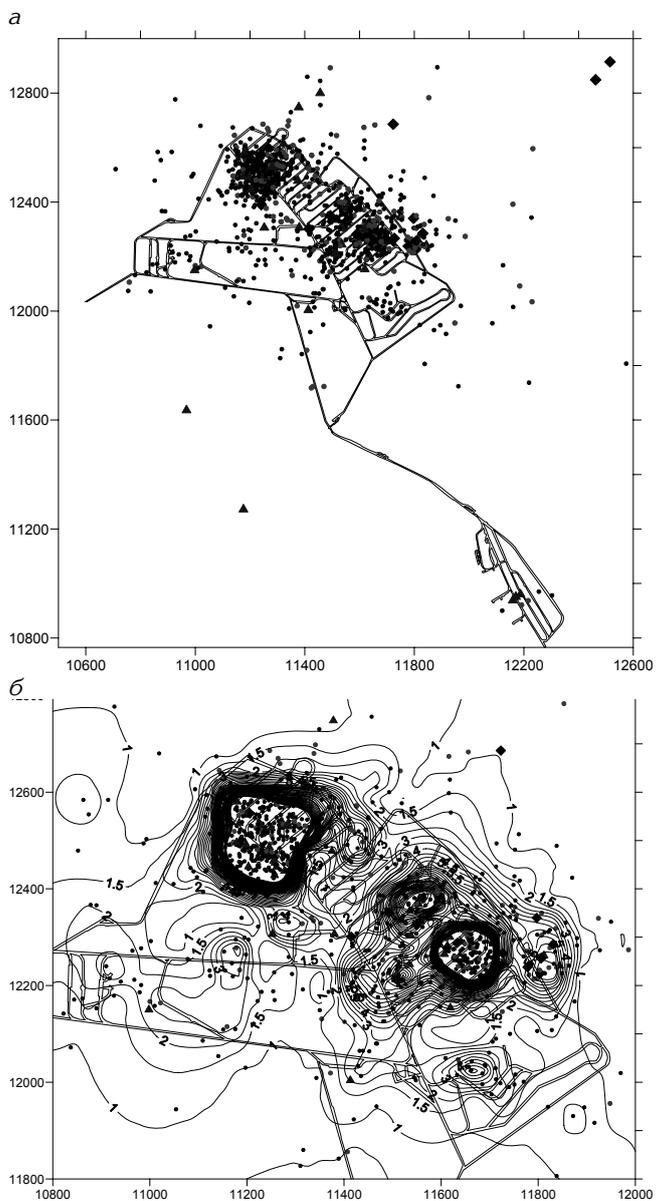
ни, шт.) изменяется незначительно, а от 7,9 до 9,1  $K_{ср.д.}$  резко возрастает до 3,2 (рис. 10). Определено, что при взрывании блоков с массой ВВ, равной 190-210 т энергетический класс взрывов возрастает до 8—9 (рис. 11).

Причиной динамических явлений является наличие естественного поля напряжений и мгновенное устранение условий всестороннего сжатия на контакте руда-порода из-за перераспределения напряжений в массиве горных пород, действующих на Восточном участке Таштагольского месторождения.

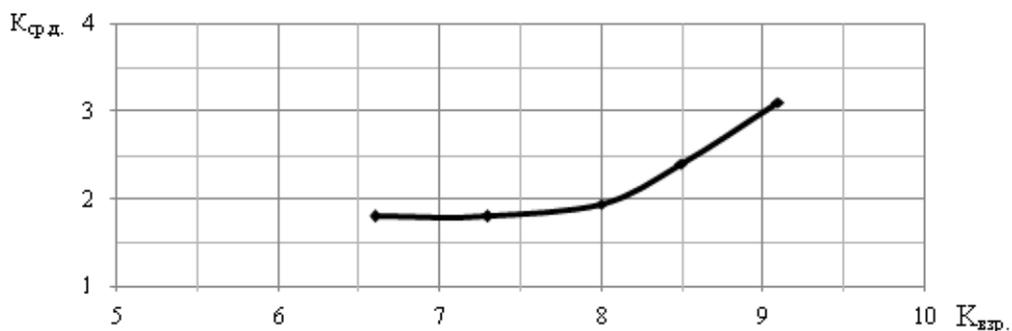
24.04.2011 г. в 8 ч 00 мин на шахте был произведен массовый технологический взрыв по образованию юго-восточной компенсационной камеры блока № 33 Восточного участка месторождения в этаже (-350) ч (-280) м, с массой заряда 4,5 т ВВ. В течение последующих 12 ч после взрыва в шахтном поле произошло 35 динамических явлений, зарегистрированных сейсмостанцией «Таштагол». Энергия событий находилась в пределах от 8,0 до  $4,5 \times 10^4$  Дж в отметках от -137 до -522 м и приурочены к районам от 5-6 до 23-26 блоков.

При обследовании горных выработок гор. -140, -210, -280 и -350 м и установлено разрушение анкерного крепления кровли орта № 25, хрупкое разруше-

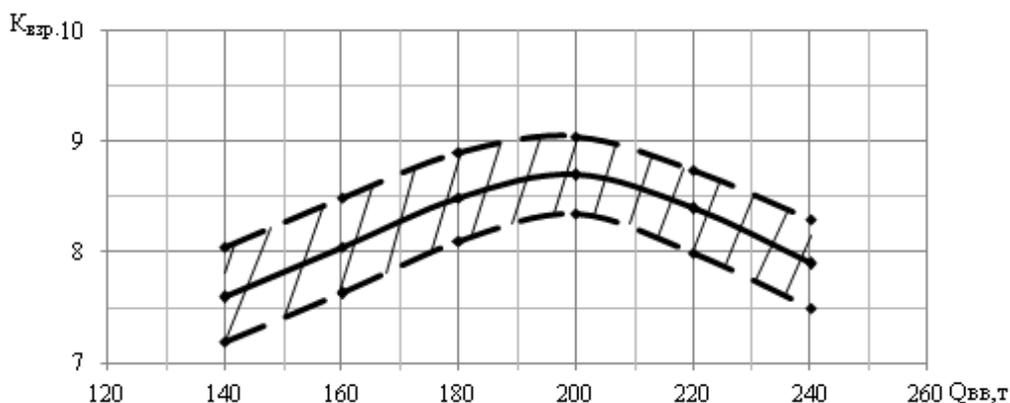
ние породы с обрушением горной массы без нарушения технологического процесса. Эпицентр явления рас-



**Рис. 9. Распределение гипоцентров толчков (а) и изолиний по количеству толчков (б) на плане гор. -70 м после массовых взрывов по блокам №№ 3 и 1-1бис в этаже (-140) ч (-70) м и по блоку № 16 в этаже (-350) ч (-280) м. 10800 ч 12800 и 11800 ч 12800 — координаты х и у**



**Рис. 10.** Изменение среднего энергетического класса динамических явлений ( $K_{ср.д.}$ ) при обрушении блоков с различным энергетическим классом взрывов ( $K_{взр.}$ ) на Восточном участке



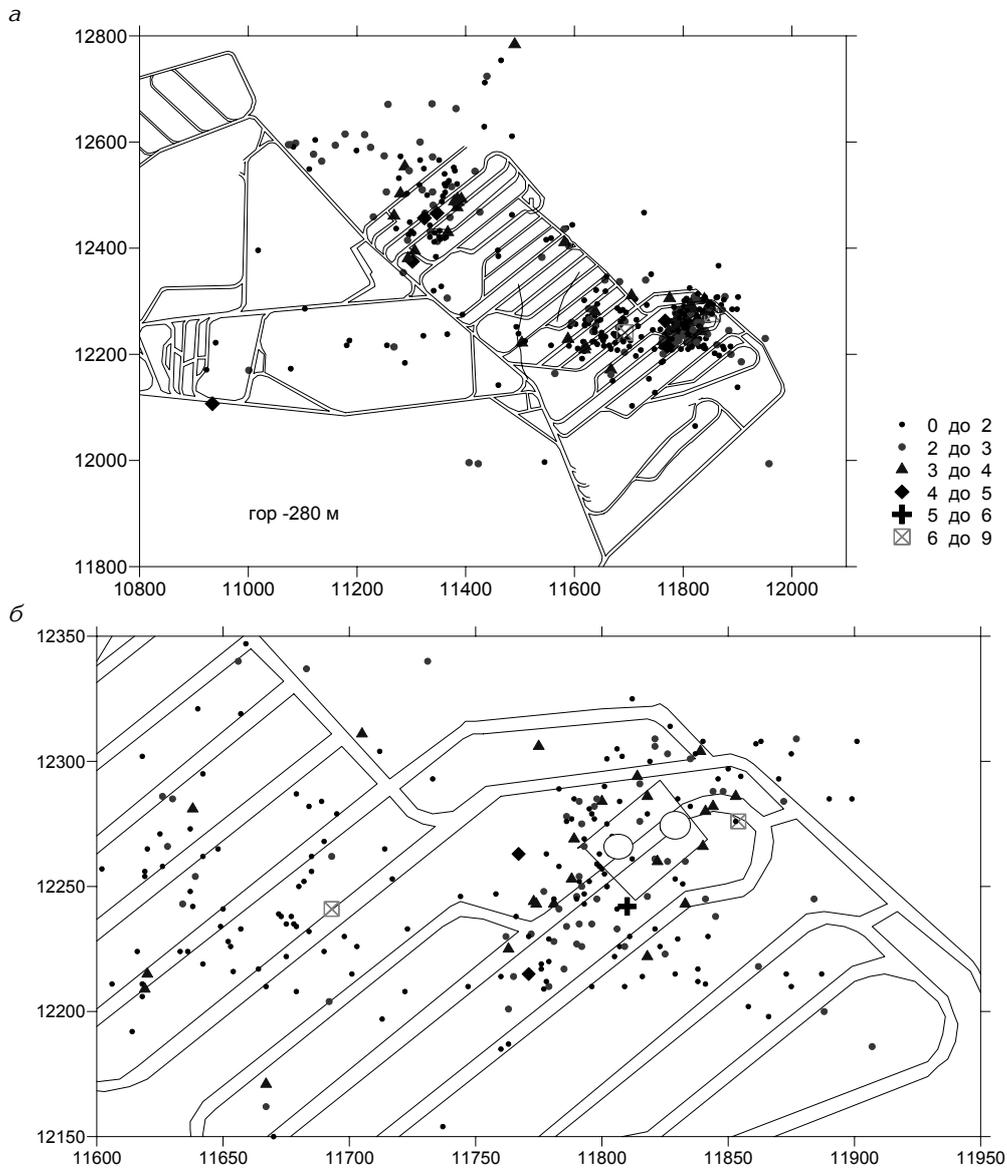
**Рис. 11.** Изменение энергетического класса взрывов ( $K_{взр.}$ ) при обрушении блоков с различной массой ВВ ( $Q_{вв}$ )

полагался в краевой части вмещающего р.т. 16 массива в орте № 25 гор. –350 м.

За период с 06.01.2010 г. по 24.04.2011 г. до взрыва по формированию юго-восточной компенсационной камеры блока № 33 в районе Восточного участка месторождения были зафиксированы толчки с энергетическим классом от 1 до 6,7 (рис. 12).

30.10.2011 г. в 14 ч 59 мин на Абаканском месторождении произведен массовый взрыв по обрушению блока № 28, V рудного тела место-

рождения в этаже –95 ÷ –15 м, массой заряда 151256 кг ВВ. Взрыв зарегистрирован сейсмостанцией «Таштагол» с энергией  $3,2 \times 10^8$  Дж (класс 8,5). В результате обследования горных выработок после массового взрыва блока № 28, V рудного тела, этажа –95 м ÷ –15 м и развитие разрывных нарушений с образованием крупных трещин. По горным выработкам на горизонтах –15, –27, –79 м в блоке № 29 имело место интенсивное заколообразование и вывалы горной породы с кровли и бортов выработок.

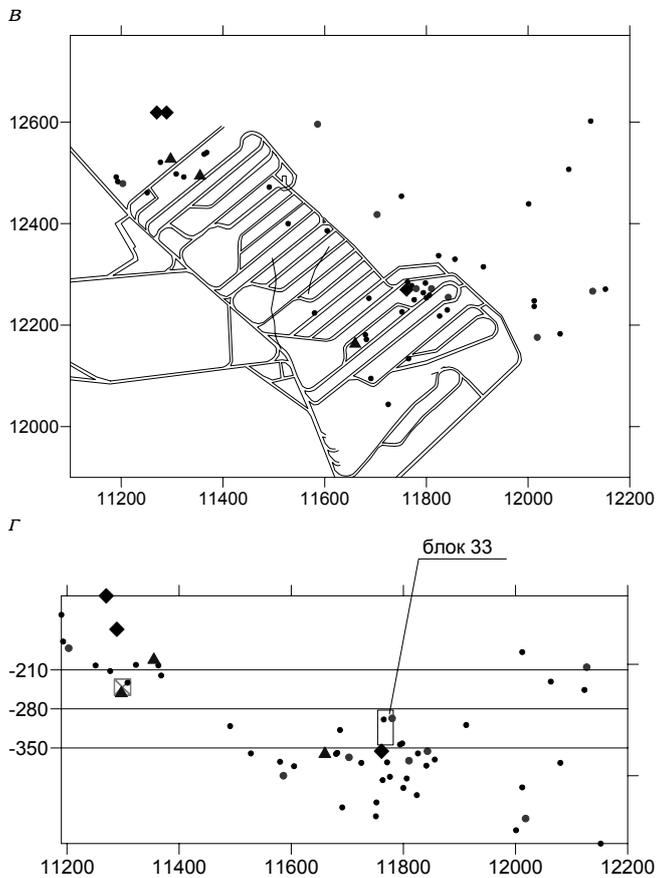


**Рис. 12. Распределение сейсмических событий а) до проведения технологического массового 06.01.2011 г., б) в районе блока 33, в) после проведенного массового технологического взрыва 24.04.2011 г. в плане и г) разрезе**

В ортах № 6, 7 установлено деформирование бетонного крепления, трещины по почве выработки, поднятие почвы.

Причиной нарушений в выработках блока № 29 V рудного тела в этаже  $-95 \div -15$  м явилось воздейст-

вие сейсмической энергии массового взрыва и перераспределение напряжений во вмещающем массиве горных пород в районе контакта с блоком № 29. В районе блока № 29 гор.  $-15$  м (орты № 6, 7) произошла мгновенная



**Рис. 12. Распределение сейсмических событий а) до проведения технологического массового 06.01.2011 г., б) в районе блока 33, в) после проведенного массового технологического взрыва 24.04.2011 г. в плане и г) разрезе**

центрация напряжений в почве выработок, что проявилось в деформировании стоек крепления в нижней их части, поднятие почвы и образование поперечных трещин в почве выработок.

Таким образом, в данной работе сделана попытка установления закономерностей распределения динамических явлений различного энергетического класса при производстве массовых технологических взрывов на Таштагольском и Абаканском месторождениях. Дана оценка геомеханического

пригрузку массива действующими горизонтальными напряжениями и кон-

стояния массива горных пород при взрывах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В., Кононов А.Н. Геомеханические особенности отработки удароопасных месторождений Алтае-Саянской складчатой области // ФТПРПИ. — № 3. — 1997. — С. 3-11.

2. Егоров П.В., Петров А.И., Егошин В.В. Предупреждение горных ударов на

шахтах Кузбасса. — Кемерово, 1987. — 144 с.

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

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Еременко Андрей Андреевич* — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИГД СО РАН, yge@ngs.ru

*Еременко Виталий Андреевич* — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН, eremenko@ngs.ru,

*Штирц Владимир Александрович* — начальник участка ППГУ Таштагольского филиала ОАО «Евразруда»,

*Климко Валерий Константинович* — зам. главного инженера шахты Таштагольского филиала ОАО «Евразруда».