

**А.А. Еременко, А.Н. Александров,
В.К. Климов, В.А. Штирц, П.В. Суздаев**

ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В ПЕРИОД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА КАЗСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Дана геологическая, горнотехническая и геомеханическая характеристики Казского месторождения. Определены параметры технологических блоков и очередности их отработки. Выполнены измерения по станциям глубинных реперов и установлены величины деформаций в массиве. Дана оценка устойчивости обнажений по критическим напряжениям и определены коэффициенты запаса прочности, которые показали, что состояние подработанной толщи пород устойчивое. Проведен анализ геодинамической обстановки на месторождении в период массовых взрывов и землетрясений. Определено местоположение нарушений в горных выработках. Установлено, что причиной мощного геодинамического явления в шахте в период землетрясения являлось перераспределение напряжений в массиве горных пород после массового взрыва и вследствие встречного фронта ведения горных работ. Предложены профилактические мероприятия по повышению безопасности горных работ в шахте.

Ключевые слова: горные породы, месторождение, напряжение, скважина, сейсмическое событие, толчок.

На Казском месторождении при ведении горных работ с глубины более 400 м стали проявляться шелушение и интенсивное заколообразование горных пород, где имеет место неравномерное поле напряжений: вне зоны влияния очистных работ: $\sigma_1 = 2,4\gamma H$; $\sigma_2 = 0,4\gamma H$; $\sigma_3 = \gamma H$. Азимут направления действия максимального напряжения σ_1 составляет 85° . В зоне влияния очистных работ величины напряжений составляют $\sigma_1 = 3,7\gamma H$, $\sigma_2 = 2,5\gamma H$, $\sigma_3 = \gamma H$; максимальное напряжение σ_1 направлено по азимуту 80° . Казское месторождение относится к склонным по горным ударам [1].

14.10.2015 г. в 21 ч 31 мин 53 с в районе п. Амзас, в 7 км от п. Каз Таштагольского района, где расположено Казское месторождение, произошло землетрясение магнитудой 3 (3,4 MSK64) с координатами (широта 53,07° и долгота 87,56°). Это главное сейсмическое явление ощущалось на поверхности, при этом в соответствии с планом ликвидации аварий горнорабочие и ИТР были выведены из шахты на дневную поверхность.

На месторождении подготовленный к отработке участок находится в западной части V рудного тела и верхней выклинке IV рудного тела Южной зоны участка Центральные штоки. Рудные тела в указанных границах представлены двумя линзами неправильной формы. IV рудное тело присутствует только в южной нижней части простирается на 30 м и сливается с V рудным телом. Вертикальный размах оруденения IV рудного тела простирается от горизонта –105 до –160 м и ниже, при этом мощность рудного тела в границах отработки колеблется от 12 до 20 м. V рудное тело слагает большую часть обрабатываемого участка (80% от общего объема) и по простираению с востока на запад составляет 65 м, по ширине колеблется от 8 до 80 м. Вертикальный размах оруденения колеблется от 45 до 110 м и уходит ниже горизонта –160 м.

Рудные тела сложены магнетитовой рудой темно-серого, черного цвета, мелко-среднезернистой, иногда сливной структуры, массивной, реже пятнистой текстуры. Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова 12, категория устойчивости – II. Содержание Fe_{св} в балансовой руде составляет от 27 до 49%, в среднем – 42,5% (блок № 169–1610) и от 24,2 до 43,9%, в среднем – 41,5% (блок № 168); содержание S – 1,4–3,4%, в среднем S – 2,0%. Вмещающие породы представлены диоритовыми порфиритами зеленовато-серого цвета, среднезернистыми, плотными, трещиноватыми. На контактах руды и породы трещиноватость увеличивается, и категория устойчивости составляет – III. Крупные трещины и карстовые полости отсутствуют. Со стороны п. Амзас и п. Каз тектонических нарушений и разломов не установлено.

Отработка запасов сырой руды предусматривается блоками №№ 168, 169–1610 и системой этажно-принудительного обрушения с отбойкой руды пучками и веерами глубоких скважин Ø105 мм на компенсационные камеры с доставкой руды вибродоставочными установками ВДПУ-4ТМ, скреперными установками ЛС-55 и погрузкой руды в вагонетки ВБ-4,0 [2–7].

Выработки доставки и погрузки руды в блоках №№ 168, 169–1610 располагаются на гор. –160 м (отм. –158 м). Под-

сечка блока № 169–1610 осуществлялась разворотами выпускных дучек с ВДПУ-4ТМ №№ 1–3 (орт № 10) и с ВДПУ-4ТМ №№ 1–7 (орт № 9) на высоту до 7 м. Подсечка блока № 168 осуществляется разворотами выпускных дучек со штреков скрепирования №№ 1, 2 на высоту 9 м и с ВДПУ-4ТМ №№ 1–7 на высоту до 7 м (орт № 8).

Подсечка в компенсационных камерах №№ 1, 2, 3 блоков №№ 168, 169–1610 осуществляется пучками и веерами восходящих глубоких скважин Ø105 мм с горизонта подсечки – 140 м (отм. –143,5 м) на высоту 20 м.

Обуривание запасов сырой руды в блоках №№ 168, 169–1610 производится: с горизонта подсечки –140 м (отм. –143,5 м) восходящими пучками глубоких скважин Ø105 мм, в южной части блока № 169–1610 – веерами восходящих глубоких скважин Ø105 мм (рис. 1, 2); с бурового горизонта –90 м (отм. –87 м) – нисходящими и восходящими пучками глубоких скважин Ø105 мм, в западной части блока № 169–1610 – веерами нисходящих глубоких скважин Ø105 мм. Параметры блоков №№ 168, 169–1610 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры блоков

Параметры блока	Ед. изм.	Блок № 168	Блок № 169–1610
Запасы сырой руды в контурах отработки блока	тыс. т	525,8	813,5
Содержание железа в сырой руде	%	29,4	31,9
Длина по простиранию (max)	п. м.	34	52
Ширина по мощности (max)	п. м.	77	69
Развороты	п. м.	7–8	8–9; 9–10
Высота подсечки	п. м.	21	21
Высота очистного пространства (max)	п. м.	90	85
ЛНС между пучками скважин	п. м.	5,0–5,5	5,0–5,5
ЛНС между веерами скважин	п. м.	2,5–2,7	2,5–2,7
Количество выпускных воронок	шт.	15	21
Запасы сырой руды на выпускную воронку	тыс. т	35,1	38,7

Очередность подготовки блоков №№ 169–1610, 168 учитывала условия проветривания горных выработок, безопасность ведения горных работ, скорость подготовки к очистной выемке, обеспечение безопасных подходов в буровые выработки на горизонтах –140 м, –90 м на весь период их отработки. В первую очередь подготавливается блок № 169–1610, оформляется компенсационная камера № 2 в проектных границах. После оформления компенсационной камеры № 2 производилась отработка запасов руды Южной части блоков №№ 169–1610, 168 с горизонтов –140 м, –90 м массовым взрывом. Одновременно с выпуском руды южной части блоков №№ 169–1610, 168 производилось оформление компенсационных камер № 1 блока №№ 169–1610, и № 3 блока № 168. После выпуска руды с компенсационных камер №№ 1, 3 производилась отбойка запасов руды центральной части блоков №№ 169–1610, 168 с последующим массовым взрывом, и после частичного выпуска руды, производится отбойка руды северной части блоков №№ 169–1610, 168 массовым взрывом.

В следующую очередь производится отбойка руды северной части блока № 168. Отбойка запасов руды производилась во всех рассматриваемых массовых взрывах встречно направленным взрыванием скважинных зарядов ВВ с горизонта подсечки – 140 м и горизонта – 90 м.

Выпуск руды ведется в соответствии с планограммой до отм. –125 м (оставляется рудная предохранительная подушка), после

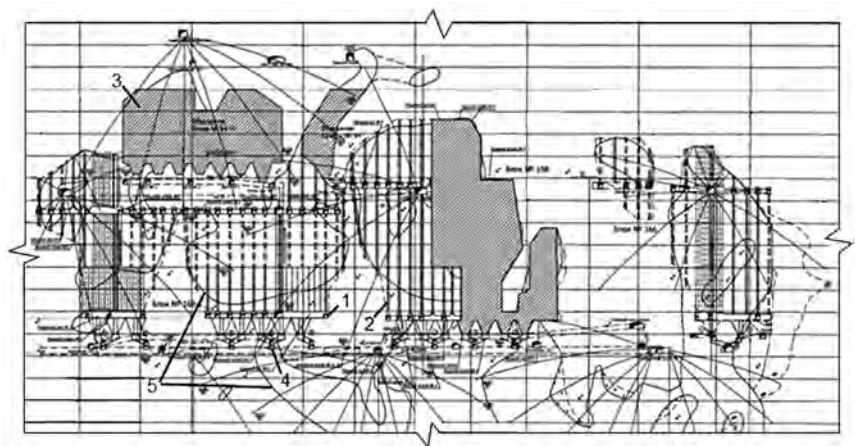


Рис. 1. Схема расположения блоков: 1 – подсечка; 2 – сближенные скважины; 3 – обрушенные породы; 4 – орт; 5 – контуры рудных тел

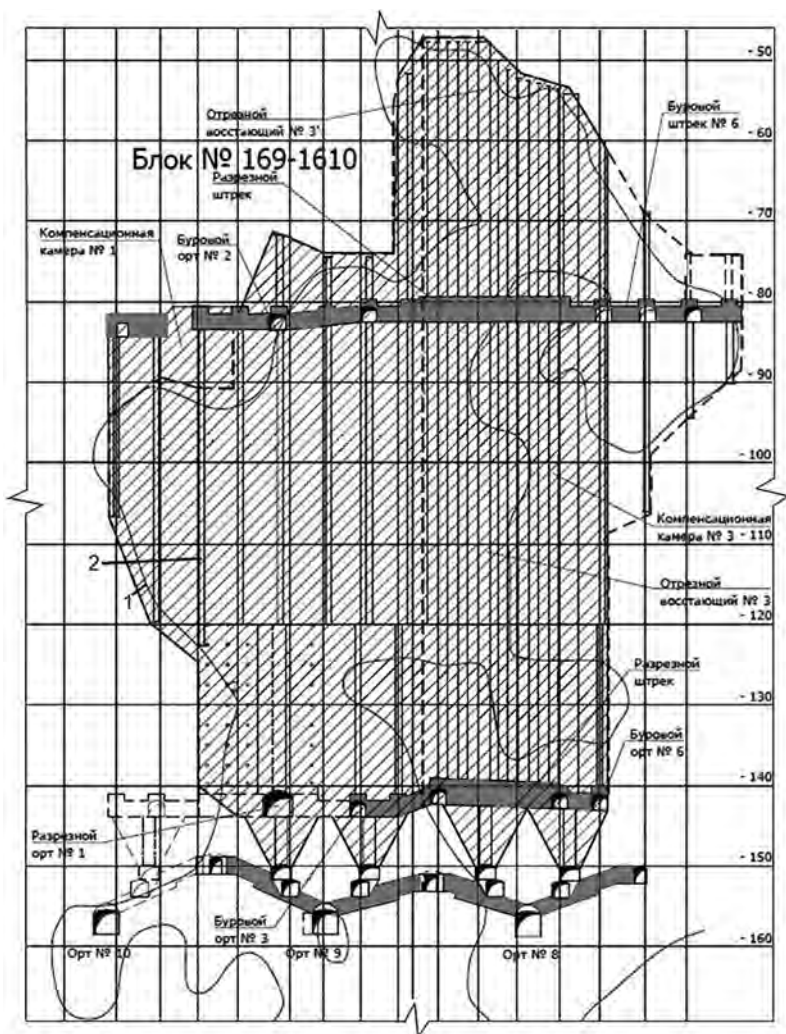


Рис. 2. Схема расположения блоков: 1 – контур рудного тела; 2 – сближенные скважины; –50 м ÷ –170 м – высотные отметки

чего обрушается юго-восточная часть породной потолочины и выпуск ведется под прикрытием предохранительной подушки. Крепление откаточных выработок ведется анкерами с металлической сеткой и торкрет-бетоном.

В районе ВДПУ-4ТМ крепление горных пород осуществлялось набрызг-бетоном (толщиной 80–100 мм) по металлической

сетке и монолитным бетоном. Крепление сопряжений выработок – сталеполимерными анкерами с металлической сеткой, торкретбетоном и железобетоном, а крепление сопряжений откаточных выработок, ВДПУ-4ТМ и скреперных полков с откаточными выработками – монолитным бетоном. При выполнении условий устойчивости обнажений по методу эквивалентных пролетов и по критическим деформациям производилась проверка устойчивости по критическим напряжениям по известным методикам ВНИМИ. Критерием устойчивости подработанной толщи пород по критическим напряжениям являлось условие $K_n < K_r$, где K_r – коэффициент граничной несущей способности, $K_r = 0,66 \pm 0,08$; при $K_n < 0,58$ – устойчивое состояние пород в обнажении; $K_n = (0,58-0,74)$ – предельно-устойчивое состояние обнажения; $K_n > 0,74$ – неустойчивое состояние обнажения.

Для определения степени прочности и устойчивости пород в обнажениях определяются коэффициенты запаса прочности и запаса устойчивости. Коэффициент запаса прочности есть отношение предела прочности образцов породы на одноосное сжатие к величине действующего в массиве напряжения. Коэффициент запаса устойчивости есть отношение предела упругости породы, равного для пород месторождений Горной Шории, 0,66 от предела прочности образцов на одноосное сжатие, и величине действующего в массиве напряжения.

Проверка устойчивости по критическим напряжениям определяется по графикам для определения коэффициентов запаса прочности и запаса устойчивости [1]; при выходе керна 75% коэффициент запаса прочности составляет 2,25; коэффициент запаса устойчивости равен 1,5. Коэффициент граничной несущей способности составил:

$$K_r = 1,5/2,25 - 0,08 = 0,586$$

$$K_n = 0,465 < K_r = 0,586$$

На основании проведенных расчетов следует, что состояние подработанной толщи пород по критическим напряжениям устойчивое.

Выполнена оценка геомеханического состояния массива горных пород в районе южной зоны участка центральные штоки гор. (–160) м. Установлено, что 24.02.2015 г. в 12 ч 30 мин предположительно в разведочном штреке № 2 гор. –90 м блок № 169–10 был отмечен толчок в глубине массива. При обследовании горных выработок обрушение горных пород в выработки не наблюдалось, толчок сопровождался сотрясением массива.

05.04.2015 г. в 14 ч 54 мин произошел толчок, который был слышен в п. Каз; при спуске в шахту отделение ВГСЧ не обнаружило видимых нарушений на всех действующих горизонтах.

6.04.2015 г. в 9 ч 37 мин, 9 ч 38 мин было зарегистрировано 2 толчка (район шахтного поля), которые определила сейсмостанция «Таштагол», классом 7,6 и 7 соответственно.

6.04.2015 г. в 11 ч получено сообщение, что в 14 ч 50 мин в 35 км северо-западнее г. Таштагола произошло землетрясение с координатами: широта $53,05^\circ$, долгота $87,61^\circ$, глубина 10 км, $M = 2,7$.

6.04.2015 г. в 15 ч с интервалом 1–2 мин в районе блоков №№ 167, 162, 163, 164, 165 было отмечено 4 толчка небольшой мощности.

7.04.2015 г. при обследовании горных выработок (район блоков № 167, 162, 163, 164, 165, 169–10) гор. –90 м в 12 ч 21 мин, 12 ч 23 мин, 12 ч 35 мин в шахте были слышны сильные 3 толчка.

17.05.2015 г. в 17 ч 30 мин был зарегистрирован сильный толчок сейсмостанцией Геофизической службы СО РАН. Эпицентр толчка с координатами: широта $53,07^\circ$, долгота $87,75^\circ$, класс точности 1,4.

9.08.2015 г. в 9 ч 8 мин в рудном теле Южной зоны участка Центральные штоки проведен массовый взрыв по блоку № 169–1610 с рудными запасами, равными 572,8 тыс. т, и массой ВВ 217 т. Магнитуда взрыва составили 3,8. После массового взрыва по блоку № 169–1610 в районе шахтного поля (эпицентр не установлен) произошло несколько толчков, которые были отмечены сейсмостанцией. Проведено обследование горных выработок, прилегающих к месту производства взрыва, где признаков проявления геодинамических явлений не обнаружено на гор. –90, –160 м (табл. 2).

В этот период произведены измерения по станциям глубинных реперов №№ 9, 10, установленных в разведочном штреке № 1 гор. –160 м. На основании замеров было определено, что произошла деформация на 0,1–0,15 мм/м по отношению к предшествующему измерению (08.10.2015), т.е. массив разгружен и удароопасности нет.

31.08.2015 г. в 9 ч 55 мин в районе шахтного поля произошел толчок класса 7,6, который зарегистрирован сейсмостанцией; эпицентр толчка с координатами: широта $53,06^\circ$, долгота $87,66^\circ$, $M = 31$. Второй толчок произошел в 9 ч 23 мин, но меньшей силы, класс 6,9. 2.09.2015 г. в 12 ч 30 мин произошел небольшой по силе толчок на гор. –90, –160 м. 14.10.2015 г. в

Таблица 2

Геодинамическая активность после массового взрыва

Дата	Время р-волны	s-р, сек	Центра	Класс	Магнитуда	Смещение, мкр	Примечание	Координаты, магнитуда (по данным Новосибирска)
09.08.2015	1:01:05	5,2	42,6	8,9	3,8	1,7	Мас. взр., п. Каз	52,99N 87,75E $M = 3,2$ (время в очаге 1:58:54)
09.08.2015	2:07:35	5,3	43,5	6	2,1	0,04	толчок	нет данных
09.08.2015	2:07:37	5,12	42,0	5,8	2,0	0,03	толчок	нет данных
09.08.2015	2:07:47	5,12	42,0	8,4	3,5	0,9	толчок	$M = 2,6$ (по 14 с/ст)
09.08.2015	2:18:48	5,27	43,2	7	2,7		толчок	
09.08.2015	2:28:55	5,1	41,8	7,5	3,0	0,36	толчок	$M = 2,5$ (по 14 с/ст)
09.08.2015	3:59:18	5	41,0	5,2	1,6	0,014	толчок	нет данных
09.08.2015	4:18:38	5,3	43,5	6,9	2,6	0,13	толчок	нет данных
09.08.2015	4:19:08	5,26	43,1	8,8	3,8	1,48	толчок	53,03N 87,92E $M = 2,8$ (время в очаге 4:19:02) по 9 с/ст
09.08.2015	4:19:18	5	41,0	7,8	3,2	0,48	толчок	нет данных
09.08.2015	7:25:52	5,12	42,0	8,5	3,6	1,1	толчок	53,07N 87,67E $M = 2,7$ (время в очаге 7:35:43) по 23 с/ст)
09.08.2015	13:45:23	5,12	42,0				толчок, обрушение	нет данных
09.08.2015	15:31:06						толчок, обрушение	нет данных

21 ч 30 мин 53 с и в 21 ч 31 мин 11 с снова произошли мощные толчки. 14.10.2015 г. в 21 ч 31 мин 53 с в районе п. Амзас в 7 км от п. Каз произошло землетрясение магнитудой 3 (3,4 MSK64) с координатами: широта 53,07°, долгота 87,56° (рис. 3).

После сейсмического события в шахте были обследованы горные выработки (орты № 1, 3, 8, 9, 10 ЮПШ) и установлено:

Алтае–Саянский филиал Геофизической службы СО РАН Новосибирск, просп. ак. Колтупа, 3, тел. 8 (383) 3301261, факс 8 (383) 3301261 тел. опер. службы 8 (383) 3331637 e-mail: asf(at)igs.nsc.ru ОПЕРАТИВНОЕ СООБЩЕНИЕ О СЕЙСМИЧЕСКОМ СОБЫТИИ	
ВРЕМЯ В ОЧАГЕ, ГРИНВИЧ (UTC):	2015.10.14 14:30:53.99
ШИРОТА:	53.07
ДЛГОТА:	87.56
МАГНИТУДА:	3.0
ИНТЕНСИВНОСТЬ В ЭПИЦЕНТРЕ:	3.4 (оценка MSK64)
ТИП СЕЙСМИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ:	earthquake

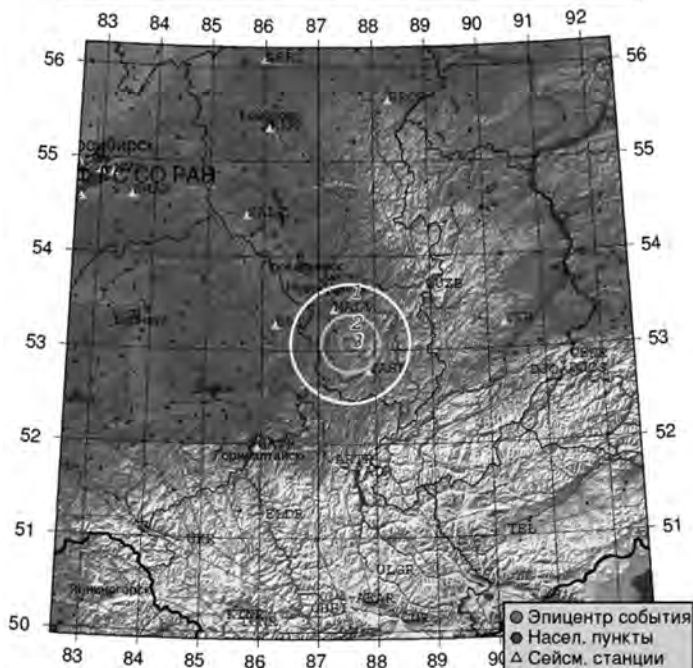


Рис. 3. Информация о сейсмическом событии

- отслоение заколов и осыпание горных пород в местах сопряжений откаточных выработок (орт 1) и на сопряжениях сходами на смотровые орты;
- нарушений крепления, бортов выработок, поднятие почвы, что характерно для горного удара и микроудара не обнаружено;
- сопряжения ортов, а также железобетонные фундаменты ВДПУ-4ГМ не нарушены;
- осыпание торкретбетона, мелкие заколы.

15.10.2015 г. проведена оценка уровня напряженно-деформированного состояния горных пород в ортах №№ 1, 3, 8, 9, 10 ЮПШ гор. (–160) м шахты локальным методом регистрации

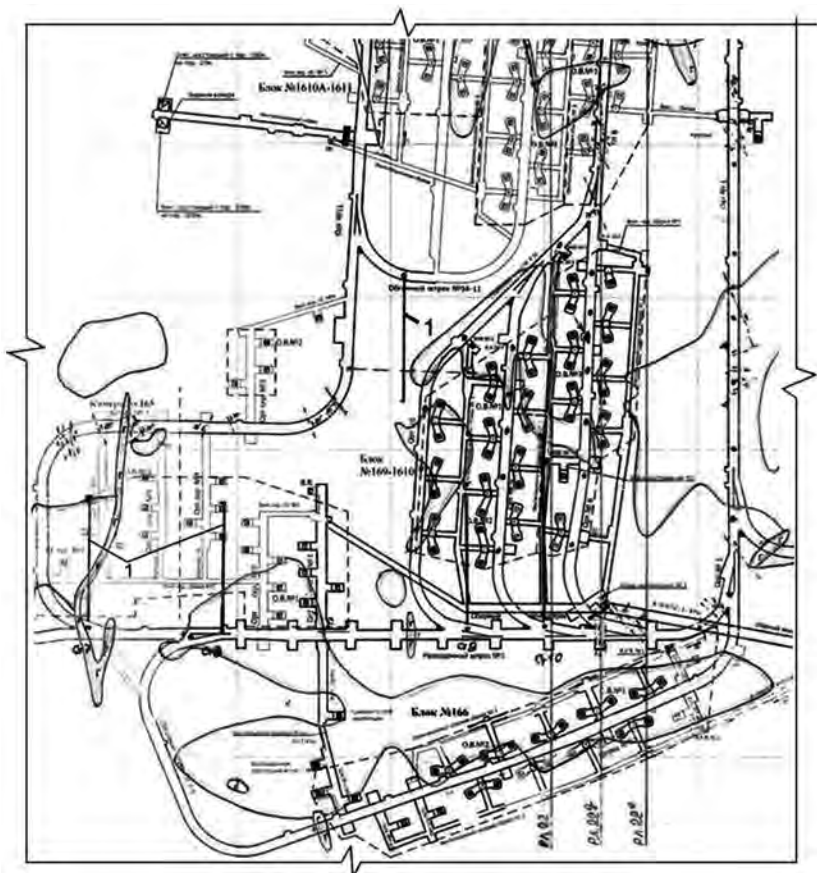


Рис. 4. Схема расположения блоков и замерных станций южной зоны участка Центральные штоки: 1 – замерные станции

естественного электромагнитного излучения (ИЭМИ) аппаратурой «Ангел-М».

В результате замеров уровней электромагнитной эмиссии определено: параметр B колебался в пределах значений от 0,022 до 0,064 (Normal); параметр A колебался в пределах значений от 8,6 до 64,2 (Normal). Данные значения характеризуют как «массив неудороопасен» [8]. Таким образом, исходя из установленных в методике критериев удороопасности: $A = \leq 300$, при $B = \geq 0,01$ определили, что массив горных пород в районе ортов № 1, 3, 8, 9, 10 гор. (–160) м находился в категории «НЕОПАСНО», что соответствует неудороопасному состоянию массива.

Дополнительно произведены замеры по станциям глубинных реперов №№ 9, 10, установленных в разведочном штреке № 1 гор. –160 м. Определено, что произошла деформация на 0,1–0,15 мм/м по отношению к предшествующему замеру (08.10.2015 г.) – массив разгружен.

15.10.2015 г. по всем станциям глубинных реперов, установленным на гор. –160 м, произведены замеры. Станции №№ 10, 9, 8, 7 установлены в разведочном штреке № 1, станция № 1, обгонный штрек № 9а-11, станция № 12, орт № 11 гор. –160 м, станции 2–6 орт № 3, гор. –160 м (рис. 4). Замеры по станциям № 7–10 показали, что деформации по станциям 9, 10 составляют 0,15–0,2 мм/м, массив также разгружен.

На основании проведенных исследований установлено, что причиной геодинамического явления 14.10.2015 г. является не воздействие землетрясения, а перераспределение напряжений в массиве горных пород после массового взрыва по блоку № 169–1610 и последующего выпуска горной массы из блока, хрупкого разрушения на контактах руда-порода (диабазовый и диоритовый порфириты, известняк) в условиях наличия высоких горизонтальных напряжений в целике вследствие встречного фронта ведения горных работ на гор. –160 м.

По характеру действия на массив горных пород и признакам проявления горного давления в динамической форме в соответствии с [1], геодинамическое явление 14.10.2015 г. является толчком. Для обеспечения безопасности ведения горных работ и снижения вредного воздействия геодинамических явлений при дальнейшей отработке рудных запасов участка Центральные штоки гор. –160 м Казскому месторождению следует между гор. –90 и –160 м пробурить скважины глубиной 70 м и более с последующим производством камуфлетно-сотрясательного взрывания по этим скважинами в местах контакта руда-порода (крупных даек).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам.* – Новосибирск-Новокузнецк, 2015. – 73 с.

2. *Еременко А. А., Еременко В. А., Гайдин А. П.* Совершенствование геотехнологии освоения железорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 250 с.

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

4. *Еременко А.А., Еременко В.А., Александров А.Н., Колтышев В.Н.* Опыт разработки безопасной и эффективной геотехнологии освоения рудных месторождений Сибири // ФТПРПИ. — 2014. — № 5. — С. 90–106.

5. *Eremenko A.A., Gakhova L.N., Eremenko V.A.* Effect of mining sequence on stress-strain state of a rock mass enclosing a complex ore deposit // Miner's week-2015; Reports of the XXIII International scientific symposium, 2015. — pp. 403–410.

6. *Штирц В.А., Еременко А.А., Конурич А.И., Климкин В.И.* Опыт прогноза геодинамических явлений при массовых взрывах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 7. — С. 196–206.

7. *Еременко А.А., Гахова Л.Н., Еременко В.А.* Влияние порядка отработки рудных залежей и технологических блоков на напряженно-деформированное состояние вмещающего массива в условиях полиметаллического месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 8. — С. 5–16.

8. *Яковлев Д.В., Мулёв С.Н.* Опыт применения многофункциональной геофизической аппаратуры АНГЕЛ-М в угольной и рудной промышленности // Уголь. — 2014. — № 10 (1063). — С. 14–19. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Еременко Андрей Андреевич*¹ — доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, e-mail: yeryom@nisd.nsc.ru,

*Александров Артем Николаевич*¹ — научный сотрудник, e-mail: aan@ngs.ru,

*Климко Валерий Константинович*² — главный специалист участка ППГУ, e-mail: Valery.Klimko@evraz.com,

*Штирц Владимир Александрович*² — начальник участка ППГУ, e-mail: Vladimir.Shtirts@evraz.com,

Суздальев Петр Васильевич — начальник участка ППГУ, Казский филиал ОАО «Евразруда»,

¹ ИГД СО РАН, 630091, Новосибирск

² Таштагольский филиал ОАО «Евразруда».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 9, pp. 222–234.

UDC 622.831;
622.235

**A.A. Eremenko, A.N. Aleksandrov, V.K. Klimko, V.A. Shtirts,
P.V. Suzdalev**

GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF ROCKS UNDER MINING IN THE PERIOD OF AN EARTHQUAKE AT KAZ DEPOSIT

The paper gives geological, technical and geomechanical characteristic of Kaz deposit. Parameters of extraction blocks and their extraction sequence are determined. Strains of rock mass are assessed based on measurements taken using deep-seated plugs. Stability of exposed surfaces is estimated using values of critical stresses. The found safety factors imply that the undermined strata are stable. The authors have analyzed geodynamics of rock mass

in the periods of large-scale blasting and earthquakes. Damaged rock areas in underground excavations are located. It is found that a strong seismic event has taken place due to stress redistribution after a large-scale explosion and owing to counter advance of the mining front. The authors propose mining safety enhancement measures.

Key words: rocks, deposit, stress, borehole, seismic event, shock.

AUTHORS

*Eremenko A.A.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Director for Science, e-mail: yeryom@mysd.nsc.ru,

*Aleksandrov A.N.*¹, Researcher, e-mail: aan@ngs.ru,

*Klimko V.K.*², Main Specialist, Rockburst Prediction and Prevention Service,
e-mail: Valery.Klimko@evraz.com,

*Shtirts V.A.*², Chief of the Rockburst Prediction and Prevention Service,
e-mail: Vladimir.Shtirts@evraz.com,

Suzdalev P.V., Chief of the Rockburst Prediction and Prevention Service,
Kaz Division, EVRAZRUDA,
652970, Kaz, Kemerovo Region, Russia.

¹ Chinakal Institute of Mining of Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia,

² Tashtagol Division, EVRAZRUDA,
652970, Tashtagol, Kemerovo Region, Russia.

REFERENCES

1. *Ukazaniya po bezopasnomu vedeniyu gornyykh rabot na mestorozhdeniyakh Gornoy Shorii, sklonnykh i opasnykh po gornym udaram* (Guidelines for safe mining of rockburst-hazardous ore bodies in Gornaya Shoria), Novosibirsk-Novokuznetsk, 2015, 73 p.

2. Eremenko A. A., Eremenko V. A., Gaydin A. P. *Sovershenstvovanie geotekhnologii osvoeniya zhelezorudnykh udaropasnykh mestorozhdeniy v usloviyakh deystviya prirodnykh i tekhnogennykh faktorov* (Improvement of geotechnology for rockburst-hazardous iron ore bodies subjected to natural and production-induced effect), Novosibirsk, Nauka, 2008, 250 p.

3. Eremenko A. A. *Sovershenstvovanie tekhnologii burovzryvnykh rabot na zhelezorudnykh mestorozhdeniyakh Zapadnoy Sibiri* (Improvement of drilling-and-blasting technology for iron ore bodies in Western Siberia), Novosibirsk, Nauka, 2013, 192 p.

4. Eremenko A. A., Eremenko V. A., Aleksandrov A. N., Koltyshev V. N. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2014, no 5, pp. 90–106.

5. Eremenko A. A., Gakhova L. N., Eremenko V. A. Effect of mining sequence on stress-strain state of a rock mass enclosing a complex ore deposit. *Miner's week-2015; Reports of the XXIII International scientific symposium*, 2015. pp. 403–410.

6. Shtirts V. A., Eremenko A. A., Konurin A. I., Klitshin V. I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 7, pp. 196–206.

7. Eremenko A. A., Gakhova L. N., Eremenko V. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 8, pp. 5–16.

8. Yakovlev D. V., Mulev S. N. *Ugol'*. 2014, no 10 (1063), pp. 14–19.

