

УДК 622.255. 622.8

## ОТРАБОТКА УЧАСТКА «ПОДРУСЛОВЫЙ» ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАРООПАСНОСТИ

Копытов Александр Иванович<sup>1</sup>,доктор техн. наук, профессор, e-mail [L01BDV@yandex.ru](mailto:L01BDV@yandex.ru)Башков Владимир Иванович<sup>2</sup>,

главный инженер

<sup>1</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>2</sup> ОАО «Евразруд», 654079, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 43

**Аннотация.** Приведены методы прогноза и снижения удароопасности при отработке опытного участка «Подрусловый» Шерегешевского месторождения ОАО «Евразруд» системой подэтажного обрушения с применением высокопроизводительного самоходного оборудования. Конструктивное оформление новой системы разработки с учетом напряженно-деформированного состояния массива и комплекс прогнозных, технологических и организационных мероприятий позволяют обеспечить высокую производительность и безопасность труда в процессе добычи руды.

**Ключевые слова:** удароопасность, напряженное состояние массива, региональные методы прогноза, локальные методы прогноза, система разработки, этажно-принудительное обрушение, подэтажное обрушение, подготовительно-нарезные работы.

Горно-геологические условия эксплуатации участка «Подрусловый» определяются сложностью геологической структуры и его положением в западной части рудного поля Шерегешевского месторождения.

Шерегешевское месторождение расположено в сейсмически активном районе Алтай-Саянской складчатой области, отличающимся современным тектоническим движением земной коры. Оно находится в зоне влияния Мартайгино-Шорского разлома, который является одним из наиболее опасных в геодинамическом и сейсмическом отношении участков.

Руды и вмещающие породы Шерегешевского месторождения прочные, высокомодульные, хрупко разрушаются под нагрузкой, и способны накапливать значительную упругую энергию деформаций. Характерной особенностью рудного поля Шерегешевского месторождения является то, что рудовмещающая толща пород его сложена преимущественно породами (скарнами, диоритами, порфиритами и т. д.), крепость и упругие характеристики которых больше, чем у руды – от 1,5 до 2-х раз, хотя руды имеют достаточно высокую прочность.

Первоначально напряженное состояние массива горных пород на месторождении характеризуется действующими величинами вертикальных ( $\sigma_z$ ) и горизонтальных – по простирианию ( $\sigma_n$ ) и вкрест простириания ( $\sigma_t$ ) напряжений. Для условий Шерегешевского месторождения величины напряжений на действующих горизонтах составляют

$$\sigma_z = \gamma H; \quad \sigma_1 = 2,6\gamma H; \quad \sigma_1 = 1,4\gamma H,$$

где:  $\gamma$  – плотность пород, кг/м<sup>3</sup>;  $H$  – глубина расположения выработки от поверхности, м.

Максимальные напряжения  $\sigma_t$  действуют в северо-восточном направлении. То есть естественное поле напряжений вне зоны влияния очистных работ на месторождении формируется в основном тектоническими силами.

Проявления горного давления на месторождении начали отмечаться с +325 м (стреляние горных пород, заколообразование). При вскрытии нижележащих горизонтов +255 м, +185 м, +115 м, проявления горного давления участились и локализовались, преимущественно на участках «Новый Шерегеш» на границе с участком «Подрусловый», где проходит мощная крутопадающая тектоническая зона северо-западного направления.

Основное количество динамических проявлений; происходит в районе проведения взрывных работ и связано с подготовкой рудных запасов к очистной выемке и очистными работами по блокам. Также динамические проявления пространственно тяготеют к зонам разрывных нарушений, которые, согласно геодинамическому районированию, отнесены к опасным по горным ударам и микроударам.

Главными факторами, способствующими возникновению удароопасной ситуации на участке «Подрусловый», являются большая глубина отработки, слепое залегание рудных тел блочная тектоническая структура, интенсивная трещиноватость, неоднородное тектоническое поле напряжений участка в зонах сжатия и сдвига.

Согласно протокола заседания Комиссии по горным ударам ОАО «Евразруд» от 05.04.2012 г., в соответствии с пунктами 4 и 15 Приложения 3 «Инструкции по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и

опасных по горным ударам» (РД 06-329-99) [1], принято решение отнести Шерегешевское месторождение с горизонта +255 м и ниже к опасным по горным ударам.

При ведении горных работ на месторождении, опасном по горным ударам на отдельных участках массива возникают концентрации напряжений, которые могут привести к динамическим проявлениям горного давления с аварийными ситуациями в технологических процессах. В этих условиях необходимо применять профилактические меры по прогнозированию и предотвращению горных ударов. Практика проведения исследований удароопасных условий при ведении горных работ указывает, что в большинстве случаев динамические проявления происходят в зоне влияния природных и горнотехнических концентраторов напряжений, а так же в зонах их взаимного влияния.

К основным природным факторам формирования зон динамических проявлений для Шерегешевского месторождения относятся:

- контакты разнопрочностных и разномодульных пород и руд, формирующие на участках массива концентрацию напряжений;
- рудные и породные целики, выступающие части массива;
- изменчивость напряжённого состояния в крыльях тектонических нарушений и повышенная напряжённость у шва тектонического нарушения;
- неравномерное деформирование краевых частей массива с разнонаправленной трещиноватостью;
- участки пересечения даек, а также участки, граничащие с безрудными зонами.

Горнотехническими факторами формирования зон динамических проявлений являются:

- границы отрабатываемых блоков и участки, расположенные вблизи этих границ;
- наличие рудных передовых выработок в зоне ведения очистных работ;
- сбойки технологических выработок между собой и с выработанным пространством;
- сопряжение выработок под углом менее  $60^\circ$  с образованием в острых углах концентраций напряжений;
- выработки, пройденные перпендикулярно действию главного напряжения.

С учетом указанных природных и горнотехнических факторов формирования зон динамических проявлений горные работы сопровождаются прогнозированием удароопасности и при необходимости применением мер предупреждения горных ударов.

Общая оценка состояния массива и определение его пригруженных участков выполняются методами регионального прогноза. Категории удароопасности конкретных участков массива на месторождении определяются методами локального прогноза [2].

Региональный прогноз удароопасности участков шахты Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруд» осуществляется специальным оборудованием для

микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга.

Локальными методами прогноза определяется категория удароопасности на участках массива размерами порядка 5–10 м в целиках.

Для прогноза по дискованию керна скважины должны быть ориентированы перпендикулярно действию главных напряжений, либо следует производить бурение веера разнонаправленных прогнозных скважин.

Прогноз методом электрометрии осуществляется по регистрации параметров процесса акустической эмиссии в высокочастотном диапазоне с помощью аппарата СБ-32М (САПФИР).

Оценку удароопасности локальных участков также можно произвести с помощью метода глубинных и контурных реперов.

Общая оценка и уточнение критериев удароопасности по применяемым методам прогноза производится на основании систематического анализа и установления их сопоставимости и закономерности изменения напряжений по стадиям ведения очистных работ.

Система применяемых мер по предотвращению горных ударов должна обеспечивать постоянный контроль уровня напряженного состояния массива пород и руд на участках ведения горных работ, снижение количества динамических проявлений горного давления и их энергетического уровня и сведение до минимума ущерба от последствий возможных горных ударов.

Мероприятия делятся на три группы:

- прогнозные;
- технологические;
- организационные.

Определяющее значение в снижении напряженного состояния массива и удароопасности имеют технологические мероприятия, которые по своему назначению также подразделяются на региональные и локальные.

К региональным технологическим мероприятиям можно отнести:

- ориентировку основных горизонтальных выработок в направлении действия максимальной составляющей напряжений в нетронутом массиве горных пород;
- раскройку месторождения на участки и установление порядка их отработки, обеспечивающим планомерное извлечение запасов без оставления острых углов и выступов фронта очистных работ;
- отработку месторождения без образования целиков и выступов фронта очистных работ в направлении от выработанного пространства;
- ведение очистных работ сплошным фронтом в полузажатой или зажатой среде без образования целиков;
- исключение встречных и догоняющих фронтов очистных работ;
- проведение выработок и камер специального назначения вне зоны опорного давления от очист-

ных работ, в том числе в лежачем боку, не ближе 40 м от фронта очистных работ;

– отработку мощных рудных тел системами принудительного обрушения со сплошной отбойкой в полузажатой или зажатой среде на компенсационное пространство эллипсовидной формы с длинной осью ориентированной вкрест простирации по направлению максимальных напряжений;

– придание выработкам полигональных или других устойчивых форм поперечного сечения, пересечение выработок преимущественно под прямым углом.

К локальным технологическим мероприятиям относятся:

– при подготовке глубоких горизонтов шахты, так же блоков к очистной выемке, горные выработки проводятся преимущественно по направлению наибольшего напряжения, действующего в горном массиве на месторождении (северо-западное направление);

– отработка запасов участка в пределах подэтажа осуществляется в сплошном порядке отработки;

– опережающее камуфлетное взрывание шпуров (скважин);

– образование разгрузочных щелей бурением скважин диаметром 105 ÷ 150 мм;

– в случае выявления в приконтурном массиве выработки категории «Опасно», для снижения повышенного уровня напряжений в массиве, она временно исключается из эксплуатации;

– выработки проходят шатровой (полигональной, или другой устойчивой) формы поперечного сечения;

– крепление выработок необходимо производить по паспорту крепления, разработанным согласно «Методическому руководству по креплению горных выработок и наблюдению за состоянием крепи на рудниках ОАО «ЕВРАЗРУДА» [3];

– проходку отрезных восстанавливающих осуществлять секционным взрыванием глубоких скважин.

Для реализации региональных мероприятий по снижению удароопасности необходимо учитывать современное состояние горных работ.

Вскрытие запасов руд Шерегешского рудника осуществлено вертикальными стволами «Ново-Клетевой», «Скиповой», «Главный», «Восточный», «Лесоспусканой» и «Воздуховыдающий» с комплексами надшахтных зданий, сооружений и инфраструктурой, а также горными выработками II периода – горизонты +325, +255, +185 м, +115 м.

В эксплуатации находятся склады ВМ и комплексы водоотлива на этих горизонтах, комплексы перепуска горной массы и дробления руды у ствола «Скиповой», депо контактных электровозов, камеры ЦПП, УПП, перфораторные, склады противопожарных материалов и др.

В настоящее время горные работы по проходке горных выработок и очистной выемке руды ведутся на участках «Главный», «Новый Шерегеш» и «Подрусловый» на гор. +185 м и +115 м.

В зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий очистная выемка руды осуществляется преимущественно системой этажного принудительного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на компенсационные щели (рис. 1) [4].

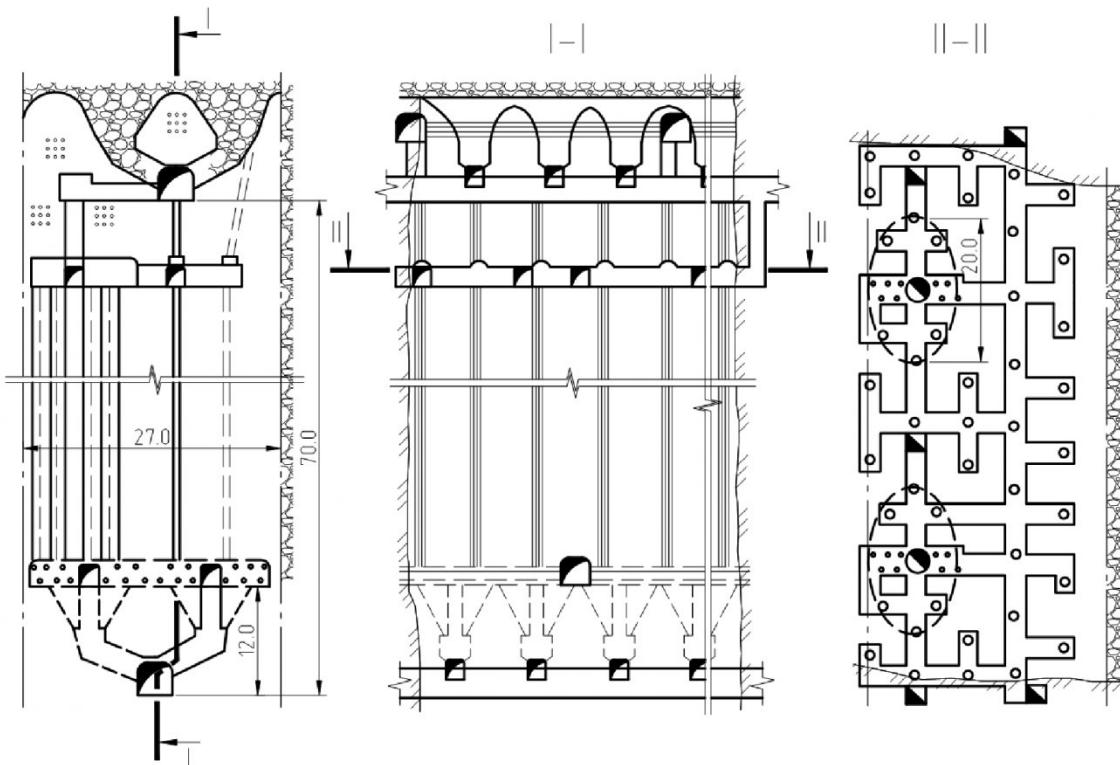


Рис. 1. Вариант системы разработки с отбойкой руды на эллипсовидные компенсационные камеры и зажимающую среду (плоская подсечка)

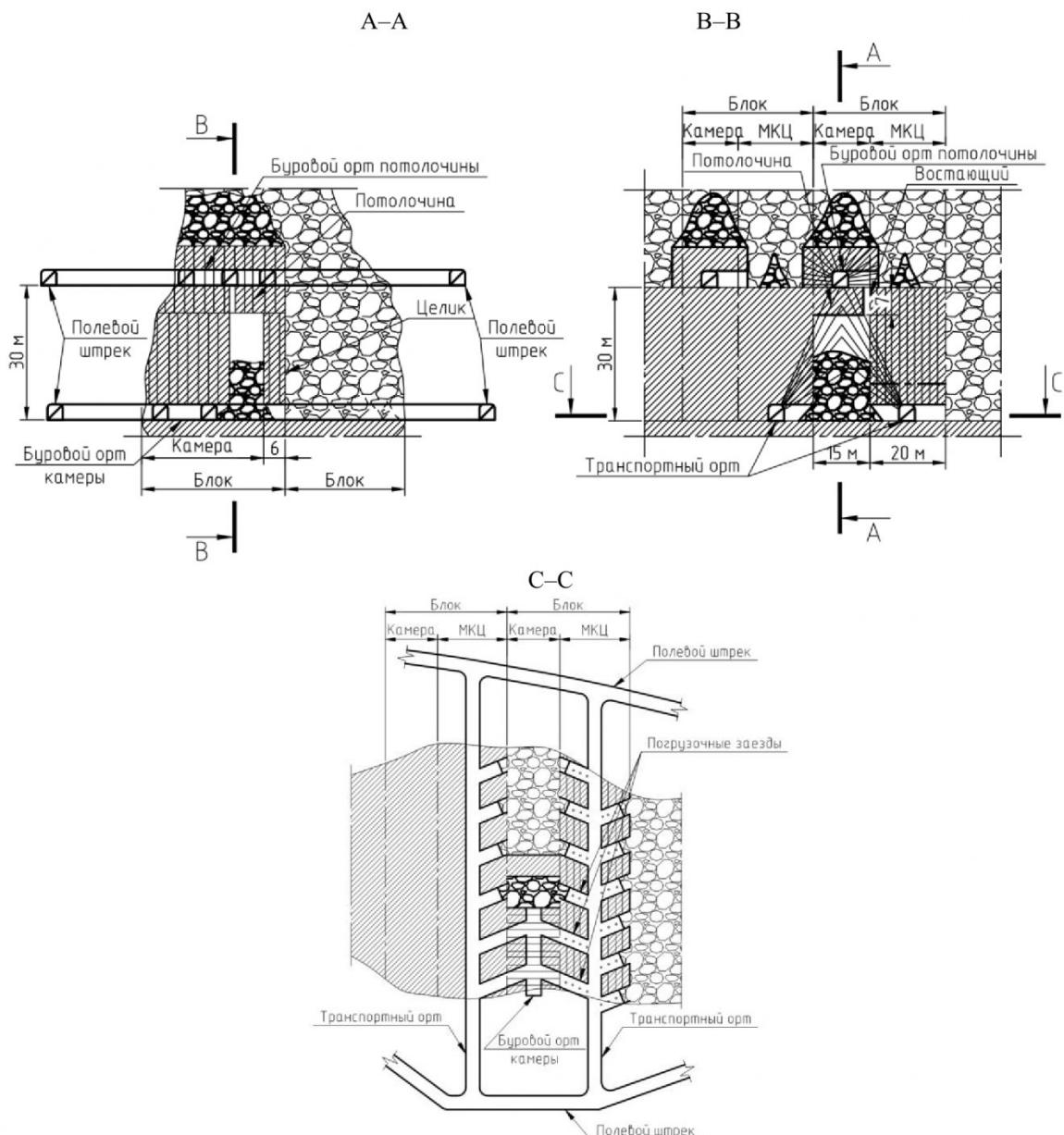


Рис. 2. Система подэтажного блокового обрушения с отработкой запасов в нисходящем порядке

При этом в соответствии с требованиями «Положения по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» (2013 г.) и «Указаний по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных и опасных по горным ударам» (2001 г.) обязательно выполняются мероприятия по снижению удароопасности и оценке устойчивости массива [2].

С помощью системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга удароопасности шахтных полей Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруд», осуществляющая непрерывный автоматизированный контроль состояния массива горных пород (сбор данных о напряжениях в массиве, его деформациях, акустической эмиссии, а также своевременное прогнозирование по полученным данным зон опасных концентраций динамических явлений и выявление очагов горных ударов на ста-

дии их зарождения с высокой достоверностью).

Длительный опыт применения системы этажно-принудительного обрушения на Шерегешской шахте и данные мониторинга состояния массива показывают, что с увеличением глубины разработки все труднее становится сохранять ослабленное воронками и дучками днище выемочных блоков от раздавливания. Днище и сопряжения выпускных выработок нарушаются также в процессе выпуска под действием динамических ударов при ликвидации зависаний руды.

Высокая категория удароопасности, особенно в выработках днищаблоков, обусловлена наличием большого количества концентратов напряжений, установленных локальными методами прогноза [5].

С учетом анализа отечественного и зарубежного опыта, снизить негативное влияние указанных факторов, повысить эффективность и безопасность ведения горных работ при разработке рудных участков

удароопасных месторождений на глубине свыше 600 м ожно при применении систем разработки с подэтажным обрушением руды.

В настоящее время проводятся промышленные испытания системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском и доставкой руды самоходным оборудованием на участке «Подрусловый» горизонтов +115 – +185 м. (рис. 2).

Система разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды – это система, при которой выемку запасов ведут подэтажами в нисходящем порядке с обрушением руды и вмещающих пород. Каждый подэтаж разбивается на блоки, располагающиеся вкrest или по простиранию рудной залежи. В каждой заходке руду отбивают в зажиме послойно вертикальными или крутопадающими веерами скважин, выпускают руду под обрушенными налегающими породами непосредственно в подэтажные буродоставочные орты (штреки) через их торцы. При этом протяженная часть буродоставочных выработок расположена по направлению главных напряжений.

Конструктивное оформление системы подэтажного обрушения с самоходным оборудованием позволит снизить удельный объем подготовительно-нарезных выработок по сравнению с системой этажного принудительного обрушения. В тоже время увеличивается средняя площадь их поперечного сечения, что позволяет применять современное высокопроизводительное оборудование на проходческих и очистных работах (рис. 3).

$$\begin{aligned} S_{np} &= 20,0 \text{ м}^2 & S_{np} &= 21,8 \text{ м}^2 \\ S_{cb} &= 19,4 \text{ м}^2 & S_{cb} &= 21,2 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Так как большая часть буродоставочных ортов и заходок проходит по руде, эффективность применения новой технологии возрастает за счет попутной добычи в процессе подготовки блока к очистной выемке.

Запасы опытного участка были подготовлены к добыче за 6 месяцев 2014 г., при этом в период осу-

ществления горно-подготовительных работ попутно добыто более 12 тыс. тонн руды.

Кроме того, за счет максимальной механизации работ и применения современных технологий крепления горных выработок самозакрепляющимися анкерами с сеткой и при необходимости, торкретбетоном обеспечивается высокий уровень безопасности горных работ.

В процессе испытания системы подэтажного обрушения с самоходным оборудованием при обработке запасов руды на участке «Подрусловый» осуществляется система организационных мер постоянного контроля напряженного состояния массива пород и руд.

Основной задачей организационных мероприятий является своевременный вывод людей из опасных, с позиции удароопасности, участков шахтного поля в период повышения геодинамической активности массива горных пород.

К организационным мероприятиям относятся:

- отрезная щель оформляется сразу на длину блока (три заходки) с отбойкой руды на зажатую среду с последовательным выпуском отбитой руды через их торцевцевую часть;

- допуск людей в шахту разрешается не ранее чем через 4 часа после технологического и 8 часов после специального массового взрыва;

- временное исключение из эксплуатации выработок и вывод из них людей при проявлении признаков удароопасности;

- применение сотрясательного взрыва для инициирования горных ударов, функцию которого выполняют массовые взрывы.

За период промышленных испытаний новой технологии на участке «Подрусловый» Шерегешского месторождения добыто 597 тысяч тонн руды, в том числе 25 % в процессе проходки подготовительно-нарезных выработок.

В течение I квартала 2015 г. в целом на участках отрабатываемого шахтного поля зафиксировано

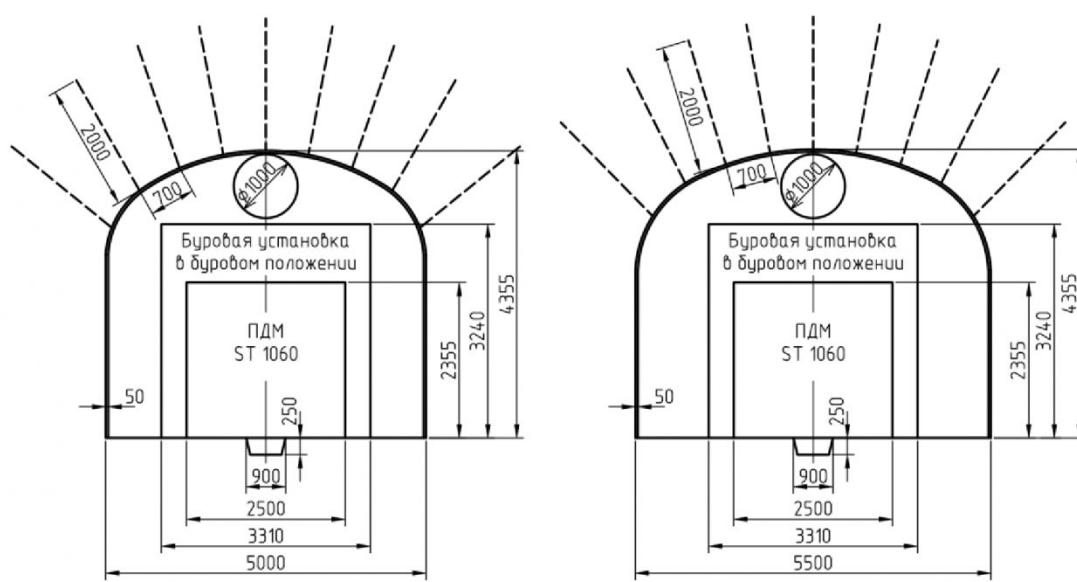


Рис. 3. Варианты сечений буродоставочных ортов

но 2158 сейсмособытий (толчков), из которых 50 % произошло в течение суток после взрывов, около 40 % – на участке «Новый Шерегеш», 22 % – на участке «Подрусловый».

Исполнение прогнозных технологических и организационных мероприятий по контролю и

снижению напряженного состояния массива позволило обеспечить высокую производительность труда и безопасность при добыче руды системой подэтажного обрушения с самоходным оборудованием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных инерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам, (РД 06-329-99) Москва, ГПНТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000 г.
2. Копытов А. И. Определение устойчивости массива при проведении горных выработок на Шерегешском руднике ОАО «Евразруд» / А. И. Копытов, М. Д. Войтов, Т. Е. Трипус // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 5 – С. 30–33.
3. Методическое руководство по креплению горных выработок и наблюдению за состоянием крепи на рудниках ОАО «Евразруд» / А. И. Копытов, А. А. Еременко, В. В. Першин [и др.] – Кемерово – Новокузнецк : СО АГН, 2013. – 86 с.
4. Копытов А. И. Выбор безопасной технологии разработки склонных и опасных по горным ударам месторождений ОАО «Евразруд» / А. И. Копытов, А. А. Еременко, И. Ф. Матвеев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 2 – С. 39–41.
5. Копытов А. И. Геомеханические основы для совершенствования геотехнологии разработки железорудных месторождений опасных по горным ударам / А. И. Копытов, А. А. Еременко // Вестник Кузбасского государственного технического университета, – 2014. – №4. – С. 32-37.

*Поступило в редакцию 26.06.2015*

**UDC 622.255. 622.8**

## MINING SITE "PODRUSLOVYY" SHEREGESHEVSKOGO FIELD UNDER ROCK BURSTS

**Kopitov Alexander I.<sup>1</sup>,**  
Dr. Sc.in Engineering, Professor, e-mail [L01BDV@yandex.ru](mailto:L01BDV@yandex.ru)  
**Bashkov Vladimir I.<sup>2</sup>,**  
Chief Engineer

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Evrazruda, 43 avenue Kurako, Novokuznetsk, 654079, Russian Federation

**Abstract.** The methods of forecasting and bump hazard reduction when developing pilot area "Podruslovyy" Sheregeshevskogo field of "Evrazruda" sublevel caving system with high self-propelled equipment. Structural design of the new system taking into account the development of stress-strain state and a complex array of forecast, technological and organizational measures ensure high productivity and safety in the process of ore extraction.

**Keywords:** danger of rock bursts, stress state array, regional forecasting methods, local methods of forecasting, development system, storey forced collapse, sublevel caving, set-threaded operation.

## REFERENCES

1. Instrukcija po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot na rudnyh i nerudnyh mestorozhdenijah, ob#-ektah stroitel'stva podzemnyh sooruzhenij, sklonnyh i opasnyh po gornym udaram, (RD 06-329-99) Moscow, GPNTS po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortehnadzora Rossii, 2000 g.
2. Kopytov, A. I. Opredelenie ustojchivosti massiva pri provedenii gornyh vyrabotok na Sheregeshevskom rudnike OAO «Evrazruda» / A. I. Kopytov, M. D. Vojtov, T. E. Tripus // Vestnik KuzGTU, – 2012. – № 5 – S. 30–33.
3. Metodicheskoe rukovodstvo po krepljeniju gornyh vyrabotok i nabljudeniju za sostojaniem krepji na rudnikah OAO «Evrazruda» / A. I. Kopytov, A. A. Eremenko, V. V. Pershin [i dr.] – Kemerovo – Novokuzneck : SO AGN, 2013. – 86 s.
4. Kopytov, A. I. Vybor bezopasnoj tehnologii razrabotki sklonnyh i opasnyh po gornym udaram mestorozhdenij OAO «Evrazruda» / A. I. Kopytov, A. A. Eremenko, I. F. Matveev // Vestnik KuzGTU. – 2013. – № 2 – S. 39–41.
5. Kopytov, A. I. Geomehanicheskie osnovy dlja sovershenstvovanija geotekhnologii razrabotki zhelezorudnyh mestorozhdenij opasnyh po gornym udaram / A. I. Kopytov, A. A. Eremenko // Vestnik Kuz-GTU, – 2014. – №4. – S. 32-37.

*Received: 26.06.2015*