

УДК 622.831

А.И. Копытов, М.Д. Войтов, С.С. Морозов

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРНЫХ УДАРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОЙ ШОРИИ И ХАКАСИИ.

В России впервые горные удары были зарегистрированы в начале 40-х годов прошлого века при разработке угольных и в шестидесятые годы при разработке рудных месторождений. В девяностые годы динамические проявления горного давления наблюдались на 43 месторождениях. На 01.01.94 г. число всех зарегистрированных горных ударов и микроударов, начиная с 1970 г. составляло 380.

Основные удароопасные месторождения России: Североуральское бокситовое месторождение (горный удар на шахте № 14-14 бис 18 мая 1978 года на глубине 525 м разрушили 450 м горных выработок с объемом выброса более 1000 м³); месторождения Кольского полуострова (17 августа 1999 г. на шахте Умбозеро произошел горный удар, вызвавший разрушения на площади 650 м² с перекрытием на 10-90 % сечения

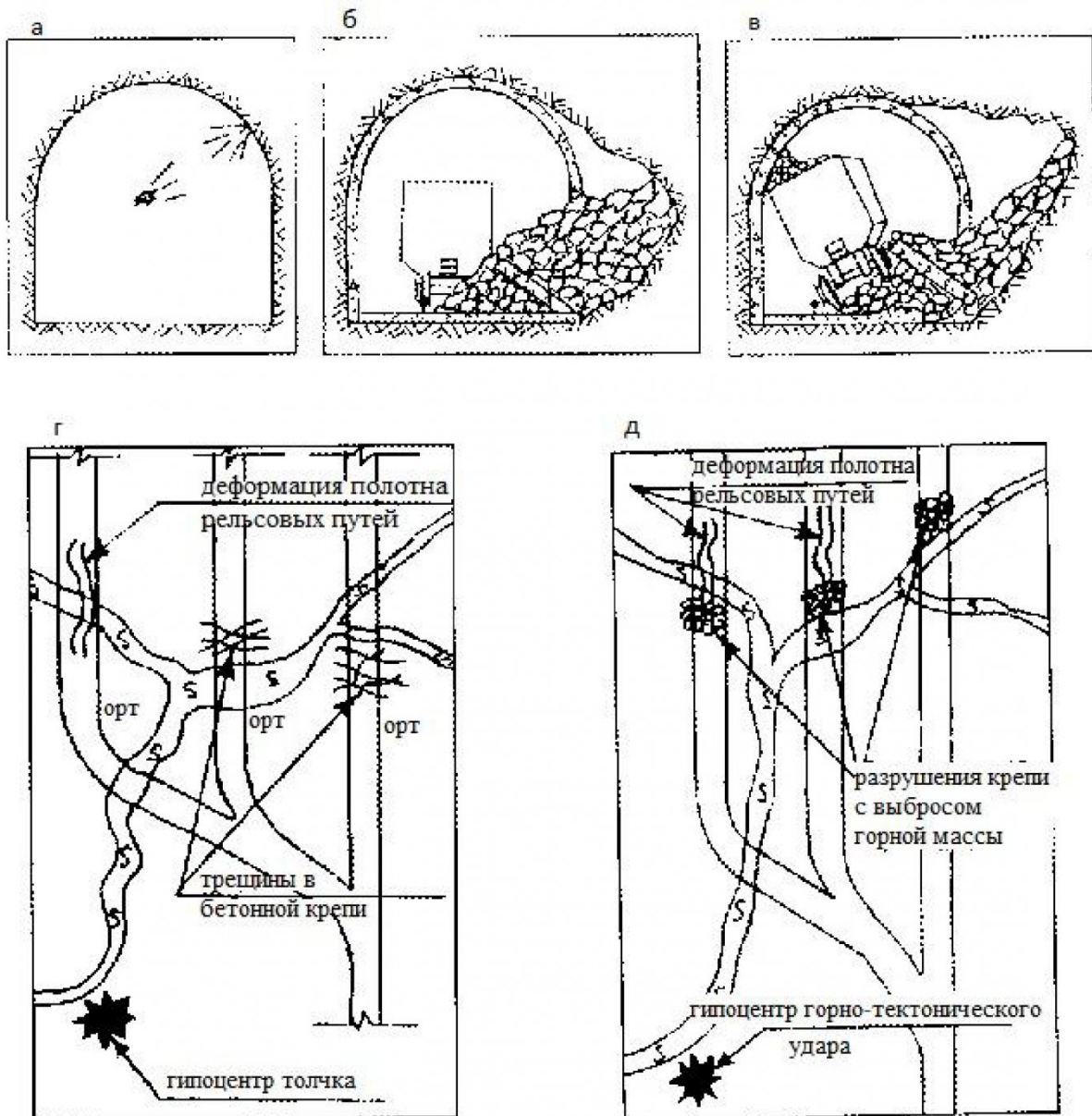


Рисунок 1 – Виды горных ударов: а – стреляние, б – микроудар, в – собственно горный удар, г – толчок, д – горно-тектонический удар.

выработок; на поверхности ощущался толчок с энергией 8 баллов); месторождения Талнахского района (ОАО ГМК «Норильский никель», на рудниках «Октябрьский» и «Таймырский» в 1999 г. было зарегистрировано более 7800 динамических событий с энергией от 10 до 7400 Дж); Таштагольское месторождение (зарегистрировано уже более 20 тыс. динамических событий).

Железорудные месторождения Горной Шории и Хакасии располагаются в регионе современной тектонической активности недр. Горизонтальные напряжения превышают вертикальные вне зоны очистной выемки в 1,3-2,6 раза, в зоне — в 3,5-5,2. Глубина горных работ на месторождениях достигла 1050 м. При переходе горных работ на большую глубину увеличивается горное давление, и изменяются физико-механические свойства горных пород.

Применение системы разработки этажного принудительного обрушения с отработкой рудных тел сплошным фронтом без оставления целиков позволяет управлять горным давлением за счет погашения выработанного пространства обрушен-

ными горными породами.

Наибольшее влияние на массив горных пород оказывают взрывные работы. Масса заряда ВВ технологических (в среднем 0,7-20 т) и массовых взрывов (в среднем 120-370 т) изменяется от 0,5 до 700 т, при этом обрушается массив объемом от 30 до 250 тыс. м³ [1].

Известно, что горный удар - это мгновенное хрупкое разрушение предельно-напряжённого целика или краевой части массива, проявляется в виде выброса руды (породы) в подземные выработки с нарушением крепи, смещением машин, механизмов, оборудования с нарушением технологического процесса. Сопровождается резким звуком, сильным сотрясением горного массива, образованием пыли и воздушной волны, звуком.

Горные удары происходят в краевой части массива горных пород на контуре горных выработок, рудных и породных целиков локально в одном месте с выбросом горной массы в выработки (рис. 1).

Для возникновения динамического явления в

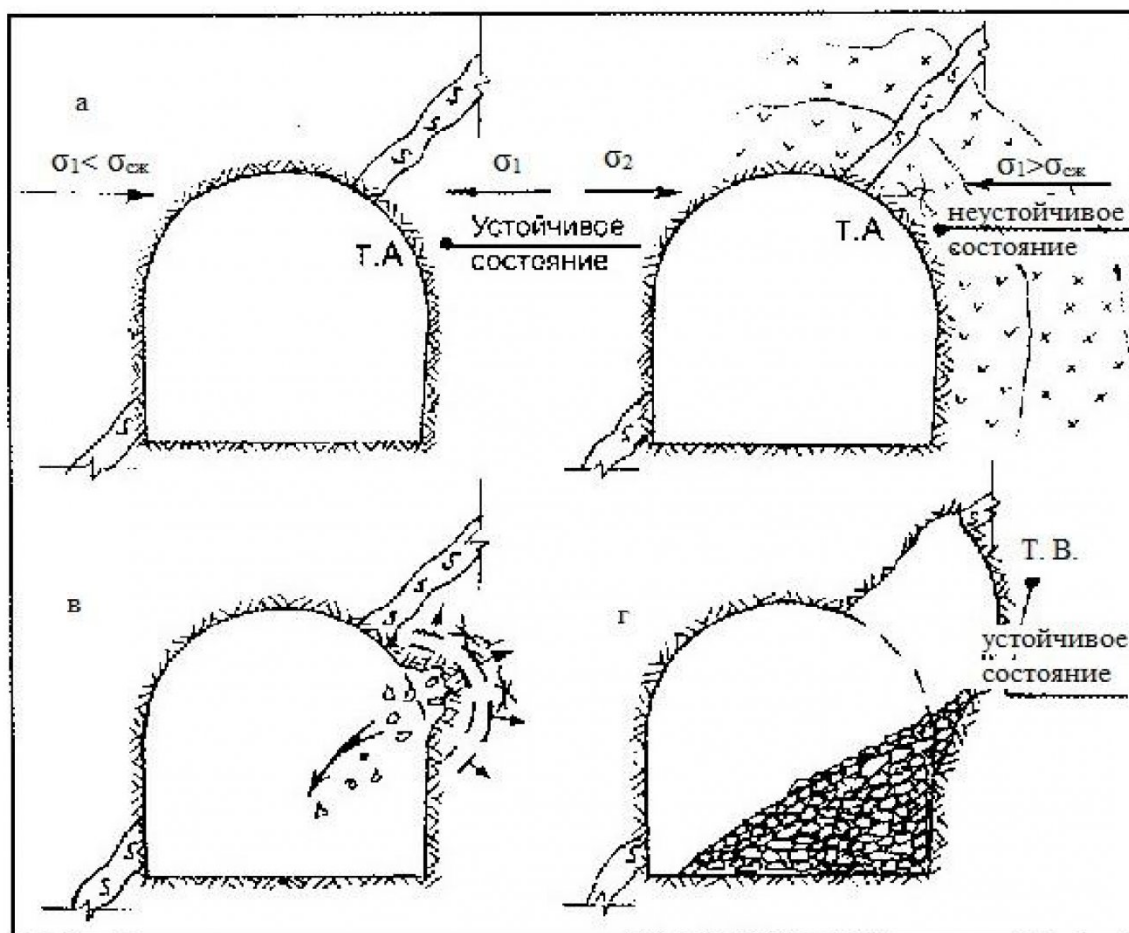


Рисунок 2 – Стадии проявления горного удара: а – стадия, предшествующая горному удару (устойчивое состояние приконтурного массива пород); б – стадия потери устойчивости; в – стадия распространения волн динамического разрушения; г – новое устойчивое состояние приконтурного массива пород

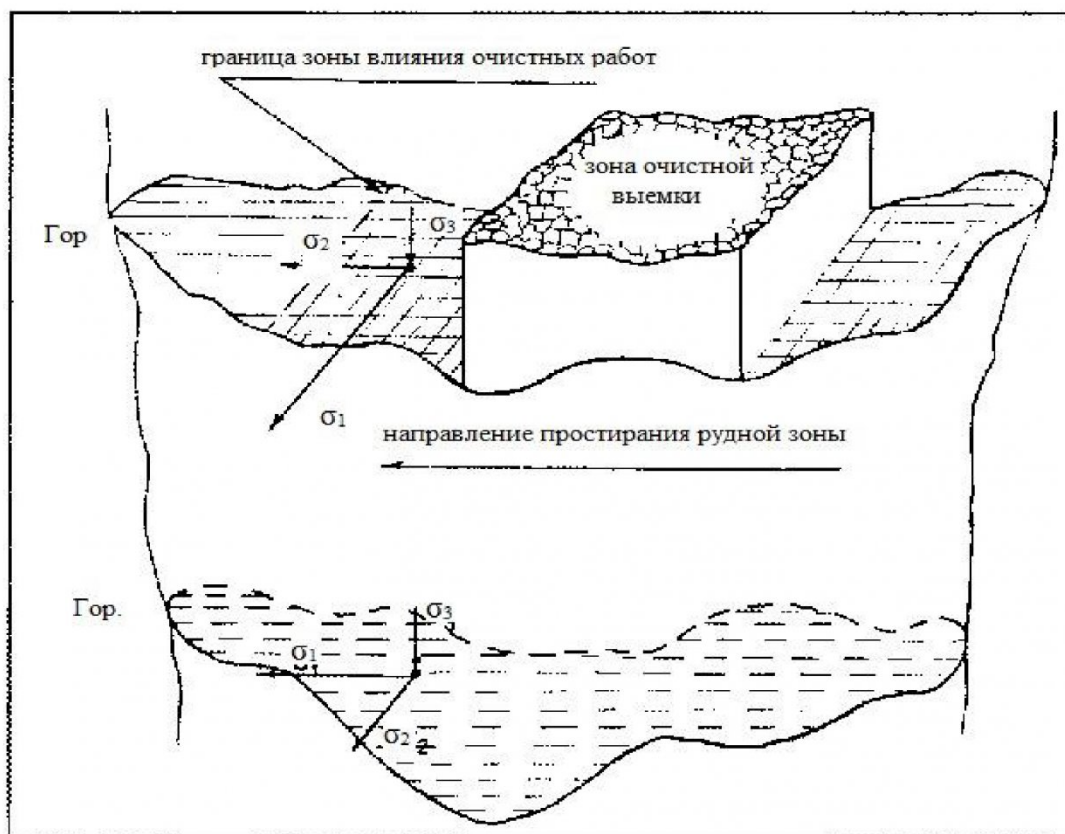


Рисунок 3 – Направления составляющих поля напряжений в массиве горных пород Таштагольского месторождения вне зоны влияния очистных работ (нижний горизонт) и в зоне влияния очистных работ (верхний горизонт); σ_1 – максимальная горизонтальная составляющая напряжений, σ_3 – вертикальная составляющая, равная весу столба пород.

форме горного удара необходимо наличие определенных факторов: природных (не управляемые) (силы тектонического происхождения, остаточные и современные тектонические напряжения, геологическое строение месторождения, глубина залегания руд и пород, рельеф местности и др.); техногенных или технических (управляемые) (системы разработки, наличие целиков и их ширина, способ проведения горных выработок, их пространственная ориентация, величина отставания крепи от забоя, способы управления кровлей, скорости продвижения очистного забоя, размеры выработанного пространства, взрывные работы, пространственная конфигурация горных работ, близость подготовительных работ к очистным, зона опорного давления, организация работ в забоях и др.).

На каждом обрабатываемом подземным способом месторождении обязательным условием является наличие обеих групп факторов, определенное сочетание которых в любой момент времени может вызвать проявление горного давления в форме горного удара.

В этих условиях исключить полностью динамические проявления горного давления в

массиве горных пород посредством каких-либо локальных, или региональных мероприятий, не представляется возможным, так как сами эти мероприятия выступают в качестве технических факторов.

В результате многочисленных исследований институтами ВостНИГРИ, ВНИМИ, ИГД СО РАН установлены основные условия возникновения горного удара: действие в массиве напряжений, достигающих максимальных значений (условие достижения предельной нагрузки); жесткость внешней системы должна быть меньше жесткости разрушаемого элемента (пород очага), или приток энергии из внешней системы (вмещающих пород) в район вероятного очага должен превышать его способность поглотить данную энергию (условие неустойчивости); выделяющаяся при разрушении пород энергия должна быть достаточной для обеспечения разлета кусков горной массы со скоростью 4-5 м/с.

Также определены стадии горного удара: стадия, предшествующая горному удару – система горных пород достигает такого напряженно-деформированного состояния, при котором становится возможным переход отдельных её участков в предельное состояние; стадия потери

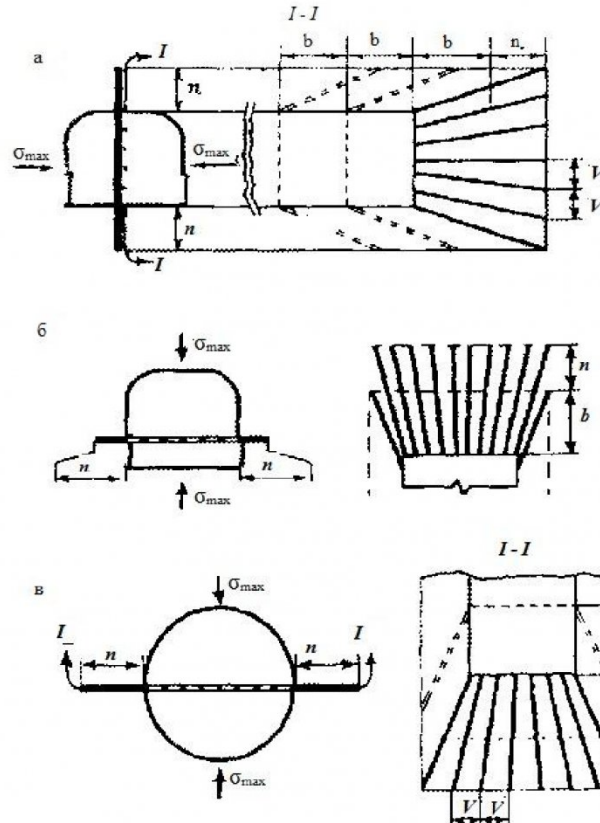


Рисунок 4 – Схемы камуфлетного взрывания по рядам шпуров: а – для разгрузки от горизонтальных напряжений; б – для разгрузки от вертикальных напряжений; в – в восстающих выработках и вертикальных стволах; σ_{max} – направление действия максимальных нормальных напряжений; n – минимально допустимая ширина защитной зоны; b – продвижение забоя за цикл или нескольких циклов проходки; V – линия наименьшего сопротивления шпуров.

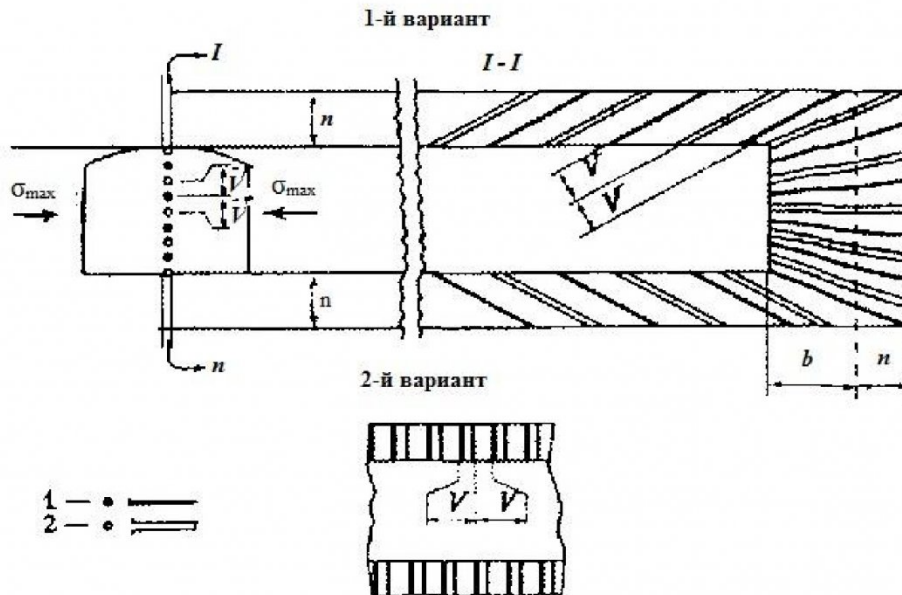


Рисунок 5 – Схемы камуфлетного взрывания с применением камуфлетных и компенсационных скважин (шпуров): 1 – шпуров; 2 – скважины; n – минимально допустимая ширина защитной зоны; b – продвижение забоя за цикл или несколько циклов проходки; V – расстояние между скважинами и шпурами

устойчивости – в месте разрушения реализуется условие мягкого разрушения; стадия распространения волн динамического разрушения

– спонтанное разрастание очага разрушения пород и его затухание.

При разработке железорудных месторождений

Горной Шории и Хакасии горные удары происходят в основном в зоне ведения очистных работ, районе тектонических нарушений, на контактах разномодульных пород, зоне опорного давления, в районе подсечного пространства и ниш блоков, где находится наибольшее количество подготовительных и нарезных выработок и др. [2].

От 80 до 90 % горных ударов провоцируются взрывными работами во время проведения массовых и технологических взрывов в массиве с предельным состоянием, где значения напряжений приближены или выше предела прочности горных пород.

Взрывные работы являются «раздражителем» горного удара. Главная же причина – снижение жесткости горных пород за счет образования пустот и как следствие перераспределение локальных напряжений.

Наиболее опасной становится ситуация когда в зону концентрации напряжений попадает геологический разлом – в этом случае может возникнуть удар горно-тектонического типа, физическая природа которого такая же как и у природных землетрясений.

Нормальные напряжения, держащие разлом в равновесии ослабевают, происходит сдвиг, сопровождающийся сильным сотрясением массива, резким звуком, образованием пыли и воздушной волны. Выделяется сейсмическая энергия от 10^6 до 10^9 Дж.

Горно-тектонические удары относятся к ударам регионального типа, при которых в выработках возникает множество вторичных очагов разрушений на участках ослабленных зон,

на контактах тектонических нарушений и дайковых тел, в то время как при локальных ударах очаг разрушения один (рис. 2).

Вследствие перераспределения напряжений при разработке железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии в результате нарушения сплошности массива формируются зоны концентрации сжимающих напряжений, действующих вблизи контура по всему периметру обнажения обрабатываемого участка.

На значительных расстояниях от выработанного пространства наблюдаются смешения, из-за неравномерности которых происходит деформирование массива и изменение его напряженного состояния.

Массовые взрывы инициируют выделение сейсмической энергии в массиве и провоцируют динамические явления. Наибольшая концентрация действующих напряжений определена в массиве с предельным состоянием на расстояниях от 20 до 60 м от границы выработанного пространства, где значения напряжений приближены или выше предела прочности горных пород. В этих областях механические процессы под воздействием техногенных факторов происходят с большей интенсивностью.

Массив горных пород, расположенный на границе очистного или выработанного пространства и находящийся в запредельном состоянии, ранее уже подвергался значительному воздействию горных работ и тектонических напряжений. В нем произошли и происходят механические процессы в виде смешений, деформаций, разрушений горных пород и др., вызванные действием высокого горного давления

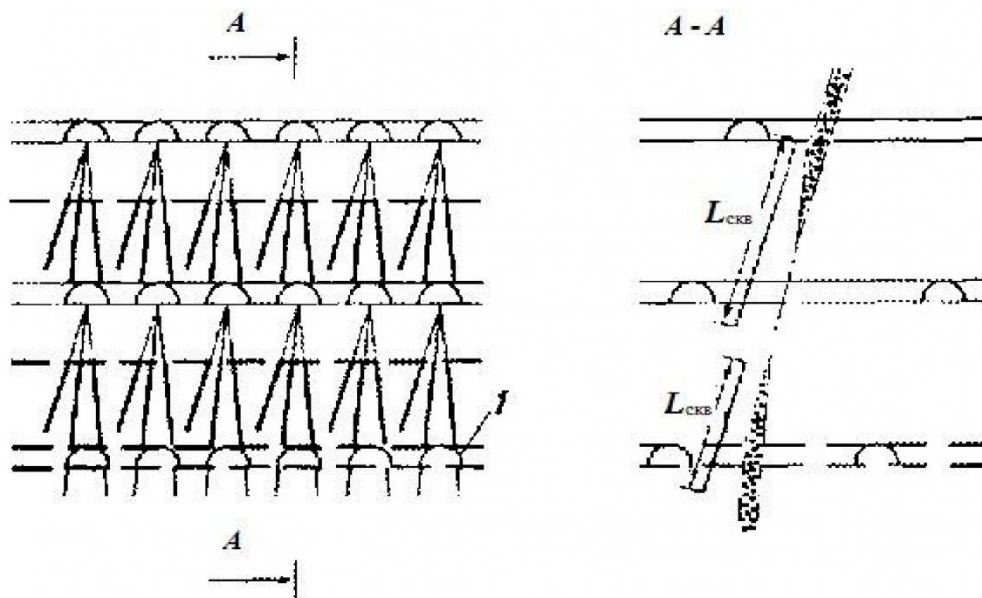


Рисунок 6 – Камуфлетное взрывание по рядам и пучкам скважин. Схема расположения скважин вблизи тектонического нарушения; 1 – проектируемый горизонт; $L_{скв}$ – длина скважины; $L_{зар}$ – длина заряда:

$$L_{зар} = 0,75 L_{скв}$$

(рисунок 3) [1].

Приведение горных выработок в неудороопасное состояние осуществляется путем создания защитной зоны с помощью камуфлетного взрывания, разгрузочных скважин и шелей, полостей и др. Также применяется метод временного исключения выработок из эксплуатации.

Проведение и поддержание выработок осуществляется при выполнении следующих профилактических мероприятий: крепление выработок, создание устойчивых форм, бурение разгрузочных шелей и скважин, контурное взрывание, применение податливой крепи и др. Схемы камуфлетного взрывания для приведения выработок в неудороопасное состояние приведены на рисунках 4-6.

При ведении очистных работ отработка мощных рудных тел производится системой этажно-принудительного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами в зажатой или полузажатой среде; в очистных блоках применяются разрезные щели эллипсовидной формы с расположением длинной оси по направлению максимальных горизонтальных напряжений; не извлекаемый породный прослой между компенсационными щелями разрушается при производстве массового взрыва с помощью одиночных или пучков скважин: отработка блоков производится с оформлением плоской (арочной) подсечки.

Для снижения негативного влияния массовых взрывов на геодинамическую обстановку при разработке рудных участков на удароопасных месторождениях, а также исключения основных концентраторов напряжений в горной конструкции – компенсационных камер и большого количества нарезных выработок на подсечном и буровом горизонтах, разработаны и обоснованы параметры одностадийной системы разработки этажного обрушения с отбойкой руды слоями скважинами увеличенного диаметра 160 (250) мм на зажатую среду. В настоящее время разработанный способ внедряется на Абаканском месторождении при освоении запасов IV рудного тела.

Применение разработанных параметров геотехнологии выемки блоков с отбойкой слоев параллельно-сближенными зарядами ВВ увеличенного диаметра на зажатую среду позволяет управлять горным давлением за счет уменьшения воздействия взрыва на массив горных пород в районе отбиваемого блока.

Прогнозируется значительное снижение количества динамических явлений с высоким энергетическим классом, особенно в районе подсечного пространства и днища блоков. Экономический эффект достигается за счет снижения затрат на восстановительные работы после проведения массовых взрывов и динамических явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Еременко А.А.* Совершенствование геотехнологии освоения железнорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов / А.А. Еременко, В.А. Еременко, А.П. Гайдин. – Новосибирск: Наука, 2008. – 312 с.
2. *Еременко А.А.* Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железнорудных месторождений / А.А. Еременко, А.И. Федоренко, А.И. Копытов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 236 с.
3. *Еременко В.А.* Исследование механизма формирования динамических явлений и зон их концентраций при разработке удароопасных железнорудных месторождений Западной Сибири / В.А. Еременко, Е.Н. Семенякин. – ГИАБ. – 2012. - № 4. – С. 67-68.
4. *Копытов А.И.* Выбор безопасной технологии разработки склонных и опасных по горным ударам железнорудных месторождений ОАО «Евразруда» / А.И. Копытов, А.А. Еременко, И.Ф. Матвеев. – Вестник КузГТУ № 2, 2013 – С. 39-41.
5. *Еременко В.А.* Новая технология снижения сейсмического воздействия массовой отбойки руды при разработке удароопасных месторождений / Е.А. Лобанов, А.А. Котляров, В.Н. Лушников, Д.Н. Маловичко. – Горный журнал – 2012. - № 9. – С. 12-16.

Авторы статьи:

Копытов
Александр Иванович
докт. техн. наук, проф. каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ
Тел. 8 (3842) 39-63-78

Войтов
Михаил Данилович
канд. техн. наук, проф. каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ
Тел. 8 (3842) 39-63-78

Морозов
Семен Сергеевич
аспирант каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ
Email: Patriot_kemerovo@mail.ru