**ЛЕКЦИЯ**

**Прогнозирование и предупреждение горных ударов на подземных рудниках КФ АО «Апатит» ФосАгро**

|  |  |
| --- | --- |
| .СОДЕРЖАНИЕ | Стр. |
| Введение | 3 |
| 1. Общие положения | 4 |
| 2. Проявление горного давления на рудниках АО «Апатит» | 4-5 |
| 3. Организация работ по прогнозированию и предупреждению горных ударов | 5-6 |
| 3.1 Прогнозирование горных ударов | 6 |
| 3.2 Приведение выработок в неудароопасное состояние | 6 |
| 4. Методы определения удароопасности и обрушений горных пород на основе данных полученных различными методами на подземных работах | 7 |
| 4.1 Метод дискования керна (МДК) | 7-8 |
| 4.2 По разрушению стенок шпуров и скважин (КРС) | 8-9 |
| 4.3 Ультразвуковым методом (УЗМ) | 9-13 |
| 4.3.1 Оценки качества противоударных профилактических мероприятий ультразвуковым методом (УЗМ) | 13-14 |
| 4.4 По данным контроля в опережающих скважинах (ПОС) | 14-16 |
| 5. Методика наблюдений | 16 |
| 5.1 Основные закономерности сейсмической активности высоконапряженного массива горных пород | 16 |
| 5.2 Методические основы прогноза региональной удароопасности | 16-18 |
| 5.3 Организация регионального прогноза удароопасности на руднике | 18-19 |
| 6. Литература | 20 |

**Введение**

**Краткая характеристика МДК, его цели и задачи**

МДК.01.06 Горное давление является частью ПМ.01 Ведение технологических процессов горных и взрывных работ специальности 21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Содержание рабочей программы модуля согласовано с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), утвержденного приказом Минобрнауки России от 12 мая 2014 года № 495.

МДК.01.06 Горное давление в соответствии с учебным планом изучается в 7 семестре четвертого курса.

Входящий в МДК.01.06 материал, соответствует следующим профессиональным компетенциям:

ПК 1.1. Оформлять техническую документацию на ведение горных и взрывных работ.

ПК 1.2. Организовывать и контролировать ведение технологических процессов на участке в соответствии с технической и нормативной документацией.

ПК 1.4. Контролировать ведение работ по обслуживанию вспомогательных технологических процессов.

|  |
| --- |
|  |
|

1. **Общие положения**

В настоящее время увеличение объемов добычи на поземных рудниках КФ АО «Апатит компании ФосАгро связано с углублением горных работ, что влечет за собой рост уровня напряжений и динамических проявлений горного давления. В связи с этим важное значение имеет совершенствование способов прогноза и предупреждения проявлений горного давления.

Зонами с повышенной региональной удароопасности являются участки массива пород, потенциально опасные в отношении реализации горных ударов регионального происхождения, либо высокой пространственно-временной плотности трещинообразования.

Прогнозная оценка состояния массива базируется на основных положениях физико-механической модели разрушения неоднородных твердых тел, заключающихся в следующем:

* разрушение — это многоэтапный процесс, развивающийся во времени и пространстве;
* разрушение осуществляется вследствие возникновения, роста и слияния трещин вплоть до появления магистрального разрыва;
* процесс разрушения протекает с сохранением подобия на разных масштабных уровнях.

В качестве одного из наиболее информативных методов диагностики и экспериментального контроля процессов разрушения массива с целью прогноза удароопасности принят сейсмический метод, основанный на непрерывной регистрации и анализе параметров упругих колебаний, возбуждаемых при образовании трещин, предшествующих горному удару.

Ввиду случайного характера динамических явлений в массиве результаты регистрации сейсмической эмиссии как процесса вероятностного могут быть корректно интерпретированы только путем статистической обработки данных, полученных за достаточно длительный интервал времени и на значительной площади наблюдений.

1. **Проявление горного давления на рудниках АО «Апатит»**

На всех разрабатываемых месторождениях выполняются работы по своевременному выявлению склонности горных пород к горным ударам.

К склонным по горным ударам относятся участки массива горных пород в пределах которых имеются породы и руды с высокими упругими свойствами, способные к хрупкому разрушению под действием нагрузки.

К опасным по горным ударам относятся участки месторождений на которых имели место микроудары и горные удары, а также, если локальными инструментальными методами прогноза выявлена категория удароопасности «опасно».

*По удароопасности* участки выработок разделяют на две категории удароопасности; «опасно» и «неопасно». Категория «опасно» соответствует такому напряженному состоянию массивав приконтурной части выработки, при котором может произойти горный удар. Такой участок выработки должен быть приведен в неудароопасное состояние. Категория «неопасно» соответствует неудароопасному состоянию.

*По категории состояния*выработки подразделяются на пять групп: А, Б, В, Г, Д. Выработки состояния А, Б, В соответствуют категории удароопасности «неопасно» и не требуют проведения специальных мероприятий. Выработки категории состояния «Г» соответствуют категории удароопасности «неопасно», но при ведении работ в таких выработках требуется проведение дополнительных мероприятий по созданию безопасных условий труда. Выработки категории состояния «Д» соответствуют категории удароопасности «опасно» и должны быть приведены в неудароопасное состояние.

**3. Организация работ по прогнозированию и предупреждению горных ударов.**

Общее руководство всеми работами по прогнозированию и предупреждению горных ударов на рудниках осуществляется комиссией по горным ударам КФ АО «Апатит». Все решения комиссии оформляются протоколом и являются обязательными для исполнения для всех цехов и подрядных организаций, ведущих работы в КФ АО «Апатит». Для решения оперативных вопросов на каждом подземном руднике организована комиссия по горным ударам подразделения. На каждом подземном руднике организована специальная служба прогноза и предупреждения горных ударов (СППГУ). В АО «Апатит» создан центр геофизического мониторинга (ЦГМ). Комплекс работ по прогнозированию и предупреждению горных включает в себя:

* разработку технологических регламентов, рекомендаций, нормативно-технической документации на проектирование и ведение горных работ
* разработку проектно-технической документации на подготовку и разработку участков месторождений
* перспективное ежегодное и текущее планирование работ по прогнозированию и предупреждению горных ударов
* региональный и локальный прогноз удароопасности
* реализацию мероприятий по предупреждению горных ударов
* контроль выполнения мероприятий по предупреждению горных ударов
* оценку эффективности выполненных мер по предупреждению горных ударов
* анализ выполненных работ по прогнозированию и предупреждению горных ударов
* проведение научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по разработке и внедрению новых средств, способов и методов прогнозирования и предупреждения горных ударов.

Ежегодные отчеты рудников заслушиваются на заседании комиссии АО «Апатит». Локальный прогноз удароопасности участков массива горных пород выполняется СППГУ рудников. Локальные проекты мероприятий по предупреждению горных ударов разрабатывается СППГУ рудников. Реализация мероприятий по предупреждению горных ударов производится соответствующим подземными участками рудника. Контроль реализации мероприятий по приведению выработок в неудароопасное состояние осуществляется СППГУ рудников.

* 1. **Прогнозирование горных ударов**

В АО «Апатит» региональный прогноз выполняется службами СППГУ и ЦГМ. Региональный прогноз удароопасности выполняется с помощью следующих методов: аналитическое (численное) моделирование напряженного состояния; визуальное обследование горных выработок; экспертная оценка состояния массива и отдельных участков выработки; прогноз региональной удароопасности по результатам непрерывного контроля сейсмичности массива горных пород; геомеханическое районирование; наблюдение по сетям локальных станций контроля удароопасности. Для определения категории удароопасности (опасно, неопасно) для хибинских апатитовых рудников рекомендованы следующие методы определения категории удароопасности: дискование керна; контроля разрушения стенок скважин замерных станций; ультразвукового метода; прогноз по опережающей скважине. При установлении категории состояния «Д» (опасно) горные работы немедленно останавливаются.

* 1. **Приведение выработок в неудароопасное состояние**

Основанием для проведения мероприятий по профилактике горных ударов являются:

* установление категории удароопасности «опасно»
* проявление горного удара
* определение категории состояния выработки «Г» или «Д»
* результаты регионального прогноза, показавшие, что выработка будет

удароопасна при приближении фронта очистной выемки (бурение строчки на опережение).

Основными способами приведения выработок в неудароопасное состояние являются:

* разделка отрезных щелей путем создания зоны неупругих деформаций, образующих защитную зону, в которой блок отрабатывается в обычном порядке
* бурение разгрузочных строчек скважин или шпуров, способствующих переносу концентрации напряжений от контура выработки вглубь массива
* крепление контура выработки, предотвращающего выброс породы в выработку.

Горные выработки категории удароопасности «опасно» или категории состояния «Д» приводятся в безопасное состояние следующими способами:

* бурением разгрузочных строчек скважин
* креплением контура выработки для предотвращения выброса породы в нее при динамических проявлениях горного давления; монолитным бетоном толщиной не менее 300 мм, железобетонными штангами, тросовым креплением, усиленным набрызг-бетоном толщиной не менее 150 мм.

1. **Методы определения удароопасности и обрушений горных пород на основе данных полученных различными методами на подземных работах**

**4.1 Метод дискования керна (МДК)**

1. Теоретические основы

Метод дискования керна основан на способности к хрупкому разрушению, к которым относятся апатит-нефелиновые руды и вмещающие их породы, в результате этого при бурении скважин в высоконапряжённом массиве керн разбивается на диски, при этом чем больше величина действующих напряжений, тем тоньше диски.

2. Определение категории удароопасности скважины.

Определение категории удароопасности методом МДК осуществляется на стандартной станции. Категория удароопасности устанавливается по номограмме или расчетным методом.

Категория удароопасности скважины устанавливается по номограмме (рис. 22).

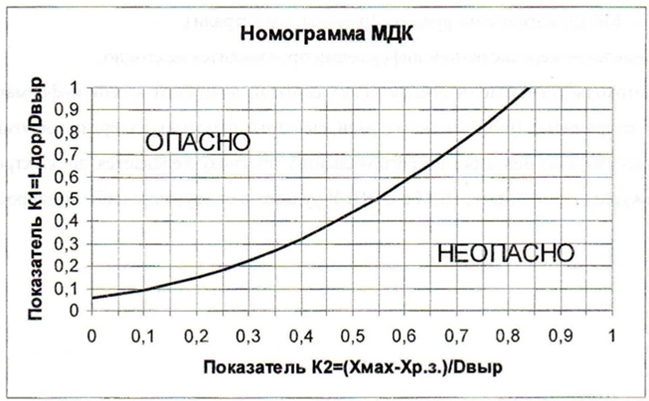


Рис. 22 Номограмма для определения категории удароопасности скважин по дискованию керна (для скважин Ø 59 мм; керна Ø 42 мм)

Xmax **–** расстояние от контура выработки до максимума опорного давления,м;Xр.з. – мощность приконтурной зоны разрушенных пород, м;Dвыр. – наибольший размер выработки, м.

Характеристическая толщина (t) образованных дисков для руд и пород составляет 1 см. По оси ординат номограммы откладывается отношение K1 длины зоны дискования Lд (с установленной характеристической толщиной диска) к фактической высоте Dвыр.выработки:

K1 = Lд / Dвыр.

по оси абсцисс отношение K2 расстояния от контура выработки до максимума опорного давления Xmaxза вычетом приконтурной зоны разрушенных пород Xрк Dвыр**.**

K2 = (Xmax – Xр) / Dвыр.

Максимуму опорного давления соответствует середина полученного интервала с наибольшим выходом дисков. При одинаковых параметрах дискования, но различных прочностных свойствах породы, положение максимума опорного давления устанавливается в наиболее прочной разновидности пород и руд.

Определение категории скважины расчетным методом основывается на следующем условии:

* категория «опасно» в случае, если:

K1 >1.06 · (K2)2 + 0.23 · K2 + 0.06

* категория «неопасно» в случае, если:

K1 ≤ 1.06 · (K2)2 + 0.23 · K2 + 0.06

З. Определение категории удароопасности выработки.

Выработка относится к категории «опасно», если в ней не менее чем в двух смежных скважинах, пробуренных по паспорту замерной станции, установлена категория «Опасно».

4. Проведение работ. Условия бурения скважин.

Скважины бурятся с постоянной скоростью, не превышающей 400-500 об./мин с промывкой водой. Давление бурового става на забой поддерживается постоянным, контролируется по манометру. Керн извлекается из скважины через каждые 0.5 м, и укладывается в специальные ящики в порядке его расположения по длине скважины. Если при бурении в двух смежных скважинах установлена категория «Опасно», то дальнейшее бурение не производится.

**4.2 По разрушению стенок шпуров и скважин (КРС)**

1. Теоретические основы.

Оценка удароопасности пород на основе контроля разрушения скважин базируется на эффекте разрушения стенок скважин в зонах высокой концентрации напряжений около горных выработок или в массиве пород. От встречающегося разрушения скважин в зонах повышенной трещиноватости указанный эффект отличается тем, что разрушение захватывает не весь контур равномерно, а имеет ярко выраженные максимумы в двух диаметрально противоположных стенках. Для пород Хибинских месторождений установлено, что разрушение стенок скважин начинается при условии превышения максимальными нормальными напряжениями предела прочности на одноосное сжатие σmax ≥ 0.5 · σc

2. Определение категории удароопасности скважины.

Контроль разрушения стенок скважин с целью оценки удароопасности осуществляется измерениями на стандартной станции (рис. 19). Измерения производятся по шпурам и скважинам любого диаметра.

Для каждой скважины определяют категорию удароопасности согласно номограмме (рис. 23), для чего откладывают по оси ординат величину U1, равную отношению длины дорожки разрушения Lдор. к диаметру выработки Dвыр., а по оси абсцисс величину U2 отношения максимума разрушения Хmax за вычетом приконтурной зоны разрушенных пород Xр к Dвыр..

Точки начала и конца «дорожки» определяются для рудников ОАО «Апатит» по следующим пороговым значениям отношения глубины дорожки к диаметру скважины Dc: для вмещающих пород и руд с содержанием апатита до 45% >1.02 · Dc для руд с содержанием апатита больше 45% > 1.1 · Dc

Категорию удароопасности можно определить также расчетным путем:

— категория «опасно» при выполнении условия:

U1 > 0.941 · (U2)2 – 0.12554 · U2 + 0.098

— категория «неопасно» при:

U1 ≤ 0.941 · (U2)2 – 0.12554 · U2 + 0.098

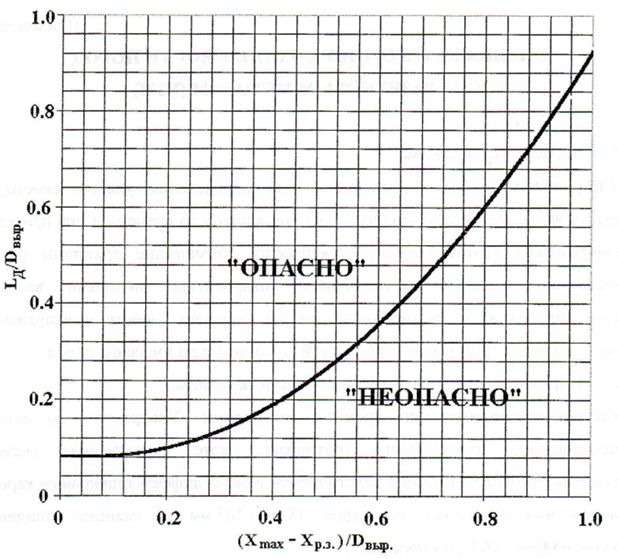


Рис. 23 Номограмма для определения категории удароопасности по разрушению скважин

При интенсивных проявлениях внешних признаков удароопасности в районе замерной станции и невозможности безопасного проведения инструментальной оценки допускается применение визуальной оценки протяжённости дорожки и расположения максимума разрушения для определения категории удароопасности.

Определение категории выработки производится так же, как и для метода дискования керна. Повторные измерения методами КРС по одним и тем же скважинам могут быть применены в случаях увеличения напряжений при ведении горных работ. Для контроля эффективности профилактических мероприятий необходимо бурение новых скважин на расстоянии не менее 50 см от исходных.

* 1. **Ультразвуковым методом (УЗМ)**

1. Теоретические основы.

Ультразвуковой метод применяется для определения удароопасности, для длительных наблюдений за изменением состояния пород во времени и при проведении профилактических противоударных мероприятий. Физические принципы решения указанных задач основаны на применении инвариантных физических величин - скоростей упругих волн, реагирующих как на вариации свойств и напряженного состояния, так и на структурные особенности (трещины и др.) массива пород.

2. Определение категории удароопасности скважины.

Ультразвуковые измерения проводят комплексом «Ультразвук» по методике многопрофильного трехточечного (возможна также двухточечная схема с определением времени задержки в акустическом тракте) дифференциального каротажа по шпурам или скважинам диаметром 38 мм - 105 мм на станции стандартной конфигурации.

Измерения включают выбор в каждой скважине профилей максимальных и минимальных скоростей и последовательное определение времен распространения продольных и поперечных волн по обоим профилям по всей длине скважины. Выбор профилей максимальных и минимальных скоростей производится по данным кругового профилирования с угловым шагом 30 градусов. Расстояние между датчиками (база измерений) О. 1 м, шаг измерений равен м (в специальных случаях — 0.5 м).

Анализ и обработку данных рекомендуется проводить с помощью специального комплекса программ.

По измеренным временам распространения продольных Тр (мкс) и поперечных Ts (мкс) волн для каждой точки рассчитывают с показатели:

* скорости продольных и поперечных упругих волн:

Vp1=100/(Tp21-Tp11), км/с; Vs1=100/(Ts21-Ts11), км/с; Vp2=100/(Tp22-Tp12), км/с;

Vs2=100/(Ts22-Ts12), км/с; Vo=100/To, км/с.

* показатели напряжений:

P1 = (Vp1 – V0)/(Vlim – Vp1) = Tlim (T0 + Tp21 – Tp11)/T0(Tp21 – Tp11 - Tlim)

P2 = (Vp2 – V0)/(Vlim – Vp2) = Tlim (T0 + Tp22 – Tp12)/T0(Tp22 – Tp12 - Tlim)

* показатель анизотропии:

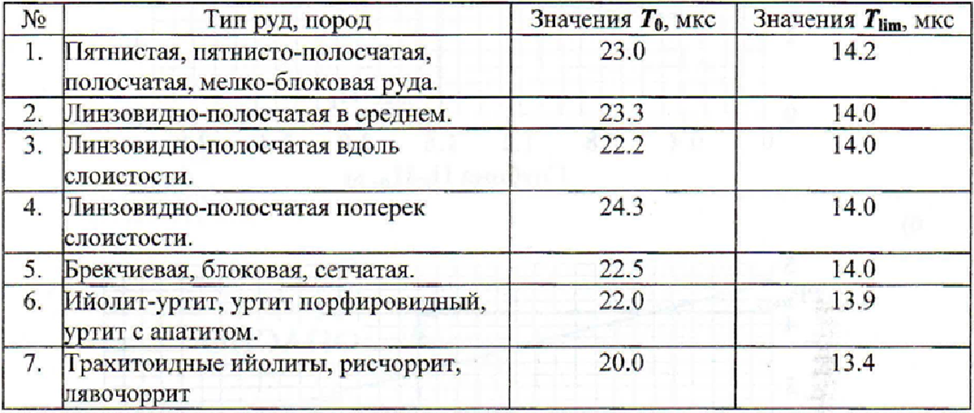
K = Vp max / Vp min = (Tp21 – Tp11)/(Tp22 – Tp12)

* показатель нарушенности

R = Vp / Vs = (Tp21 – Tp11 + Tp22 – Tp12)/(Ts21 – Ts11 + Ts22 – Ts12),

где Tp21, Tp11, Ts21, Ts11 – времена прихода первых вступлений продольных и поперечных волн на второй и первый датчики на зонде по профилю 1, Тр22, Тр12, Ts22, Ts12 – времена прихода первых вступлений продольных и поперечных волн на второй и первый датчики на зонде по профилю 2 на одной и той же глубине, T0 и Tlim – параметры, выбираемые в зависимости от типа руды или породы из таблицы 8.

Таблица 8. – Параметры T0 и Tlim для различных типов руд и пород



По полученным значениям строят графики P(h), k(h) и R(h), на которых выделяют следующие участки и их характерные параметры: зоны максимумов Рmax и их удаления от контура выработки Нmax; величины приконтурных зон разрушенных пород с глубиной Нp — по условию Vp<V0, зоны максимума Кmax и зоны аномальных значений R≥2.0 или R≤l.5. Для каждой скважины определяют максимальные значения Рmax и Кmax. По этим параметрам по номограмме для каждой скважины определяют категорию удароопасности (рис. 24). Алгоритм определения категории удароопасности расчетным путем предполагает определение категории удароопасности для каждой точки по всем профилям всех скважин и интегральную оценку категории удароопасности станции по совокупным данным. При этом для всех точек рассчитываются величины:

сравнительный показатель напряжений

Ci = Pi – 0.16(Hi – Hнр)2 + 0.005(Hi-Hнр)

промежуточный параметр

PPi = Ci + 1.455

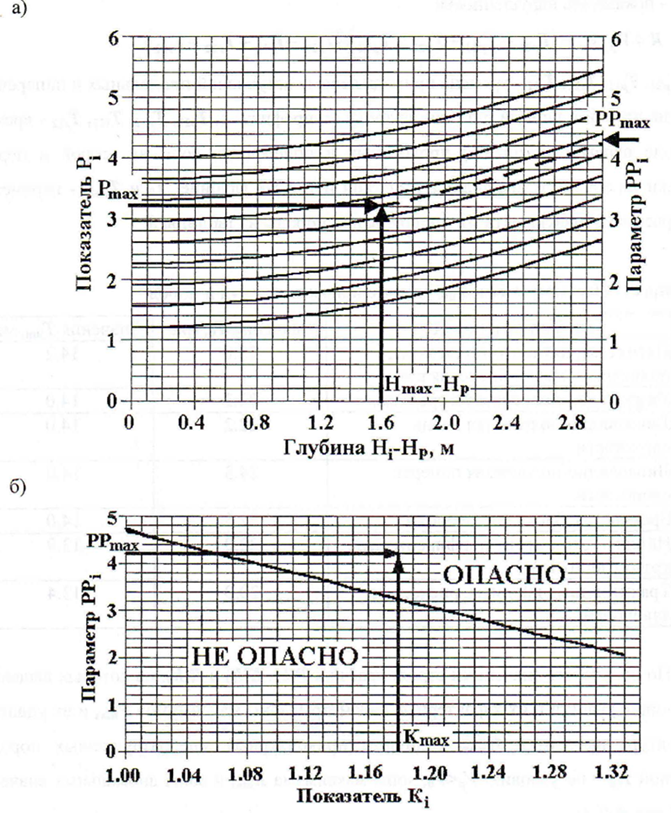


Рис. 24 Номограммы для определения категории удароопасности скважин ультразвуковым методом для условий рудников ОАО «Апатит»: а) определение значения PPi; б) определение категории по РРј и Кi (точка по промежуточной величине показана зона ошибки (по категории удароопасности), которая определяется как среднеквадратическая для ошибок измеряемых параметров и составляет до +0.5 единицы по промежуточной оси.

Промежуточный параметр

Fi = 12.6 – 8Ki

где, Hi - Ннр — относительная глубина контрольной точки за вычетом глубины нарушенной зоны (для Dв=З-8м - диаметра выработки).

Затем производится проверка по следующим условиям:

если PPi ≥Fi то Ui=1

PPi <Fi то Ui=2

где Ui - категории удароопасности конкретных точек, i - порядковый номер (глубина) контрольной точки.

Суммарная категория по скважине определяется по минимальным суммарным категориям для парных точек на двух профилях на одной глубине. Так, при суммарной категории точек Ui1 + Ui2 = 2 - З, категория точки равна «опасно», при Ui1 + Ui2 = 4, категория точки равна «неопасно». Категория скважины определяется как наиболее опасная из полученных по всем контрольным точкам. Если по параметру R выделяются указанные интервалы R >2 или R < 1,5, то зона отмечается как нарушенная или трещиноватая.

З. Определение категории удароопасности выработки.

Категория станции определяется по двум соседним скважинам с наиболее опасными категориями. При суммарной категории скважин U1i + U2i = 2 - З, категория станции равна «опасно», при U1i + U2i = 4, категория станции равна «неопасно».

По параметрам Vp, Vs, Р и R для всех скважин также выделяют зоны трещиноватости и нарушенных пород. Признаками наличия трещин являются:

* резкое повышение и понижение амплитуд, скоростей и отношения скоростей

продольных и поперечных упругих волн на берегах трещины;

* потеря сигнала на трещине;
* присутствие указанных признаков на всем контуре скважины;
* кольцевое разрушение стенки скважины, определяемое методом КРС.

В случае диагностики трещин по двум (и более) соседним скважинам по этим скважинам рекомендуется провести повторный контроль или мониторинг для оценки развития процесса деформирования пород в окрестности выработки. При выявлении косопадающих или параллельных поверхности контура выработки трещин необходимо разработать мероприятия по креплению или обезопашиванию опасного участка.

**4.3.1 Оценки качества противоударных профилактических мероприятий ультразвуковым методом (УЗМ)**

Метод основан на эффекте снижения скоростей и амплитуд упругих волн, проходящих через искусственно создаваемые в массиве пород зоны повышенной дефектности (трещиноватость в сочетании со скважинами или шпурами). Количественно этот эффект определяют путем сравнения результатов измерения параметров упругих волн на фиксированных участках массива пород до и после проведения профилактического мероприятия, или параметров упругих волн, проходящих через разгрузочную зону и по нетронутому массиву.

В качестве параметров контроля используют следующие:

— кинематический коэффициент ослабления:

Kt = (tp1 – t3)/(tp2 – t3)

— динамический коэффициент ослабления:

KA = KAp1 – KAp2

где tp1, tp2 – времена распространения продольных упругих волн до и после проведения мероприятия; t3 – время задержки в акустическом тракте; KAp1,2 = 20(lgAp1/A0)- (lgAp2/A0) – коэффициенты ослабления ультразвукового прибора; Ap1,2 – амплитуды продольных упругих волн до и после мероприятия; A0 – нормирующая амплитуда.

Измерения проводят с помощью комплекса УК «Ультразвук» по методике прозвучивания на продольных волнах.

Прозвучивают участок массива между двумя параллельными шпурами диаметром 40-105 мм, пробуренными по обе стороны от строчки технологических шпуров для камуфлетного взрывания или разгрузочных скважин (рисунок 27). Длина контрольных шпуров Lш должна быть такой, чтобы они заканчивались на 0.5 м дальше (считая по нормали от стенки выработки) профилактических. После бурения шпуры должны быть промыты и продуты сжатым воздухом.

* 1. **По данным контроля в опережающих скважинах (ПОС)**

1. Физические основы метода.

В основу прогноза состояния горных выработок по опережающим скважинам положен принцип геомеханического подобия скважины и соосно пройденной выработки с поправкой на масштабные эффекты. Для описания состояния пород вокруг опережающей скважины (зона С, рисунок 25) используется комплекс параметров, включающий скорости продольных и поперечных ультразвуковых волн, полученных по скважине методом многопрофильного каротажа, аналогично ультразвуковому методу оценки удароопасности, данные о разрушении стенок опережающей скважины, аналогично методу КРС и данные о разрушении контура выработки (зона А, рис. 25) в забое, в котором пробурена опережающая скважина

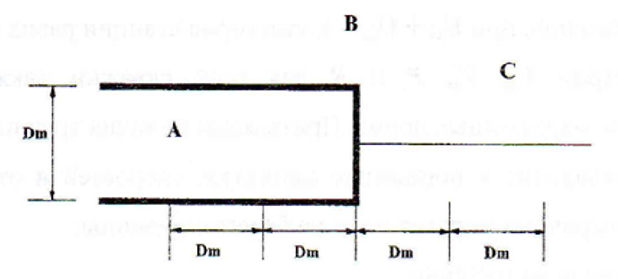


Рис. 25 Схема расположения зон контроля при проведении опережающего

контроля и прогноза состояния горной выработки

По данным ультразвуковых и КРС -- определений выделяют трещины на всем протяжении скважины. После выделения трещин на прогнозном участке выделяются естественные блоки (между трещинами), для каждого из которых по ультразвуковым измерениям дается оценка среднего уровня напряжений, направления максимальных напряжений и категории удароопасности. По данным кругового многопрофильного каротажа определяют направления максимальных напряжений, перпендикулярных к оси выработки, с целью определения ориентации разгрузочных щелей, если они будут применяться. По данным КРС также определяется категория удароопасности для выделенных однородных блоков. В случае несовпадения оценок методами УЗК и КРС категория удароопасности устанавливается как наибольшая из полученных категорий обоими методами.

2. Определение категории удароопасности скважины.

В случае наличия разрушений на контуре выработки на первом этапе определяется категория удароопасности горной выработки на пройденном участке, удаленном от забоя на 1 — 2 диаметра выработки.

На втором этапе, не ранее чем через 2 часа после бурения опережающей скважины, проводится контроль состояния стенок опережающей скважины методом КРС.

Зоны с одновременным неравномерным разрушением всего контура скважины (по обоим профилям) относят к зонам повышенной трещиноватости (неупругих деформаций) и характеризует их длиной Нр.п. Каждый участок массива, где наблюдается разрушение стенки скважины в виде «дорожки», прогнозируется как категория «Опасно» для будущей выработки.

Повторный контроль скважины с помощью профилеметрии проводится в случае изменения горнотехнической ситуации, и может дать информацию только об изменении напряжений в большую сторону (или их неизменности). При некоторых соотношениях высоких по модулю напряжений, нормальных к оси контрольной скважины, разрушение стенок в виде «дорожки» может не происходить.

На третьем этапе проводят ультразвуковые измерения по опережающей скважине по описанной выше методике.

Массив пород разделяют на блоки. Признаками блоков являются наличие трещин на границах блока и статистически значимая однородность данных контроля внутри блока.

Для каждого из выделенных блоков или просто однородных участков массива пород определяют максимальные значения Рmax и Кmax. По этим параметрам по номограмме для каждого блока или участка определяют категорию удароопасности (рис. 26).

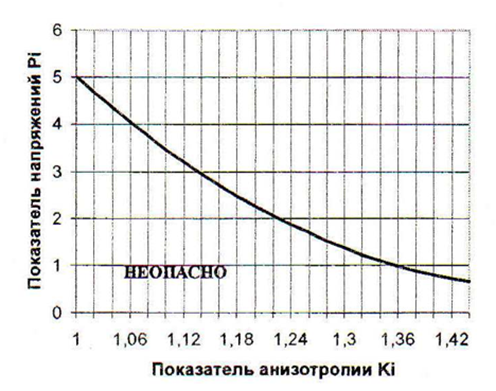


Рис. 26 Номограмма для определения категории удароопасности по методу ПОС

Для каждого из выделенных однородных блоков определяют ориентацию максимальных напряжений в плоскости сечения выработки, для чего делается круговое профилирование. Для этого на заданной глубине с угловым шагом 100 измеряются времена Тpi, по ним определяют скорости Vpi, которые наносят на круговую диаграмму. Измерения проводят в диапазоне углов 00 - 3600, при обработке скорости, определенные на профилях, разнесенных на 1800 (например, 300 и 2100), попарно усредняют. Затем по круговой диаграмме определяют направление максимальных скоростей, которое предположительно совпадает с направлением максимальных напряжений. В случае необходимости создания разгрузочных зон в кровле выработки их ориентируют по направлению на сектор с максимальными скоростями Vpi.

**5. Методика наблюдений**

**5.1 Основные закономерности сейсмической активности высоконапряженного массива горных пород**

Па основе опыта многолетних непрерывных наблюдений за сейсмической эмиссией удароопасных участков апатитовых месторождений Хибин можно сформулировать следующие основные закономерности изучаемого явления:

- сейсмическая активность является естественным (нормальным) состоянием высоконапряженных участков породного массива и отражает процессы накопления упругой энергии и её релаксации массива при трещинообразовании;

- потенциальная опасность возникает при нарушении баланса между скоростями накопления и выделения энергии, увеличении сейсмической активности выше фоновой и образовании зон повышенной удароопасности;

- технология отработки апатитовых месторождений, предполагающая

регулярное проведение мощных массовых взрывов, определяет афтершоковый характер сейсмичности, описываемый функцией опасности;

- установлен колебательный характер афтершоковый сейсмичности, объясняющий наличие мощных сейсмических событий и горных ударов после периодов относительного сейсмического затишья и требующий учета фактора времени при прогнозировании региональной удароопасности;

- геодинамическис условия эксплуатации глубоких апатитовых месторождений определяют взаимное влияние удароопасных зон, и требуют анализа процессов, протекающих по всему району наблюдений;

- при оценке региональной удароопасности необходимо прогнозировать не только единичное мощное событие, но и совокупность слабых сейсмических явлений, т.е. пик мощности сейсмической активности, а также координаты опасного участка;

- формирование и реализация очагов сейсмических явлений после массового взрыва - характерная предпосылка использования для прогноза методики вариации временных интервалов (ВВИ).

**5.2 Методические основы прогноза региональной удароопасности**

Главная задача прогноза, основанного на измерении и анализе параметров сейсмической эмиссии высоконапряженного породного массива - выделение потенциально удароопасных зон с учетом фактора времени и оценка степени опасности.

Настоящая методика предусматривает непрерывный режим регистрации сейсмических событий. Непрерывным считается режим регистрации, при котором время простоев не превышает 90% анализируемого временного интервата. Оценка регионагьной удароопасности не может быть выполнена в случае, если моменту анализа предшествует простой более 2 часов.

При выделении зон входными параметрами являются: время, координаты и энергия сейсмических событий, отражающих процессы трещинообразования в контролируемом участке массива горных пород.

Определение средних длительных значений сейсмичности производится по всей зоне регистрации за интерват не менее 90 суток до даты, предшествующей текущей оценке удароопасности. Срсднедлителыгый параметр сейсмичности (***Sср***) - суммарная

длина трещин, отнесенная к объему зоны регистрации и длительности:

где: Е - энергия события (Дж); V**з**, - объем зоны регистрации (км3); Тд -

временной интервал для оценки среднего длительного (сутки).

Текущая оценка удароопасности производится за интервал времени равный 30 суткам, предшествующим моменту анализа.

Основной прогностический параметр (параметр опасности зоны) - суммарная длина трещин (8), отнесенная к пространственно-временному окну с учетом функции опасности (или с учетом фактора времени, определяемого функцией опасности).

где: V - объем пространственного окна (км3); Т - временной интервал (сутки).

Перемещая окно высотой, равной высоте этажа и со стороной по горизонтали 50м с шагом 50 м, в пределах зоны регистрации подсистемы для каждого положения рассчитываются значения 5. Карты удароопасных зон строятся в изолиниях, причем изолиниями оконгуриваются районы удовлетворяющие условиям:

* S/Sср > N1 – для первой степени региональной удароопасности («Опасно»);
* S/Sср > N3 – для третьей степени региональной удароопасности («Неопасно»).

где: N1 - критическое значение 1 степени региональной удароопасности; N3 - критическое значение 3 степени региональной удароопасности.

Критические значения степени региональной удароопасности N1 и N3 ежегодно уточняются службами ППГУ рудников и ЦГМ, и согласовываются на комиссии по горным ударам АО «Апатит».

Дополнительный прогностический параметр (параметр опасности региона) - максимальная ожидаемая энергия сейсмического события (Emax), определяется на основе графика повторяемости.

После массовых взрывов дополнительно производится поиск в выделенных зонах предвестников горных ударов по методике вариации временных интервалов (ВВИ) к моменту допуска людей. При использовании для прогноза сейсмических явлений после массового взрыва методики вариации временных интервалов (ВВИ) прогностическими параметрами являются - средний временной интервал между событиями и коэффициент вариации временных интервалов. Предвестником является устойчивый рост коэффициента вариации временных интервалов при падении среднего временного интервала.

Для реализации данной методики прогноза рекомендуется следующая последовательность действий:

1) Построение карт сейсмической активности на основе определений текущих значений сейсмического параметра Sср и S.

2) Выделение опасных зон на двух уровнях удароопасности (1 и 3) в зависимости от соотношения S/Sср.

3) Если выделена зона с 3 степенью региональной удароопасности, то строится текущий график повторяемости, и определяется максимальная ожидаемая энергия сейсмического события, и в случае ситуации в данной зоне устанавливается вторая (промежуточная) степень опасности.

4) После массового взрыва выделенные зоны проверяются по методике ВВП на наличие предвестников мощных сейсмических событий, в случае выявления которых в зоне устанавливается или сохраняется 1 степень опасности. Диапазон выборки для оценки по методике ВВП ограничен с одной стороны временем взрыва с другой временем начала работ в зоне.

**5.3 Организация регионального прогноза удароопасности на руднике**

Для организации регионального прогноза на данном руднике проводится адаптация методики к конкретным горнотехническим условиям. В процессе адаптации проводятся контрольные взрывы, определяются скоростные разрезы, параметры регистрации событий и методики прогноза, после чего разрабатывается «Руководство по региональному прогнозу удароопасности».

«Руководство по региональному прогнозу удароопасности» должно включать:

* Границы зон регистрации и регионального прогноза.
* Параметры регистрации сейсмических событий.
* Особенности геодинамики района регистрации.
* Особенности прогноза.
* Параметры методики прогноза.
* Порядок взаимодействия должностных лиц АО «Апатит» в процессе ведения горных работ при изменении степени региональной удароопасности.
* Краткое описание программно-аппаратного комплекса.
* Координаты сейсмопунктов.
* Перечень и примеры выходной документации.
* Порядок обмена информацией.

6. Документация.

На основе регистрации и обработки сейсмической информации составляется следующая выходная документация:

1) Протоколы регистрации сейсмических событий.

2) Карты эпицентров сейсмических событий.

3) Карты границ удароопасных зон в изолиниях.

На картах отображается следующая информация:

* Планы горизонтов.
* Тектонические нарушения.
* Границы отбойки.
* Проекция границы обрушения покрывающих пород.
* Координатная сеть рудника (разрезы, магистрали).

Обновление перечисленной информации производится ежегодно.

Протоколы регистрации сейсмических событий включают в себя информацию о времени, координатах (разрезы, магистрали, высотные отметки) и энергии событий.

Выходная документация по региональному прогнозу передается по электронной почте дежурным геофизиком ЦГМ в СППГУ рудников ежесуточно либо по запросу.

1. ЛИТЕРАТУРА:

1. «Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках АО «Апатит», 2002.

2. Протасов, Ю.И.Разрушение горных пород / Ю.И. Протасов. - 4-е изд. - М.: Изд-во МГГУ, 2011. – (Физические процессы горного производства. 2.). + [Электронный ресурс: djvu; 15,4 МБ] // С: \ Библиотека \ Электронные учебники \ Техника.

3. Казикаев, Д.М. Геомеханика подземной разработки руд: учебник для ВУЗов (гриф МО РФ) / Д.М. Казикаев. - 2-е изд. - М.: Изд-во МГГУ, 2011. - (Горное образование).

4. Баклашов, И.В. Геомеханика : учебник для вузов (гриф МО РФ) : в 2-х т. Т.1 : Основы геомеханики; Т.2 :Геомеханические процессы / И.В. Баклашов. – М.: МГГУ, 2014. – (Высшее горное образование).