

УДК 622.2; 622.235

**В.А. Еременко, А.А. Еременко, Е.В. Потапов,
Д.А. Павлов, В.В. Атанов, С.В. Временков**

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
МАССИВА ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ
НА ЖДАНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

Проведены измерения методом электромагнитного излучения (ЭМИ) в подземных выработках на Западном участке для исследования геомеханического состояния массива горных пород.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, массив горных пород, шелевая разгрузка.

Неделя горняка

Рудные тела Ждановского месторождения приурочены к лежащему боку Главного массива, расположенного в центральной части северо-западной синклинальной складки. В лежащем боку залегают богатые руды, которые в направлении висячего бока становятся рядовыми, а далее — безрудными породами (рис. 1). По геологическому положению руды: руды в ультраосновных породах; в тектонических зонах и во вмещающих осадочных породах.

Западное рудное тело (ЗРТ) и Юго-Западное рудное тело (ЮЗРТ) расположены на западном фланге Центрального рудного тела (ЦРТ). Западное рудное тело имеет сложную морфологию с сильно развитой тектоникой. ЮЗРТ также имеет сложную морфологию с развитой тектоникой. Рудные тела Ждановского месторождения не оконтурены на глубину. Площади рудных тел колеблются от 60,9 до 401,7 тыс. м².

Для исследования геомеханического состояния массива горных пород

проведены измерения методом электромагнитного излучения (ЭМИ) в подземных выработках на Западном участке — ЗРТ и ЮЗРТ, т.к. подготовительные, нарезные и очистные работы в этот период на других участках месторождения не проводились. Измерения осуществлялись индикатором электромагнитного излучения РЭМИ-1^{*}) на ЮЗРТ и ЗРТ на гор. –50 м (рис. 2), гор. –80 м (рис. 3) и на гор. –140 м (заезд на юго-западный полевой штрек) (рис. 4).

На вертикальном разрезе места проведения ЭМИ на ЮЗРТ представлены на рис. 5, на ЗРТ — на рис. 6.

Измерения в каждом отдельном месте проводились 6 дней с серией 3-4 раза (данные по дням и сериям отличаются незначительно — на 5-10 Гц). ЭМИ осуществлялись при проведении шелевой разгрузки по определению напряжений в массиве горных пород в зоне и вне зоны очистных работ и геологических нарушений до

^{*}) РЭМИ-1 разработан в ИГД СО РАН.

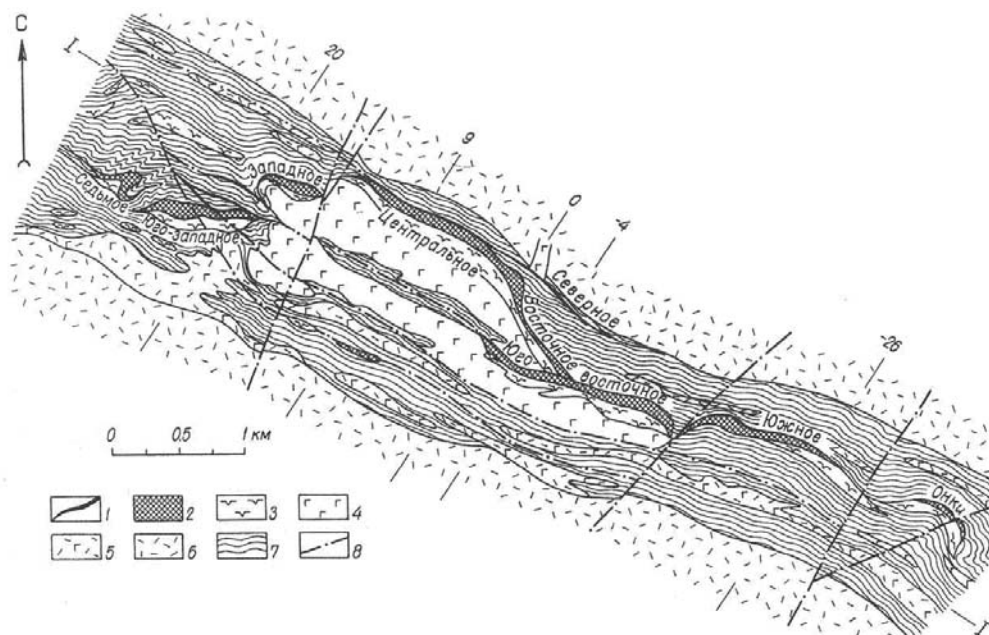


Рис. 1. Ждановское месторождение. План размещения рудных тел: 1 — оруденелая тектоническая брекчия — брекчиевидные и сплошные сульфидные руды; 2 — вкрапленные руды в серпентинитах; 3 — серпентиниты; 4 — габбро; 5 — габбро-диабазы; 6 — эффузивные диабазы; 7 — туфогенно-осадочные породы продуктивной толщи; 8 — тектонические нарушения

и после образования разгрузочной щели.

Средний показатель по гор. – 50 м ЮЗРТ составил 72, по гор. – 80 м ЮЗРТ — 96; по гор. – 140 м ЗРТ и ЮЗРТ — 66. Скачок показателей ЭМИ вызван увеличением глубины ведения горных работ. На гор. – 140 м снижение ЭМИ объясняется отсутствием очистных работ. Экспериментальные исследования показали, что происходило увеличение ЭМИ в направлении от восточного к западному флангу ЮЗРТ и ЗРТ по всем горизонтам.

Проведена серия измерений ЭМИ на участке Северный на гор. – 560 м р. 101 и гор. – 620 м р. 103 (место обрушения горных пород, глубина – 700 м) (табл. 2).

Результаты измерений приведены в табл. 1.

Выявлено, что средний показатель ЭМИ на гор. – 560 м составил 90, а на гор. – 620 м — 95 (повторные измерения позволят установить состояние горных пород).

Проведены экспериментальные исследования по установлению напряжений в массиве горных пород на месторождении методом щелевой разгрузки по методике ИГД УрО РАН. Определение напряжений осуществлялось в следующей последовательности: в горной выработке выбирался достаточно ровный участок массива с минимальной трещиноватостью и на нем намечалось расположение будущей щели.

Буровой кареткой «БУМЕР» бурили шпур на глубину помещения измерительного репера и устанавливали цанговый репер. На расстоянии 20 см от первого репера располагали

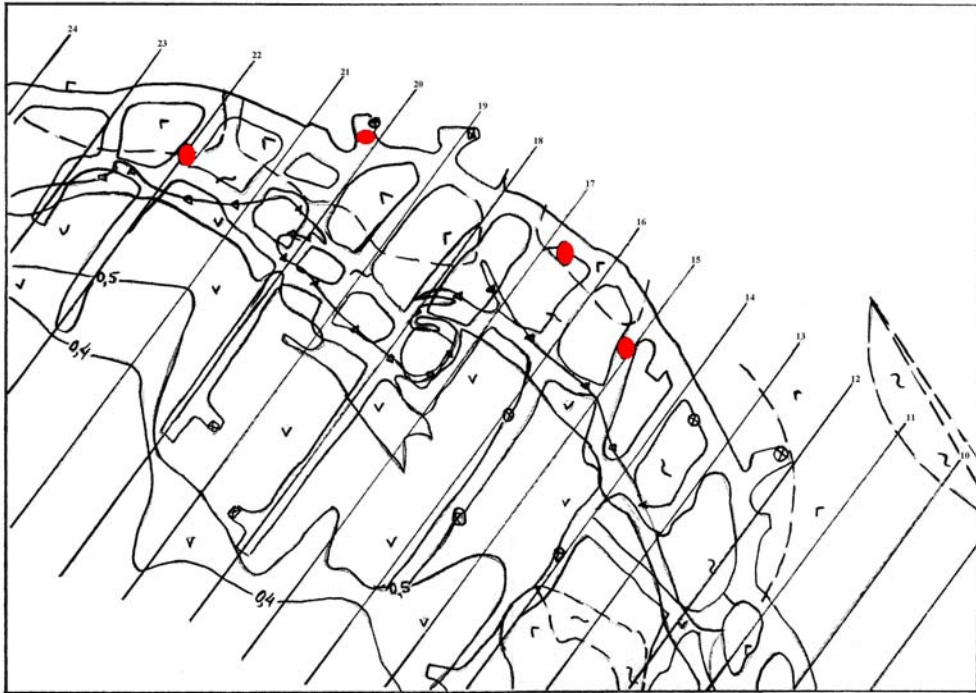


Рис. 2. Проведение измерений ЭМИ (гор. -50 м в орте 15, между ортами 16-17, около хода к вентиляционному восстающему, в орте 22). 10-24 — линии разрезоз; ● - место проведения измерений

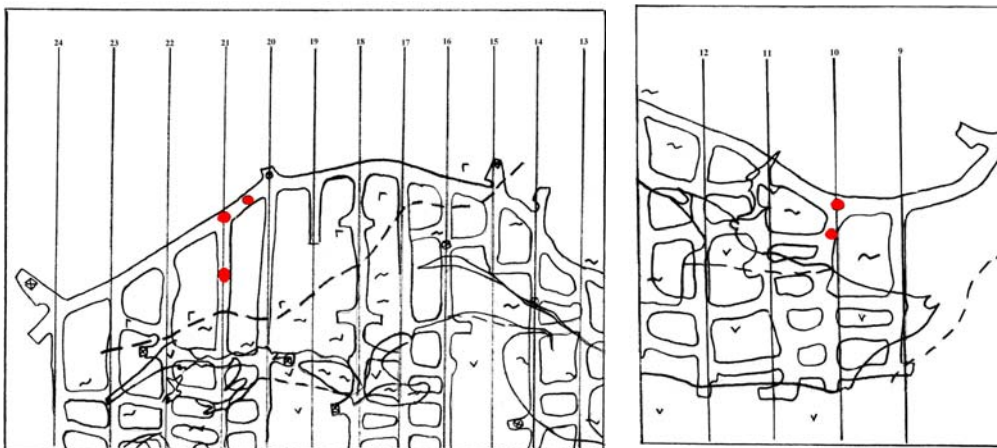


Рис. 3. Проведение измерений ЭМИ (гор. -80 м, в орте 21, между ортами 20 и 21, в орте 10). ● - место проведения измерений

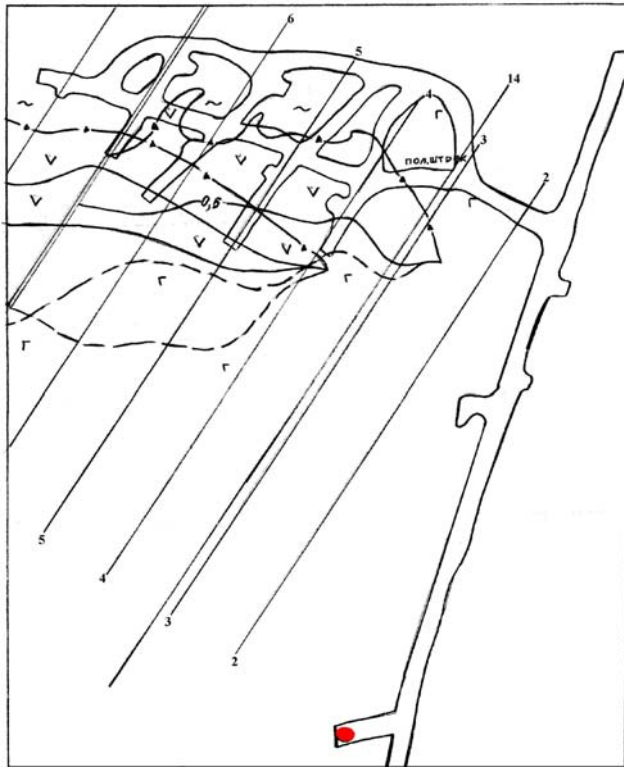


Рис. 4. Проведение измерений ЭМИ (гор. – 140 м, заезд на юго-западный полевой штрек, проходка заезда)

второй измерительный репер. Цанговые репера закрепляли неподвижно в массиве и проводили серию отсчетов измерителем с индикатором часового типа. Между ними осуществляли исходный замер с точностью не ниже 0,01 мм. Затем бурили шель с радиусом 30 см и выполняли серию повторных замеров после образования шели.

Разница отчетов по индикатору до и после бурения шели давала величину деформации. Категории удароопасности определяли по соотношению предельного значения прочности пород при сжатии ($\sigma_{сж}$) и величины действующих (измеренных) в массиве напряжений.

Категория ОПАСНО:

$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} < 1,25$ (уровень напряжений пород > 80 %).

Категория НЕОПАСНО:

$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} > 1,25$ (уровень напряжений не превышает 80%).

Шелевую разгрузку осуществили на гор. – 140 м. По ЗРТ – ЗГПШ напротив ходка к вентиляционному восстающему (горизонтальную) и через 15 м (вертикальную) шели (рис. 7).

По ЮЗРТ ходок на ЮЗГПШ, на расстоянии 15 м от забоя, в левом борту выработки. Основные вмещающие породы на Ждановском месторождении представлены габбро $f = 18$ и филлитами $f = 14-16$. На ЮЗРТ шелевая разгрузка проведена в горной породе габбро, а на ЗРТ в филлитах.

Разгрузка проводилась в борту выработки на ЮЗРТ непосредственно у забоя.

На ЮЗРТ вне зоны ведения очистных работ. На ЗРТ в зоне ведения очистных работ, так как на гор. – 140 м велись очистные работы.

Измерения по ЗРТ (вертикальная шель) показали (рис. 8):

U_a - 3,40; 3,43; 3,44; 3,41 – первоначальный замер (до разгрузки), средний $U_a = 3,42$; U_e - 2,70; 2,72; 2,79; 2,82 – повторный замер (после разгрузки), средний $U_e = 2,75$; $U_{ав}$ - деформация участка АВ после образования шели, см; $U_{ав} = U_a - U_e = 3,42 - 2,75 = 0,67$ мм = 0,067 см.

По ЗРТ (горизонтальная шель) (рис. 9):

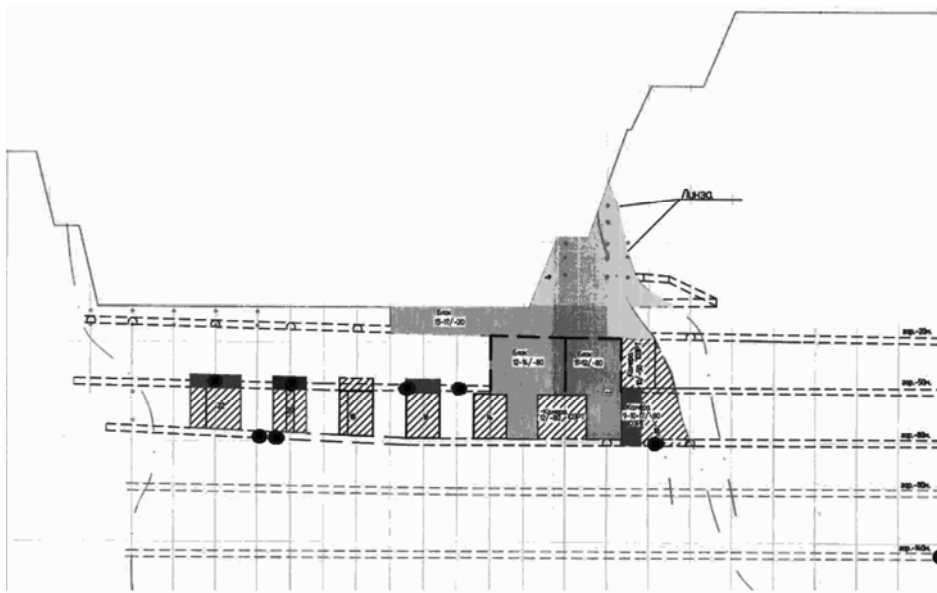


Рис. 5. Места проведения измерений ЭМИ на ЮЗРТ

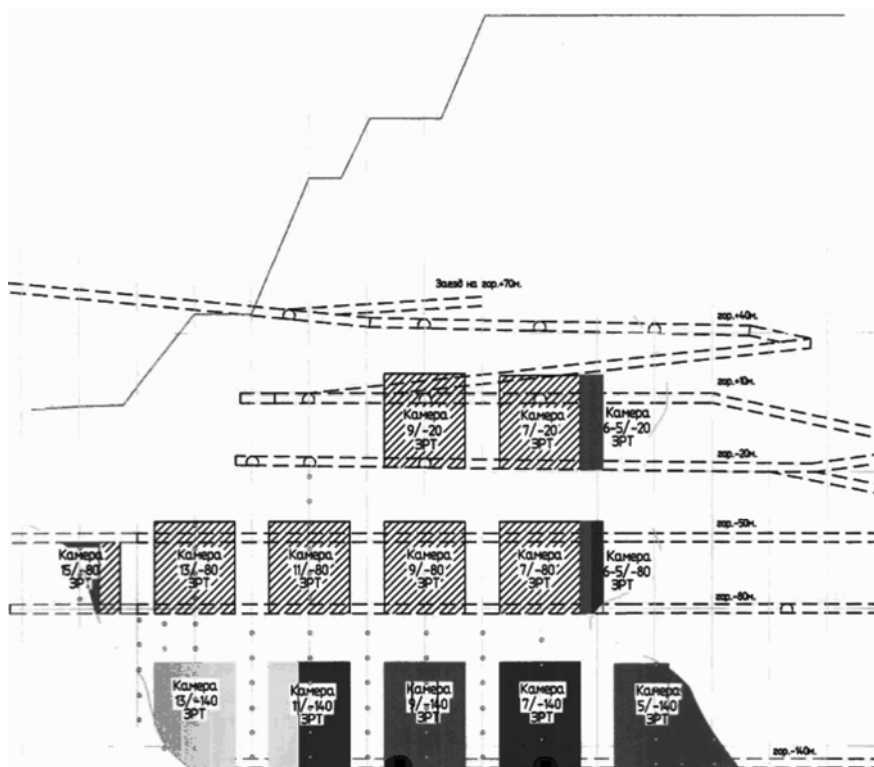


Рис. 6. Места проведения измерений ЭМИ на ЗРТ

Таблица 1

п/п	Горизонт, выработка	Краткое описание состояния выработки	Отчеты по прибору ИЭМИ - 1
1	ЮЗРТ, гор. -50 м, орт 15, около ЮЗГПШ	Массив состоит из структурных блоков различных размеров от метра и более, большая нарушенность. Отслаивание пород в кровле и бортах.	⇅ 77,78,73,72 - средний 75, ⇔ 65,69, 62, 59 - средний 64 ↑ 61,60,58,63 - средний 60
2	ЮЗРТ, гор. -50 м, ЮЗГПШ, между ортами 16 и 17	-----	⇅ 76,72,70,69 - средний 72, ⇔ 72,76,69 - средний 72, ↑ 65,62,60 - средний 62
3	ЮЗРТ, гор. -50 м, хо- док к вент. вос- стающему, р. 20	-----	⇅ 83,84,78,77,76- средний 80, ⇔ 79,75,76,77 - средний 77, ↑ 72,70,71,74 - средний 72
4	ЮЗРТ, гор. -50 м, орт 22, в районе очистной камеры	-----	⇅ 85,87,88 - средний 87, ⇔ 76,75,73,74 - средний 75, ↑ 71,73,70,69 - средний 70
5	ЮЗРТ, гор. -80 м, ЮЗГПШ, в рай- оне орта 21	-----	⇅ 99,101,96,107,106 - средний 101, ⇔ 95,103,99,106,107 - средний 102, ↑ 99,104,95 - средний 99
6	ЮЗРТ, гор. -80 м, орт 21	-----	⇅ 108,106,101 - средний 105, ⇔ 100,96,95,104 - средний 99, ↑ 99,100,105,91,93 - средний 98
7	ЮЗРТ, гор. -80 м, ЮЗГПШ, между ортами 20 и 21	-----	⇅ 97,94,93 - средний 93, ⇔ 95,98,92,89 - средний 94, ↑ 92,89,94,88,93 - средний 91
8	ЮЗРТ, гор. -80 м, ЮЗГПШ, в рай- оне орта 10	-----	⇅ 96,103,98 - средний 99, ⇔ 92,91,90,95 - средний 92, ↑ 91,95,92,90 - средний 92
9	ЮЗРТ, гор. -80 м, орт 10	-----	⇅ 96,100,93,94 - средний 96, ⇔ 94,93,92,95 - средний 93, ↑ 89,91,94,93 - средний 92
10	ЮЗРТ, гор. -140 м, за- езд на ЮЗГПШ, проходка заезда непосредствен- но у забоя	-----	⇅ 62,66,59,64 - средний 64, ⇔ 71,76,70,75 - средний 73, ↑ 61,62,59 - средний 61

11	ЗРТ, гор. -140 м, ЗПШ (Западный полевой штрек), напротив ходка к вентиляцион- ному восстаю- шему р. 9+10	-----	\Updownarrow 81,76,78,72 - средний 77, \Leftrightarrow 73,71,70,69 - средний 71, \Uparrow 76,70,68 - средний 71
12	ЗРТ, гор. -140 м, ходок к вен- тиляционному восстающему р. 9+10	-----	\Updownarrow 63,64,62 - средний 63, \Leftrightarrow 76,71,65,70 - средний 71, \Uparrow 61,62,56 - средний 60
13	ЗРТ, гор. -140 м, орт 7	-----	\Updownarrow 62,61,59 - средний 61, \Leftrightarrow 76,71,65,70 - средний 71, \Uparrow 53,52,50 - средний 52

Условные обозначения:

\Updownarrow - расположение прибора вдоль выработки; \Leftrightarrow - расположение прибора поперек выработки; \Uparrow - расположение прибора вертикально.

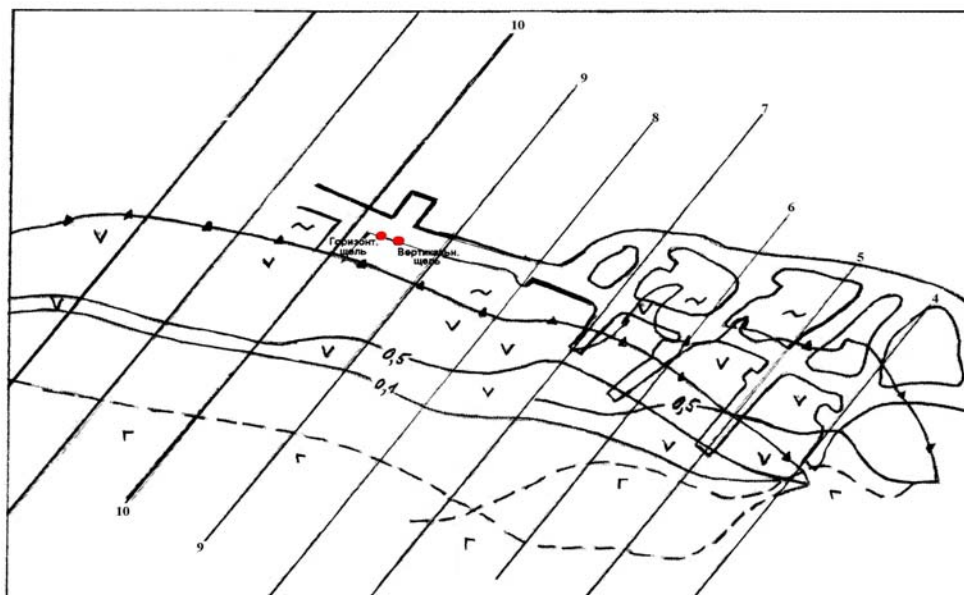


Рис. 7. Место проведения шелевой разгрузки на ЗРТ, гор. - 140 м, ЗПШ напротив ходка к вентиляционному восстающему



Рис. 8. Вертикальная разгрузочная щель

U_a - 3,10; 3,12; 3,17; 3,17 – первоначальный замер (до разгрузки), средний $U_a = 3,14$; U_g - 2,82; 2,80; 2,85; 2,82 – повторный замер (после разгрузки), средний $U_g = 2,822$; $U_{ав}$ - деформация участка АВ после образования щели, см; $U_{ав} = U_a - U_g = 3,14 - 2,822 = 0,318$ мм = 0,0318 см.

По ЮЗРТ (горизонтальная щель):

U_a - 4,48; 4,50; 4,48; 4,46 – первоначальный замер (до разгрузки), средний $U_a = 4,48$; U_g - 3,80; 3,81; 3,85; 3,80 – повторный замер (после разгрузки), средний $U_g = 3,815$; $U_{ав}$ - деформация участка

АВ после образования щели, см; $U_{ав} = U_a - U_g = 4,48 - 3,815 = 0,665$ мм = 0,0665 см.

Напряжения по ЗРТ (вертикальная щель) составили:

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{U_{ав} E_{\Gamma}}{8R - \pi L(1 - K_{\text{перп.}} + \mu K_{\text{паралл.}})} = \frac{0,067 \cdot 6,64 \cdot 10^4 \cdot 3,14}{8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20 \cdot (1 - K_{\text{перп.}} + 0,3 \cdot K_{\text{паралл.}})} = 80,2 \text{ МПа,}$$

U_a - 3,32; 3,34; 3,31; 3,35 – первоначальный замер (до разгрузки), средний $U_a = 3,33$; U_g - 2,84; 2,80; 2,84; 2,82 – повторный замер (после разгрузки), средний $U_g = 2,825$; $U_{ав}$ - деформация участка АВ после образования щели, см; $U_{ав} = U_a - U_g = 3,33 - 2,825 = 0,505$ мм = 0,0505 см. По ЮЗРТ, вертикальная щель:

Таблица 2

Горизонт, выработка	Краткое описание состояния выработки	Отчеты по прибору РЭМИ-1
гор. -560 м, р. 101	Массив состоит из структурных блоков различных размеров от метра и более, большая нарушенность. Отслаивание пород в кровле и бортах.	\updownarrow 106,108,99,101,98 - средний 102, \leftrightarrow 89,91,85,83,78 - средний 85, \uparrow 90,82,79,83 - средний 84
гор. -620 м, р. 103	-----	\updownarrow 107,96 - средний 102, \leftrightarrow 97,93,96,99 - средний 96, \uparrow 87,89,85 - средний 87

где $E = 6,64 \cdot 10^4$ МПа – модуль деформации филлитов; $U_{ав} = 0,067$ см – деформация участка после образования щели; $R = 30$ см – радиус щели; $L = 20$ см – расстояние между реперами; $\mu = 0,3$ – коэффициент Пуассона для филлитов; $K_{перп.}, K_{паралл.}$ – коэффициенты концентрации вблизи щели, перпендикулярно и параллельно ее контуру, принимались $K_{перп.} = -0,11$, $K_{паралл.} = -0,24$, и зависели



Рис. 9. Горизонтальная разгрузочная щель

от размеров разгрузочной щели, длины L и радиуса R (рис. 10).

Для всех щелей $L = 20$ см – длина щели и $R = 30$ см – диаметр щели, соответственно $L/4R = 0,16$. По графику определяем коэффициенты $K_{перп.} = -0,11$ и $K_{паралл.} = -0,24$.

$$8R - \pi L(1 - K_{перп.} + \mu K_{паралл.}) =$$

$$= 8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20 \times$$

$$\times ((1 - (-0,11)) + 0,3(-0,24)) =$$

$$= 174,186 \approx 174$$

при коэффициенте Пуассона для филлитов $\mu = 0,3$.

$\sigma_{сж} = 111$ МПа – предел прочности на сжатие для филлитов.

$$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} = \frac{111 \text{ МПа}}{80,2 \text{ МПа}} = 1,38 > 1,25$$

(уровень напряжений не превышает 80%) - категория НЕОПАСНО.

Определение напряжений по ЗРТ (горизонтальная щель):

$$\sigma_B = \frac{U_{ав} \cdot E \cdot \pi}{8 \cdot R - \pi \cdot L(1 - K_{перп.} + \mu \cdot K_{паралл.})} =$$

$$= \frac{0,0505 \cdot 6,64 \cdot 10^4 \cdot 3,14}{8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20 \cdot (1 - K_{перп.} + 0,3 \cdot K_{паралл.})} =$$

$$60,5 \text{ МПа},$$

где $E = 6,64 \cdot 10^4$ МПа – модуль деформации филлитов; $U_{ав} = 0,0505$ см – деформация участка после образования щели; $R = 30$ см – радиус щели; $L = 20$ см – расстояние между реперами; $\mu = 0,3$ – коэффициент Пуассона для филлитов; $K_{перп.}, K_{паралл.}$ – коэффициенты концентрации вблизи щели, перпендикулярно и параллельно ее контуру, принимались $K_{перп.} = -0,11$, $K_{паралл.} = -0,24$ (рис. 10); $\sigma_{сж} = 111$ МПа – предел прочности на сжатие для филлитов.

$$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} = \frac{111 \text{ МПа}}{60,5 \text{ МПа}} = 1,83 >$$

1,25 (уровень напряжений не превышает 80%) - категория НЕОПАСНО.

Из расчетов видно, что горизонтальное напряжение $\sigma_r = 80,2$ МПа, полученное при образовании вертикальной щели, больше, чем верти-

кальное напряжение $\sigma_B = 60,5$ МПа, определенное при образовании горизонтальной щели, (напряжения получены в зоне ведения очистных работ). Глубина от отметки дна карьера (+2 м) до места проведения шелевой разгрузки на гор. – 140 м равна 142 м.

Определение напряжений по ЮЗРТ (вертикальная щель):

$$\sigma_r = \frac{U_{ав} \cdot E \cdot \pi}{8 \cdot R - \pi \cdot L(1 - K_{перп.} + \mu \cdot K_{паралл.})} = \frac{0,0318 \cdot 8,68 \cdot 10^4 \cdot 3,14}{8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20 \cdot (1 - K_{перп.} + 0,26 \cdot K_{паралл.})} = 49,81 \text{ МПа,}$$

где $E = 8,68 \cdot 10^4$ МПа – модуль деформации габбро; $U_{ав} = 0,0318$ см – деформация участка АВ после образования щели; $R = 30$ см – радиус щели; $L = 20$ см – расстояние между реперами; $\mu = 0,26$ – коэффициент Пуассона для габбро; $K_{перп.}, K_{паралл.}$ – коэффициенты концентрации вблизи щели, перпендикулярно и параллельно ее контуру, принимались $K_{перп.} = -0,11, K_{паралл.} = -0,24$ (рис. 10);

$$8R - \pi L(1 - K_{перп.} + \mu K_{паралл.}) = 8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20 \times ((1 - (-0,11) + 0,26(-0,24))) = 174,210 \approx 174$$

при коэффициенте Пуассона для габбро $\mu = 0,26$.

$\sigma_{сж} = 164$ МПа – предел прочности на сжатие для габбро.

$$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} = \frac{164 \text{ МПа}}{49,81 \text{ МПа}} = 3,29 > 1,25$$

(уровень напряжений не превышает 80%) - категория НЕОПАСНО.

Определение напряжений по ЮЗРТ (горизонтальная щель):

$$\sigma_r = \frac{U_{ав} \cdot E \cdot \pi}{8 \cdot R - \pi \cdot L(1 - K_{перп.} + \mu \cdot K_{паралл.})} = \frac{0,0665 \cdot 8,68 \cdot 10^4 \cdot 3,14}{8 \cdot 30 - 3,14 \cdot 20(1 - K_{перп.} + 0,26K_{паралл.})} = 104,16 \text{ МПа,}$$

где $E = 8,68 \cdot 10^4$ МПа – модуль деформации габбро; $U_{ав} = 0,0665$ м – деформация участка после образования щели; $R = 30$ см – радиус щели; $L = 20$ см – расстояние между реперами; $\mu = 0,26$ – коэффициент Пуассона для габбро; $K_{перп.}, K_{паралл.}$ – коэффициенты концентрации вблизи щели, перпендикулярно и параллельно ее контуру, принимались $K_{перп.} = -0,11, K_{паралл.} = -0,24$ (рис. 10); $\sigma_{сж} = 164$ МПа – предел прочности на сжатие для габбро.

$$\sigma_{сж} / \sigma_{изм} = \frac{164 \text{ МПа}}{104,16 \text{ МПа}} = 1,57 > 1,25$$

(уровень напряжений не превышает 80 %) - категория НЕОПАСНО.

Из расчетов данных измерений по ЮЗРТ видно, что горизонтальное напряжение $\sigma_r = 49,81$ МПа, полученное при образовании вертикальной щели, меньше, чем вертикальное напряжение $\sigma_B = 104,6$ МПа, определенное при образовании горизонтальной щели. Напряжения получены вне зоны ведения очистных работ. Вертикальные напряжения в два раза выше, чем горизонтальные. Глубина от дневной поверхности до места проведения шелевой разгрузки на гор. – 140 м более 300 м.

В связи с эти получены следующие выводы:

1. Измерения ЭМИ в каждом отдельном месте, что по дням и по сериям значения отличаются незначительно на 5-10 Гц. При проведении шелевой разгрузки для определения напряжений в массиве горных пород проведены замеры ЭМИ до и после образования разгрузочной щели. Разность также составила 5-10 Гц.

Средний показатель ЭМИ по гор. – 50 м ЮЗРТ – 72.

Средний показатель ЭМИ по гор. – 80 м ЮЗРТ – 96.

Средний показатель ЭМИ по гор. – 140 м ЮЗРТ – 66.

Средний показатель ЭМИ по гор. – 140 м ЗРТ – 66.

По гор. – 50 м на ЮЗРТ средний показатель ЭМИ равен 72, а по гор. – 80 м — 96. Скачек показателей отчетов вызван увеличением глубины ведения очистных работ, которые проводились на гор. – 20, - 50 и – 80 м. Снижение ЭМИ на гор. – 140 м до 66 объясняется отсутствием очистных работ и наличием только подготовительных горных работ. Средний показатель ЭМИ по гор. – 140 м на ЮЗРТ и на ЗРТ получился равный 66.

Выявлено увеличение ЭМИ в направлении от Восточного к Западному флангу ЮЗРТ и ЗРТ по всем горизонтам. Это вызвано влиянием ведения очистных работ.

Полученные средние значения ЭМИ по горизонтам достигают безопасного уровня фонового значения ЭМИ горных пород Ждановского месторождения. Повышение данного уровня вызвано увеличением напряжения в массиве горных пород из-за ведения очистных работ.

2. Проведена серия измерений ЭМИ для сравнения на участке Северный, на гор. – 560 р. 101 и гор. – 620 м р. 103. (Гор. – 620 м р. 103 место обрушения горных пород. Глубина — более 700 м.)

Средний показатель гор. – 560 м р. 101 составил - 90.

Средний показатель гор. – 620 м, р. 103 – место обрушения горных пород - 95.

3. Установлено, что горизонтальное напряжение σ_r по ЗРТ (вертикальная щель) составило 80,2 МПа, при этом уровень напряжений не превышает 80%, что соответствовало категории НЕОПАСНО.

Вертикальное напряжение σ_b по ЗРТ (горизонтальная щель) равно 60,5 МПа, уровень напряжений также не превышает 80% - категория НЕОПАСНО.

По ЗРТ в зоне ведения очистных работ выявлено, что горизонтальное напряжение $\sigma_r = 80,2$ МПа, полу-

ченное при образовании вертикальной щели, больше, чем вертикальное напряжение $\sigma_b = 60,5$ МПа, зарегистрированное при образовании горизонтальной щели.

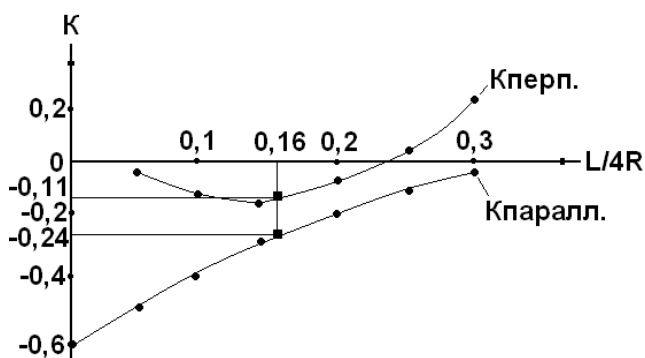


Рис. 10. Определение коэффициентов концентрации вблизи щели

Горизонтальное напряжение σ_{Γ} по ЮЗРТ (вертикальная шель) составило 49,81 МПа, что также соответствовало категории НЕОПАСНО.

Вертикальное напряжение σ_B по ЮЗРТ (горизонтальная шель) равно 104,16 МПа - категория НЕОПАСНО.

По ЮЗРТ в зоне ведения очистных работ установлено, что горизонтальное напряжение $\sigma_{\Gamma} = 49,81$ МПа, полученное при образовании вертикальной щели, меньше, чем вертикальное напряжение $\sigma_B = 104,6$ МПа, полученное при образовании горизонтальной щели.

4. По ЮЗРТ и ЗРТ на гор. -50, -80 и -140 м наблюдается проявление горного давления в динамической форме в виде заколообразования. Увеличение глубины разработки на ЮЗРТ и ЗРТ, в дальнейшем на ЦРТ

может также привести к интенсивному заколообразованию.

Следует отметить, что высокая нарушенность массива горных пород не позволяет накапливать энергию упругих деформаций до критических величин из-за подвижек по контактам геологических нарушений и значительной пластичности горных пород.

5. При увеличении глубины разработки следует продолжить наблюдения за горным давлением с использованием различных методов. Например, на стадии геологоразведочных работ на основе кернового бурения по интенсивности дискования керна, визуальных наблюдений в выработках, микросейсмическим методом, шелевой разгрузки, электрометрии, наблюдений за развитием деформационных процессов в целиках методом глубинных или контурных реперов и др. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Еременко В.А. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории ИГД СО РАН;

Еременко А.А. – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИГД СО РАН;

Потапов Е.В. – генеральный директор ОАО «Кольская ГМК»;

Павлов Д.А. – начальник горно-геологического управления ОАО «Кольская ГМК»;

Атанов В.В. – начальник маркшейдерского отдела горно-геологического управления ОАО «Кольская ГМК»;

Временков С.В. – маркшейдер по горным работам р. Северный, «Комбинат Печенеганикель».

