

УДК 622.83

И.Э. Семенова, И.М. Аветисян

ПРЕДРАСЧЕТ ЗОНЫ ОБРУШЕНИЯ И СДВИЖЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ ПЕРСПЕКТИВНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭВЕСЛОГЧОРР

Представлены результаты расчетов возможной зоны обрушения и сдвижения при подземной выемке запасов перспективного месторождения Эвеслогчорр с учетом сложного рельефа дневной поверхности и действующих в массиве пород тектонических напряжений. Полученные результаты вошли в технологический регламент по отработке месторождения Плато Расвумчорр рудником «Центральный», отвалы которого расположены непосредственно над рудным телом Эвеслогчорра.

Ключевые слова: обрушение, сдвижение, покрывающие породы, напряженное состояние, математическое моделирование, разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом, отвалы горных пород.

Перспективное месторождение Эвеслогчорр расположено в Кировском районе Мурманской области в 12 км восточнее г. Кировска в горнодолинной части реки Вуоннемйок. Месторождение локализовано в пределах ийолитуртитовой дуги Хибинского щелочного массива. Рельеф местности здесь резко пересеченный – высоты окружающих гор близки к 1000 м, превышения над дном долины составляют 370—770 м.

Апатитовая залежь Эвеслогчоррского месторождения, как и всех других месторождений Хибин, расположена в кровле толщи массивных уртитов и перекрывается породами комплекса гнейсовидных ийолитуртитов, ювитов и рисчорритов. Месторождение находится в слепом залегании и не выходит на поверхность, являясь наиболее глубинным среди других хибинских месторождений. Его верхняя граница проходит ниже абсолютной отметки 0 м, а нижний контур опускается до –1150 ч –1400 м. Рудная залежь имеет

форму уплощенной линзы размером 2,7×2,3 км при мощности в центре до 100 м. Простираение рудной залежи широтное, падение на север под углами 25÷45°. Месторождение Эвеслогчорр на отметке –100 м имеет условную границу с месторождением Плато Расвумчорр, которое отработывается рудником «Центральным». В соответствии с ТЭО кондиций [1] горная порода из глубокого карьера «Центральный» будет транспортироваться в том числе в отвалы № 11 и № 3Ц, расположенные на северном борту карьера. Большая часть запасов перспективного апатитового месторождения Эвеслогчорр, отработка которого в будущем планируется подземным способом, расположена под этими отвалами (рис. 1). Максимальная глубина карьерной выемки планируется до отм. +100м, оставшиеся запасы месторождения Плато Расвумчорр будут отработываться подземным способом с использованием системы с принудительным этажным обрушением руды и вмещающих пород.

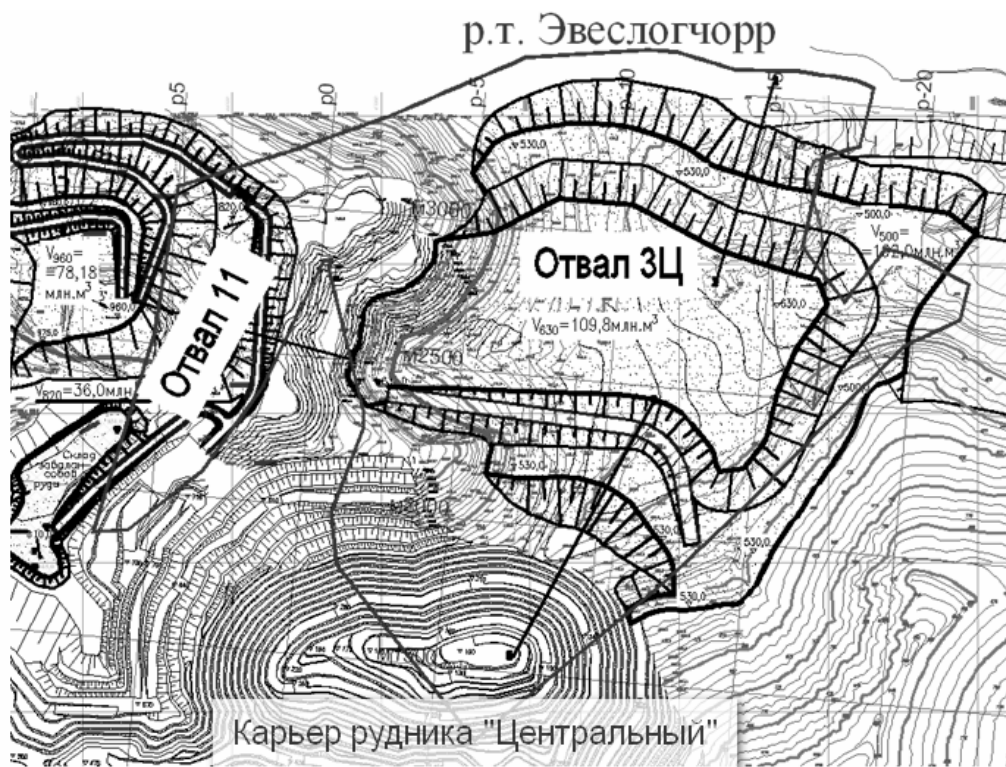


Рис. 1. План отвалов на конец отработки месторождения Плато Расвумчорр с проекцией рудного тела месторождения Эвеслогчорр

Таблица 1

Прочностные свойства пород месторождения Эвеслогчорр

Породы	Предельные показатели физических свойств пород			
	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при растяжении, МПа	Коэффициент крепости	Модуль упругости, $E \cdot 10^5$ кг/см ²
Апатит-нефелиновые руды	67-166	1,4-5,8	7-13	3,3-7,1
Вмещающие породы	147-281	4,4-15,5	12-19	9,0-12,6

В связи с необходимостью обеспечения устойчивости отвалов важной является задача по предрасчету зоны обрушения и сдвижения от отработки горизонтов месторождения Эвеслогчорр.

Показатели прочностных (табл. 1) и физико-механических свойств пород изучены предварительно. По шкале крепости горных пород проф.

Протогьяконова, апатит-нефелиновые руды относятся к классу крепких пород III категории, а вмещающие породы – очень крепких пород II категории.

Напряженно-деформированное состояние массива месторождения относится к гравитационно-тектоническому типу с достаточно высоким уровнем

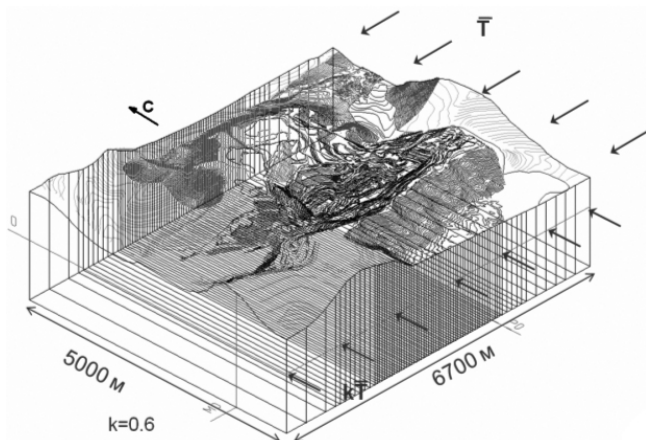


Рис. 2. Мелкомасштабная геомеханическая модель месторождений Плато Расвумчорр и Эвесслогчорр со схемой заданных тектонических сил T

горизонтальных сжимающих напряжений.

В Горном институте КНЦ РАН была разработана геомеханическая конечно-элементная модель месторождений Плато Расвумчорр и Эвесслог-

чорр (рис. 2). Граничные условия задавались на основе сформировавшихся на сегодняшний день представлений о Хибинском массиве в целом и месторождении Плато Расвумчорр в частности.

Максимальная компонента напряжений ориентирована субпараллельно простиранию рудной залежи, абсолютные величины напряжений и их изменение с глубиной получено на основе данных измерений методом разгрузки.

Прогнозные значения максимальной компоненты главных напряжений σ_{max} находятся в пределах от 20 МПа в нагорных областях до 60 МПа у дна карьера и отдельных участков северного борта, на глубине залегания

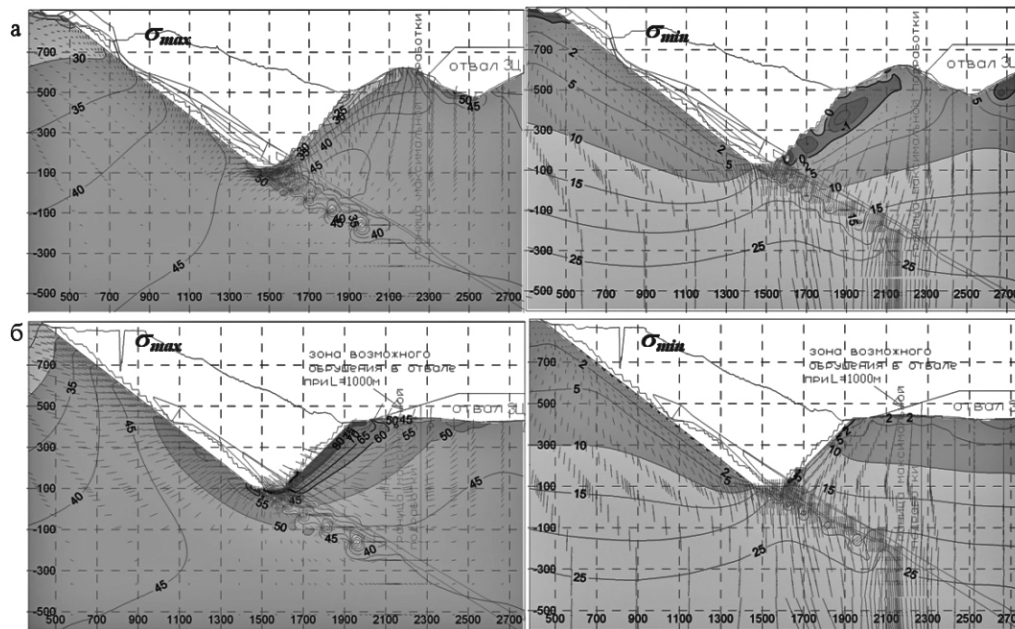


Рис. 3. Прогнозное распределение максимальной σ_{max} и минимальной σ_{min} компоненты главных напряжений при формировании проектного карьера «Центральный» до отм. +100м: а — по разрезу P — 4; б — по разрезу P — 8

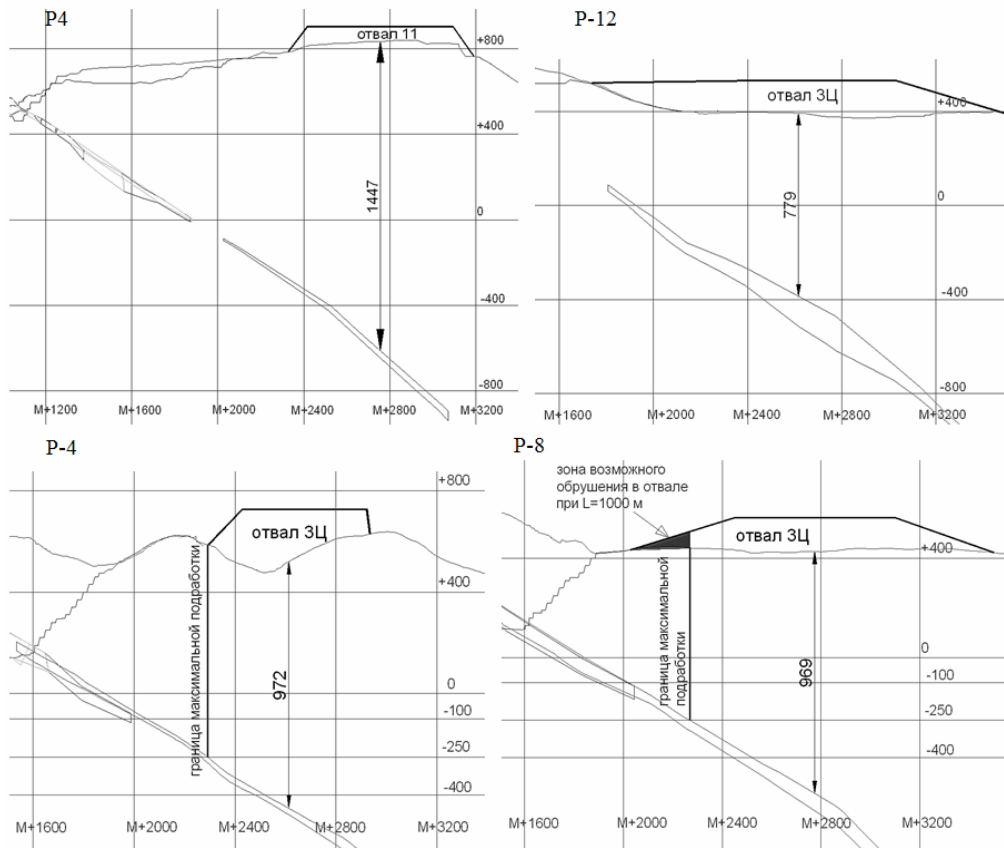


Рис. 4. Разрезы вкрест простирания рудного тела месторождения Эвеслогчорр со средней глубиной его залегания под отвалами рудника «Центральный»

запасов Эвеслогчоррского месторождения уровень σ_{max} около 40 МПа. Минимальная компонента главных напряжений σ_{min} в основном сжимающая, области растяжений с абсолютными величинами в несколько раз ниже предела прочности приурочены к некоторым участкам борта карьера. В качестве примера приведем результаты моделирования по двум характерным вертикальным сечениям по разрезам P-4 и P-8 при формировании проектного карьера «Центральный» до отм. +100м (рис. 3). По полученным результатам моделирования можно предположить, что НДС мас-

сива будет в данном случае являться фактором, сдерживающим процесс обрушения подработанных пород до поверхности.

Средняя глубина залегания рудного тела под отвалами (рис. 4) варьируется от порядка 750 м в районе разреза P-12 (отвал №3Ц) до порядка 1500 м в районе разреза P4 (отвал №11).

Для определения зоны сдвижения и обрушения при отработке месторождения Эвеслогчорр были определены параметры подработки по простиранию и вкрест простирания рудного тела. Для достижения данной цели из

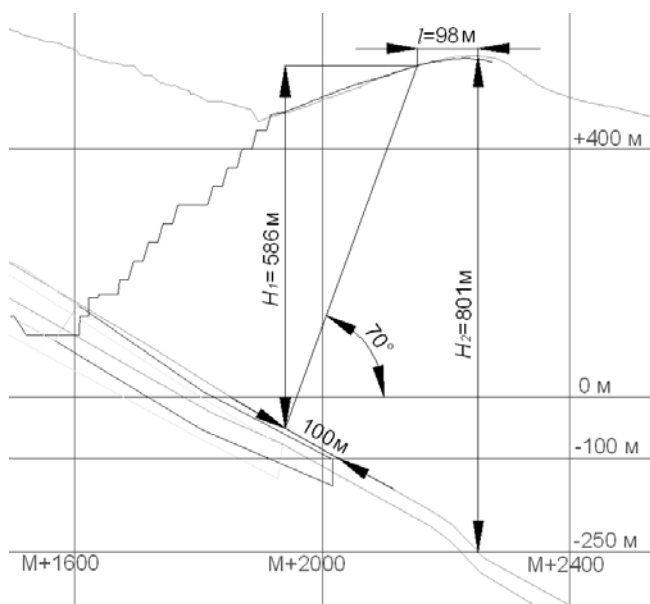


Рис. 5. Схема расчета параметров подработки массива по разрезу Р-6

цифровой модели Эвеслогчоррского месторождения были построены разрезы вкрест простирания рудного тела по сетке разрезов и магистралей Центрального рудника.

Расчет параметров подработки проводился для трех вариантов с различной длиной фронта подработки покрывающих пород по простиранию L . При расчетах были сделаны следующие допущения:

рудное тело, расположенное выше месторождения Эвеслогчорр, полностью отработано до отметки -100 м глубоким карьером и частично подземными горными работами;

вследствие этого произошло полное обрушение массива пород под углом сдвигания $\beta = 70^\circ$ с отставанием по висячему боку, равным 100 м;

рудное тело месторождения Эвеслогчорр отработано в пределах высотных отметок от -100 до -250 м.

Величина подработки налегающего массива вкрест простирания рудной

залежи l , а также глубина в районе кромки обрушения H_1 и границы подработки массива H_2 определялись геометрически (рис. 5).

Далее рассчитывался параметр H как среднее между H_1 и H_2 , параметр подработки по простиранию L/H и параметр подработки вкрест простирания l/H .

Первый вариант соответствует началу отработки месторождения. Так как первые разрезные блоки планируется обрабатывать в центре участка шахтного поля между разрезами Р-5 и Р-7, были рассчитаны параметры подработки для

$L = 200$ м, что соответствует расстоянию между этими разрезами. Параметры подработки рассчитаны для разрезов Р-5, Р-6, Р-7.

Второй вариант рассчитан для $L = 400$ м. Параметры подработки рассчитаны для разрезов Р-4, Р-6, Р-8.

Третий вариант рассчитан для $L = 1000$ м. Параметры подработки рассчитаны для разрезов Р-4, Р-6, Р-8.

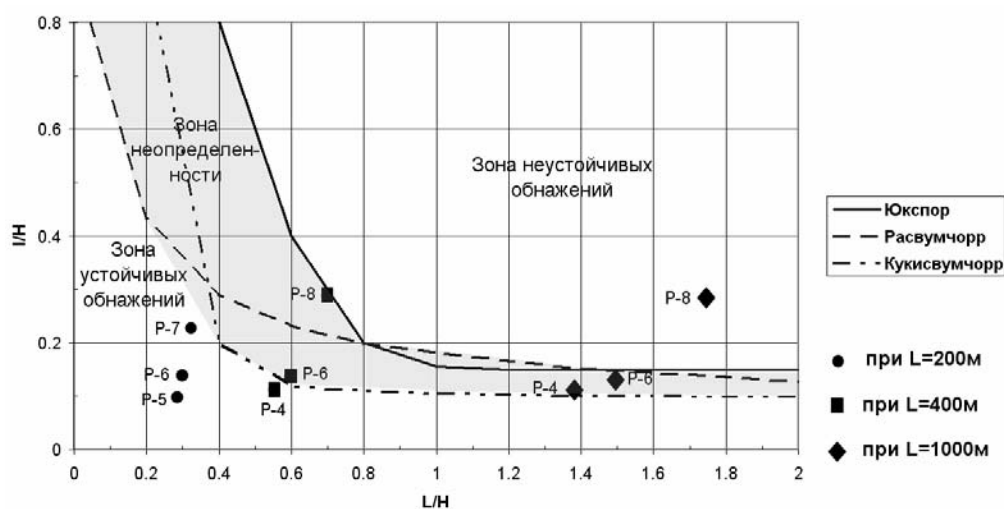
Рассчитанные параметры подработки по трем вариантам представлены в табл. 2.

Месторождение Эвеслогчорр имеет схожее геологическое строение с другими апатитовыми месторождениями Хибин и расположено вблизи других апатитовых месторождений, обрабатываемых подземным способом. На основании этого было сделано предположение о том, что характер самообрушения на Эвеслогчоррском месторождении будет подобен данному процессу на других Хибинских рудниках.

Таблица 2

Параметры подработки Эвслогчоррского месторождения

N варианта	N разреза	H, м	l, м	L, м	L/H	l/H
1	P-5	749	70	200	0.27	0.09
	P-6	693	98	200	0.29	0.14
	P-7	630	143	200	0.32	0.22
2	P-4	752	83	400	0.53	0.11
	P-6	693	98	400	0.58	0.14
	P-8	591	160	400	0.68	0.27
3	P-4	752	83	1000	1.33	0.11
	P-6	693	98	1000	1.44	0.14
	P-8	591	160	1000	1.69	0.27

**Рис. 6. Зоны параметров подработки покрывающих пород для месторождения Эвслогчорр**

Для определения критических параметров подработки покрывающих пород на месторождении воспользовались прогнозными кривыми критических параметров подработки для подземных рудников ОАО «Апатит» (Расвумчоррского рудника и Юкспорского крыла Объединенного Кировского рудника (ОКР)) [2], а также кривой для Кукисвумчоррского крыла ОКР, построенной по результатам исследований, проведенных Горным институтом КНЦ РАН в 2009—2010 гг [3]. Эти три кривые, нанесенные на один график, образуют три характерные зоны: зону устойчивых обнажений, зону не-

определенности и зону неустойчивых обнажений (рис. 6). На график также были нанесены рассчитанные параметры подработки Эвслогчоррского месторождения по трем вариантам.

Из рис. 6 видно, что при $L = 200$ м (первый вариант) параметры подработки по всем трем разрезам находятся в зоне устойчивых обнажений. Это позволяет сделать вывод о том, что при такой длине фронта подработки покрывающих пород по простиранию в пределах данных разрезов обрушений не произойдет.

При $L = 400$ м (второй вариант) параметры подработки по разрезу P-4

находятся в зоне устойчивых обнажений. Параметры подработки по Р-6 и Р-8 находятся в зоне неопределенности. При этом параметры по Р-6 находятся на границе с зоной устойчивых обнажений, в то время как параметры по Р-8 приближаются к границе с зоной неустойчивых обнажений. Анализ расчетных данных по второму варианту позволяет сделать выводы о том, что при $L = 400$ м обрушения в пределах разрезов Р-4 – Р-6 не произойдет. В районе разреза Р-8 обрушение возможно.

При $L = 1000$ м (третий вариант) параметры подработки по разрезу Р-4 и Р-6 находятся в зоне неопределенности, причем параметры по Р-4 находятся на границе с зоной устойчивых обнажений, а параметры по Р-6 расположены в центре зоны неопределенности. Параметры по Р-8 находятся в зоне неустойчивых обнажений. Анализ расчетных данных по третьему варианту позволяет сделать вывод о том, что при $L = 1000$ м обрушения возможны на промежутке между разрезами Р-4 – Р-8, причем вероятность обрушения в районе Р-4 невелика, а в районе Р-8 весьма ве-

лика. Такое увеличение вероятности обрушения от Р-4 до Р-8 в большой мере обусловлено понижением рельефа от Р-4 в сторону Р-8.

При этом стоит отметить, что даже если обрушение произойдет в районе разрезов Р-4 и Р-6, возможная бровка обрушения (совпадающая с границей максимальной подработки) не достигнет границ отвалов. Обрушение в районе разреза Р-8 может достигнуть отвала.

Западнее разреза Р-4 обрушений не произойдет вследствие большой высоты налегающих пород.

В результате проведенных исследований по определению критических параметров подработки покрывающих пород на месторождении Эвслогчорр определена зона обрушения при выемке рудной залежи до отм. -250м, которая может захватить часть отвалов в районе разреза Р-8, где целесообразен перенос плановых границ отвала ЗЦ к северо-востоку от конечного борта карьера «Центральный» приблизительно на 200м. Полученные результаты вошли в технологический регламент по отработке месторождения «Плато Расвумчорр» рудником «Центральный» [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОАО «Апатит». «Технико-экономическое обоснование постоянных кондиций для подсчета запасов апатит-нефелиновых руд месторождения Плато Расвумчорр». ОАО ГИПРОРУДА, г. Санкт-Петербург 2011 г.

2. Козырев А.А., Демидов Ю.В., Мальцев В.А., Енютин А.Н., Аминов В.Н., Семенова И.Э., Доставалов Р.Н. Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит». КНЦ Горный ин-

ститут, открытое акционерное общество «Апатит». Апатиты, 2002г. – 51с.

3. Козырев А.А., Семенова И.Э., Аветисян И.М. Исследование изменений характера обрушений подработанной толщи с увеличением глубины горных работ на Кукисвумчоррском месторождении ОАО «Апатит». – ГИАБ, 2011, №5. – с. 11-20.

4. Технологический регламент «Отработка запасов месторождения «Плато Расвумчорр» рудником «Центральный» / отв. исп. Рыбин В.В., Билин А.Л. – Апатиты, 2011. Фонды ГИИ КНЦ РАН. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Семенова Инна Эриковна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, innas@goi.kolasc.net.ru,

Аветисян Иван Михайлович — научный сотрудник, ivanavetisyan@yandex.ru, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук.