

УДК 622.272

**А.М. Павлов, Ю.М. Семенов, Л.И. Сосновский,
В.А. Филонюк, Е.Л. Сосновская**

**ПАРАМЕТРЫ ПОГАШЕНИЯ ОЧИСТНОГО
ПРОСТРАНСТВА СПОСОБОМ САМООБРУШЕНИЯ
КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ ЖИЛ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Разработка наклонных жил, в том числе и золоторудных, производится, как правило, камерно - столбовыми системами разработки с креплением очистного пространства. При этой системе разработки до 30 - 40 % запасов блока остается во внутриблоковых и ленточных охранных целиках и в основном их относят в потери. Назрела актуальная необходимость для безопасной и эффективной выемки целиков разработать специальные методы управления горным давлением. Это позволит повысить извлечение запасов полезных ископаемых из недр.

Опытно-промышленные работы по выемке целиков проводились на Иркиндинском золоторудном месторождении. В геологическом строении месторождения принимают участие различные по составу интрузивные образования. Здесь распространены – габбро, габбро – диориты, граниты, плагиограниты, содержащие мелкие тела и дайки габбро-диабазов. Встречаются небольшие участки развития гнейсо-гранитов. Рудные тела в основном представлены кварцевыми жилами. Они имеют северо-западное, северо-восточное и субширотное простирание и взаимоувязаны в единую рудную систему, контролируемую на-

клонными (30-50°) и весьма протяженными зонам тектонического расщепления. Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова составляет 8-14.

В процессе исследований было установлено, что непосредственное влияние на устойчивость кровли при погашении запасов в целиках будут оказывать следующие геологические и инженерно-геологические условия [1, 2]:

1. Поперечный разрез пород кровли, наличие зон расщепления и их характеристика.

2. Угол наклона жилы и форма рельефа кровли очистного пространства.

3. Интенсивность проявления относительно крупной блоковой тектоники, влияющей на целостность рудного тела.

4. Уровень и характер распределения напряжений в горном массиве.

5. Температурный режим в очистном пространстве.

Оценку состояния кровли очистного пространства рекомендуется производить с учетом интегрального влияния всех рассмотренных факторов. Использование существующих классификаций в нашем конкретном случае, где установлены конкретные факторы, определяющие устойчивость

кровли открытого пространства, будет весьма условным. Поэтому предлагается классификация, вытекающая из конкретных условий Ирокиндинского месторождения (таблица).

В предлагаемой классификации в качестве реальных геологических обстановок принято - три. Именно, естественный «свод» (купол), прогиб и переходная область между ними определяют естественное геологическое состояние кровли очистного пространства. В зависимости от влияния рассмотренных выше геологических факторов в каждом из трех состояний определены условия соответствия устойчивости кровли трем принятым по категориям: «устойчивое», «среднеустойчивое» и «неустойчивое», допускающие обнажение кровли без крепления соответственно – до 600 м^2 , до 100 м^2 и до 10 м^2 [3].

Таблица составлена таким образом, что каждой категории устойчивости соответствуют конкретные характеристики влияющих факторов, хотя в реальных условиях могут быть всевозможные комбинации этих характеристик. Поэтому отнесение конкретного участка к средней или низкой категории устойчивости может определяться даже отдельным фактором. Например, пусть участок находится в переходной зоне, и все характеристики влияющих факторов соответствуют категории «устойчивое» а один фактор – мощность рассланцованной зоны висячем боку жилы - составляет 1 м. В этом случае участок должен классифицироваться как неустойчивый.

При изучении природных и техногенных напряжений в кровле очистного пространства установлено, что на неустойчивых участках возможны процессы самообрушения кровли [1, 2]. Авторами определены параметры погашения очистного пространства на

основе обоснованных параметров самообрушения пород. Расчетный шаг обрушения по методикам В.Д. Слесарева, Н.З. Галаева [4] для глубин 100-300 м составляет $65 \div 75$ м. Высота свода возможного обрушения по методикам ВНИМИ и Иргиредмета [5] – $11 \div 15$ м.

Минимальная площадь обрушения была определена в процессе производственных исследований на жиле Центрально-Тулуинская. Верхние горизонты жилы отработаны в 2000-2005 годах камерно-столбовой системой разработки с креплением. В блоках осталась временно законсервированная руда в целиках в объеме 20-40 % их первоначальных запасов. В 2005 году по рекомендациям настоящих исследований началась выемка целиков. В блоках были оставлены целики общим объемом не более 6%, преимущественно в местах непромышленного содержания металла.

В процессе выемки целиков наблюдались случаи локальных обрушений пород кровли небольших размеров в пределах $5-10 \text{ м}^2$. Так как целики отработывались в отступающем порядке, для людей эти обрушения опасности не представляли.

Первые значительные обрушения возникли при отработке целиков на двух и более горизонтах. В декабре 2006 года произошло обрушение кровли в блоке З-С1-3 жилы Центрально-Тулуинская. При комплексном обследовании участка обрушения выявлено следующее.

В 2006 году в блоках З-С1-3 и З-С1-4 жилы Центрально-Тулуинская была произведена выемка целиков на всю высоту этажа. Пролет по падению очистного пространства составил 80 м и превысил расчетный шаг обрушения, равный 65 м. В период с 5 по 11 декабря 2006 г. появились признаки разрушения пород кровли.

Таблица 1

Классификация состояний кровли очистного пространства по категориям устойчивости в различных мерзлотных условиях горного массива

Естественные геологические условия положения кровли очистного пространства	Мерзлотные и геологические факторы								Категория устойчивости	
	Мерзлотные условия геологической среды	Мощность рассланцованной зоны висячем боку жилы, м	Угол наклона осевой поверхности жилы, град.	Наличие блоковой тектоники (целостность массива)	Мерзлотный режим		Состояние естественного висячего контакта жилы			
					Наличие льда в трещинах	«сухая» мерзлота	ненарушенное	нарушенное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Естественный свод (купол), вызванный пологим изгибом осевой поверхности рудной жилы (зоны) или увеличением их мощности	Многолетнемерзлое состояние пород	0,1-0,2	до 10	Нет	-	+	+	-	Устойчивая	
		0,2-0,5	до 10	Нет	-	+	+	-	Среднеустойчивая	
		0,5-1 и более	до 10	Нет	-	+	-	+	Неустойчивая	
	Переходные зоны от многолетнемерзлых пород к талым	Сезонные	0,1-0,2	до 10	Нет	+	+	+	-	Среднеустойчивая
			0,2-0,5	до 10	Нет	+	+	+	-	Среднеустойчивая
			0,5-1 и более	до 10	Нет	+	+	-	+	Неустойчивая
		Постоянные	0,1-0,2	до 10	Нет	+	-	+	-	Неустойчивая
			0,2-0,5	до 10	Нет	+	-	+	-	Неустойчивая
			0,5-1 и более	до 10	Нет	+	-	-	+	Неустойчивая
	Отсутствие мерзлоты (талые породы)	0,1-0,2	до 10	Нет	-	-	+	-	Неустойчивая	
0,2-0,5		до 10	Нет	-	-	+	-	Неустойчивая		
0,5-1 и более		до 10	Нет	-	-	-	+	Неустойчивая		
Естественный прогиб (провес) кровли, вызванный пологим изгибом осевой по-	Многолетнемерзлое состояние пород	0,1-0,2	до 10	Нет	-	+	+	-	Устойчивая	
		0,2-0,5	до 10	Крупнобл. отдельность	-	+	+	-	Среднеустойчивая	
		0,5-1 и более	до 10	Мелкобл. отдельность	-	+	-	+	Среднеустойчивая	

Переходная зона от естественного свода к естественному прогибу	Переходные зоны от многолетнемерзлых пород к талым	Сезонные	0,1-0,2	до 10	Нет	+	+	+	-	Среднеустойчивая	
			0,2-0,5	до 10	Крупнобл. отдельность	+	+	+	-	Неустойчивая	
			0,5-1 и более	до 10	Мелкобл. отдельность	+	+	-	+	Неустойчивая	
		Постоянные	0,1-0,2	до 10	Нет	+	-	+	-	Неустойчивая	
			0,2-0,5	до 10	Крупнобл. отдельность	+	-	+	-	Неустойчивая	
			0,5-1 и более	до 10	Мелкобл. отдельность	+	-	-	+	Неустойчивая	
		Отсутствие мерзлоты (талые породы)	0,1-0,2	до 10	Нет	-	-	+	-	Неустойчивая	
			0,2-0,5	до 10	Крупнобл. отдельность	-	-	+	-	Неустойчивая	
			0,5-1 и более	до 10	Мелкобл. отдельность	-	-	-	+	Неустойчивая	
	Многолетнемерзлое состояние пород	Переходные зоны от многолетнемерзлых пород к талым	Сезонные	0,1-0,2	30 -50	Нет	-	+	+	-	Устойчивая
				0,2-0,5	20 -30	Крупнобл. отдельность	-	+	+	-	Среднеустойчивая
				0,5-1 и более	До 20	Мелкобл. отдельность	-	+	-	+	Неустойчивая
		Постоянные	0,1-0,2	30 -50	Нет	+	+	+	-	Среднеустойчивая	
			0,2-0,5	20 -30	Крупнобл. отдельность	+	+	+	-	Неустойчивая	
			0,5-1 и более	До 20	Мелкобл. отдельность	+	+	-	+	Неустойчивая	
Отсутствие мерзлоты (талые породы)		0,1-0,2	30 -50	Нет	+	-	+	-	Неустойчивая		
		0,2-0,5	20 -30	Крупнобл. отдельность	+	-	+	-	Неустойчивая		
		0,5-1 и более	До 20	Мелкобл. отдельность	+	-	-	+	Неустойчивая		
Отсутствие мерзлоты (талые породы)	0,1-0,2	30 -50	Нет	-	-	+	-	Неустойчивая			
	0,2-0,5	20 -30	Крупнобл. отдельность	-	-	+	-	Неустойчивая			
	0,5-1 и более	До 20	Мелкобл. отдельность	-	-	-	+	Неустойчивая			

Слышались шелчки, трески, скрип деревянной крепи. Наблюдения по маркшейдерским маячкам показали оседание кровли 1-2 мм в сутки. Работы были приостановлены. 13 декабря около часу ночи произошло обрушение кровли. В течение суток обрушение кровли продолжалось. Обрушение произошло под штольной № 42. Площадь обнажения без целиков составила 5200 м². Площадь вывала – 1210 м². Вывал крупноблочный, размеры его: длина 50 м, ширина 25 м, высота более 5 м.

При визуальном обследовании выявлена трещина в кровле и верхней части блока 3-С1-3, примыкающая к трещине, по которой произошел вывал. На внутриблоковых и подштрековых целиках признаков разрушения не наблюдалось. Обрушение пород сопровождалось значительной воздушной волной. Температура пород на штольне № 42 и в блоке составила -2°С, что характеризует наличие многолетней мерзлоты. По результатам инструментальных измерений по наблюдательной станции в период с 12 по 14 декабря 2006 г. установлено, что напряжения в кровле достигли величины минус 37 МПа, что практически равно допустимым, равным минус 36,8 МПа. Наблюдения по маркшейдерским маячкам показали оседание кровли со скоростью 1-2 мм в сутки. Опускание кровли составило около 1 см, что в 2-3 раза больше среднего опускания кровли за последние 2-3 года. Высота свода обрушения составила 11 м, что соответствует расчетной величине для мерзлых пород.

Анализ визуального обследования участка вывала и материалов маркшейдерских инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях позволило установить следующее.

1. Произошло обрушение основной кровли блока, а не зоны расланцевания.

2. Вероятными причинами обрушения кровли являются:

- Большой срок стояния отработанного блока -4-5 лет, за которое произошли микроразрушения структуры непосредственной кровли;

- Замерзание воды в трещинах кровли. Лед в трещинах вызвал отслоение пород на большой площади. Образовалось зеркало скольжения.

- Площадь перегиба жилы, являющаяся наиболее слабым участком в архитектуре кровли жилы.

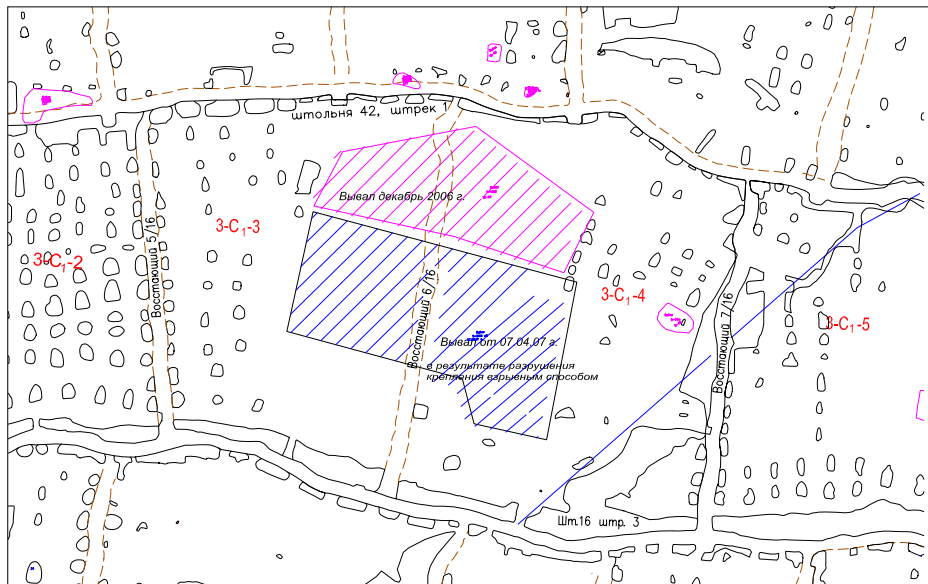
- Сейсмическое влияние взрывных работ при выемке целиков и др.

3. Обрушение можно связать с длительным стоянием блока, периодическим растеплением пород кровли в летний период.

При выемке внутриблоковых целиков в блоках по достижении пролетов, равных шагу обрушения (65 м) возможны обрушения на площади 25х50 м. Такую площадь обнажения можно создать путем подрыва деревянных стоек. По существу площадь 25х50 м характеризует шаг обрушения кровли, создавая который можно погашать подземные пустоты после выемки целиков в пределах одного этажа.

В апреле 2007 г. произведены опытные работы по самообрушению кровли ниже обрушения, произошедшего в декабре 2006 г. (рисунок).

7 апреля 2007 г. после подрыва крепежных стоек произошло обрушение кровли, что подтвердило возможность погашения очистных камер этим способом. В октябре-декабре 2007 года произведены опыты по погашению пустот еще на трех участках. Анализ рельефа кровли в районе регулируемого самообрушения показал, что верхний контакт жилы представляет собой сложную волнистую поверхность, состоящую из сопряженных между собой вытянутых по падению куполов и провесов. Оси этих структур практически параллельны между собой и отображают характер «гофрировки» поверхности верхнего контакта жилы.



Примечание: работы по посадке кровли провели в 02.04.07 г., а "села" кровля 07.04.07 г. На данный момент состояние кровли на гор. шт. 42 и гор. шт.16 удовлетворительное

Пространственное положение посадки кровли

Они сопряжены между собой в направлении падения жилы в режиме виргирующих складок, т.е. ось прогиба как бы раздваивается, а между ними появляется выпянутый в том же направлении купол. Его ось продолжает ось прогиба. Высота купола и размер прогиба по вертикали (амплитуда «гофрировки» поверхности) составляют 10-15 м. Длина волны гофрированной поверхности колеблется в пределах 60-100м. Длина осей прогибов и куполов различна и колеблется в пределах от первых десятков метров до 300 м. На всю эту систему накладывается более крупная система прогибов и куполов.

Эти структуры более изометричны, но из-за влияния описанных выше более мелких изгибов имеют сложные границы. По расположению их эпицентров можно заключить, что они подчиняются мотиву порядка с ячейкой в форме равностороннего треугольника,

рёбра которого ориентированы диагонально к осям более мелких изгибов и по длине составляют 300-400м.

Таким образом, рельеф контактовой поверхности жилы представляет сложную форму, образованную сопряжением определённым образом упорядоченных разномасштабных изгибов противоположного знака, придающих всей поверхности контакта необходимую жёсткость и, соответственно устойчивости в естественном залегании.

После выемки целиков максимальное открытое пространство было образовано на сопряжении изгибов более крупного масштаба, но наибольшая площадь обрушения находится в крупном прогибе, осложнённом более мелкими прогибами. Практически все локальные обрушения приурочены к этим мелким прогибам, причём к участкам с более крутым наклоном рельефа кровли. Это может свидетельствовать о том,

что в данном случае за счёт провисания выше лежащих пород обрушение спровоцировано весом этих пород, т.е. гравитационными силами.

Таким образом установлено, что наиболее благоприятными условиями для регулируемого самообрушения кровли на жилах являются прогибы поверхности кровли, где с помощью геологических данных и расчётов гравитационных сил можно

регулировать процесс самообрушения (самолокализации) кровли очистного пространства при больших площадях обнажения.

Обрушенные участки пород поддерживают кровлю и препятствуют развитию обрушения на больших площадях, ликвидируют опасность создания большой воздушной волны и позволяют избежать техногенной катастрофы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов А.М. Управление горным давлением в криолитозоне при отработке наклонных маломощных жил на примере Ирокиндинского месторождения / А.М. Павлов, Ю.М. Семенов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. - №11. - С. 30-34.

2. Павлов А.М. Определение параметров устойчивых целиков и обнажений камер при разработке наклонных жил в криогенных зонах в условиях Ирокиндинского золоторудного месторождения / А.М. Павлов, Ю.М. Семенов, Л.И. Сосновский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. - №5. - С. 142-147.

3. Правила технической эксплуатации рудников, приисков и шахт, разрабатываемых месторождения цветных, редких и драгоценных металлов. - М.: Недра, 1980. - 109 с.

4. Галаев Н.З. Основные направления в совершенствовании разработки нижних горизонтов апатитовых рудников / Н.З. Галаев, В.И. Крапивин // Горный журнал. – 1971. - №4. – С. 43-46.

5. Технология разработки золоторудных месторождений / В.П. Неганов, В.И. Коваленко, Сосновский Л.И. и др.; под редакцией Неганова В.П.- М. Недра, 1995. – 336 с. **ИЛАС**

Коротко об авторах

Павлов А.М. – кандидат технических наук, зам. директора по горным работам ОАО «Бурятзолото»,

Семенов Ю.М. – начальник технического отдела ОАО «Бурятзолото»,

Сосновский Л.И. – доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых (РМПИ) Иркутского государственного технического университета (ИрГТУ),

Филонюк В.А. – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Иркутского государственного технического университета (ИрГТУ)

Сосновская Е.Л. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин Иркутского государственного технического университета.

Статья представлена Иркутским государственным техническим университетом.

