

ISSN 2313 - 5794

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ  
И ПРИКЛАДНЫЕ  
ВОПРОСЫ ГОРНЫХ НАУК**

**2015**

**№ 2**

Курленя М. В., Миренков В. Е., Красновский А. А. Напряженно-деформированное состояние около заглубленных выработок .....	122
Ловчиков А. В., Савченко С. Н. Защитные залежи в поле тектонических сил .....	128
Ревуженко А. Ф., Микенина О. А. Об одной интегральной характеристике касательных напряжений и ассоциированной с ней теорией пластичности .....	133
Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю. А. Геомеханическое состояние массива вокруг очистного забоя (на примере шахты «Полысаевская») .....	139
Сарайкин В. А. О влиянии блочной структуры среды на форму фронтов волн .....	144
Серяков В. М. Напряженное состояние элементов крепи при различных способах раскрытия поперечного сечения выработки в скальных массивах .....	149
Фадеева И. И., Дучков А. Д., Казанцев С. А., Пермяков М. Е. Моделирование распределения температуры при внедрении геотермического зонда в донные осадки .....	153
Фрянов В. Н., Павлова Л. Д., Гордеев С. Н. Моделирование геомеханических процессов при подземной разработке угольных пластов с неустойчивыми вмещающими породами .....	162
Чанышев А. И., Ефименко Л. Л., Лукьяшко О. А. Задача о предельной нагрузке для отвала горных пород при разработке полезных ископаемых .....	168
Чанышев А. И. Решение упруго-пластической задачи Л. А. Галина при условии Кулона-Мора в постановке Коши .....	174
Шапошник Ю.Н. Разработка геомеханической модели массива Секисовского золоторудного месторождения .....	181

**ТЕОРИИ ПРОГНОЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ.  
УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕДР**

Алексеев С. Е., Тимонин В. В., Кокоулин Д. И., Шахторин И. О., Кубанычбек Б. Создание малогабаритного погружного пневмоударника для проходки исследовательских скважин .....	187
Александрова Н. И. Задача Лэмба для трехмерной модели блочной среды .....	194
Барышников В. Д., Гахова Л. Н. Оценка и прогноз состояния породного массива при длительной консервации геологоразведочных выработок.....	199
Башков В. И., Штирц В. А., Еременко А. А., Конурин А. И. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при производстве массовых взрывов на ударопасном рудном месторождении Горной Шории .....	205
Волченко Г. Н., Серяков В. М., Фрянов В. Н., Волченко Н. Г. Комплексное исследование механических процессов при взрывном разрушении напряженных массивов.....	214
Гахова Л. Н. Влияние техногенных воздействий на напряженное состояние многослойных сталежелезобетонных конструкций .....	219
Деев П. В. Взаимодействие монолитной крепи комплексов некруговых горных выработок с массивом пород при землетрясении.....	224
Каймонов М. В., Панишев С. В. Прогноз температурного поля вскрытых пород карьеров криолитозоны после взрывной отбойки .....	230
Клишин С. В., Ревуженко А. Ф. О вихревом течении сыпучей среды за щитовым перекрытием .....	235
Кожогулов К. Ч., Никольская О. В., Кадыралиева Г. А., Джакупбеков Б. Т. Устойчивость бортов нагорных карьеров в зонах влияния тектонических нарушений .....	240
Козырев А. А., Рыбин В. В. Геомеханическое обоснование рациональных конструкций бортов карьеров в тектонически напряженных массивах .....	245
Колыхалов И. В., Мартынюк П. А. Проведение последовательного поинтервального гидроизрыва вязкой жидкостью.....	251
Курленя М. В., Сердюков А. С., Дучков А. А., Патутин А. В., Яскевич С. В. Технология микросейсмического и геомеханического мониторинга геодинамических процессов в массиве горных пород .....	257



УДК 622.271+622.693.25

**УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ НАГОРНЫХ КАРЬЕРОВ  
В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ**

**К. Ч. Кожогулов, О. В. Никольская,  
Г. А. Кадыралиева, Б. Т. Джакупбеков**

*Институт геомеханики и освоения недр НАН КР,  
E-mail: ifmfp@yandex.ru, ул. Медерова, 98, 720052, г. Бишкек, Кыргызстан*

Обосновано применение показателя качества массива горных пород месторождений для оценки предельных параметров бортов нагорных карьеров, обеспечивающего их длительную устойчивость, оценена устойчивость. Определены предельные параметры нагорных карьеров с учетом показателя качества массива. Установлено, что для оценки устойчивости и определения угла откоса при заданной глубине разработки месторождения открытым способом наиболее приемлемым является показатель устойчивости, полученный на основе рейтинга массива по Бартону.

*Устойчивость, тектонические нарушения, карьер, прибрежный массив*

**PIT WALL STABILITY IN UPLANDS IN THE ZONES  
OF INFLUENCE OF TECTONIC FAULTS**

**K. Ch. Kozhogulov, O. V. Nikolskaya, G. A. Kadyralieva, B. T. Dzhakupbekov**

*Institute of Geomechanics and Subsoil Development, Kyrgyzstan National Academy of Sciences,  
E-mail: ifmfp@yandex.ru, 98 Mederova St, 720815 Bishkek, Kyrgyzstan*

The authors substantiate application of rock mass quality index for estimation of ultimate parameters of long-term stability pitwalls in uplands and make estimate of stability of a pitwall. The ultimate parameters of upland pitwalls are evaluated, considering the rock mass quality index. It is found that the most reasonable estimate of stability and slope of an open pit mine with a preset depth is the stability index defined based on the Q-system developed by Barton.

*Stability, tectonic faults, open pit mine, pitwall rocks*

Золоторудные месторождения Кыргызстана являются нагорными, расположены они в зонах тектонических нарушений, преимущественно разломов и их сочленений. Освоение таких месторождений уже на стадии проектирования требует максимально достоверных сведений о строении прибрежного массива, степени трещиноватости, свойствах горных пород. Оценка устойчивости прибрежного массива нагорных карьеров в зонах влияния тектонических нарушений — одна из актуальных задач при освоении нагорных месторождений открытым способом.

Основными вмещающими породами в этих зонах являются метаморфизованные породы сдвигового, термального (вулканиты) и термально-сдвигового происхождения. Активные структурообразующие элементы — тектонические разломы и трещины. Вмещающие породы золоторудных месторождений Кыргызстана — сильно трещиноватые метасоматиты, представленные кварц-турмалинами, кварц-карбонатами, кварц-серийтами, гнейсами, амфиболовыми

сланцами, окварцованными песчаниками, диоритами. Характерными свойствами метаморфизованных пород являются: низкая пористость (0.37–7.14)% и низкая водопоглощаемость (0.12–4.70)%; высокие прочностные значения при сжатии и низкие значения при растяжении; хрупкость горных пород в среднем 24–25%; прочностные значения горных пород в водонасыщенном состоянии снижаются от 12 до 37% в зависимости от типа пород [1].

Усредненные значения физико-механических свойств горных пород в зонах проявления метаморфизма представлены в табл. 1.

Устойчивость карьерных откосов в массивах скальных пород обуславливается главным образом наличием в них поверхностей ослабления (трещин, разрывных нарушений, плоскостей напластования или слоистости, прослоев пород со слабым сопротивлением сдвигу), их ориентировкой относительно друг друга и плоскости откоса (рис. 1).

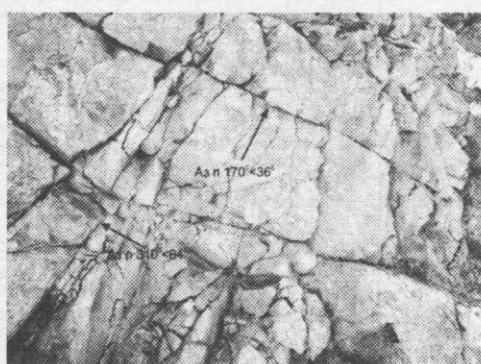


Рис. 1. Поверхности ослабления их ориентировкой относительно друг друга и плоскости откоса

Свойства массива его структурную и геомеханическую неоднородность необходимо оценивать на различных масштабных уровнях.

Механические характеристики пород в массиве во многом определяются его нарушенностью, ослаблением по трещинам. Сцепление между отдельным структурными блоками может быть очень малым. Нарушенность массива трещинами оказывается и на его упругих свойствах. С увеличением трещиноватости упругость пород уменьшается. Выявлено, что упругость трещиноватого горного массива всегда меньше модуля упругости образца горной породы примерно в 5–15 раз. Для разных участков массива модули упругости будут разными.

В качестве одного из подходов к оценке устойчивости бортов карьеров ведется развитие рейтинговых геомеханических классификаций, так называемых «систем оценок качества геологической среды». Основными направлениями совершенствования являются учет действия тектонических напряжений, действующих в прибортовом массиве горных пород, и разработка рекомендаций по выбору конструктивных параметров систем открытой разработки на основе полученного рейтинга [2–5].

Влияние трещиноватости, а следовательно, рейтинга массива на прочностные свойства пород и их изменения с глубиной для метаморфических пород сдвигового генезиса — окварцовых песчаников — приведено в табл. 2.

Основными параметрами нагорных карьеров является высота и угол откоса борта карьера. На рис. 2, 3 приведены расчетные значения коэффициента устойчивости в зависимости от угла откоса и высоты борта карьера.

ТАБЛИЦА 1. Физико-механические свойства горных пород в зонах проявления метаморфизма

242

Вид метаморфизма	Порода	Водно-физические			Свойства пород				
		Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение $W$ , %	Пористость $P$ , %	Предел прочности, МПа	прочностные	Угол внутреннего трения $\phi$ , град	Сцепление $C$ , МПа	
Дислокационный	Гранитоиды	2460–2730	0.32–4.01	0.37–4.43	50.7–292.5	2.02–11.70	24.34–140.4	67	5–29.2
	Песчаники	2480–2670	0.26–4.52	4.10–4.51	59.0–292.5	2.36–1170	32.44–145.74	66–70	5.0–29.0
	Тектонические брекчи	2410–2710	0.23–3.73	1.09–8.40	68.1–192.5	2.72–7.70	36.87–97.22	67	1.9–19.5
	Контактовые роговики	2680–2730	0.48–0.49	7.9–8.8	48.1–68.6	9.1–18.3	24.5–31.36	60	2.5–2.7
	Скарны	2850–3450	0.23–5.00	16.33	63.5–259.9	7.8–23.4	32.68–125.13	46–56	17.5–34.0
Термальный	Гнейсы	2510–2820	0.2–2.23	0.61–3.0	46.6–167.5	4.5–15.3	25.4–80.9	39–40	4.4–5.8
	Кварциты	2500–3210	0.29–4.32	0.54–14.7	75.8–231.6	3.03–9.26	40.61–116.22	67	8.15–23.31
Динамотермальный	Кристаллические сланцы	2590–2630	0.12–0.32	3.70–7.14	75.0–155.0	3.0–6.2	36.0–74.4	43	4.2–4.62

ТАБЛИЦА 2. Изменение прочностных свойств окварцованных песчаников

Высота борта, м	Сцепление пород в массиве $C$ , МПа	Угол внутреннего трения в массиве, град	Прочность пород, МПа		
			при сжатии $\sigma_{сж}$	при растяжении $\sigma_{рас}$	при сдвиге $\tau_{max}$
Рейтинг массива (показатель GSI) 70%					
50	4.55	58	49.18	-1.82	32.9
100	4.73	56			
150	4.94	54			
200	5.16	53			
250	5.38	51			
Рейтинг массива (показатель GSI) 50%					
50	1.45	57	30.51	-0.4	10.5
100	1.75	53			
150	2.01	51			
200	2.27	49			
250	2.53	48			
Рейтинг массива (показатель GSI) 30%					
50	0.67	53	19.18	-0.09	3.01
100	0.88	48			
150	1.11	45			
200	1.31	43			
250	1.49	42			
Рейтинг массива (показатель GSI) 10%					
50	0.26	42	9.55	-0.02	0.502
100	0.41	38			
150	0.52	35			
200	0.63	33			
250	0.72	32			

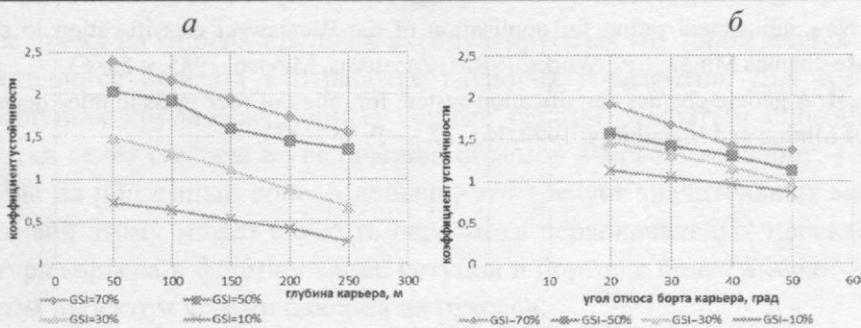


Рис. 2. Зависимость коэффициента устойчивости: *а* — от глубины карьера и показателя качества массива ( $\sigma_{сж} = 210$  МПа, угол откоса борта карьера  $45^\circ$ ); *б* — от угла откоса борта карьера и показателя качества массива ( $\sigma_{сж} = 210$  МПа, высота борта 200 м)

Таким образом, высота борта карьера (глубина), при которой обеспечивается его устойчивость, при разработке нагорных месторождений открытым способом не должна превышать 300 м. Превышение этого значения приводит к нарушению устойчивости борта в виде осьпей, вывалов блоков породы в отдельных случаях и потере общей устойчивости борта.

Однако, как следует из приведенных зависимостей коэффициента устойчивости от высоты борта и его угла откоса, доминирующим параметром является угол борта карьера.

Руководствуясь показателем качества массива, определенного по классификации Лобшира и системе Бартону, предлагаются ориентировочные значения угла борта карьера в зависимости от рейтинга массива.

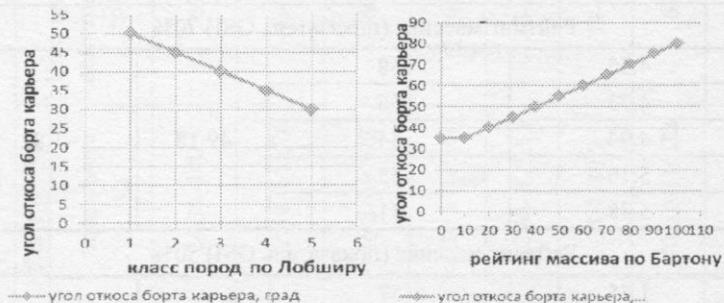


Рис. 3. Предлагаемые значения углов откосов бортов нагорных карьеров: а — по Лобширу; б — по Бартону

## ВЫВОД

На основании сравнительного анализа оценки качества массива установлено, что для оценки устойчивости и назначения угла откоса при заданной глубине разработки месторождения открытым способом наиболее приемлемым является показатель устойчивости, определяемый на основе рейтинга массива по Бартону.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожоголов К. Ч., Никольская О. В., Кадыралиева Г. А Особенности свойств горных пород в зонах влияния тектонических нарушений золоторудных месторождений Кыргызстана // Материалы науч.-практ. конф. — Пермь, 2014.
2. Barton, N., Lien, R. and Lunde, J. Engineering classification of rock masses for the design of rock support // Rock Mechanics, 1974, № 6. — P. 189–236.
3. Bieniawski Z. T. Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons. — New York, 1989. — 251 p.
4. Romana M. New adjustment rating for application of the Bieniawski classification to slopes // Proc. Int. Symp. Rock Mechanics Mining Civ. Works. ISRM, Zacatecas, Mexico, 1985, p 59–63.
5. Laubscher D. H. A geomechanics classification system for rating of rock mass in mine design // Journal South African Inst. of Mining and Metallurgy, 1990, No. 10. — P. 257–273.