

УДК 622.02(575.22)

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД ГЛУБОКИХ
ГОРИЗОНТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МАКМАЛ»**

С.Ж. Куваков, Г.А. Кадыралиева, Б.Т. Джакупбеков

Рассмотрена геологическая характеристика золоторудного месторождения «Макмал» и физико-механические свойства горных пород на глубоких горизонтах при проектировании штольни №6.

Ключевые слова: месторождение «Макмал»; физико-механические свойства; обрушение.

**PHYSICAL AND MECHANICAL ROCK PROPERTIES
OF THE DEEP HORIZONS OF "MAKMAL" DEPOSIT**

S.J. Kuvakov, G.A. Kadyralieva, B.T. Djakupbekov

The article considers the geological characteristics of gold deposit "Makmal" and physico-mechanical properties of rocks at deep levels in the design adit № 6.

Keywords: «Makmal» deposit; physical-mechanical characteristic; caving.

Золоторудное месторождение «Макмал» расположено в зоне тектонических нарушений и относится к числу крупных и уникальных нагорных месторождений Кыргызстана. Месторождение расположено на территории Тогуз-Торойского района Джалал-Абадской области, в юго-западной части гор Чаарташ, являющихся западным окончанием хребта Ак-Шыйрак, абсолютные отметки месторождения – в пределах 2190–2800 м.

Месторождение «Макмал» характеризуется присутствием осадочных, интрузивных и метаморфических горных пород. Осадочные породы представлены известняками карбоно-кокчойской свиты, на которых залегают образования Каргалыкского, представленные породами субвулканического комплекса-туфолами кислого состава. К югу от месторождения залегает толща конгломератов, гравелитов, песчаников, глин Киргизской и Нарынской свит. Разрезы кайнозоя завершают отложения четвертичного возраста (рисунок 1) [1].

Известняки карбона прорваны различными по составу дайкообразными телами и массивом гранитов Чаарташского интрузива, интрузивные породы представлены двумя разновозрастными комплексами:

1. Каргалыкский комплекс – диориты, диоритовые порфириты, дайки плагиопорфиритов, кварцевых порфиров, гранит порфиров, лампрофиры, метасоматиты;

2. Чаарташский комплекс – граниты первой, второй фаз. Граниты первой фазы – равномерно-зернистые породы с незначительным содержанием тёмноцветных минералов. Граниты второй фазы – дайковые тела красных порфировидных лейкогранитов, гранит – порфиров, аплитовидные граниты.

Под воздействием контактового метаморфизма осадочные породы преобразованы в мраморы, скарнированные породы, скарны, метасоматиты. Наиболее крупные тела скарнов развиты в приконтактных телах дайкообразных тел. Руды месторождения «Макмал» относятся к золото кварцевой формации, к малосульфидному типу. Они сложены окварцованными, сканированными известняками, скарнами, метасоматитами, в меньшей мере измененными гранитами, гранит порфирами, плагиопорфирами.

Промышленные концентрации золота присутствуют в перекристаллизованных, окварцованных скарнах и полевошпат-кварцевых метасоматитах. По вещественному составу выделяются две разновидности руд: кварц-волластонитовая и полевошпат-кварцевая. С глубиной в составе руд уменьшается содержание кварца и увеличивается содержание волластонита и полевого шпата [1, 2].

Золоторудное месторождение «Макмал» расположено в условиях высокогорья, и разрабатывается комбинированным способом, переходя от открытого к подземному. Горизонты месторождения до отметки 2485 м отработаны открытым спосо-

бом. С 2003 г. месторождение разрабатывается подземным способом, т. е. комбинированным методом. Запасы ниже горизонта 2485 м (штольня № 3) до горизонта 2370 м (штольня № 6) в настоящее время полностью отработаны. На горизонтах 2370 м (штольня № 6) – 2310 м (штольня № 11) были разведены Южное и Глубинное рудные тела [3, 4].

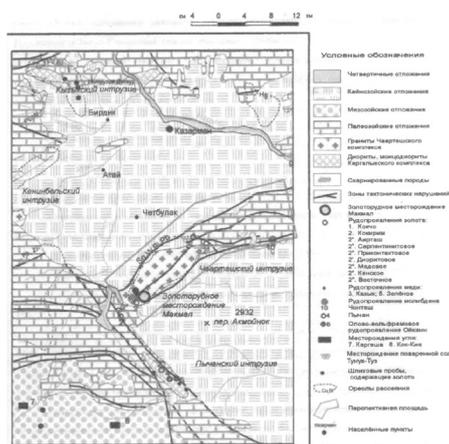


Рисунок 1 – Геологический план месторождения «Макмал»

При проектировании штольни № 6 были учтены физико-механические свойства горных пород (таблица 1) [4]. Но при отработке подкарьерных целиков произошло обрушение потолочин и целиков, после чего возникла необходимость исследования физико-механических свойств горных пород глубоких горизонтов. Под физико-механическими свойствами понимают совокупность физических свойств (естественное состояние) и их изменений под действием прилагаемой нагрузки (состояние под механической нагрузкой). К основным физико-механическим свойствам горных пород относятся: *объемный вес, пористость, предел прочности при*

сжатии, предел прочности при растяжении, угол внутреннего трения, сцепление, коэффициент Пуассона, модуль упругости (Юнга), модуль сдвига, коэффициент структурного ослабления, коэффициент длительной прочности, коэффициент крепости пород.

При изучении горных пород в глубинных горизонтах рудника были проведены лабораторные исследования основных пород месторождения: карбонатных пород, скарнированных известняков и окварцованных и мраморизованных известняков. Результаты исследований представлены в таблице 2. Лабораторные исследования физико-механических свойств пород проводились с использованием нормативных документов [5, 6].

Анализ полученных данных показал, что среднее значение объемного веса для карбонатных пород скарнированных известняков составляет $\gamma = 2834,65 \text{ кг/м}^3$, удельный вес в среднем – $\gamma = 2587,16 \text{ кг/м}^3$, для окварцованных и мраморизованных известняков объемный вес имеет среднее значение $\gamma = 2918,01 \text{ кг/м}^3$, а удельный вес – $\gamma = 2507,706 \text{ кг/м}^3$. Отобранные карбонатные породы и окварцованные известняки имеют низкое значение водопоглощения, в среднем, около $W = 1,41 \%$.

Для определения прочностных характеристик пород был проведен лабораторный анализ пород как в воздушно-сухом, так и в водонасыщенном состоянии. В воздушно-сухом состоянии значение предела прочности пород при сжатии изменялось в пределах от $\sigma_{сж} = 41 \text{ МПа}$ до $\sigma_{сж} = 79 \text{ МПа}$, а для окварцованных известняков минимальное значение составляло $\sigma_{сж} = 32 \text{ МПа}$, максимальное – $\sigma_{сж} = 73 \text{ МПа}$.

Среднее значение угла внутреннего трения пород составило $\phi = 64^\circ$, сцепления – $C = 3,55\text{--}8,74 \text{ МПа}$.

Результаты лабораторных работ показали, что после полного водонасыщения значение предела прочности пород при сжатии снижается

Таблица 1 – Физико-механические свойства горных пород

Горная порода	Объемный вес, кг/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Коэффициент Пуассона	Модуль упругости, МПа	Угол внутреннего трения, град.
Мраморные неравномерно-зернистые слабоскарнированные известняки	2650	70	9	0,3	61700	30
Мраморные неравномерно-зернистые скарнированные известняки	2700	91,1	10,5	0,3	46900	33
Мраморная брекчия	2660	110,6	9,9	-	48000	34
Кварц-полевошпат и роговик	2830	166,8	18,6	0,3	45600	32

Таблица 2 – Основные физико-механических свойств горных пород месторождения «Макмал»

№ пробы		1	2	3	4	5	6	7	8
В водонасыщенном состоянии	Коэффициент Пуассона, ν	0,226	0,227	0,228	0,227	0,227	0,227	0,228	0,228
	Модуль упругости E , МПа	232548,64	236913,02	249835,75	243192,47	265461,16	234242,07	245264,51	248780,02
	Сцепление C , МПа	2,02	2,61	6,10	3,42	3,24	4,02	5,20	5,29
	Угол внутреннего трения, ϕ , град	63	63	64	64	64	64	64	64
	Предел в прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	16,38	23,56	54,51	31,12	27,60	35,00	46,62	47,21
	Предел в прочности при растяжении σ_p , МПа	0,78	1,12	2,59	1,48	1,30	1,66	2,22	2,25
В воздушно-сухом состоянии	Коэффициент Пуассона, ν	0,228	0,228	0,229	0,228	0,227	0,228	0,229	0,229
	Модуль упругости E , МПа	237440,03	239387,40	253387,05	245768,71	266097,43	236349,32	248809,51	252591,95
	Сцепление C , МПа	5,98	4,6	8,74	5,45	3,55	5,48	7,49	8,10
	Угол внутреннего трения, ϕ , град	64	64	64	64	64	65	63	65
	Предел в прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	52,08	41,37	78,96	49,22	31,70	50,40	71,42	73,50
	Предел в прочности при растяжении σ_p , МПа	2,48	1,97	3,76	2,34	1,50	2,40	3,40	3,50
Пористость P , %	9,70	9,22	12,09	3,61	15,97	9,34	13,85	16,47	
Удельный вес γ_D , кг/м ³	2765,13	2806,08	2905,86	2861,55	3138,34	2754,75	2869,92	2909,03	
Объемный вес γ , кг/м ³	2496,86	2544,38	2549,48	2757,94	2634,40	2494,87	2472,73	2428,81	
Интервал отбора	1,00-2,50	24,00-25,00	10,00-11,50	4,00-6,00	6,00-7,50	10,00-11,00	11,00-12,50	15,00-16,00	
Название породы	I				II				

в среднем от 20 до 40 % по сравнению с воздушно-сухим состоянием. Значение сцепления снижается от 35 до 40 %.

В таблице 2 приведены основные физико-технические свойства горных пород месторождения «Макмал». Условные обозначения названия пород: I – карбонатные породы, скарированные известняки, полевошпат, кварцевые метасомиты, II – окварцованные известняки, мраморизованные известняки, измененные карбонатные породы.

Литература

1. Отчет о результатах детальной разведки нижних горизонтов золоторудного месторождения; «Макмал» по работам 1975–1989 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1990 г. Фрунзе, 1990. 287с.
2. Проект на проведение геологоразведочных работ на нижних горизонтах (2370–2250 м) месторождения Макмал. Бишкек: ПИЦ «Кен-Тоо», 2002. 138 с.
3. Специальный проект на отработку запасов руды в целиках горизонтов штолен № 7 и № 6 южного рудного тела рудника «Макмал» филиала «Макмалзолото» (целик горизонта 2445 м). Бишкек: «Азиярудпроект», 2010. 97 с.
4. Отчет «Оценка геомеханических и горнотехнических условия залегания запасов в целиках на горизонтах штолен № 3 и № 7 Макмальского месторождения». Новосибирск, 2009. 69 с.
5. ГОСТ 21153.3–85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 10 с.