

Исследование физико-механических свойств на различных глубинах и анизотропии горных пород месторождения Макмал

К.К. Абдылдаев, к.т.н., доц., Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстановы,

С.Ж. Куваков, Институт геомеханики и освоение недр НАН КР, г. Бишкек,

Курманбек уулу Т., к.т.н., доц., Кыргызский государственный университет им. И.Арабаева

Золоторудное месторождение Макмал находится на территории Тогуз-Тороуского района Жалал-Абадской области Кыргызской Республики. Это одно из крупных месторождений, которое разрабатывается с 1987 г. открытым способом (рис. 1), с 2003 г. подземным [1].



Рис. 1 Нагорный карьер месторождения Макмал

В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные и интрузивные горные породы. Осадочные породы представлены известняками карбно-кокчайской свиты, на которых залегают образования Каргалыкского, представленные породами субвулканического комплекса – туфоловами кислого состава. К югу от месторождения залегает толща конгломератов, гравелитов, песчаников, глин Киргизской и Нарынской свит. Разрезы кайнозоя завершают отложения четвертичного возраста.

Интрузивные породы представлены двумя разновозрастными комплексами – Каргалыкским и Чаартапским. Первый комплекс представлен диоритами, диоритовыми порфиридами, дайками плагиопорфиров, кварцевых порфиров, гранит-порфиров, лампрофиров и метасоматитов. Второй комплекс включает граниты первой и второй фаз. При этом граниты первой фазы – равномернозернистые породы с незначительным содержанием темноцветных минералов. Граниты второй фазы – дайковые тела красных порфировидных лейкогранитов, гранит-порфиров и аплитовые граниты.

Под воздействием контактового метаморфизма осадочные породы преобразованы в мраморы, скарнированные породы, скарны, метасоматиты. Наиболее крупные тела скарнов развиты в зонах контактов дайкообразных тел. Все выявленные золоторудные тела локализируются в пределах зон скарнированных и метасоматических измененных пород. На месторождении выделяются три такие зоны, отвечающие Приконтактовому, Главному и Южному рудным телам.

Все рудные тела месторождения имеют сложную морфологию как по простиранию, так и по падению, что обусловлено линзообразными и другими формами крутопадающих тел рудоносных метасоматитов и скарнов, участвующих в строении рудных тел. Рудоносная зона Приконтактового рудного тела представлена тремя золоторудными линзами – Восточной, Центральной и Западной, кулисообразно рас-

положенными относительно друг друга. Общее падение Главного рудного тела почти вертикальное, но северный и южный его контакты по падению меняют углы от 70–80° – на юг, до 70–80° – на север. Зона Южного рудного тела отстоит на 10–20 м к югу от зоны Главного рудного тела. Южная зона распадается на три золоторудные линзы: Северную, Промежуточную и Южную.

Рудные тела месторождения сложены измененными и кварцованными плагиопорфирами, серицитизированными, окварцованными гранитами, гранит-порфирами, окварцованными, скарнированными и мраморизованными известняками, скарнами и метасоматитами. Вмещающие породы представлены слаботрешиноватыми составляющими (гранитами, гранит-порфирами, диоритами, мраморизованными известняками). Крепость вмещающих пород и руды примерно одинаковы.

Гидрогеологические условия месторождения несложные, практически все неучтенные запасы находятся выше естественного базиса эрозии. При этом слабое обводнение месторождения подтверждается малыми притоками воды по всем разведываемым штольным горизонтам.

Полевые и лабораторные исследования физико-механических свойств пород месторождения Макмал проводили различные организации (ВНИПИ горцветмет, Иргиредмет, ИФимПП НАН КР). При этом значительные работы выполнены в научно-исследовательских институтах Кыргызстана [2-4]. В основном образцы горных пород испытывались в лабораторных условиях традиционными способами с использованием нормативных документов [5-8]. Исследованиям были подвергнуты основные породы месторождения: карбонатные породы, скарнированные известняки и скварцованные и мраморизованные известняки. При этом был проведен анализ результатов, полученных при испытаниях керновых проб, отобранных из специальных скважин, пробуренных в прибортовой зоне карьера (ВНИПИ горцветмет) [9, 11], результатов исследований образцов пород и руд, отобранных в приконтурной зоне карьера (Иргиредмет) [11], а также результатов определений физико-механических свойств горных пород глубоких горизонтов месторождения (ИГиОН НАН КР) [1, 4]. Результаты исследований показали, что численные значения прочностных характеристик пород варьируются в широком диапазоне. Это зависит от состава первичных пород и процесса их изменений в течение времени. Прочность пород на сжатие, например для мраморизованных известняков, составляет 55–105 МПа, для гранитов 150–240 МПа, для мраморов 40–85 МПа. Для карбонатных пород и окварцованных известняков был проведен лабораторный анализ как в воздушно-сухом, так и в водонасыщенном состоянии. Результаты лабораторных работ показали, что после полного водонасыщения значение предела прочности пород при сжатии снижается в среднем от 20 до 40 % по сравнению с воздушно-сухим состоянием. Значение сцепления снижается от 35 до 40 % [4]. Прочность на растяжение была установлена для пород месторождения и составляет от 9 до 18 МПа.

Деформационные свойства пород и руд месторождения определены по тензометрическим измерениям продольных и поперечных деформаций. Коэффициент Пуассона колеблется от 0,22 до 0,3 при среднем его значении 0,26; величина модуля упругости колеблется от 45 до 65 МПа.

Угол внутреннего трения, определенный по паспорту прочности Мора, составляет 30–35°, а сцепление от 15 до 85 МПа.

В целом анализ результатов показывает, что физико-механические свойства пород месторождения Макмал, образцы которых отбирались на различных глубинах, отличаются незначительно.

В работе также исследованы анизотропия упругих свойств основных горных пород месторождения Макмал.

Известно, что ультразвуковое прозвучивание является одним из надежных методов определения анизотропии упругих свойств горных пород. Поэтому нами при изучении был использован современный ультразвуковой аппарат УК-10ПМ [12]. Исследования проводили на трех разновидностях пород: метасоматитах, мраморизованных известняках, рудной брекчии, которые были изготовлены в кубической форме из монолитов (рис. 2).



Рис. 2 Отобранные монолиты и изготовленные из них образцы для испытания соответственно

Для исследования акустических характеристик ультразвуковые волны пропускали через образцы горных пород кубической формы по двум взаимно перпендикулярным площадкам S_1 и S_2 , где S_1 – это площадка, через которую проходила ультразвуковая волна по оси гравитационной силы, а S_2 – это площадка, через которую проходила ультразвуковая волна, перпендикулярная к оси гравитационной силы.

На основании проведенных исследований акустических показателей получены данные по распространению поперечных и продольных волн в породах (табл. 1).

На основе анализа результатов определения скорости прохождения ультразвуковых волн через горные породы месторождения Макмал установлено, что значения скорости распространения продольной волны по площадке S_1 больше, чем значения скорости распространения продольной волны по площадке S_2 . Например, для рудной брекчии – в 1,004 раза больше, мраморизованного известняка – в 1,058 раза больше, метасоматита – в 1,103 раза больше, т.е. разница скоростей по взаимно перпендикулярным площадкам изменяется от 28,893 м/с до 702,614 м/с.

Таблица 1 Экспериментальные данные скорости прохождения ультразвуковых волн через образцы горных пород по двум площадкам

Тип волны и площади	Название горной породы	Высота образца, м	Среднее время прохождения волны, мкс	Время прохождения, с	Скорость, м/с	
Продольная волна	1-я площадка	Рудная брекчия	0,0820	12,10	0,0000121000	6776,860
		Мраморизованный известняк	0,0780	10,10	0,0000101000	7722,772
		Метасоматит	0,0780	10,40	0,0000104000	7500,000
	2-я площадка	Рудная брекчия	0,0830	11,30	0,0000113000	6747,967
		Мраморизованный известняк	0,0820	11,23	0,0000112300	7301,870
		Метасоматит	0,0780	11,48	0,0000114750	6797,386
Поперечная волна	1-я площадка	Рудная брекчия	0,0820	33,20	0,0000332000	2469,880
		Мраморизованный известняк	0,0780	29,56	0,0000295600	2638,701
		Метасоматит	0,0780	31,00	0,0000310000	2516,129
	2-я площадка	Рудная брекчия	0,0830	34,40	0,0000344000	2412,791
		Мраморизованный известняк	0,0820	32,56	0,0000325600	2518,428
		Метасоматит	0,0780	32,10	0,0000321000	2429,907

Таблица 2 Определение значения упругих характеристик горных пород

Ориентир свойств	Тип горной породы	Козф-фициент Пуассона	Модуль упругости *104, МПа	Модуль сдвига *104, МПа
1-я площадка	Рудная брекчия	0,36	10,1419	6,3387
	Мраморизованный известняк	0,34	12,9173	8,1379
	Метасоматит	0,34	12,1875	7,6171
2-я площадка	Рудная брекчия	0,36	10,0556	6,2847
	Мраморизованный известняк	0,34	11,5476	7,2750
	Метасоматит	0,34	10,0109	6,2568

В результате расчетов упругих свойств по трем разновидностям пород установлено, что значения модуля упругости и модуля сдвига по площадке S_1 больше, чем значения скорости распространения продольной волны по площадке S_2 . И, как показали расчеты, из-за незначительных изменений акустических свойств горных пород по двум взаимно перпендикулярным площадкам получены равные значения коэффициента Пуассона.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Кожоголов К.Ч., Алибаев А.П., Усенов К.Ж. Развитие геотехнологий при комбинированной разработке нагорных рудных месторождений. – Бишкек-Джалал-Абад, –2008.–190 с.
2. Абдылдаев К.К., Кожоголов К.Ч., Курманбек уулу Т. Моделирование потенциальной поверхности скольжения в неоднородных прибортовых массивах сложноструктурных месторождений// Горная промышленность. – №6 (130). 2016. – С86-87.
3. Кожоголов К.Ч., Дронов Н.В., Джороев Т.Дж., Усенов К.Ж. Оценка устойчивости бортов карьера Макмал и обоснование мероприятий по безопасности и эффективной доработке запасов // Перспективные технологии добычи минеральных ресурсов в высокогорных условиях // Материалы международной конференции по проблеме Геология и горнотехнические процессы. – Бишкек, технология, 1999. – С.25-36.
4. Куваков С.Ж., Кадыралиева Г.А., Джакупбеков Б.Т. Физико-механические свойства горных пород глубоких горизонтов месторождения Макмал // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. –2016. – Том 16. – №5. – С.151-153.
5. ГОСТ 21153.3–85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 10 с.
6. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. – Л.: 1972. –312 с.
7. Ильницкая Е.И., Тевер Р.Н., Виталин Е.С. и др. Свойства горных пород и методы их определения. – М.: 1969. – 392с.
8. Карташов Ю.М., Матвеев Б.В., Михеев Г.В. Прочность и деформируемость горных пород. М.: 1979. – 269 с.
9. Отчет «Оценка геомеханических и горнотехнических условий залегания запасов в целиках на горизонтах штолен № 3 и № 7 Макмальского месторождения». – ИГД СО РАН, Новосибирск, 2009.
10. Рабочий проект на отработку запасов горизонта 2310м, штольни № 11, месторождения Макмал. ПИЦ «Кен-Тоо». – Бишкек, 2012.
11. Специальный проект на отработку запасов руды в целиках горизонтов штолен № 7 и № 6 южного рудного тела рудника Макмал филиала «Комбинат Макмалзолото» (целик горизонта 2445 м), ОАО «КЫРГЫЗАЛТЫН», Институт горного дела СО РАН, ЗАО ГПК «АЗИЯРУДПРОЕКТ». – Бишкек, 2010.
12. Прибор ультразвуковой ГСП УК-10ПМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.