
УДК 622.02

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ГОРНЫХ ПОРОД С УЧАСТКОВ ЗОН РАЗЛОМОВ БОРТОВ
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАРЬЕРА РУДНИКА КУМТОР**

Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Карабаева Б.К.

Институт машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР

В статье представлены результаты, выводы и методика изучения физико-механических свойств горных пород золоторудного месторождения Кумтор. Высокие показатели прочностных и деформационных характеристик представленных горных пород, отобранных из некоторых участков разломов Центрального карьера рудника Кумтор свидетельствуют о наличии остаточных напряжений вблизи тектонических разломов. В результате исследований было выявлено то, что в образцах серого, темно-серого углеродистого филлита, остаточные напряжения незначительны (максимальное значение 17 МПа), тогда как в образцах серого, темно-серого филлита имеются значительные остаточные напряжения (50 МПа). Установлено, что породы участков разломов борта Центрального карьера рудника Кумтор содержат неоднородные остаточные напряжения сжатия и растяжения, которые во многих породах рудника находятся практически в равновесии друг с другом. Предложено определять результирующие напряжения, действующие на скальный массив для соответствующих участков борта карьера, поляризационно-акустическим методом с учетом экспериментально определяемой гравитационной составляющей, а также величины и знаки остаточных напряжений.

Ключевые слова: Кумтор, месторождение, свойства, горная порода, остаточное напряжение, устойчивость, борт, карьер, рудник, образец.

КУМТӨР КЕНИНИН БОРБОРДУК КАРЬЕРИНИН КАПТАЛДАРЫНДАГЫ ЖАРАКА ЗОНАЛАРЫНЫН АЙМАКТАРЫНДАГЫ ТОО ТЕКТЕРИНИН ФИЗИКАЛЫК -МЕХАНИКАЛЫК КАСИЕТТЕРИН ИЗИЛДӨӨНҮН НАТЫЙЖАЛАРЫ

Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Карабаева Б.К.

ҚР УИА Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Макалада Кумтөр алтын кенинин тоо тектеринин физикалык-механикалык касиеттерин изилдөөнүн методдору, натыйжалары жана корутундулары жана методдору берилген. Кумтөр кенинин Борбордук карьеринин жаракалуу айрым участкарунан тандалып алынган тоо-тектердин жогорку бекемдик жана деформациялык мүнөздөмөлөрү тектоникалык жаракалардын жанында калдык чыңалуунун бар экендигин көрсөтүп турат. Изилдөөлөрдүн натыйжасында боз, кочкул боз көмүртектүү филлит үлгүлөрүндө калдык чыңалуулар анча чоң эмес (максималдуу маани 17 МПа), ал эми боз, кочкул боз филлиттин үлгүлөрүндө олуттуу калдык чыңалуу (50 МПа) бар экендиги аныкталган. Кумтөр кенинин Борбордук бөлүгүнүн капталындагы жаракалуу участкарунун тоо-тектери бир тектүү эмес кысылуучу жана чоюлуучу калдыктуу чыңалууларды камтый тургандыгы аныкталган, ал чыңалуулар шахтанын көптөгөн тоо-тектеринде иш жүзүндө бири-бири менен тең салмактуулукта болот. Кендин борбордук бөлүгүнө тиешелүү участкару үчүн тоо тулкусуна таасир этүүчү кошулуп аракеттенген чыңалууларды поляризациялык-акустикалык ыкманы колдонуу менен, эксперименталдык түрдө аныкталган гравитациялык түзүүчүлөр, ошондой эле калдык чыңалуулардын чоңдугун жана белгилерин эске алуу менен аныктоо сунушталат.

Баштапкы сөздөр: Кумтөр, кен, касиеттери, тек, калдык, туруктуулук, каптал, карьер, кен, үлгү.

RESULTS OF THE STUDY OF RESIDUAL STRESSES OF ROCKS FROM THE AREAS OF FAULT ZONES OF THE SIDES OF THE CENTRAL QUARRY OF THE KUMTOR MINE

Tazhibaev K.T., Akmatalieva M.S., Karabaeva B.K.

Institute of Machinery researching, Automatics and Geomechanics of the NAS
KR

The results, conclusions and methods of studying the physical and mechanical properties of Kumtor gold deposit rocks are presented in the article. The main objective of the research is to determine the residual stresses in samples taken from the fault zones of the Kumtor mine pit wall. The research revealed that in the samples of gray, dark gray carbonaceous phyllites made from the L-2 sample, residual stresses are insignificant (maximum value of 17 MPa), while in the samples of gray, dark gray phyllites there are significant residual stresses (50 MPa). It was established that the rocks of the fault zones of the Central pit wall of the Kumtor mine contain non-uniform residual compressive and tensile stresses, which in many rocks of the mine are practically in equilibrium with each other. It is proposed to determine the resulting stresses acting on the rock mass for the corresponding sections of the quarry wall using the polarization-acoustic method, taking into account the experimentally determined gravitational component, as well as the values and signs of the residual stresses.

Key words: Kumtor, deposit, properties, rock, residual stress, stability, side, quarry, mine, sample.

Введение. Разрабатываемое открытым способом, крупнейшее высокогорное золоторудное месторождение Кумтор находится в Ыссык-Кульской области на расстоянии 350км от столицы-Бишкека, в 60 км от Китайской границы. Его объекты расположено в восточной части Срединного Тянь-Шаня на высоте свыше 4000 метров над уровнем моря, в зоне вечной мерзлоты, частично покрытой ледниками. Золоторудное месторождения «Кумтор» является крупнейшим золоторудным предприятием Центральной Азии, а также, одним из самых высокогорных месторождений золото в мире. Рудоносная часть участка сложена филлитами серого, темно-серого цвета, наблюдаются трещины, которые выполнены тонкими прожилками пирит-кварц-карбонатного состава, тиллитоподобными конгломератами, с галькой различного состава, отмечаются пирит-кварц-карбонатные прожилки, углеродистыми филлитами серого, темно-серого до черного цвета, согласно сланцеватости пород, отмечаются прожилки, линзы кварца и пирита и.т.д. [4]

При освоении месторождений полезных ископаемых для обеспечения безопасности и эффективности горного производства требуются данные о механических свойствах, а также напряженного состояния горных пород. Поэтому необходимо проводить детальные исследования механических свойств и действующих напряжений рудных

полезных ископаемых. В этой связи были проведены исследования по определению физико-механических свойств горных пород месторождения и исследования напряжённого состояния массива горных пород.

Методы и результаты исследования. Методы исследования напряжённого состояния массива горных пород по сравнению с другими характеристиками массива - свойствами и структурными особенностями - имеют некоторую специфику. Прежде всего, это проявляется в том, что напряжения не являются, вообще говоря, физической величиной. Это некоторая математическая абстракция, которая непосредственно измерена быть не может. Напряжения всегда определяются или вычисляются по результатам измерения деформаций или каких-либо других параметров, корреляционно или закономерно связанных с напряжениями. Способы определения естественных напряжений в массиве горных пород, в окрестностях выработок, в целиках и т. д. по физическим принципам, положенным в их основу, можно подразделить на несколько групп. Существуют методы измерения динамических и статических напряжений все эти методы дают только ориентировочные данные о напряжениях массива горных пород, где наряду гравитационным, в ряде случаев, имеются существенные тектонические и остаточные напряжения. В стадии геологической разведки и проектирования разработки месторождений практически невозможно определить напряжения на различных глубинах [1]. Для оценки напряжённого-деформированного состояния массива, в котором предусматривается выполнения расчета устойчивости их обнажений, необходимо, в первую очередь проводить исследования свойств горных пород, отобранных из участков массива [2].

Было предоставлено пробы горных пород в виде монолитных блоков и призм, отобранных непосредственно из участков зон разломов борта Центрального карьера (СВ20). Отбор проб для определения физико-механических свойств и остаточных напряжений горных пород на карьере Центральный проводился с уступов 3750, 3780, 3880, 3890, 3915, 3960, 3990, 4000, 4050, 4150, 4170, 4220.

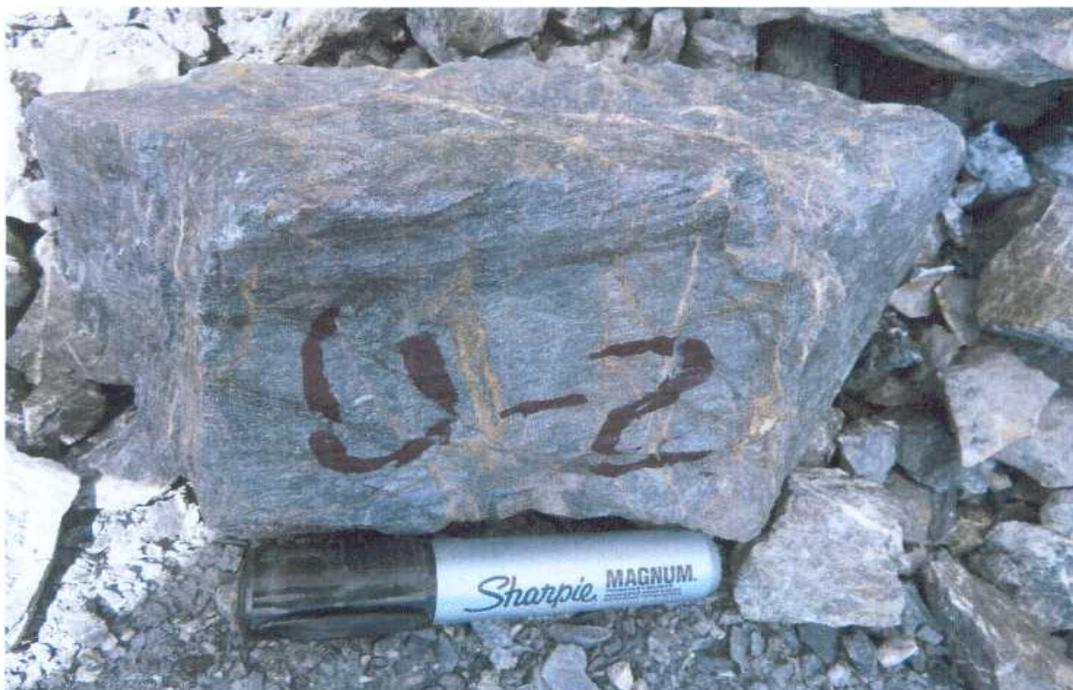


Рис.1 - Образец № U-2 представляет собой филлиты серого, темно-серого цвета.

Для определения физико-механических свойств и остаточных напряжений горных пород были изготовлены образцы правильной цилиндрической формы. Определение акустических, плотностных, деформационных и прочностных свойств скальных горных пород центрального участка проводилось по стандартным методам.

По объемному весу (плотности) представленные горные породы относятся к очень плотным горным породам: плотность представленных филлитов, отобранных из участков вблизи разломов Центрального карьера рудника Кумтор, варьирует от 2,80 до 2,95 г/см³. Высокие значения плотности (2,90 г/см³ и более) свидетельствуют о наличии металлосодержащих минералов в породе. Скорость продольной ультразвуковой волны для филлитов варьирует от 4352 до 6788 м/с, поперечной от 2138 до 2904 м/с. В среднем самые высокие значения скоростей прохождения ультразвуковых волн характерны при прозвучивании образцов параллельно слоистости, а низкие значения скоростей ультразвуковых волн обусловлены при прозвучивании образцов перпендикулярно слоистости.

Средние значения прочности призматических образцов при одноосном сжатии для филлитов (пробы U-1) варьируют в пределах от 21,5 до 48,6 МПа, для филлитов (пробы 11а-1) от 31,7 до 81,4 МПа, при этом наиболее низкие значения прочности филлитов были обусловлены трещинами и слоистостью. Филлиты серого и темно-серого цвета (пробы

11а-2) разрушались в целом при больших нагрузках, характер разрушения некоторых образцов – динамический. Динамический характер разрушения отмечался также при разрушении некоторых образцов горных пород, изготовленных из проб U-1 и L-4. Высокие показатели прочностных и деформационных характеристик представленных горных пород, отобранных из некоторых участков разломов Центрального карьера рудника Кумтор свидетельствуют о наличии остаточных напряжений вблизи тектонических разломов.

Остаточные напряжения, при необходимости, определяются отдельно в свободных от внешней нагрузки представительных кусках горной породы, отобранных из места измерения скорости волны в породном массиве. Обычно остаточные напряжения определяются в лабораторных условиях. Разработанный нами поляризационно-акустический метод позволяет определять остаточные напряжения в представительном объеме горной породы в разных направлениях, что открывает возможность определить главные нормальные напряжения и их ориентацию [3]. На рисунках представлены некоторые результаты определения остаточных напряжений горных пород Кумторского месторождения.



Рис. 2 - График остаточного напряжения для разных направлений.

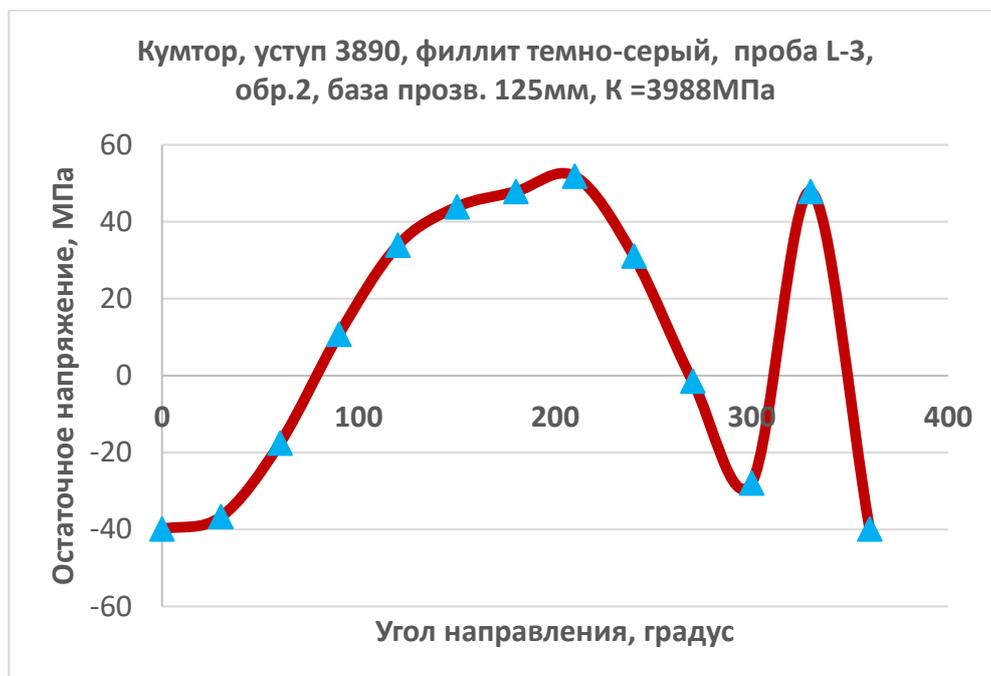


Рис. 3 - График остаточного напряжения для разных направлений.

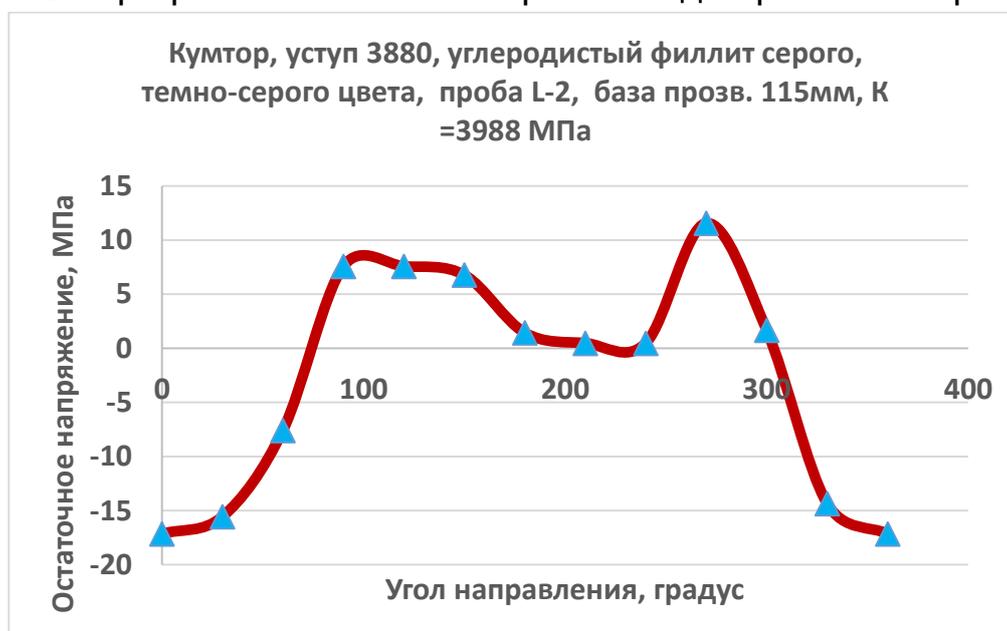


Рис. 4 - График остаточного напряжения для разных направлений.

Как видно из рисунка 2 в образце филлита темно-сером, изготовленном из пробы L-3, преобладают сжимающие остаточные напряжения (максимальное значение составляет 53МПа), которые свидетельствуют о наличии генетических остаточных напряжений в прибортовом массиве горных пород на уступе 3960 Центрального карьера вблизи разлома Лысый. На рисунке 3 в образце филлита темно-сером, изготовленном из пробы L-3, имеются относительно уравнивающиеся остаточные напряжения как сжимающие (максимальное значение составляет 39МПа), так и растягивающие (максимальное значение составляет 52МПа) которые отображают

неоднородность распределения остаточных напряжений в прибортовом массиве на уступе 3890.

Из рисунка 4 видно, что в образце углеродистого филлита серого, темно-серого цвета, изготовленном из пробы L-2, имеются незначительные сжимающие (максимальное значение составляет 11,5 МПа) и растягивающие остаточные напряжения (максимальное значение составляет 17 МПа).

Выводы:

1. Высокие показатели прочностных и деформационных характеристик представленных горных пород, отобранных из некоторых участков разломов Центрального карьера рудника Кумтор свидетельствуют о наличии остаточных напряжений вблизи тектонических разломов.
2. Установлено, что в представленных горных породах участков Центрального карьера месторождения Кумтор имеются неоднородные как сжимающие, так и растягивающие остаточные напряжения, которые во многих горных породах месторождения практически взаимно уравновешены.
3. При расчетах устойчивости бортов карьеров рекомендуется действующее в массиве горных пород результирующее напряжения определять с учетом расчетного гравитационного составляющего и величины, и знака остаточных напряжений, установленных экспериментально с помощью поляризационно-акустического метода для соответствующих участков борта карьера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород (в двух томах. Т.1) [Текст] / К.Т. Тажибаев. – Бишкек: Издательство Алтын Принт, 2016. – 352 с.
2. Тажибаев К.Т. Поляризационно–акустический метод определения остаточных и действующих напряжений горных пород [Текст] / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) №11. - Москва: Издательство «Горная книга», 2015 — С.153–16.
3. Тажибаев К.Т. О методологии определения остаточных и действующих напряжений в горных породах с применением поляризованных ультразвуковых волн [Текст] / К.Т. Тажибаев, М.С. Акматалиева, Д.К. Тажибаев // Материалы Кыргызской секции 9 –

международного симпозиума «Фундаментальные и прикладные проблемы науки». Том 2. – М.: РАН, 2016. – С. 39–46.

4. Чунуев И.К. Опыт работы в условиях высокогорья на примере золоторудного месторождения Кумтор / И.К.Чунуев / Доклады Круглого стола на тему О состоянии и перспективах развития горнодобывающей отрасли в КР, 2012.