



**ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ НАГОРНЫХ КАРЬЕРОВ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА**

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

*Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики,  
E-mail: ifmgp@yandex.ru, nikol-48@mail.ru, gulzat\_7@list.ru,  
ул. Медерова 98, г. Бишке, 720055, Кыргызстан*

Оценено влияние блочного строения породного массива на устойчивость бортов нагорных карьеров. Представлены результаты лабораторных исследований процесса деформирования и разрушения по контактам блоков в зависимости от состава заполнителя между блоками. Установлено, что сопротивление сдвигу по контактам блоков зависит от состава и угла внутреннего трения заполнителя.

*Устойчивость, борт карьера, откос, блочный массив, оценка, зависимость*

**INFLUENCE OF ADJACENT ROCK MASS STRUCTURE  
ON THE STABILITY OF SIDES OF MOUNTAINTOP QUARRIES  
WHEN MINING GOLD DEPOSITS IN KYRGYZSTAN**

**K. Ch. Kozhogulov, O. V. Nikolskaya, and G. A. Kadyralieva**

*Institute of Geomechanics and Exploration, Earth National Academy of Sciences, Kyrgyz Republic,  
E-mail: ifmgp@yandex.ru, nikol-48@mail.ru, gulzat\_7@list.ru,  
ul. Mederova 98, Bishkek 720055, Kyrgyzstan*

The influence of block structure of the rock mass on the stability of sides of mountaintop quarries is estimated. The results of laboratory studies of deformation and destruction along the contacts of blocks, depending on the composition of filler between the blocks, are presented. It is found that shear resistance along the contacts of blocks depends on the composition and internal friction angle of the filler.

*Stability, quarry side, slope, block mass, estimation, dependence*

Для современного горнопромышленного комплекса Кыргызстана характерно освоение нагорных месторождений в тектонически активных районах. Освоение этих месторождений сопровождается изменением геологической, а соответственно и геомеханической среды: меняются деформационно-прочностные показатели горных пород, с глубиной возрастают вертикальные и горизонтальные напряжения, увеличивается зона концентрации напряжений на контуре борта карьера.

Золоторудные месторождения Кыргызстана приурочены к разрывным тектоническим нарушениям в массивах, где явно выражены до пяти систем трещин различной ориентации, что обуславливает блочное строение. Вмещающая геологическая среда представлена интрузивными и эффузивными породами, подвергнутыми гидротермально-метасоматическим изменениям.

На основе анализа процессов ведения горных работ в скальных массивах блочного строения выявлено, что устойчивость откосов, достигающих по высоте десятков и даже сотен метров, сохраняется в течение многих лет даже при крутых углах. Однако на многих рудниках известны факты самообрушения отдельных участков бортов, которые осложняют разработку месторождения, что приводит к потерям полезных ископаемых [1, 2].

Характерным для нагорных месторождений в зонах влияния тектонических нарушений является блочное строение. На базе геомеханических моделей с использованием полной информации о скальных массивах, возможно надежное геомеханическое обоснование рациональных, с точки зрения устойчивости, параметров бортов и уступов карьеров.

Оценка влияния блочного строения породного прибортового массива — одна из основных задач обеспечения безопасности горных работ при освоении нагорных месторождений. Изучение закономерностей распределения сети трещин необходимо для создания методов расчета устойчивости склонов, бортов и уступов карьера, наиболее соответствующих природным условиям. На основе ориентированного зерна устанавливаются закономерности распространения трещин в массиве. Эту задачу требуется решать на ранних стадиях проектирования глубоких выемок различного назначения. Прогноз структуры сети трещин для геологического тела может быть построен, если известны породы, тектоническая структура, определено, в каком пространственном соотношении с ней оно находится, глубина от земной поверхности и характер современных тектонических напряжений (сжатие или растяжение) [3, 4]. Трещины в прибортовом массиве нагорных карьеров образуют структурные блоки практически одинаковых размеров (рис. 1)

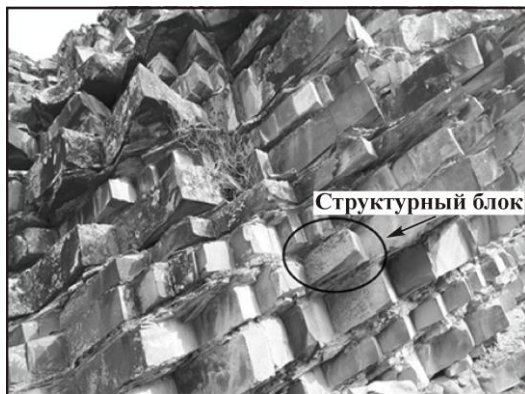


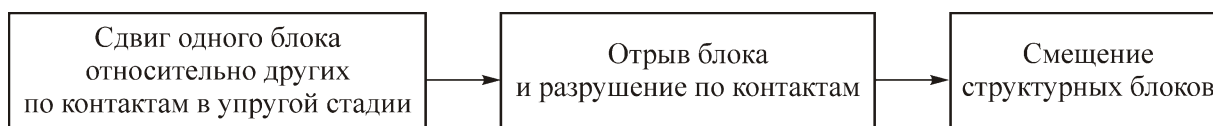
Рис. 1. Блочное строение прибортового массива

Используя материалы изучения трещин на поверхности, подвергшихся выветриванию, можно получить количественный прогноз трещиноватости глубинных участков массива [5]. Известно, что ориентация основных систем трещин не меняется с глубиной. По измерениям, выполненным на поверхности, можно также определить форму трещин на глубине, что важно для прогноза прочности массива [6].

При оценке влияния строения прибортового участка на устойчивость борта нагорных карьеров породный массив можно представить сложенным из отдельных структурных блоков различных размеров. По размерам блоков выделяются несколько порядков неоднородностей: микротрещиноватость, образующая блоки размерами до десятков сантиметров, макротрещиноватость (блоки размерами до нескольких метров) и крупные геологические нарушения, соизмеримые с масштабами месторождений в целом [7 – 10].

При деформировании прибортовых участков (линейные размеры которых на порядок больше линейных размеров блоков, ограниченных смежными трещинами) структурные ослабления небольшой протяженности не являются поверхностями скольжения и разрыва непрерывности деформаций и смещений, а относятся лишь к элементам структуры массива горных пород, снижающих их прочность (или сопротивление сдвигу).

Механические характеристики массива горных пород зависят от прочности пород в образце, формы отдельности, интенсивности трещиноватости и масштабного фактора. При разрушении твердых тел (кроме разрыва) широко распространены деформации среза (сдвига). Деформирование и разрушение массива происходят в определенной последовательности:



Экспериментально в лабораторных условиях выявлено, что процесс деформирования и разрушения по контактам блоков определяется составом заполнителя между ними и не зависит от прочностных характеристик пород прибортового массива. Установлено, что сопротивление сдвигу по контактам блоков зависит от состава и угла внутреннего трения заполнителя.

На основании проведенного анализа влияния трещиноватости и блочности массива разработана методика и проведены лабораторные эксперименты по определению влияния контактных условий на сопротивление сдвигу в зависимости от свойств заполнителя. Эксперименты проводили для блока, все грани которого контактировали с окружающими (рис. 2)

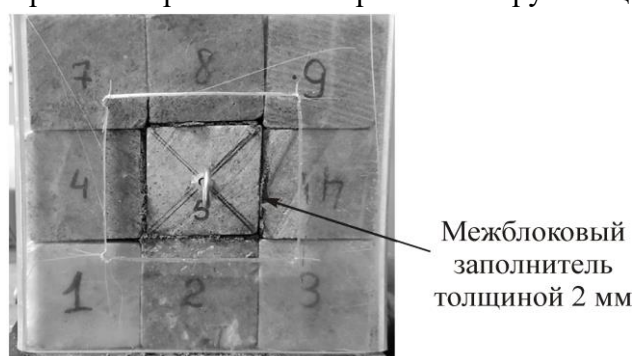


Рис. 2. Подготовленная для испытания модель

Лабораторные исследования по оценке влияния свойств заполнителя межблокового пространства на сопротивление сдвигу проводили на образцах. В качестве заполнителя выбраны глина и песок с разными соотношениями (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Свойства заполнителя трещин в зависимости от процентного соотношения песка и глины

Вид заполнителя	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, МПа
Глина 100 %	27	0.009
Песок 100 %	26	0.004
Песок 50 % и глина 50 %	20	0.033
Песок 30 % и глина 70 %	20	0.013
Песок 70 % и глина 30 %	25	0.01

Результаты лабораторных экспериментов по определению влияния свойств заполнителя межблокового пространства на сопротивление блоков сдвигу и отрыву представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. Результаты лабораторных экспериментов по определению сопротивления блоков отрыву

Вид заполнителя	Сдвигающая нагрузка, кг	Площадь поверхности отрыва, см <sup>2</sup>	Сопротивление блока отрыву, кг/см <sup>2</sup>
Сухой	0.800	24.60	0.0325
Водный	1.200	24.60	0.0488
Песок 100 %	1.230	24.60	0.0500
Глина 100 %	1.530	24.60	0.0622
Песок 50 % и глина 50 %	3.000	24.60	0.1220
Песок 70 % и глина 30 %	1.200	24.60	0.0488
Песок 30 % и глина 70 %	1.633	24.60	0.0664

Зависимость сопротивления блока отрыву от вида заполнителя показана на рис. 3.

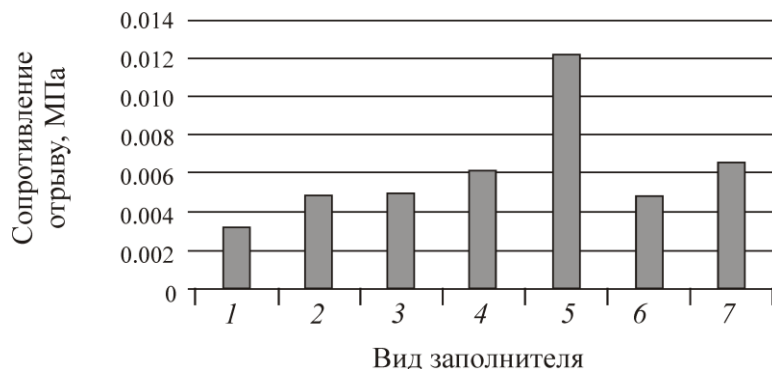


Рис. 3. Сопротивление отрыву блока в зависимости от вида заполнителя, %: 1 — сухой; 2 — водный; 3 — песок 100; 4 — глина 100; 5 — песок 50 и глина 50; 6 — песок 70 и глина 30; 7 — песок 30 и глина 70

## ВЫВОДЫ

В результате анализа полученных данных установлено, что сопротивление блока отрыву зависит от вида заполнителя, при этом наибольшее влияние оказывает заполнитель с соотношением 50 % песка на 50 % глины. При объемном сжатии минимальное значение сопротивление отрыву блока без заполнителя составляет 0.003 МПа, с заполнителем — 0.005 МПа. Сопротивление блоков отрыву определяется такими прочностными свойствами заполнителя межблокового пространства как сцепление, с увеличением которого возрастает сопротивление отрыву блока по контактам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Kozhogulov K. Ch., Nikolskaya O. V., Kadyralieva G. A., and Dzhakupbekov B. T.** Stability of sides of upland quarries in zones of influence of tectonic disturbances, *Fundamental and Applied Mining Science*, 2015, vol. 2, pp. 240–244. [Кожогулов К. Ч., Никольская О. В., Кадыралиева Г. А., Джакупбеков Б. Т. Устойчивость бортов нагорных карьеров в зонах влияния тектонических нарушений // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. — 2015. — Т. 2. — С. 240–244.]
2. **Kozhogulov K. Ch. and Nikolskaya O. V.** Features of geomechanical processes in the open-pit mining of gold and ore deposits of Kyrgyzstan, *Fundamental and Applied Mining Science*, 2019, vol. 1, pp. 135–139. [Кожогулов К. Ч., Никольская О. В. Особенности геомеханических процессов при открытой разработке золоторудных месторождений Кыргызстана // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. — 2019. — Т. 1. — С. 135–139.]
3. **Varga A. A.** Methodological recommendations for the study of fine fracturing of rock formations during surveys for hydraulic engineering construction. Moscow, Energoizdat, 1981. [Варга А. А. Методические рекомендации по изучению мелкой трещиноватости скальных пород при изысканиях для гидротехнического строительства. — М.: Энергоиздат, 1981.]
4. **Vistelius A. B.** Structural diagrams, Moscow-Leningrad, Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1958, 158 pp. [Вистелиус А. Б. Структурные диаграммы. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. — 158 с.]
5. **Gaziev E. G. and Rechitsky V. I.** Taking into account the accuracy of the initial information when analyzing the stability of rock slopes, *Proceedings of the Hydroproject, Geology and dams*, Moscow, Energy, 1980, vol. 8. [Газиев Э. Г., Речицкий В. И. Учет точности исходной информации при анализе устойчивости скальных откосов // *Труды Гидропроекта. Геология и плотины*. Т. 8. — М.: Энергия, 1980.]

6. **Jaeger Ch.** Mechanics of rocks and engineering structures, Moscow, Mir, 1975, 255 pp. [**Джегер Ч.** Механика горных пород и инженерные сооружения. — М.: Мир, 1975. — 255 с.]
7. **Medvedev E. V. Kasparyan G. A., and Kovaleva R. V.** Structural inhomogeneities and their role in the formation of rock properties, Journal of Mining Science, 1972, no. 2, pp. 25–37. [**Медведев, Э. В. Каспарян Г. А., Ковалева Р. В.** Структурные неоднородности и их роль в формировании свойств горных пород // ФТПРПИ. — 1972. — № 2. — С. 25–37.]
8. **Kazikaev D. M.** Geomechanical processes in joint and repeated ore mining, Moscow, Nedra, 1981, 288 pp. [**Казикаев Д. М.** Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. — М.: Недра, 1981. — 288 с.]
9. **Fisenko G. L.** Limiting states of rocks around workings, Moscow, Nedra, 1976, 272 pp. [**Фисенко Г. Л.** Предельные состояния горных пород вокруг выработок. — М.: Недра, 1976. — 272 с.]
10. **Dzevomsky Ya., Komarov I. S., Molokov L. A., and Reiter F.** Engineering and geological research in hydraulic engineering construction, Moscow, Nedra, 1981, 352 pp. [**Дзевомский Я., Комаров И. С., Молоков Л. А., Рейтер Ф.** Инженерно-геологические исследования при гидротехническом строительстве. — М.: Недра, 1981. — 352 с.]