

УДК 622.83.551.252

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛОЧНОГО СТРОЕНИЯ МАССИВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ НАГОРНЫХ КАРЬЕРОВ

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

Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук
Кыргызской Республики

Оценка блочного строения и трещиноватость породного массива является приоритетным направлением в горной геомеханике. В статье приведены особенности влияния блочного строения массива на устойчивость бортов нагорных карьеров.

Ключевые слова: блочность, карьер, борт, устойчивость, трещиноватость, деформация, разлом

БЛОКТУК ТҮЗҮЛҮШТӨГҮ ТОО КЕН МАССИВИНИН ТОО ЖЕРГЕЛЕРИНДЕГИ КАРЬЕРЛЕРДИН ЖАНТАЙМАЛАРЫН ТУРУКТУУЛУГУНА БОЛГОН ТААСИРИН БААЛОО

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

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын
Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Тоо кен массивинин блоктук түзүлүшүн жана жаракалуулуугун баалоо тоо геомеханикасында артыкчылыктуу багыт ээ. Макалада блоктук түзүлүштөгү массивдин тоо жергелериндеги карьерлердин жантаймаларын туруктуулугуна болгон таасирин өзгөчөлүктөрү келтирилген.

Баштапкы сөздөр: блоктук, карьер, жантайма, туруктуулук, жаракалууулук, деформация, бөлүнүш.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE BLOCK STRUCTURE OF THE MASSIF ON THE STABILITY OF THE SIDES OF UPLAND QUARRIES

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

Institute of geomechanics and development of subsoil of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

Assessment of the block structure and fracturing of the rock mass is a priority in mining geomechanics. The article presents the features of the influence of the block structure of the massif on the stability of the sides of upland quarries.

Keywords: blockiness, quarry, board, stability, fracturing, deformation, fault

Освоение нагорных месторождений сопровождаются нарушениями устойчивости уступов и борта карьера, вызванными как гравитационными процессами, так и гидродинамическими. Природные-техногенные катастрофы, вызванные деформациями прибортового массива блочного строения при строительстве и эксплуатации нагорных карьеров, недостаточно разработанные методы расчета устойчивости таких массивов определяют необходимость оценки геомеханического состояния и обеспечения устойчивости бортов нагорных карьеров. Поэтому проблема обеспечения устойчивости бортов нагорных карьеров, обусловленная сложностью горно-геологических и гидрогеологических условий месторождений, является актуальной.

Существующие в настоящее время теоретические подходы к геомеханическому обоснованию возможности увеличения углов откосов бортов карьеров не учитывают реального напряженно-деформированного состояния массивов скальных пород. Напряженное состояние массива скальных пород полагается обусловленным только его собственным весом, хотя к настоящему времени существуют данные о том, что в пределах массивов пород, более чем на 60% рудных месторождений действуют избыточные горизонтальные напряжения тектонической природы. В результате делается вывод о предельном угле откосов бортов карьеров на конечном контуре, который часто не превышает угол естественного откоса раздробленной массы скальных пород 300-400, т.е. не используется в полной мере реальный ресурс устойчивости скальных массивов. Вследствие этого возрастает объем вскрышных работ, отработка месторождений осуществляется с низкой эффективностью. В настоящее время назрела необходимость создания геомеханических моделей массивов скальных пород блочного строения.

В последние годы на горнодобывающих предприятиях Кыргызстана участились незапланированные обрушения блоков горных пород прибортового массива. До настоящего времени не уделялось должного внимания обеспечения безопасности ведения горных работ на таких месторождениях. Оценка устойчивости для таких массивов производят по существующим методикам, приемлемым для изотропных сред. Блочный массив таковым не является.

В прибортовом массиве нагорных карьеров явно выражены структурные неоднородности представляющие собой структурные блоки различных размеров. По размерам блоков выделяется несколько порядков структурных неоднородностей:

- структурные нарушения на уровне минеральных зерен;

- микротрещиноватость, образующая блоки размерами до десятков сантиметров;
- макротрещиноватость (блоки размерами до нескольких метров) и крупные геологические нарушения, соизмеримые с масштабами месторождений в целом [1].

Элементом неоднородности может быть тектонический блок, брахиоскладка, отдельный блок, ограниченный разломами, системы трещин, интенсивная трещиноватость. Схематическая иерархия блочного массива приведена на рисунке 1.

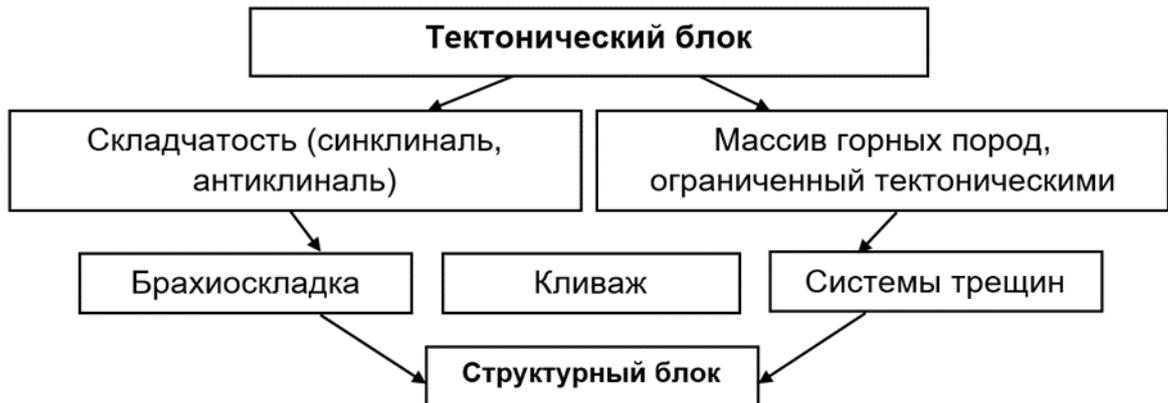


Рис. 1. Схематическая иерархия блочного массива

Общее строение массива горных пород можно представить в виде вложенных друг в друга структурных блоков [2] (рис.2).



Рис. 2. Пример блочного строения массива горных пород

При таком представлении для описания свойств и состояния массивов пород наряду с моделями сплошной среды может быть применена двухкомпонентная модель «структурный блок - структурная

неоднородность». Необходимо отметить, что, в принципе, подобная модель может быть применена для массивов, сложенных любыми породами, как скальными, так и нескальными. Но в последнем случае блочная среда может быть менее выражена и необходимость её использования для решения практических задач с точки зрения точности получаемых результатов будет менее очевидной.

Диаграмма структурной неоднородности, применительно к условиям массивов скальных пород приведена на рисунке 3 [3].

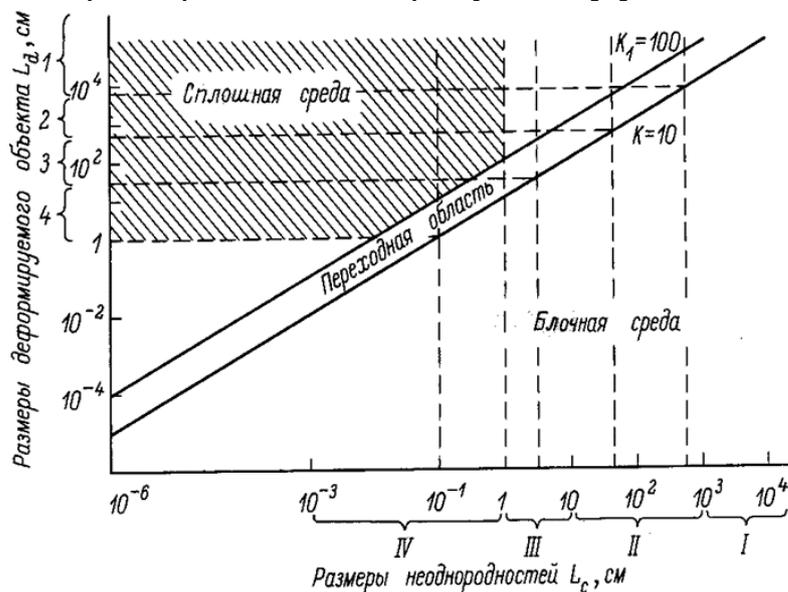


Рис. 3. Диаграмма структурной неоднородности горных пород.

I-IV - порядки структурных неоднородностей; Деформируемые объекты: 1 - дневная поверхность; 2 - очистные выработки и выработанные пространства; 3 - капитальные и подготовительные выработки, целики; 4 - буровые скважины. Заштрихована область упругого деформирования в массивах скальных пород.

Геологическая среда блочного строения, подвергаясь техногенному воздействию, изменяет своё состояние: на сформировавшуюся блочность массива накладывается трещиноватость от взрывов, изменяются свойства пород и массива, т.е. изменяется геомеханическая среда.

Руководствуясь основными результатами исследования блочного массива [4] в 2019 году были проведены аналогичные исследования блочности и направления главных напряжений для золоторудного месторождения Куранджайля. Золоторудное месторождение расположено в пределах Боординского рудного узла. расположено в висячем боку Окторкойского правого взбросо-сдвига [5]. Окторкойский разлом, наряду с краевыми разрывами Чуйской впадины (Иссык-атинскими Шамсинским) относится к разряду активных разломов. На рисунке 4 векторы скорости построены в системе отсчета EURA-2008 за 1995÷2015 гг. измерения. Абсолютные значения векторов скорости зарегистрированы в пределах 2.3÷3.8 мм/год в плане и -0.5÷-1.1 мм/год по вертикали. Векторы скоростей

узко направлены в пределах $34\div 36^\circ$. При этом заметно последовательное уменьшение северной и восточной компонент векторов от южных пунктов к северным, так же, как и в региональном масштабе [4].

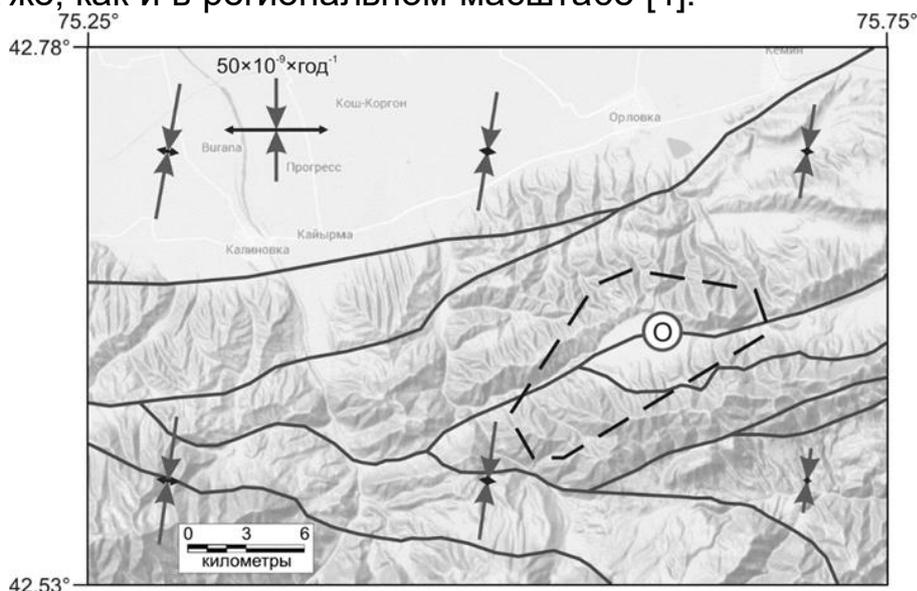


Рис. 4. Положение главных осей горизонтальной деформации в районе БЗРУ (пунктирный многоугольник).

Здесь территории Боординского золоторудного узла лежит в районе проявления повышенных значений напряженного состояния активных разломов [6].

Учитывая направление движения земной коры, величины деформаций, а также повышенные значения напряженного состояния активных разломов, для оценки состояния геологической среды в пределах месторождения Куранджайляу было проведено детальное изучение трещиноватости массива.

Для проведения оценки степени трещиноватости массива горных пород был выбран участок будущего борта карьера, в обнажении скальных пород которого хорошо видны направления падения трещин и представлялась возможность подсчета систем трещин для набора статистических данных.

На космоснимке помечены участки, где проводилась оценка трещиноватости (рис.5). Усредненная деформационная картина в районе Боординского золоторудного узла, построенная на основе GPS наблюдений.

На основании построенных диаграмм трещиноватости установлено, что:

Первая система трещин совпадает с направлением напластования осадочных и вулканогенных пород. Азимут падения системы трещин зарегистрирован в пределах – от 340 до 190° , Углы падения составляют $80 - 41^\circ$, ширина раскрытия трещин $0,5 - 10$ мм.

Вторая система трещин ориентирована в субширотном направлении. Азимут простираения 2-й системы трещин изменяется в диапазоне юго-

запад; азимут падения – в диапазоне 191° - 300° Угол падения составляет $76-40^{\circ}$.

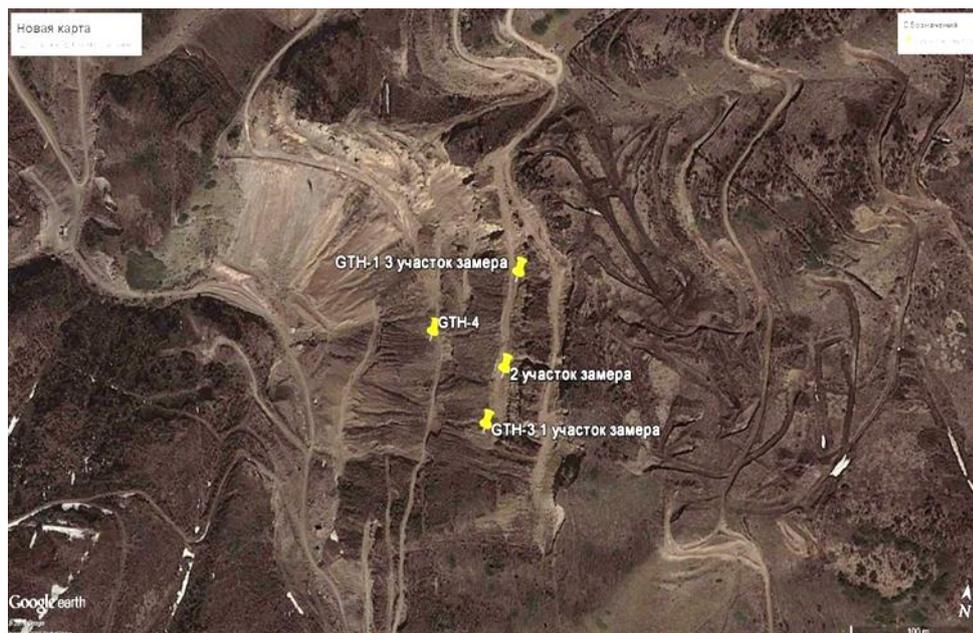


Рис. 5. Космоснимок участок земной поверхности золоторудного месторождения Куранджайляу

В пределах этого участка было выделено три основные системы трещин.

Третья система трещин также имеет субширотную ориентацию и падение в юго-восточном направлении под углом $40 - 80^{\circ}$. Азимут ее падения $330-192^{\circ}$.

Угол падения- $40-80^{\circ}$. Ширина раскрытия трещин $1,5 - 15$ мм, расстояние между трещинами от 12 до 100 см. В таблице 1 приведены доминирующие параметры основных систем трещин.

Таблица 1. Доминирующие параметры основных систем трещин

№ системы трещин	Азимут простирания, град	Азимут падения, град	Угол падения, град	Расстояние между трещинами, см	Ширина раскрытия трещин, мм
1	Северо-восток	336-200	81-41	5-100	1-10
2	Юго-запад	300-191	76-40	20-100	2-20
3	Юго-восток	330-192	80-40	12-100-	5-15

По результатам обработки данных установлено, что системы трещин 2-3 являются сопряженными с системой трещин 1. Системы 2 и 3 образуют

трещины скола, а система трещин 1, ориентированная субвертикально – трещины отрыва.

Установлено [7], что массив горных пород в процессе своего существования неоднократно подвергается разносторонним сжимающим усилиям. При смене плана деформаций заложенные ранее трещины могли подновляться, при этом мог измениться их генетический тип.

Так, заложенная ранее трещина скалывания при новом плане деформаций может занять положение, отвечающее ориентировке трещин отрыва, и начинает выполнять функции отрыва, то есть раскрываться без существенных перемещений блоков. При этом закладываются и новые системы трещин.

По мере удаления от поверхности борта в глубь массива все действующие напряжения относятся к нормальным напряжениям, так как на поверхностях элементарных объемов отсутствуют касательные напряжения.

Вертикальные и горизонтальные напряжения возрастают от верхней части уступа к нижней.

Вблизи уровня верхней площадки есть области, где преобладают горизонтальные растягивающие напряжения, формирующие развитие трещин отрыва на уровне земной поверхности.

В основании борта или уступа часть горных пород массива деформируется в сторону выработки.

Деформирование и разрушение иерархично-блочных сред может происходить как по законам сплошных, так и дискретных сред, в зависимости от соотношения размеров деформируемого объекта и параметров структурных неоднородностей.

Величины деформаций на межблоковых участках могут в несколько раз превосходить уровень деформаций в самих структурных блоках. В соответствии с иерархически блочным строением массива горных пород это явление присуще каждому уровню блочности.

Таким образом, в массиве горных пород, имеющем сложную иерархически блочную структуру, при изменении напряженного состояния возникает дискретное поле напряжений с разным уровнем неоднородности деформаций.

В результате выполненных исследований получены следующие результаты

1. Выявлены основные прогностические признаки нарушения устойчивости прибортового массива блочного строения.

2. Обоснован концентрационный критерий обрушения прибортового массива блочного строения, который зависит от высоты уступа, количества и размеров блоков в пределах уступов.

3. Выявлены особенности формирования главных напряжений (вертикальных и горизонтальных) в приоткосном массиве нагорных карьеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев Р.В. Структурные неоднородности и их роль в формировании свойств горных пород // Р.В. Медведев, Э.В. Каспарян, Г.А. Ковалева / ФТПРПИ. – 1972. – №2. – С. 25-37
2. Садовский М.А. Избранные труды. Геофизика и физика взрыва. М.: Наука, 1999.с.273
3. Скипочка С.И., Паламарчук Т.А., Бобро Н.Т. Особенности строения структурно-неоднородного блочного массива горных пород / труды ИГТМ НАН Украины с.81-94
4. Кожоголов К.Ч., Никольская О.В. Рыбин А.К., Кузиков С.И. / О напряженном состоянии массива горных пород при открытой разработке месторождений в зоне влияния тектонических нарушений (на примере Окторкойского разлома, северный Тянь-Шань) Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, т.4, №2 2017. С.58-62
5. Геология СССР т. XXV. Киргизская ССР. Геологическое описание. Книга 2 Изд. Недра, М.:1972. 314 С.
6. Сычева Н.А. Сравнение оценок деформации земной коры Северного и Центрального Тянь-Шаня, полученных на основе сейсмических и GPS данных/Н.А. Сычева, А.Н. Мансуров // Вестник КРСУ. – 2016. – Т.16. – №1. – С.178-182.
7. Ольховатенко В.Е. Методы изучения трещиноватости горных пород: учеб.-метод. пособие / В.Е. Ольховатенко, Г.И. Трофимова, Т.В. Ожогина. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. – 80 с.