

УДК 622.83:624.131.5

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛОЧНОГО СТРОЕНИЯ ПРИБОРТОВОГО
МАССИВА НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ГОРНЫХ ПОРОД
ПРИ ОСВОЕНИИ ВЫСОКОГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Никольская¹ О.В., Асилова² З.А., Мокешова¹ А.Т.

¹Институт машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР,

²Жалал-Абадский международный университет, г. Жалал-Абад

В работе исследовано влияние блочного строения прибортового массива на сцепление, угол внутреннего трения и модуль деформации горных пород. Установлена зависимость указанных характеристик от геологического индекса прочности массива (GSI), отражающего степень его нарушенности. Представлены результаты пересчета прочностных и деформационных свойств гранодиоритов в зависимости от глубины борта карьера и качества прибортовой зоны.

Ключевые слова: массив горных пород, блочность, прочностные свойства, деформационные свойства, геологический индекс прочности.

**БИЙИК ТОО КЕНДЕРИН ИШТЕТҮҮДӨ ТОО ТЕКТЕРИНИН
БЕКЕМДИГИНЕ ЖАНА ДЕФОРМАЦИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИНЕ ТОО
МАССИВИНИН БЛОКТУК СТРУКТУРАСЫНЫН ТААСИРИН БААЛОО**

Никольская¹ О.В., Асилова² З.А., Мокешова¹ А.Т.

¹КР Улуттук илимдер академиясынын унаа куруу, автоматика жана
геомеханика институту

²Жалал-Абад эл аралык университети, Жалал-Абад ш.,

Бул эмгекте тоо тектердин массивинин блоктук структурасынын капталына, ички сүрүлүү бурчуна жана тоо тектердин деформация модулуна тийгизген таасири каралат. Бул мүнөздөмөлөр менен бузулуу даражасын чагылдырган геологиялык бекемдиктин индексинин (GSI)

ортосундагы байланыш түзүлөт. Гранодиориттердин бекемдик жана деформациялык касиеттерин карьердин дубалынын тереңдигине жана тоо массивинин чет тилкесинин сапатына жараша кайра эсептөөнүн натыйжалары келтирилген.

Баштапкы сөздөр: тоо массивдери, блоктүүлүк, бекемдик касиеттери, деформациялык касиеттери, геологиялык бекемдик көрсөткүчү.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE BLOCK STRUCTURE OF THE SIDEWALL ARRAY ON THE STRENGTH AND DEFORMATION PROPERTIES OF ROCKS DURING THE DEVELOPMENT OF HIGH-ALTITUDE DEPOSITS

Nikolskaya¹ O.V., Asilova² Z.A., Mokehova¹ A.T.

¹Institute of Mechanical Engineering, Automation and Geomechanics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,

²Jalal-Abad International University, Jalal-Abad c.

The paper investigates the influence of the block structure of the rock mass on cohesion, internal friction angle, and deformation modulus of rocks. The dependence of these characteristics on the geological strength index (GSI) of the rock mass, which reflects the degree of its disturbance, has been established. The results of recalculating the strength and deformation properties of granodiorites depending on the depth of the quarry wall and the quality of the rock mass near the quarry wall are presented.

Keywords: rock mass, blockiness, strength properties, deformation properties, geological strength index.

Макалада прибор массивинин блок түзүлүшүнүн адгезияга, ички сүрүлүү бурчуна жана тоо тектеринин деформация модулуна тийгизген таасири изилденген. Көрсөтүлгөн мүнөздөмөлөрдүн анын бузулуу даражасын чагылдыруучу массивдин бекемдигинин геологиялык индексинен көз карандылыгы аныкталган. Карьердин капталынын тереңдигине жана прибор зонасынын сапатына жараша гранодиориттердин бекемдик жана деформациялык касиеттерин кайра эсептөөнүн натыйжалары көрсөтүлдү.

Баштапкы сөздөр: тоо тектери, блокировка, күч касиеттери, деформация касиеттери, геологиялык күч индекси.

Освоение высокогорных месторождений осложняется блочным строением массива горных пород. При расчетах устойчивости прибортовой зоны зачастую используют механические характеристики, полученные на образцах без пересчета к масштабам массива, что приводит к завышенным расчетным значениям предельной высоты и угла борта карьера [1; 2]. Игнорирование блочности и нарушенности прибортовой зоны нередко вызывает потерю устойчивости, незапланированные обрушения и вывалы блоков, что повышает аварийность горных работ.

Современным инструментом для учета структурного состояния массива является геологический индекс прочности (GSI), предложенный Ноек и Маринос [2]. На его основе по эмпирическим зависимостям Ноек–Brown [1] возможно корректное определение прочностных и деформационных характеристик массива.

Для оценки влияния блочности и степени нарушенности на свойства прибортовой зоны использовались данные по гранодиоритам. Глубина расчетного участка изменялась от 50 до 250 м, то есть от зоны запредельного состояния до зоны допредельного (рис. 1). Показатель геологической прочности GSI задавали от 70 % (крупно блочный массив) до 10 % (мелкоблочный массив).

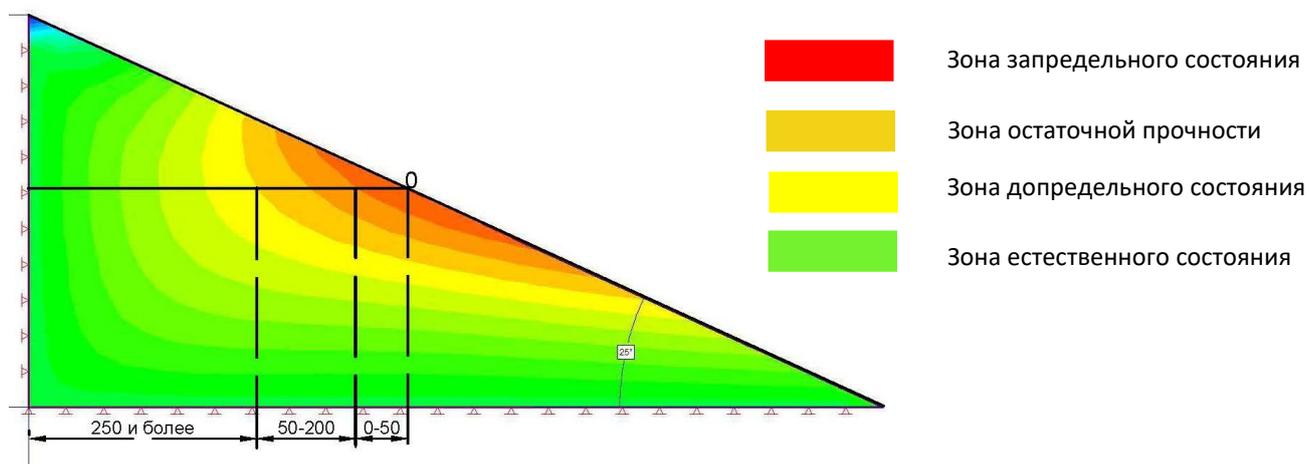


Рис. 1 – Схема расположения зон различного состояния прибортового массива

В лабораторных условиях были определены механические свойства гранодиоритов на образцах (табл. 1).

Таблица 1. Физико-механические свойства гранодиоритов в образцах

Свойство	Единица измерения	Значение
Предел прочности при сжатии	МПа	175
Сцепление	МПа	27,8
Угол внутреннего трения	град	54
Модуль общей деформации	МПа	$1,33 \cdot 10^5$

Результаты изменения свойств пород в прибортовом массиве блочного строения представлены на рис. 2–4.

Сцепление

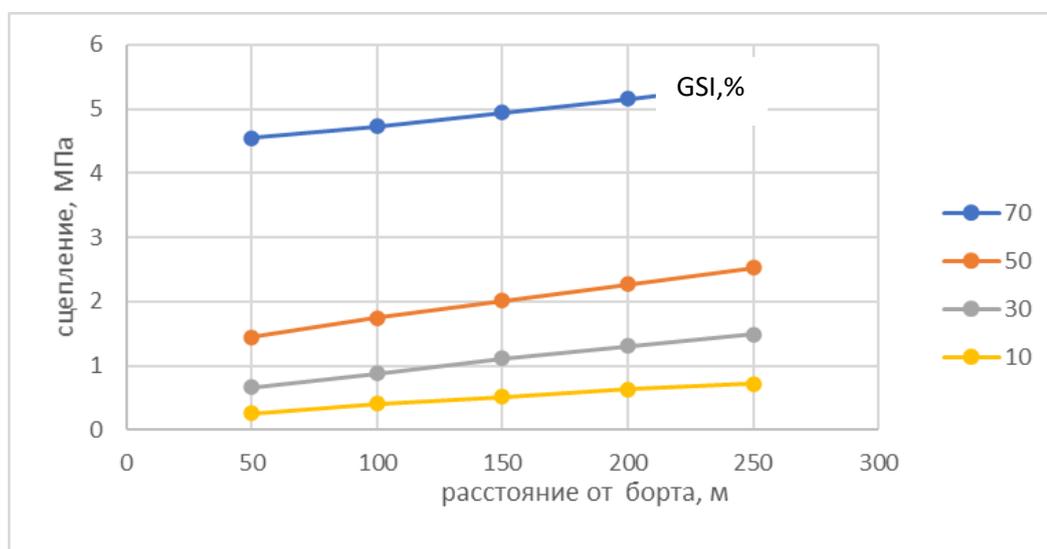


Рис. 2 – Изменение сцепления пород в прибортовом массиве

По мере удаления от зоны запредельного состояния до зоны допредельного состояния, в прибортовой области наблюдается рост сцепления 1,5 раза, однако, с учетом блочности массива различного порядка: от практически ненарушенного (GSI = 70%) к сильно трещиноватому (10%) сцепление существенно снижается. Выявлено, что при снижении показателя геологического индекса прочности от GSI = 70 % до 50 % резко сцепление уменьшается почти в 4 раза. При дальнейшем снижении этого показателя GSI (50–10 %) сцепление уменьшается в 1,5–2 раза.

Угол внутреннего трения.

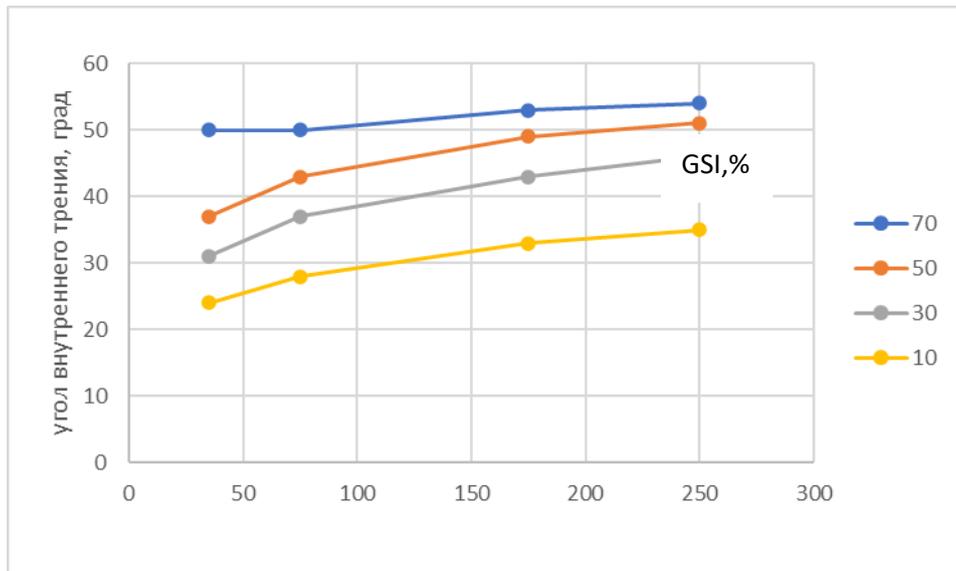


Рис. 3 – Изменение угла внутреннего трения пород в прибортовом массиве

В практически ненарушенных массивах (GSI = 70 %) угол внутреннего трения практически не изменяется и составляет порядка 50° . В трещиноватых массивах (GSI = 50–10 %) угол изменяется в пределах 25 – 35° , увеличиваясь на 10 – 15° по мере удаления от зоны запредельного состояния. В зоне запредельного состояния (50м) прибортового массива угол внутреннего трения изменяется в пределах 25° в мелко блочном массиве (GSI = 10%) 35° в средне блочном массиве (GSI = 50%) и возрастает по мере удаления до зоны допредельного состояния (250 м) в мелко блочном массиве до 40 – 45° средне блочном массиве – до 50°

Модуль деформации.

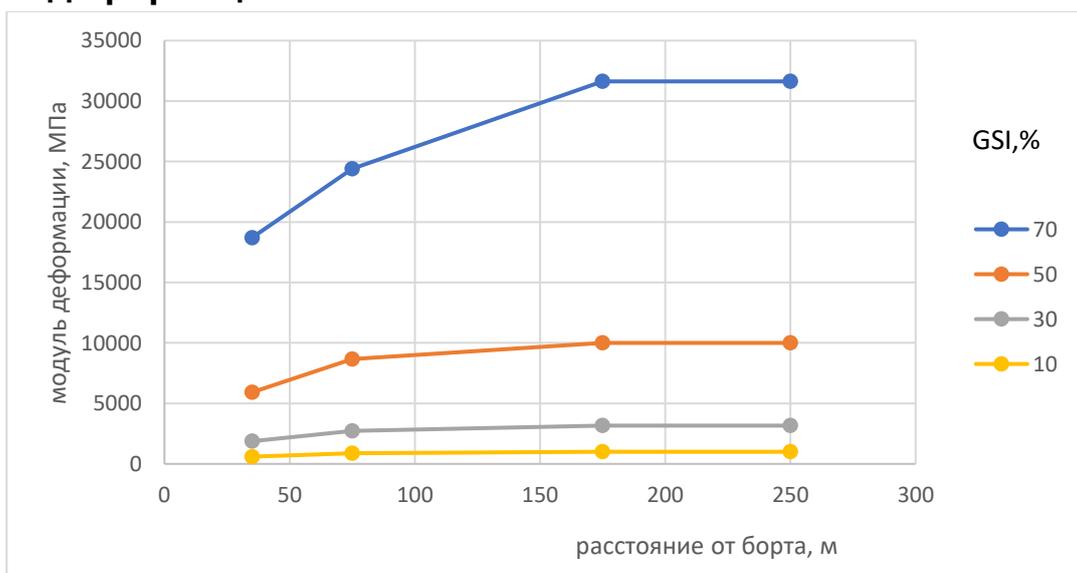


Рис. 4 – Изменение модуля общей деформации E в прибортовом массиве

Модуль общей деформации существенно зависит от степени нарушенности прибортового массива блочного строения. В крупноблочном массиве ($GSI = 70 \%$) модуль общей деформации при удалении от границы борта до глубины 250 м увеличивается в 1,5 раза. В мелко блочных массивах модуль остается практически постоянным.

На основании анализа полученных результатов, установлено, что прибортовая зона запредельного состояния характеризуется существенным снижением прочностных и деформационных свойств. Наиболее чувствительными к нарушенности оказались сцепление и модуль деформации, тогда как угол внутреннего трения в большей степени определяется минералогическим составом и шероховатостью поверхностей блоков. Даже при высокой степени трещиноватости трение между блоками сохраняется, в то время как сцепление и модуль деформации резко снижаются.

Выводы

1. Прибортовая зона массива характеризуется понижением прочностных и деформационных свойств, что необходимо учитывать при расчетах устойчивости бортов карьеров.
2. Сцепление и модуль деформации напрямую зависят от прочности контактов и резко уменьшаются при увеличении трещиноватости массива.
3. Угол внутреннего трения определяется минералогическим составом и шероховатостью контактов; его значения изменяются менее значительно даже при высоких степенях нарушенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hoek, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(8), 1165–1186.
2. Marinos, P., & Hoek, E. (2000). GSI: A Geological Index for Estimating Rock Mass Strength. *ISRM News Journal*, 2, 9–18.
3. Rocscience Inc. (2022). RS2 (Phase2) User Manual. Toronto: Rocscience.
4. ГОСТ 21153.0-75. Грунты. Методы определения прочности и деформационных характеристик.
5. Соколовский В.В. (1992). Основы геомеханики. М.: Недра.