

*Кожоголов К.Ч., Маматова Г.Т., Алибаев А.П.*

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТКОСОВ БОРТОВ КАРЬЕРА ПРИ ДОРАБОТКЕ ПРИБОРТОВЫХ ЗАПАСОВ РУДЫ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

*K.Ch. Kozhogulov, G.T. Mamatova, A.P. Alibaev*

**EVALUATION OF STRESS-DEFORMED CONDITION OF SIDE SLOPE OF QUARRY UNDER FINALIZING ORE RESERVES BY UNDERGROUND MINING**

УДК:622.831

*В статье исследованы распределения напряжений в массиве пород рудного месторождения на момент завершения открытых горных пород. Рассматриваются и анализируются на различных горизонтах.*

*In diesem Papier die Verteilung der Spannungen im Gestein Masse der Lagerstätte zum Zeitpunkt des Abschlusses der offenen Felsen. Bewertet und analysiert auf verschiedenen Ebenen.*

Запасы одного из рудных месторождений юга Кыргызской Республики обрабатываются комбинированным способом. Верхняя часть обработана открытой технологией, нижняя - обрабатывается подземным способом. Карьер относится к нагорному частично заглубленному типу. Обработка карьера осуществлялась сверху вниз горизонтальными слоями. Высота уступа на вскрыше принята равной 10 м. Уступы в погашении страивались, достигая высоты 30 м. При постановке уступов в предельное положение использовано приконтурное бурение взрывных скважин. Между строенными уступами оставляются предохранительные бермы шириной 12 м, что позволяет при необходимости производить их механизованную зачатку [1].

Руда и вмещающие породы месторождения устойчивы, за исключением зон тектонических нарушений. Руда и породы не газоносны, не склонны к слеживанию, размоканию и самовозгоранию.

Породы месторождения отнесены к III-ей категории трещиноватости. Учитывая вышесказанное, можно прогнозировать высокую устойчивость бортов карьера. Вечной мерзлоты на участке работ нет [2].

Физико-механические свойства горных пород характеризуются высокой крепостью и устойчивостью.

При отработке карьера, за пределами его бортов остается часть запасов руды (Рис.1). Малая мощность рудных тел, с крутыми углами залегания, основная масса которых сосредоточена на нижних горизонтах, делают нецелесообразным их отработку открытым способом. В связи с чем предусматривается отработка запасов руды, расположенных за пределами борта карьера подземным способом.

Обработка рудных тел проектируется в нисходящем порядке, т.е. работы ведутся начиная с верхних горизонтов, а на горизонтах - от флангов, к устьям откаточных штолен.

В местах, где технологически применима первостепенная отработка запасов с высоким содержанием, предусматривается опережающая отработка богатых рудных участков [3].

Открытые горные работы были остановлены на отметке 1560 м. Правый борт карьера имеет высоту 300м, угол наклона борта карьера составляет 47°. Левый борт 66,3 м, угол наклона 45°. Ширина дна карьера составляет 66 м. Ширина бермы безопасности составляет 12 м, высота уступов -30 м. Рудное тело №1 расположено в правом высоком борту. Верхняя часть обработана карьером до отметки 1610м. Угол падения рудного тела 65 град. Мощность рудного тела колеблется от 4 до 8 метров.

Оценка напряженно-деформированного состояния породного массива осуществляется методом конечных элементов с использованием программы «Stress» [5].

Для расчетов были использованы следующие физико-механические свойства руды и породы (табл.1). [4]

Таблица 1

**Физико-механические свойства руды и породы**

№	Наименование	модуль Юнга, МПа	Кэфф. Пуассона	объемный вес, Н/м <sup>3</sup>	Сцепление, МПа	угол внутрен. трения
1	Руда	3,0*10 <sup>4</sup> МПа	0,25	27100Н/м <sup>3</sup>	32,5 МПа	50град
2	Порода	1,1*10 <sup>4</sup> МПа	0,18	27000Н/м <sup>3</sup>	11,0 МПа	48 град

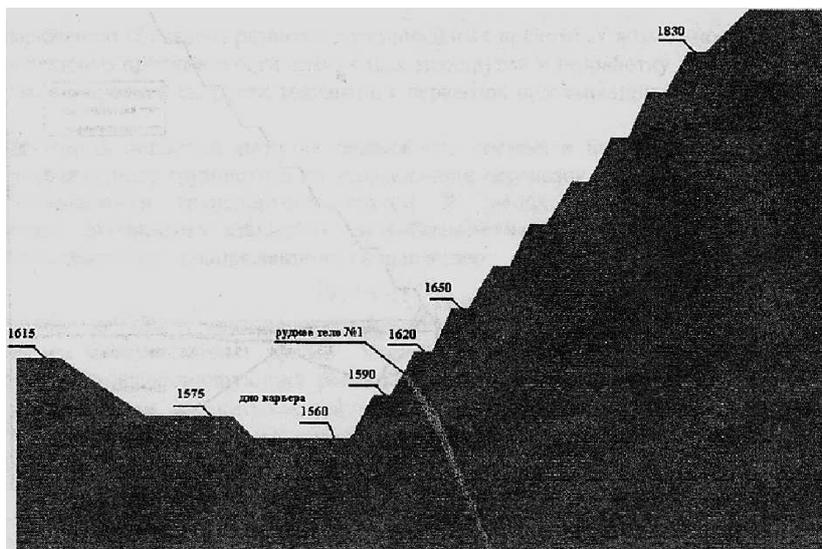


Рис.1. Проекция на вертикальную плоскость на момент завершения открытых горных работ на карьере

Концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в правом борту между горизонтами 1590 м и 1560 м, а также в пределах рудного тела ниже уровня дна карьера

Наибольшие значения горизонтальных сжимающих напряжений возникают на уровне дна карьера в

пределах рудного тела. Значения напряжений составляют от 1,500 МПа до 0,791 МПа. Такие же значения горизонтальных сжимающих напряжений наблюдаются в пределах нижнего уступа на высоте от дна карьера, равное  $0,4H_y$  ( $H_y$  - высота уступа), т.е. на высоте 12 м. Это соответствует горизонту 1572 м.

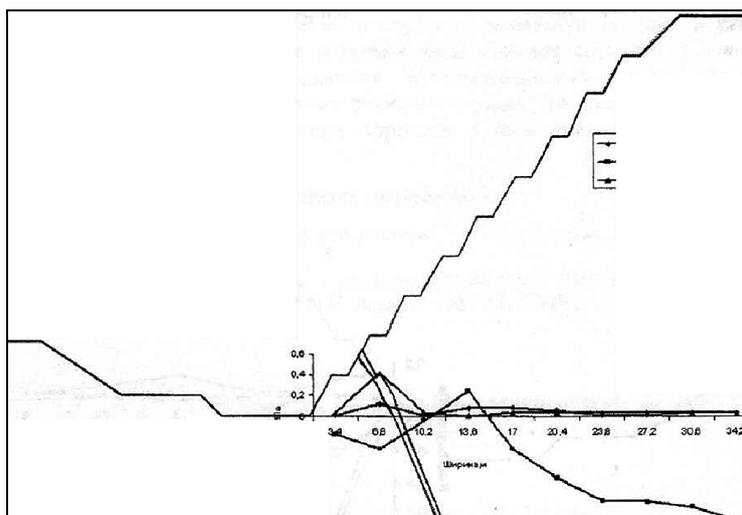


Рис.2 Распределение напряжений на горизонте 1560 м

Выше этой отметки на уровне горизонта 1578 м существует зона со сравнительно высокими значениями горизонтальных растягивающих напряжений. Значения этих напряжений меняются от 2,190 МПа до 1,410 МПа.

На уровне горизонта 1590 м между лежащим бортом рудного тела и поверхностью уступа образуется зона горизонтальных напряжений.

На отметке 1595 м значение горизонтальных растягивающих напряжений равно 1,110 МПа. По мере приближения к границам рудного тела они уменьшаются до 0,690 МПа. На этом уровне со стороны висячего бока действуют в основном сжимающие напряжения, которые равны от 0,064 МПа до 0,073 МПа



Рис.3 Распределение напряжений на горизонте 1590м

В правом высоком борту карьера на отметке 1754 м при удалении вглубь массива на расстояние (по горизонтали), равное  $1,1 \tau_0$  (т.е.33м) образуется зона растягивающих напряжений. Значение напряжений в этой зоне колеблется от 0,265 МПа до 0,204 МПа.

Расчеты напряженного состояния прибортового массива и дна карьера показывают, что вертикальные напряжения распределены равномерно, которые с ростом глубины постепенно возрастают.

Наибольшая концентрация вертикальных напряжений при этом наблюдается в пределах рудного тела ниже отметки горизонта 1590 м. Концентрация также наблюдается в последних уступах правого высокого борта. Наибольшие значения вертикальных напряжений наблюдаются со стороны лежачего бока рудного тела при удалении от него на расстояние, равное  $4,2 \tau_0$  (тр-мощность рудного тела). Здесь значения вертикальных напряжений равняются от 1,100 МПа до 1,010 МПа.

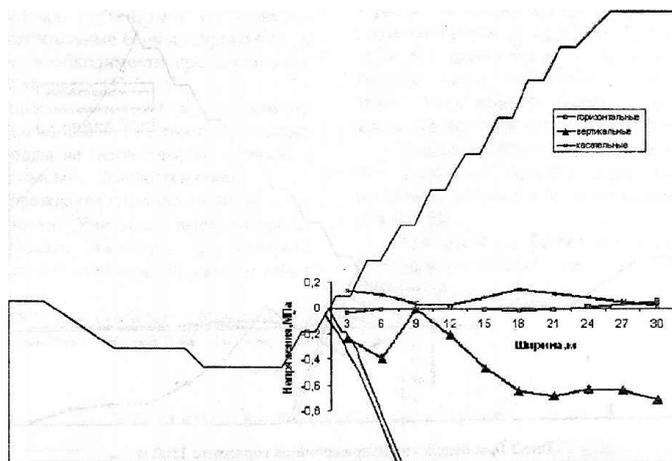


Рис.3. Распределение напряжений на горизонте 1610м

В пределах рудного тела максимальные значения вертикальных напряжений возникают на глубине от дна карьера, равной  $(1,6-1,7) \tau_0$  и составляет от 7,890 МПа до 6,110 МПа.

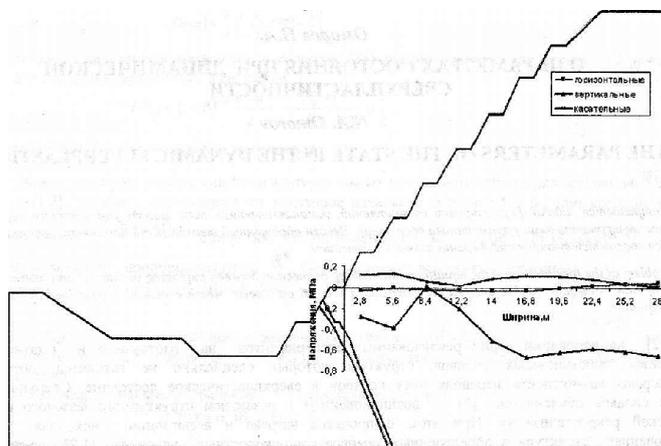


Рис.4. Распределение напряжений на горизонте 1620м

В этой зоне существуют также наибольшие значения максимальных касательных напряжений, которые составляют от 2,200МПа до 1,860МПа. В пределах рудного тела наибольшие значения максимальных касательных напряжений возникают в его лежачем боку (рис.4). На глубине от дна карьера равной 0,7Нд (Nfl-ширина дна карьера) или на уровне горизонта 1512м значение наибольших максимальных касательных напряжений равны 3,380МПа. В массиве рудного тела с ростом глубины значения касательных напряжений постепенно снижаются. На горизонте 1500м максимальные касательные напряжения равняются 2,170МПа.

**Литература:**

1. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Этап V. Проект отработки остальных рудных тел. Карьер «Тереккан» Том I. Общая и геологическая части в 2-х книгах. Книга 1. Текст. Проектно-исследовательский
2. центр «Кен-Тоо», Открытое акционерное общество «Кыргызалтын», Бишкек, 2003.-130с.
3. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Сводный том. Часть Проектно-исследовательский центр «Кен-Тоо», Открытое акционерное общество «Кыргызалтын», Бишкек, 2003.-246с.
4. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Этап V. Проект отработки остальных рудных тел. Карьер «Тереккан» Том II. Горная часть, Проектно-исследовательский центр «Кен-Тоо», Открытое акционерное общество «Кыргызалтын», Бишкек, 2003.-112с.
5. Терметчиков М.Н. Физико-механические свойства горных пород месторождений Киргизии и их корреляционный анализ - Фрунзе: Илим, 1979.- 136с.
6. Система моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива и оценки устойчивости бортов карьеров// Кыргызско-Российский славянский университет, международный научно-технический центр.- Бишкек, 2006.-21с.

**Рецензент: д.т.н., профессор Усенов К.Ж.**