

DOI: 10.26104/NNTIK.2022.97.14.003

*Алибаев А.П., Маматова Г.Т., Усенов К.Ж.*

**КАРЬЕРДИН КАПТАЛ ЖАГЫНДАГЫ ЖАНА ТҮБҮНДӨГҮ  
МАССИВДИН ЧЫҢАЛУУ АБАЛЫН ИЗИЛДӨӨ**

*Алибаев А.П., Маматова Г.Т., Усенов К.Ж.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ  
ПРИБОРТОВОГО МАССИВА И ДНА КАРЬЕРА**

*A. Alibaev, G. Mamatova, K. Usenov*

**RESEARCH OF THE STRESS STATE OF THE BOARD  
MASSIF AND THE BOTTOM OF THE QUARRY**

УДК: 550.82

Бул макалада тоо-кен иштерин жүргүзүүнүн ар кандай учурлары талкууланат: горизонталдуу бургулоо иштерин жүргүзгөндөн кийин карьердин четки зонасында жана түбүндө чыңалуулардын бөлүштүрүлүшүнө талдоо жүргүзүлөт. Аска жаздыкчасын түзүп, карьердин капталын баланстан тышкары рудадан тектер менен бекемдегенден кийин чектүү запастарды казып алуу баиталат. Массивдин тереңдигинде жайгашкан үстүңкү жана төмөнкү ярустардын иштешинин айланасында горизонталдык чыңалуу концентрациялары байкалат. Андан ары экинчи ылдыйкы ярустун иштөөсүнөн кийин чыңалуудагы чыңалуу зоналары талдоого алынды. Биринчи этаптын камерасын казгандан кийин карьердин четиндеги тек массасынын жана түбүнүн чыңалуу-деформациялык абалынын өзгөрүүсү каралат. Үстүңкү ярустун иштөөсүнүн айланасында керүү жана кысуу горизонталдык чыңалуу зоналары изилденген. Бул учурда инструменталдык запастарды иштеп чыгуу комплекстүү түрдө ишке ашырылат.

**Негизги сөздөр:** карьердин каптал жагы, карьер, массив, тоо казмасы, чыңалып-деформациялык абал, руда, казып алуу.

В данной статье рассматриваются различные случаи при ведении горных работ: после проведения горизонтальных буровых работ, ведется анализ распределения напряжений в прибортовой зоне и дна карьера. После создания породной подушки и укрепления борта карьера породами из забалансовой руды приступают к выемке прибортовых запасов. Отмечены концентрации горизонтальных напряжений вокруг выработок верхнего и нижнего ярусов, расположенных в глубине массива. Далее после проведения выработок второго нижнего яруса проанализированы зоны растягивающих напряжений. Рассмотрены изменения напряженно-деформированного состояния прибортового массива пород и дна карьера после выемки камеры первой очереди. Вокруг выработки верхнего яруса исследованы зоны растягивающих и сжимающих горизонтальных напряжений. Отработка прибортовых запасов в данном случае осуществляется комбинированным способом.

**Ключевые слова:** борт, карьер, массив, горная выработка, напряженно-деформированное состояние, руда, выемка.

This article discusses various cases in the conduct of mining operations: after carrying out horizontal drilling workings, an analysis is made of the distribution of stresses in the marginal zone and the bottom of the quarry. After creating a rock cushion and strengthening the side of the quarry with rocks from off-balance ore, they begin to excavate near-edge reserves. Concentrations of horizontal stresses are noted around the workings of the upper and lower tiers, located in the depths of the massif. Further, after the workings of the second lower tier, the zones of tensile stresses were analyzed. Changes in the stress-strain state of the edge rock mass and the bottom of

the quarry after excavation of the chamber of the first stage are considered. Zones of tensile and compressive horizontal stresses were studied around the working of the upper tier. The development of instrumental stocks in this case is carried out in a combined way.

**Key words:** board, quarry, massif, mine working, stress-strain state, ore, excavation.

Известно, при разработке месторождений открытым способом после завершения открытых работ в прибортовой зоне остается часть полезных ископаемых. Опыт и практика отработки крутопадающих рудных залежей показывает, что выемка таких запасов целесообразна с использованием подземных технологий. При этом отработка запасов полезных ископаемых в большинстве случаев осуществляется открытыми и подземными работами по отдельными и независимыми друг от друга схемами.

На месторождениях сложного строения рудоносные залежи, расположенные за проектным контуром карьера составляют в среднем 20% и более от общих балансовых запасов. При этом отработка этой части запасов с применением обычных способов разработки сопровождается повышенными потерями и разубоживанием руды.

Следует отметить, во всех случаях эффективность выемки таких запасов во многом зависит от правильного выбора технологии ведения горных работ в рудных телах, расположенных за контурами открытых горных работ.

Выемку прибортовых запасов в большинстве случаев осуществляют с применением подземных или открыто-подземных технологий. При выемке запасов прибортовой зоны системами с обрушением руды и вмещающих пород обеспечивается высокая интенсивность добычных работ и снижается себестоимость добычи руды. При этом создание внутрикарьерного отвала из забалансовой руды или из пустых пород является необходимым и важным элементом систем разработки с обрушением руды. Внутрикарьерный отвал позволяет изолировать очистное пространство, поддержать в устойчивом состоянии массив подрабатываемого борта в период отработки прибортовых запасов подземной технологией [1]. Несмотря на то, что

оценке геомеханического состояния прибортовой зоны посвящено большое количество работ, до настоящего времени вопросы распределения напряжений в этой зоне в условиях комбинированной разработки являются не до конца изученными. А существующие технологии выемки прибортовых запасов не всегда учитывают специфические особенности разработки полезных ископаемых, расположенных в этой зоне.

В нашей республике комбинированный способ разработки применяется на месторождениях Макмал, Кумтор, Терексай и др. Использование этого способа предусматривается на многих проектируемых месторождениях (Жеруй, Бозымчак, Чаарат и др.), что требует решение актуальной научной задачи,

заключающейся в создании безопасных технологий выемки запасов прибортовой зоны на основе установленных закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния прибортового массива при комбинированной разработке рудных месторождений.

После завершения открытых горных работ в прибортовой зоне карьера остается часть запасов, подлежащих к выемке. Отработка прибортовых запасов в данном случае осуществляется подземным или комбинированным способом.

После создания породной подушки и укрепления борта карьера породами из забалансовой руды приступают к выемке прибортовых запасов (рис. 1).

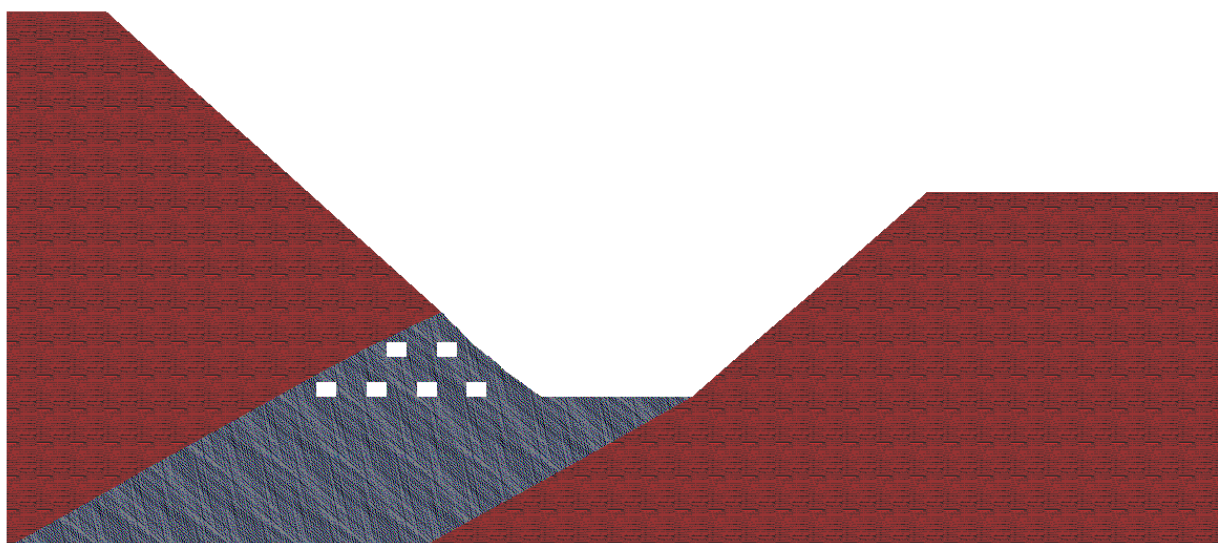


Рис. 1. Схема расположения буровых выработок верхнего и нижнего ярусов в борту карьера.

После проведения горизонтальных буровых выработок напряженно-деформированное состояние прибортового массива и дна карьера меняется. Концентрация горизонтальных напряжений возникает вокруг выработок. Наибольшая концентрация горизонтальных напряжений возникает вокруг выработок верхнего и нижнего ярусов, расположенных в глубине массива. По рудному телу проходит зона концентрации напряжений, которая имеет ширину  $1/2m_p$  (где  $m_p$  – мощность рудного тела). За пределами рудного тела концентрация горизонтальных напряжений не наблюдается.

После проведения выработок второго нижнего яруса зона растягивающих напряжений, имеющаяся место вокруг первой выработки верхнего яруса исчезает. Эта зона перемещается вглубь массива и будет расположена вокруг первой выработки верхнего яруса, а также между второй и третьей выработками второго яруса. Над первой выработкой верхнего яруса на высоте от кровли выработки, равной  $n_p$  горизонтальные растягивающие напряжения составляют 2,680

МПа.

После проведения выработок нижнего яруса напряжение в этой точке меняет свой знак, становится сжимающим и равняется 0,424 МПа.

Между первой и второй выработками первого яруса на уровне кровли выработок, растягивающие напряжения равняются 1,740 МПа (рис. 2). Между ярусами значения растягивающих напряжений меняются от 2,100 МПа до 1,590 МПа.

В левом борту за пределами рудной зоны на уровне дна появляется зона растягивающих напряжений, значения напряжений в которой достигают до 1,460 МПа.

Вертикальные сжимающие напряжения в правом верхнем углу второй выработки верхнего яруса составляли 4,890 МПа, а после проведения выработок второго яруса эти напряжения уменьшились до 0,366 МПа, т.е. произошло снижение сжимающих напряжений в 13,3 раза (рис. 2).

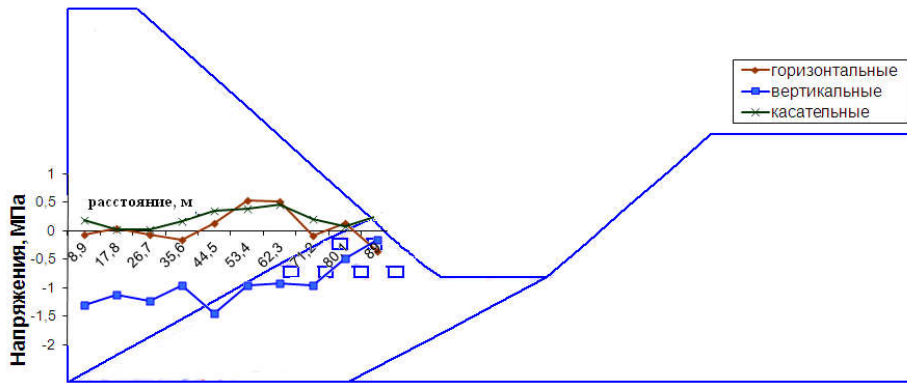


Рис. 2. Распределение напряжений в прибортовом массиве при проведении в борту карьера горных выработок.

В нижнем углу второй выработки верхнего яруса вертикальные напряжения составляют 1,060 МПа. В этой точке до проведения выработок напряжения равнялись 3,380 МПа.

В данном случае проведение выработок второго яруса привело к снижению вертикальных напряжений в данной точке в 3,18 раза [2].

После проведения буровыпускных выработок пробуриваются веера взрывных скважин, с помощью которых отбивается часть запасов. Верхняя часть (породная кровля) обрушается скважинами, пробуренными из уступов карьера. Обрушенная порода при этом оставляется в пределах выработанного пространства.

Выемка камеры первой очереди приведет к изменению напряженно-деформированного состояния прибортового массива пород и дна карьера. Вокруг выработки верхнего яруса возникают зоны растягивающих и сжимающих горизонтальных напряжений (рис. 3).

Концентрация горизонтальных напряжений возникает вокруг выработок и в нижней части рудного тела со стороны висячего бока. Вокруг выработки верхнего яруса образуются зоны сжимающих и растя-

гивающих горизонтальных напряжений. Зона растягивающих напряжений, расположенной над этой выработкой увеличивается. Эта зона распространяется параллельно борту карьера до высоты 0,7 Нд (от дна карьера) напряжения в этой зоне равны от 0,487 МПа до 0,041 МПа.

Ниже уровня подошвы выработки верхнего яруса и над кровлей выработки второго яруса образуются растягивающие напряжения. Значения напряжений в этой зоне равняются от 1,860 МПа до 2,320 МПа.

Над первой выработкой второго яруса существуют горизонтальные сжимающие напряжения со значениями от 0,581 МПа до 0,037 МПа. Между третьей и четвертой выработками второго яруса в основном действуют растягивающие напряжения, значения которых меняются от 1,450 МПа до 0,023 МПа. Над крайней выработкой второго яруса появляется еще одна зона растягивающих напряжений. Их значения составляют от 2,270 МПа до 1,010 МПа (рис. 3). Вокруг этой выработки сжимающие напряжения возникают только в верхнем правом и левом углах. В остальных частях существуют в основном растягивающие напряжения [3].

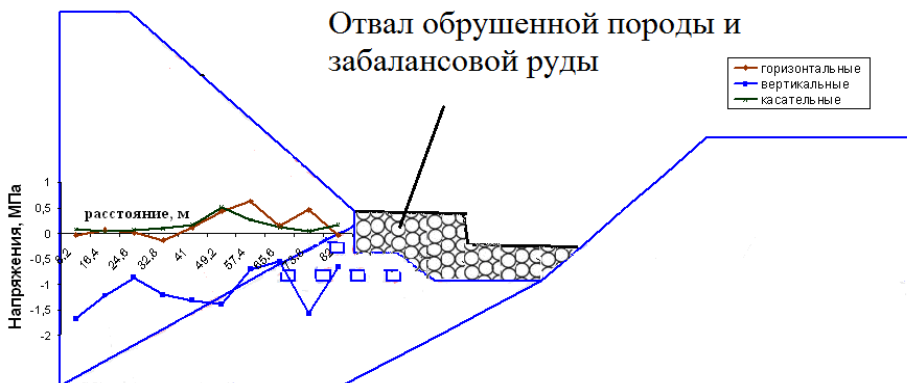


Рис. 3. Распределение напряжений в прибортовом массиве при выемке запасов первой камеры.

Таким образом, в данном случае в обоих бортах на уровне дна карьера будут существовать растягивающие напряжения.

Вертикальные сжимающие напряжения, в основном, концентрируются вокруг выработок верхнего и нижнего ярусов. При этом концентрация наблюдается только в пределах рудного тела со стороны висячего его бока. Наибольшие значения вертикальных напряжений наблюдаются между выработками второго яруса, здесь их значения доходят от 3,250 МПа до 6,140 МПа (рис. 3).

Максимальные касательные напряжения концентрируются вокруг выработок. Наибольшие значения этих напряжений возникают между выработками второго яруса на уровне их кровли. Здесь касательные напряжения меняются от 5,350 МПа до 1,620 МПа (рис. 3). Вокруг первой выработки второго яруса существуют сравнительно незначительные значения этих напряжений [4].

Выявлено, что в прибортовой зоне после проведения трех выработок возникают две зоны сжимающих напряжений. Первая зона- узкая полоса, параллельная борту карьера, нижняя граница которой расположена на высоте от уровня дна, равной  $1/3N_d$ , ширина которой составляет  $1,5n_b$ . Вторая зона расположена ниже подошвы этой выработки, и распространяется до глубины, равной высоте выработки. Повышенные значения максимальных касательных напряжений наблюдаются в зоне, расположенной между уровнем дна карьера и горизонтальной линией, проведенной на высоте, равной  $1/2N_d$ .

Установлено, что после полной выемки всех запасов нижнего яруса, т.е. после полной выемки всех запасов прибортовой зоны концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в висячем боку рудного тела, при этом ширина зоны концентрации занимает половины мощности рудного тела. Растягивающие напряжения возникают в левом борту на

месте пересечения подошвы выработанного пространства и границы рудной зоны. Ширина этой зоны равняется  $0,16m_p$ , которая по глубине простирается до  $0,17m_p$ . [5].

Извлечение прибортовых запасов открытыми камерами приводит к увеличению горизонтальных растягивающих и касательных напряжений между висячим боком рудного массива и стенами выработанного пространства, которое может привести к потере устойчивости подрабатываемого борта.

Установленные закономерности изменения напряженного состояния массива пород прибортовой зоны и дна карьеров позволяют судить о геомеханическом состоянии массива пород и могут быть использованы для создания новых способов выемки запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке рудных месторождений.

#### Литература:

1. Романько Е.А. Обоснование параметров технологии выемки при-контурных запасов карьеров системами разработки с обрушением руды и вмещающих пород [Текст]: дисс. к.тех.н.: 25.00.22/Е.А.Романько- Магнитогорск, 2007.-131с.
2. Кожоголов К.Ч., Маматова Г.Т., Алибаев А.П. Отработка запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке месторождений [Текст] / Журнал Наука и новые технологии. - Бишкек, 2012. - №8. -С. 18-19.
3. Алибаев А.П, Маматова Г.Т., Усенов К.Ж. Отработка запасов законтурных рудных тел в условиях открыто-подземного способа разработки [Текст] / Известия ВУЗов Кыргызстана. - Бишкек, 2012. - №6. - С. 51-53.
4. Маматова Г.Т. Оценка напряженно-деформированного состояния массива пород и дна карьера при комбинированной разработке прибортовых запасов [Текст] / Журнал Наука и новые технологии. - Бишкек, 2012. - №4. - С. 21-26.
5. Маматова Г.Т. Исследование напряженно-деформированного состояния прибортового массива и дна карьера при комбинированной разработке запасов приконтурной зоны [Текст]/ «Проблемы геомеханики и преподавания естественных дисциплин». - Алматы, 2012. - С.167-170.