

УДК 622.831

В.Д. Барышников, Л.Н. Гахова, Н.П. Крамсков
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ
ОТРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ
РУДНИКА «АЙХАЛ»

Выполнена геомеханическая оценка состояния подкарьерной рудной потолочины при различных порядках отработки запасов слоевой системы разработки с твердеющей закладкой на руднике «Айхал».

Семинар № 1

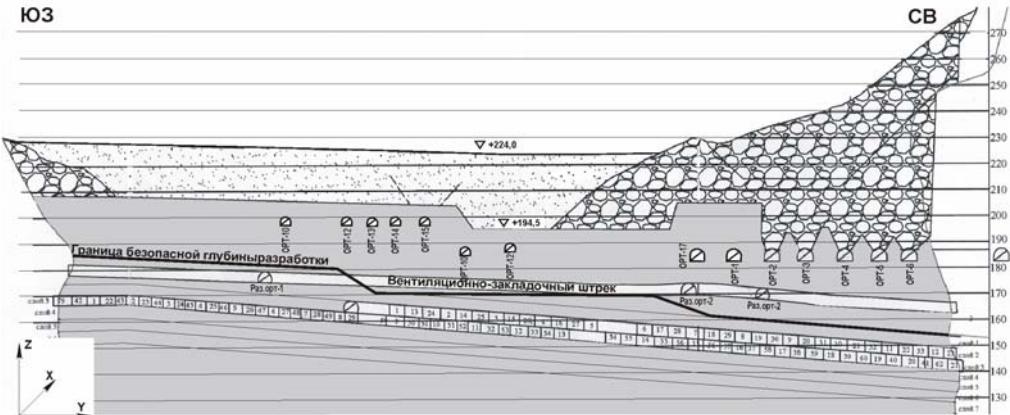
Подземная разработка запасов кимберлитовой трубки «Айхал» (АК-«АЛРОСА») начата после завершения открытых горных работ (максимальная глубина карьера составила около 320 м) с отработки прибортовых запасов на северо-восточном участке карьера системой подэтажного обрушения с открытым очистным пространством. После выемки запасов в отм. +330 ÷ +205 м доработка законтурного целика и части подкарьерного рудного массива северо-восточного рудного тела (СВРТ) осуществлялась до отм. +180 ÷ +192 м системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды под обрушенными с бортов карьера породами.

После прорыва со дна карьера обводненных илов при подготовке центральной части СВРТ на отм. +192 м (после частичного осушения донных отложений) было принято решение о переходе на слоевую камерно-целиковую систему разработки с твердеющей закладкой. Защита горных выработок от прорыва илов и водопритоков, вызванных атмосферными осадками в весенне-летний период, предусматривается путем оставления подкарьерной рудной потолочины

(предохранительного целика), толщина которой по расчетам ВНИМИ и НТЦ «НОВОТЭК» (г. Белгород) составила 25 м. Для снижения риска затопления горных выработок на начальном этапе отработки путем первоочередной выемки слоя N3 (рис. 1) формируется потолочина толщиной 35 м. В случае благоприятной гидро-геомеханической ситуации в подкарьерной защитной толще, оцениваемой по результатам контроля за состоянием рудного массива, планируется последовательная отработка в восходящем порядке слоев N2 и N1. При высоте слоев 4,5 м контур кровли слоя N1 в северо-восточной части СВРТ подходит к границе безопасной зоны разработки (25 м).

Комбайновая выемка запасов в слоях осуществляется по камерно-целиковой схеме тупиковыми заходками 5 м × 4,5 м, отрабатываемыми в три очереди. Для ведения закладочных работ выработанного пространства в рудной потолочине пройден вентиляционно-закладочный штрек (ВЗШ). Размер предохранительного целика для его защиты от обводнения составляет по расчетам НТЦ «НОВОТЭК» 8,5 м. Последующая отра-

ЮЗ

**Рис. 1**

ботка нижележащих запасов предусмотрена с применением слоевой нисходящей системы разработки с твердеющей закладкой.

Для своевременного принятия мер по обеспечению безопасных условий ведение очистных работ сопровождается обязательным контролем параметров процесса сдвижения и деформаций рудной потолочины. Контроль гидрогеомеханического состояния рудной потолочины осуществляется по наблюдательным станциям, оборудованным в ВЗШ и в специально пройденных вкrest простирации рудного тела разрезным ортами N1 и N2 (см. рис. 1). Установление закономерностей формирования НДС и определение критических параметров деформирования подрабатываемого массива является наиболее важной задачей геомеханических исследований.

Для оценки изменений параметров НДС в процессе отработки слоев 3→2 и прогнозной оценки НДС рудной потолочины в процессе дальнейшего развития очистных работ выполнены численные расчеты с использованием метода граничных инте-

гральных уравнений [1,2]. Поскольку размер северо-восточного рудного тела (СВРТ) по длинной оси составляет около 350 м, а по короткой – 30 м $\div 70$ м, правомерно использование в расчетах плоской модели. Задача решалась для реальной геометрии карьера. Прочностные свойства кимберлита приняты по результатам лабораторных испытаний керна: $\sigma_{ск}^{cp} \approx 12$ МПа, $\sigma_p^{cp} \approx 1$ МПа. Исходное напряженное состояние массива горных пород в расчетной модели принято следующее: вертикальные напряжения $\sigma_z = \gamma H$, горизонтальные $\sigma_x = \lambda \gamma H$ для $\lambda = 0.5$.

Анализ геомеханической ситуации в рудной потолочине после отработки подсечного слоя N3 проводился по результатам численных расчетов и визуальных наблюдений, позволившим оценить допустимые значения величин напряжений в кровле ВЗШ и использовать их в качестве критериальных оценок условий отработки слоев N2, N1, N4.

На рис. 2 показана картина изолиний горизонтальных напряжений (σ_x) рудной потолочины по вертикальному

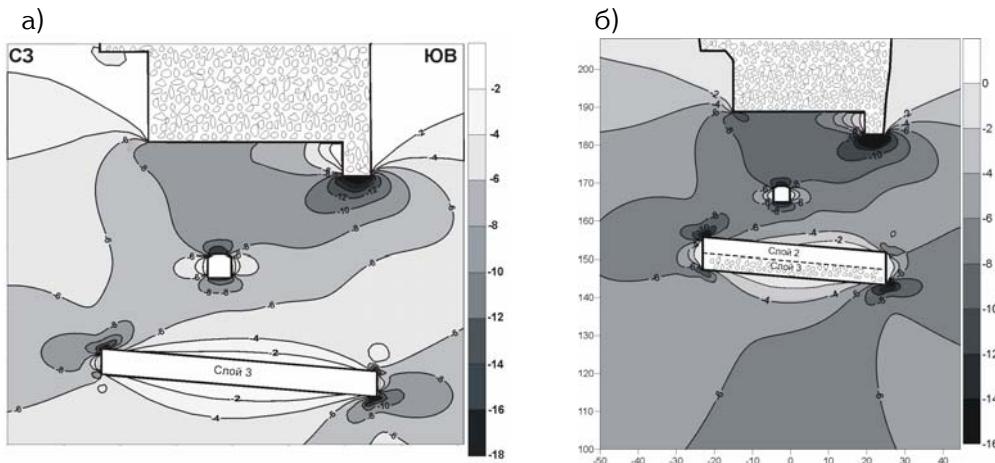


Рис. 2. Горизонтальные напряжения в подкарьерном массиве после отработки слоя N3 (а) и слоев N3 и N2 (б)

сечению вдоль разрезного орта N2 на отм. +165 м после полной отработки слоя N3 (рис. 2, а) и слоев N3 и N2 (рис. 2, б) с учетом реальной геометрии дна карьера в СВ его части. На рис. 3 в том же сечении приведены сдвигающие напряжения (σ_{cd}), позволяющие воспользоваться критерием прочности Кулона-Мора [3,4] для определения размеров области неупругих деформаций путем сравнения σ_{cd} в окрестности отрабатываемой области со сцеплением массива (С):

$$\sigma_{cd} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cos \varphi} + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \operatorname{tg} \varphi, \\ \sigma_{cd} \leq C,$$

(1)

где φ - угол внутреннего трения, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.

Следует отметить, что в сформированной рудной потолочине при практически полной разгрузке рудного подкарьерного массива от вертикальных напряжений [2,3], горизонтальные и сдвигающие напряжения являются определяющими.

Результаты расчетов показывают следующее:

- после отработки слоя N3 (формирования потолочки) величины горизонтальных напряжений в подкарьерной толще не превышают прочность кимберлита на сжатие (≈ 12 МПа) за исключением кровли ВЗШ и части массива на юго-восточном участке дна карьера (см. рис. 2, а);

- в кровле слоя N3 не возникают горизонтальные растягивающие напряжения;

- сравнение напряжений в кровле слоя N2 с состоянием кровли после отработки слоя N3 свидетельствует об отсутствии растягивающих σ_x и некотором увеличении сжимающих горизонтальных напряжений.

Результаты визуальных наблюдений за состоянием стенок контрольного шпура, пробуренного в кровле ВЗШ вблизи сопряжения с ортом N2 (рис. 3, б), показали, что зона расслоений в приконтурунной части достигает глубины 1,7 м (рис. 4). Полученные результаты визуальных наблюдений и числен-

ного анализа позволили принять и использовать для условий подкарьерного массива рудника «Айхал» в качестве критической величину $\sigma_{cr}^k \approx 2$ МПа (см. рис. 3, б).

Для прогнозной оценки геомеханической ситуации в рудной потолочине проведем анализ ее состояния по величинам сдвигающих напряжений при различных вариантах последующей отработки запасов (рис. 4).

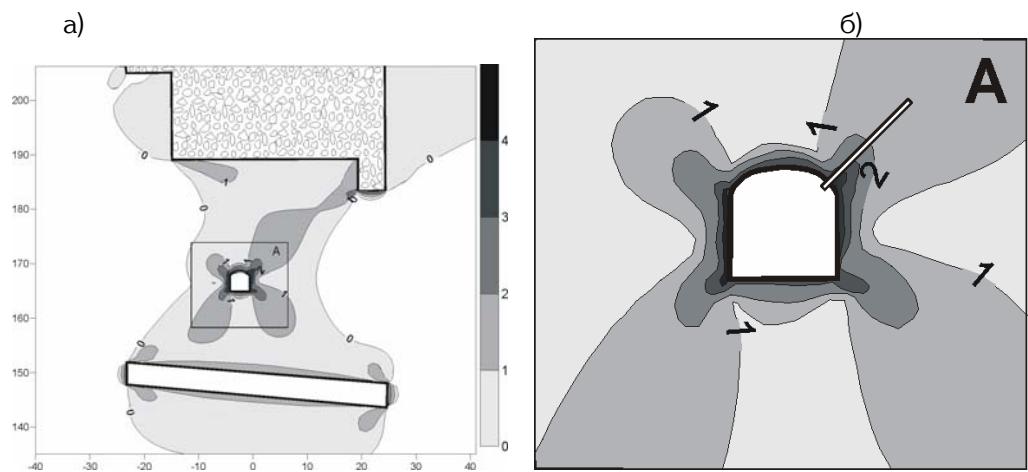


Рис. 3. Сдвигающие напряжения в подкарьерном массиве после отработки слоя N3 (а) и в окрестности ВЗШ с указанием местоположения контрольного шпера (б)

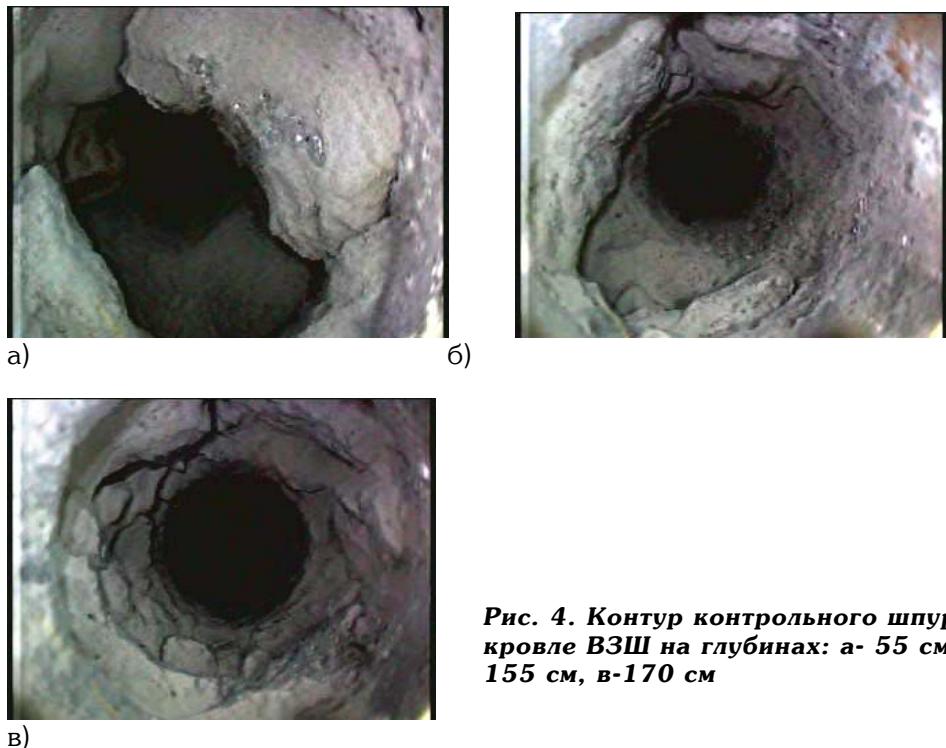


Рис. 4. Контур контрольного шпера в кровле ВЗШ на глубинах: а- 55 см, б- 155 см, в-170 см

Результаты анализа условий слоевой отработки подкарьерных запасов

на руднике «Айхал» позволяют отметить следующее:

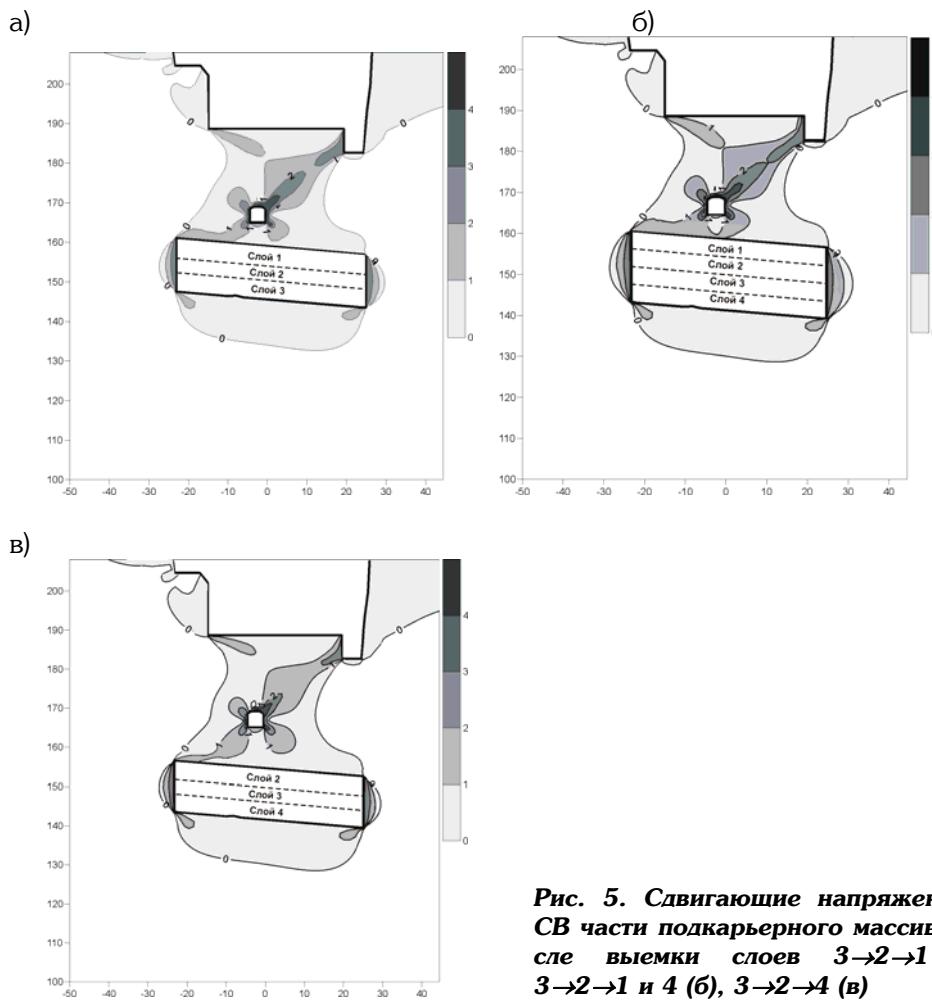


Рис. 5. Сдвигающие напряжения в СВ части подкарьерного массива после выемки слоев 3→2→1 (а), 3→2→1 и 4 (б), 3→2→4 (в)

- состояние рудной потолочины после отработки слоев 3→2→1 по фактору НДС удовлетворительно (см. рис. 4а); уровень напряжений для большей части потолочины не превышает предельных значений. Изолинии критического значения сдвигающих напряжений (2МПа) в кровле ВЗШ и ниже дна карьера не смыкаются между собой;

- развитие очистных работ по схеме отработки слоев 3→2→1 с последующей выемкой слоя N4 приводит к образованию сплошной зоны запре-

дельного деформирования (см. рис. 4, б), распространяющейся от кровли ВЗШ до дна карьера и являющейся потенциальным каналом водопритоков в подземные горные выработки. Сложившаяся ситуация может привести к необходимости принятия мер по закладке ВЗШ, что повлечет за собой ликвидацию наблюдательных станций геомеханического контроля, размещенных в ортах N1 и N2;

- развитие очистной выемки по схеме 3→2→4 не приведет к формированию общего предельного состояния рудной потолочины между дном

карьера и кровлей ВЗШ (см. рис. 4в), что позволяет использовать существующую на руднике систему гидро-геомеханического мониторинга.

Таким образом, в случае принятия решений о выемке слоя N1, для обес-

печения гидро-геомеханических наблюдений при отработке в нисходящем порядке подкарьерных запасов ниже слоя N3 необходимо создание альтернативной системы контроля взамен действующей на руднике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гахова Л.Н. Программа расчета напряженно-деформированного состояния массива блочной структуры методом граничных интегральных уравнений (ELB2D). РосАГПО. свид. об офиц. регистр. №960814 от 17.12.2004.
2. Барышников В.Д., Гахова Л.Н. НДС подкарьерного массива в условиях слоевой отработки запасов ниже дна карьера / Труды междунар. конф. «Геодинамика и напряженное состояние недр земли». - Новосибирск: ИГД СО РАН.- 2006. - с.150 – 155.
3. Baryshnikov V.D., Gakhova L.N. Peculiarities of stress state formation near working in the transient zone from the open to underground deposit mining // Underground space and rock mechanics.- TA INGENEERING.- Moscow.- 2005 : 177 – 180.
4. Барышников В.Д., Гахова Л.Н., Филатов А.П., Черепнов Н.А. Геомеханическое обоснование выемки запасов в слое при восходящей отработке подкарьерных запасов рудника «Айхал» // Горный информационно-аналитический бюллетень.- М.- №11.- 2007.- с.191-195.

Коротко об авторах

Барышников В.Д. – кандидат технических наук, зав. лабораторией диагностики механического состояния массива горных пород ИГД СО РАН,

Гахова Л.Н. – кандидат физико-математических наук, ст. научный сотрудник, ИГД СО РАН,

Крамсков Н.П. – доктор технических наук,, главный научный сотрудник института «Якутипроалмаз»

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 1 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. А.М. Гальперин.

