

УДК 622.831

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КВАЙСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Соиск. *Гагиев И. А.*, д-р техн. наук *Пустобриков В. Н.*
ООО «Югспецподземстрой»

С увеличением глубины разработки месторождений возрастает роль геомеханического обоснования ведения горных работ. Рассматривается один из методов подхода к изучению напряженного состояния массива гористой местности методом инструментального изучения напряжений и свойств пород.

Сегодня освоение глубоких свинцово-цинковых месторождений (на примере Квайсинского рудоуправления) – актуальная научно-техническая задача для молодой Республики Южная Осетия.

С понижением глубины горных работ до 600 и более метров от поверхности возрастает роль геомеханического обоснования эффективных систем вскрытия и разработки, так как уровень естественных напряжений с наличием повышенного водопритока (8 – 10 м³/час) становится соизмеримым с прочностью пород в обнажениях.

Количественная оценка напряженного состояния нетронутого массива является отправной точкой при выборе и обосновании отработки месторождения, способов управления горным давлением и снижением водопритока. Из существующих методов к изучению напряженного состояния массива горных пород предпочтение отдают аналитическим и численным методам на основе гипотез сил гравитации и тектоники А. Гейма, акад. А.Н. Динника, напряжений по данным геологических нарушений проф. М.В. Гзовского и инструментальной оценки напряжений в натуральных условиях. Все указанные методы имеют свои достоинства и недостатки. Однако несомненно одно – широкое привлечение натуральных методов является основным и главным условием для получения наиболее достоверных количественных оценок естественных напряжений.

В настоящей статье на примере Квайсинского свинцово-цинкового месторождения рассматривается два из всех существующих методов определения деформированного состояния – математической теории упругости и разгрузки, как наиболее обоснованных и технически разработанных. Метод основан на принципе восстановления формы и размеров керна при его выбуривании из напряженного массива. Применение метода ультразвука в зажатой «среде» исходя из физико-механических характеристик пород, глубины заложения позволяет определять величины и направления главных напряжений, устанавливать места концентрации максимальных напряжений по отношению к обнаженной поверхности.

Квайсинское месторождение как объект исследования основан по ряду причин: залегания на глубине 500 – 600 м от поверхности (месторождение относится к категории средних); район месторождения гористый (центральная часть Большого Кавказского хребта), характеризующийся активными тектоническими разломами и складками; на месторождении ниже шт. «Капитальная» зафиксированы случаи «стреляний» пород, интенсивного заколообразования, шатрообразования и выбросы «пульпы» в вскрывающих и подготовительных выработках.

Характерной особенностью строения Квайсинского месторождения являются сочетания многочисленных и разнообразных по своему характеру разрывных структур, которые играют важную роль в пространственном размещении свинцово-цинковых и баритовых минерализаций, вытянутых в северном направлении, простирающихся более 6 км при ширине между разломами 20 – 300 м. Породы в зонах рудоносных разломов брекчированы, трещиноваты и гидротермально изменены. Складчатые структуры представлены рядом синклинальных и антиклинальных складок, наибольший интерес из которых представляет Цедисско-Ахсарджинская антиклиналь, в северном крыле которого расположены три основных на сегодня участка – «Надарбаз», «Вальхох» и «Варакхом».

Нижний структурный комплекс состоит из крупных складок северо-восточного простирания и нарушен многочисленными косыми и нормальными к простиранию разрывами субмеридиальной направленности. Для структур Квайсинского месторождения характерно блочное строение, которое прослеживается в виде тектонических разрывов субширотного направления.

Вмещающие породы нижних действующих горизонтов (IX, X, XI и XII) неустойчивые и обрушаются при незначительных обнажениях. Висячем боку залегают гидротермально измененные, хлоритизированные, карбонатизированные и пиритизированные порфириты и туфы, а в лежащем – известняки верхней Юры. Известняки пересекаются жилками крупнокристаллического кальцита и частично окислами железа (гематитом).

Основной задачей механики горных пород является изучение механики горных пород, а также кинематик видов деформаций и их закономерностей, без знания которых невозможно создать научного обоснования безопасности и рациональной добычи полезного ископаемого подземным способом. Следовательно, существенную роль в деформировании напряженно-деформированного состояния играют физико-механические, упругие и реологические свойства вмещающих пород.

В лабораторных и производственных условиях методом неразрушающего контроля ультразвуком непосредственно в забое были проведены исследования по определению основных параметров пород, основываясь на положениях механики сплошной среды.

Породы лежащего бока (известняки): средняя плотность – $2,75 \text{ т/м}^3$; прочность на сжатие – $82,3 \text{ МПа}$; прочность на растяжение – $5,2 \text{ МПа}$; модуль сцепления – $31\text{--}33 \text{ МПа}$, модули сдвига, упругости и коэффициент Пуассона соответственно равны $0,20 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $3,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ и $\mu = 0,26$. Аналогично определены указанные параметры для пород висячего бока (порфириты, туфы): плотность – $2,7 \text{ т/м}^3$; прочность на сжатие – 43 МПа ; прочность на растяжение – $3,2 \text{ МПа}$; модуль

сцепления в образце – $28\text{--}32 \text{ МПа}$, модуль сдвига – $0,16 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, модуль упругости – $3,1 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ и коэффициент Пуассона $\mu = 0,20$.

В зависимости от степени состояния массива горных пород, нарушенного выработками и камерами обрабатываемого пространства, для определения нагрузок (горного давления) был принят метод разгрузки. Основная цель исследований направлена на решение актуальной задачи – создание условий, гарантирующих безопасность и эффективность отработки нижележащих горизонтов.

Исследованием установлено, что максимальные главные напряжения на извлеченном породном керне было растягивающими, а максимальные напряжения в нетронутом массиве – сжимающими. В местах замеров на обнаженной поверхности направление главных напряжений приближается к вертикали (угол отклонения не более 10°) (рис.1).

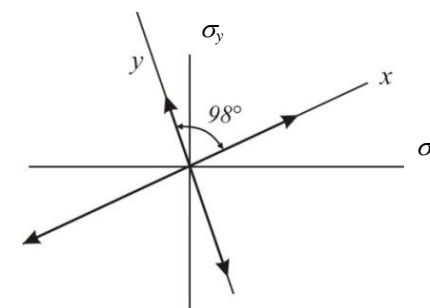


Рис.1. Направление главных напряжений.

Исследования показали, что вертикальное напряжение на глубине 600 м составляет более 16 МПа , а горизонтальное – 6 МПа . Сравнивая действующие напряжения с прочностью пород видим, что вертикальные напряжения (σ_y) для известняков меньше предела прочности на сжатие ($R_{сж}^{н3}$), т.е. $16,2 \leq 22,4$, а у порфиритов (туфов), наоборот, $\sigma_y > R_{сж}^{н}$ $16,2 \geq 11,2$. Следовательно, коэффициент устойчивости пород у известняков и порфиритов соответственно равны $0,2$ и $0,5$.

Наблюдение за состоянием рудного борта висячего бока в выработках и камерах показал, что он разрушается системой трещин параллельно плоскости обнажения. Размер зон нарушенных трещинами достигает 0,8-1,4 м – соответствует зонам растяжения (получены в результате расчетов). Нарушенность борта приводит (при наличии воды) к его оползанию и разрушению, что влечет за собой повышение разубоживания до 23 %.

Таким образом, начальный период выемки руды (породы) в поле действия горизонтальных сил характеризуется наличием зон повышенных концентраций сжимающих напряжений в кровле, способный вызвать динамическое разрушение массива и растягивающих напряжений в бортах камер (выработок), которые являются причиной их нарушения.

При увеличении пролета камер очистного пространства (выработки), характерных для выемки крутых рудных залежей гористой местности, наблюдается возрастание напряжений в рудном массиве впереди очистного забоя.

Параметры поля естественных напряжений Квайсинского месторождения позволяют объяснить процессы деформирования и разрушения горных пород. Наиболее убедительно это следует из анализа образования сводообразования «шатрового» типа в разнонаправленных выработках. Измерение параметров «шатров» и частоты их образования (таблица) показана на рис.2 и оказалось, что преобладающее их количество (более 70%) наблюдается с ориентировкой от «шатра» $A = 90 \pm 30^\circ$, что обуславливает действие повышенного горизонтального напряжения в направлении ЮЗ-СВ, установленном экспериментально.

Параметры «шатров» и их ориентировка

Азимут оси, град	Количество «шатров»	Средняя длина, L_{cp} , м	Средняя высота, h_{cp} , м
90	6	25	0,5
100	9	12	0,7
105	11	9	0,8
110	8	20	0,9
120	3	3	1
130	3	11	1
140	10	6	0,9
150	2	11	1,4

90	6	25	0,5
100	9	12	0,7
105	11	9	0,8
110	8	20	0,9
120	3	3	1
130	3	11	1
140	10	6	0,9
150	2	11	1,4

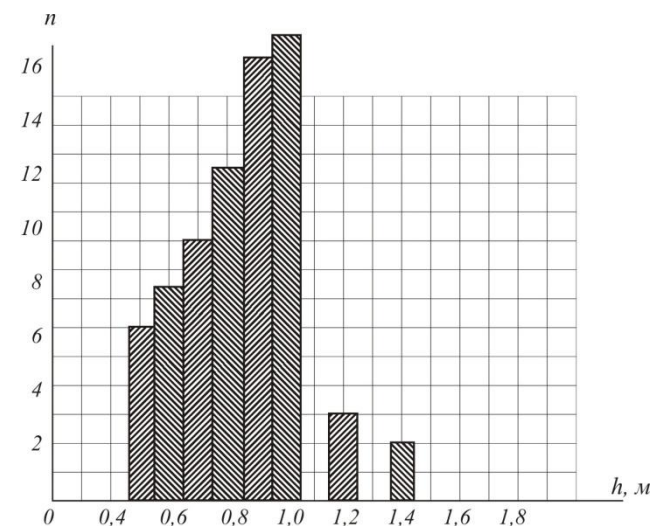


Рис.2. Гистограмма распределения количества «шатров» по их высоте.

Результаты комплексного инструментального изучения естественного поля напряжений Квайсинского месторождения, а также обследования состояния горных выработок и горного массива при сплошной системе разработки (с магазинированием руды) позволяют сформулировать следующие выводы и рекомендации:

– напряженно-деформированное состояние характеризуется величинами главных горизонтальных сил, достигающих на глубине 600 м 16-16,5 МПа, которые вносят существенные изменения в формирование поля напряжений вокруг выработок и являются ответственным за их устойчивость;

– при отработке месторождения основные горизонтальные выработки рекомендуется ориентировать в направлении действия максимального сжимающего вертикального напряжения, с отклонением оси выработки от этого направления ухудшает их состояние – увеличиваются затраты и растет разубоживание за счет разупрочнения пород в глубь массива;

– выработкам рекомендуется придавать «шатровую» форму с высотой шатра 0,5-1,0 м.