
© В.Н. Калмыков, Э.Ю.Мешеряков, В.В. Григорьев,
А.Н. Угрюмов, А.С. Юлин, 2009

УДК: 622.271.333.023.42

**В.Н. Калмыков, Э.Ю. Мешеряков, В.В. Григорьев,
А.Н. Угрюмов, А.С. Юлин**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРИ ДОРАБОТКЕ ПРИКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ
УЧАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ИХ
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ С ПОЗИЦИЙ ГЕОДИНАМИКИ**

Приведены результаты геомеханических исследований с учетом действия механизма изостатической компенсации на примере прикарьерного массива Учалинского месторождения.

Ключевые слова: прикарьерный массив, тектонические напряжения, карьер, скимающие напряжения.

Семинар № 17

*V.N. Kalmikov, E.J. Mesherjakov,
V.V. Grigoriev, A.N Ugrjumov,
A.S. Julin*

**THE RESULTS OF
GEOMECHANICAL RESEARCHES OF
CLOSE TO QUARRY STICKS OF THE
UCHALINS-KY DEPOSIT AND THEIR
INTERPRETATION FROM
GEODYNAMICS POSITION.**

The results of geomechanical researches taking into account the mechanism of isostatic compensation on the example of close to quarry massif of the Uchalinsky deposit are presented.

Key words: a close to quarry massif, tectonic pressure, quarry, pressure tension/

При открыто-подземной разработке Учалинского и Молодежного медноколчеданных месторождений (ОАО «УГОК», специалистами ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» в ходе решения задач по геомеханическому обоснованию технологических решений, на протяжении 1998-2005 гг. фиксировались в прикарьерном массиве месторождений методом щелевой разгрузки повышенные вертикальные напряжения. Значения вертикальных

напряжений составляли от 10 МПа на глубине 200 м в прибортовом массиве, до 25 МПа на горизонте 430 м в массиве ниже дна карьера. Зафиксированные напряжения в 1.5-2.5 раза превышают соответствующие уровни гравитационных напряжений практически на всех горизонтах рудника. Повышенный уровень вертикальных напряжений установлен также на участках пород, ограниченных по глубине от дна карьера искусственным массивом твердеющей закладки.

В течении нескольких лет повышенный уровень вертикальных напряжений в прикарьерном массиве объяснялся вертикальным распором, обусловленным действием субгоризонтальных тектонических напряжений. Данное предположение удовлетворительно подтверждалось результатами математического моделирования напряженного состояния прикарьерного массива в плоской постановке задачи. Однако, моделирование геомеханических процессов на объемной модели участка массива, вмещающего Учалинский карьер глубиной 350 м, показало, что учет ме-

ридиональной компоненты поля напряжений приводит к значительной компенсации преобладающих субширотных тектонических напряжений.

В поисках причин повышенных фактических напряжений в прикарьерном массиве, авторы настоящей работы обратились к результатам исследований в области геодинамики.

С позиций геодинамики, превышение вертикальными напряжениями уровня гравитационных напряжений в массиве основания и бортов карьера удовлетворительно объясняется реализацией механизма изостатической компенсации в литосфере [1, 2].

Суть механизма изостатической компенсации, применительно к условиям Учалинского карьера, заключается в том, что в результате формирования открытой выработки глубиной до 350 м с оболочки литосферы в контурах карьера фактически снимается поверхностная нагрузка от первых единиц до 10 МПа, что приводит к соответствующему перераспределению масс в недрах. Возникающие вертикальные деформации, обусловленные перераспределением масс, вызывают воздействие на придонный массив компенсирующих вертикальных напряжений с восходящим вектором.

Для определения значений вертикальных напряжений σ_z в прикарьерном массиве с учетом изостатической компенсации, на картину изолиний σ_z , полученную в результате математического моделирования напряженного состояния массива Учалинского месторождения в объемной постановке задачи, по поперечному разрезу южного участка карьера наложили изолинии исходного гравитационного поля напряжений (рис. 1). Суммированием значений вертикальных напряжений в прикарьерном массиве по результатам математического модели-

рования и градиента изостатической компенсации определены прогнозные величины напряжений σ_z в реальном горном массиве. Согласно проведенным аналитическим исследованиям, в нетронутом подземными работами прикарьерном массиве в пределах гор. 350-460 м уровень напряжений весьма стабилен и составляет 17-22 МПа (см. рис. 1). С учетом изостатической компенсации, вертикальные напряжения по всей высоте прибортового массива в 2-3 раза превышают значения по результатам математического моделирования в традиционной постановке задачи.

Полученная гипотетическая картина распределения напряжений весьма удовлетворительно согласуется с данными натурных замеров вертикальных напряжений в прикарьерном массиве Учалинского и Молодежного месторождений. Действием механизма изостатической компенсации также можно объяснить фиксируемое специалистами ООО «Уралмеханобр-УГМК» на протяжении нескольких лет аномальное подымание репера № 7261 на юго-восточной части борта Учалинского карьера с общим смещением до 30 мм.

Определив значительное влияние на напряженное состояние прикарьерного массива механизма изостатической компенсации масс в недрах, очевидно, имеет смысл оценка данного явления на устойчивость подрабатываемых подземными горными работами бортов карьера. Учитывая сложность проведения такой оценки аналитическим путем, поставлена задача математического моделирования геомеханического состояния прикарьерного массива с реализацией механизма изостатической компенсации.

Поставленная задача решена на плоской модели прикарьерного мас-

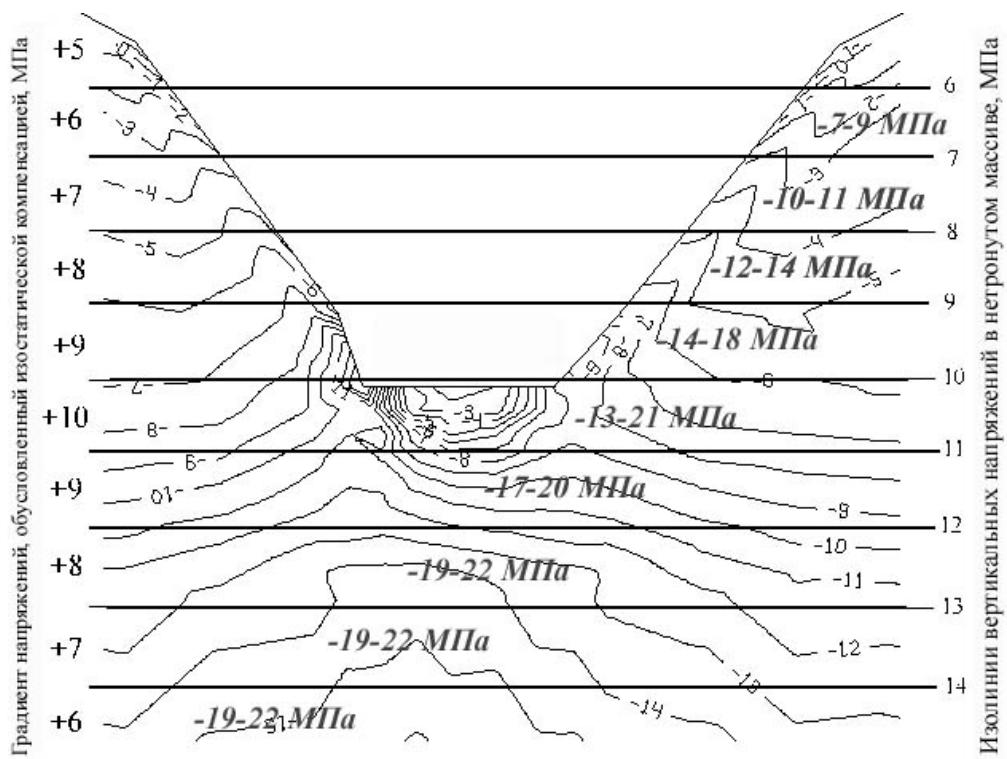


Рис. 1. Прогнозируемый уровень вертикальных напряжений в прикарьерном массиве с учетом действия механизма изостатической компенсации

сива Учалинского месторождения с помощью метода конечных элементов. При математическом моделировании напряженного состояния в массиве, в границах реализации механизма изостатической компенсации задавались начальные вертикальные напряжения с градиентом, согласно вышерассмотренной схеме (см. рис. 1).

Сопоставительный анализ распределения вертикальных напряжений в прикарьерном массиве по традиционной схеме моделирования (рис. 2, а) и с учетом изостатической компенсации (рис. 2, б) показал, что в прибрежном массиве выше уровня дна карьера при сохранении характера распределения напряжений, значения вертикальной компоненты

в 2-3 раза превышают соответствующие величины γН. Крупный участок прибрежного массива ниже уровня дна карьера отличается стабилизацией вертикальных напряжений на уровне 15-16 МПа (см. рис. 2, б), что в 1.5-2 раза выше значений соответствующей компоненты на данном участке без учета явления изостазии (см. рис. 2, а). В контурах рудного тела, практически на всем протяжении залежи по глубине сохраняется уровень вертикальных сжимающих напряжений 20-22 МПа.

Результаты математического моделирования геомеханического состояния прикарьерного массива показали, что учет явления изостазии обеспечивает повышение коэффициента запа-

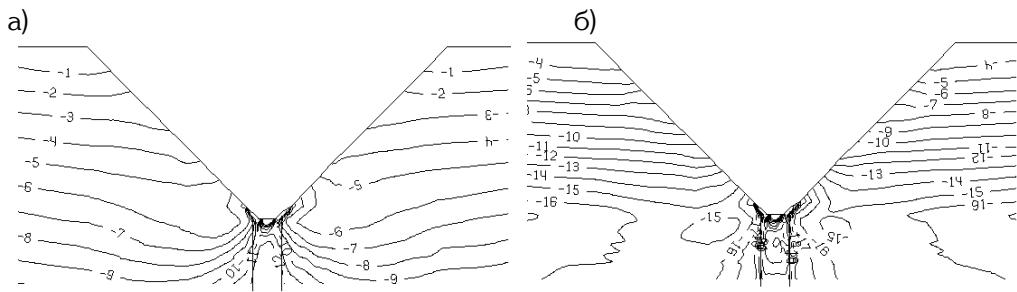


Рис. 2. Изолинии вертикальных напряжений σ_z на плоской модели без учета действия механизма изостатической компенсации (а) и при его реализации (б)

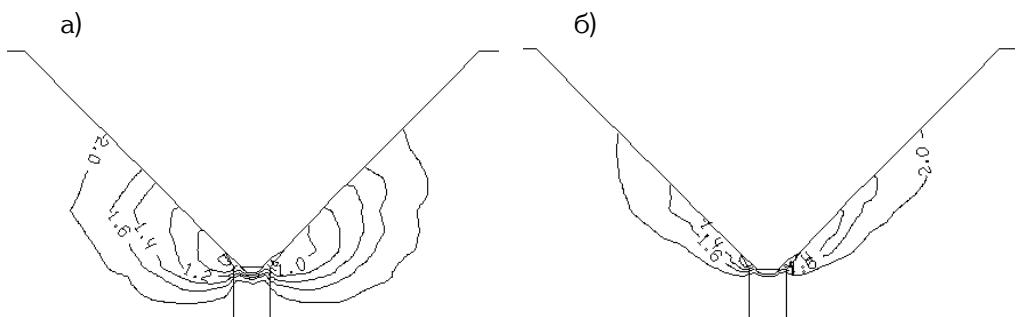


Рис. 3. Изолинии коэффициента запаса устойчивости K_{sy} на плоской модели без учета действия механизма изостатической компенсации (а) и при его реализации (б)

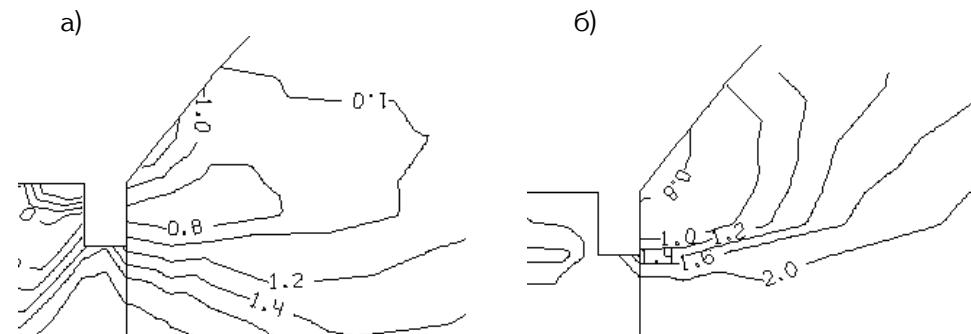


Рис. 4. Изолинии коэффициента запаса устойчивости K_{sy} при выемке запасов в основании карьера без учета действия механизма изостатической компенсации (а) и при его реализации (б)

са устойчивости K_{sy} бортов карьера в среднем в 1.5 раза (рис. 3).

Для оценки влияния механизма изостатической компенсации на устойчивость подрабатываемого борта Учалинского карьера, рассмотрен вариант

извлечения запасов рудного «треугольника» и камеры высотой 40 м, шириной 15 м в основании борта (рис. 4). Сопоставительный анализ результатов математического моделирования показал, что при учете явления

изостазии, более чем в 2 раза сокращается площадь потенциально неустойчивого участка с $K_{3y} \leq 1$ (см. рис. 4).

Выводы

1. Превышение вертикальными напряжениями уровня гравитационных напряжений в прикарьерном массиве Учалинского и Молодежного медноколчеданных месторождений, удовлетворительно объясняется реализацией механизма изостатической компенсации в литосфере.

2. Проведенные геомеханические исследования с учетом действия механизма изостатической компенсации на примере прикарьерного массива Учалинского месторождения показали следующее:

– в прибортовом массиве значения вертикальной компоненты в 1.5–3

раза превышают соответствующие величины γH ;

– участок массива, глубиной 80–100 м от дна карьера отличается стабильным уровнем вертикальных сжимающих напряжений 20–22 МПа;

– за счет роста нормальных напряжений в основании карьера повышается в 1.5 раза запас устойчивости бортов, в 2 раза сокращаются размеры потенциально неустойчивых прибортовых участков при их подработке подземными работами.

3. Обобщение результатов натурных замеров напряжений в прикарьерном массиве ряда других месторождений позволит оценить достоверность выдвинутой гипотезы и определить область реализации выявленных закономерностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аплонов С.В. Геодинамика. – СПб.: Из-во С.-Петерб. университета, 2001. – С. 360

2. Сашурин А.Д. Явления изостазии при разработке месторождений полезных ископаемых // Приложение результатов исследования полей напряжений к решению задач горного дела и инженерной геологии. - Апатиты: Кольский фил. АН СССР, 1985. - С. 27-31. ГИАБ

паемых // Приложение результатов исследования полей напряжений к решению задач горного дела и инженерной геологии. - Апатиты: Кольский фил. АН СССР, 1985. - С. 27-31. ГИАБ

Коротко об авторах

Калмыков В.Н. – зав. каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых, профессор, доктор технических наук,
Мещеряков Э.Ю. – доцент каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых, доцент, кандидат технических наук,
Угрюмов А.Н. – аспирант каф. подземной разработки месторождений полезных ископаемых,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
prmtpi@magtu.ru,

Григорьев В.В. – главный инженер ОАО «Учалинский ГОК».