

УДК 622.831

В.М. Серяков, А.А. Еременко, Г.Г. Монингер, В.Н. Филиппов
ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ВЕДЕНИЯ
ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПОД РЕКОЙ НА ШЕРЕГЕШЕВСКОМ
МЕСТОРОЖДЕНИИ

С помощью математического моделирования выполнена оценка перераспределения полей напряжений в массиве горных пород при развитии очистных работ на одном из участков Шерегешевского рудного месторождения, расположенного под рекой. Даны рекомендации по выбору порядка отработки и размерам рудных целиков, обеспечивающих устойчивое состояние подработанного массива.

Ключевые слова: рудное месторождение, варианты отработки, моделирование, напряжения, деформации, рудный целик.

Шерегешевское железорудное месторождение расположено в сейсмически активном районе Алтае-Саянской складчатой области, где наблюдаются современные тектонические движения земной коры. Разрабатывается оно подземным способом, глубина ведения горных работ колеблется от 300 до 600 м. Руды и породы Шерегешевского месторождения высокомодульные среды, хрупко разрушаются под нагрузкой и способны накапливать значительную энергию упругих деформаций. Проявления горного давления в динамической форме отмечены с глубины 300 м в формах интенсивного заколообразования и стреляния горных пород, а с увеличением глубины — внезапного обрушения, толчков и микроударов. Рудное поле месторождения представляет собой мощную рудно-скарновую зону субширотного простирания длиной более 2 км. Вмещающие породы состоят из скарнов, альбитофиров, порфиритов, сиенитов, мраморизованных известняков и гранитов. Рудные тела линзообразные, крутого падения, мощностью от 2 до 100 м [1].

В рудной зоне находится семь участков. Горные работы проводятся на шести горизонтах (гор. +525 — +115 м), причем очистные работы достигли глубины 470 м, горно-капитальные — 600 м. В течение года на месторождении проходится свыше 2000 м подготовительных и более 12500 м нарезных выработок, добывается от 2 до 4,5 млн т руды.

Значительные запасы богатых руд участка Подрусловый Шерегешевского месторождения сосредоточены в охранном целике под рекой Большая речка. В настоящее время на этом участке вне охранного целика отработаны 3 рудных блока в этаже (+255 — +325) м и 3 рудных блока в этаже (+185 — +255) м. За границей охранного целика находится и планируемый к отбойке четвертый рудный блок в этаже (+185 — +255) м. Все остальные блоки этого этажа находятся в охранном целике. Предполагаемая технология отработки запасов руды с закладкой отработанного пространства в ближайшее время не может быть реализована по техническим и экономическим причинам.

Технические службы ОАО «Евразруда» и Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда» на период подготовки и запуска закладочного комплекса разработали ряд схем ведения горных работ в этажах (+185 — +255) и (+115 — +185) м, которые могут обеспечить планируемый объем добычи руды на участке Подрусловый и не нарушить устойчивость пород в охранном целике. Вместе с тем их применение требует проведения дополнительных исследований поведения окружающего породного массива при развитии очистных работ. С этой целью выполнена оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке рудных запасов в охранном целике под реку Большая речка. Исследования выполнены с помощью математического моделирования — методом конечных элементов [2, 3].

Исходное напряженное состояние массива было принято соответствующим данным натурных наблюдений: на глубине H вертикальное напряжение $\sigma_y = \gamma H$, где γ — объемный вес налегающих пород, H — расстояние до земной поверхности; горизонтальное напряжение в плоскости рассматриваемого сечения $-\sigma_x = 2\gamma H$. Задача решалась для условий плоской деформации, предполагающей значительность размеров рудного тела в направлении, перпендикулярном плоскости рассматриваемого сечения. Рассчитанные в таком приближении величины напряжений в зонах их концентрации будут максимально возможными, что делает полученную оценку наиболее «жесткой». Механические свойства рудного тела и вмещающих пород при моделировании были приняты следующими: модуль Юнга $E = 90000$ и 75000 МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,29$ и $0,25$, соответственно. Все данные отвечают результа-

там экспериментальных исследований пород Шерегешевского месторождения [4]. Объемный вес налегающей толщи составлял $0,03$ кН/м³. Напряженное состояние рассматривалось в вертикальном сечении по простиранию месторождения (СЗ-ЮВ).

Геомеханическая ситуация была рассмотрена для ряда наиболее характерных этапов развития очистных работ на участке Подрусловый: а) отработаны три блока в этаже (+255 — +325) м и три блока в этаже (+185 — +255) м (рис. 1); б) в дополнение к отработанным блокам погашен четвертый блок в этаже (+185 — +255) м; в) отработан разрезной блок в этаже (+185 — +255) м; г) отработано по одному блоку от разрезного в северо-западном и юго-восточном направлениях; е) отработано по два блока от разрезного в северо-западном и юго-восточном направлениях; ж) отработаны три рудных блока на юго-восточном фланге рудного тела в этаже (+115 — +185) м.

Для представления об особенностях геомеханического состояния породного массива в районе ведения очистных работ на каждом анализируемом этапе отработки рудного тела приведены распределения первого, второго главных σ_1 и σ_2 и максимальных касательных напряжений τ_{\max} .

Ситуация, показанная на рис. 1, соответствует состоянию очистных работ до момента начала отработки рудных блоков в охранном целике под реку. Обращает на себя внимание образование обширных зон действия растягивающих напряжений вблизи вертикальных границ отработанного пространства и формирование областей концентрации сжимающих и максимальных касательных напряжений в днище отработанного пространства в районе последующей выемки руды этажа (+115 — +185) м.

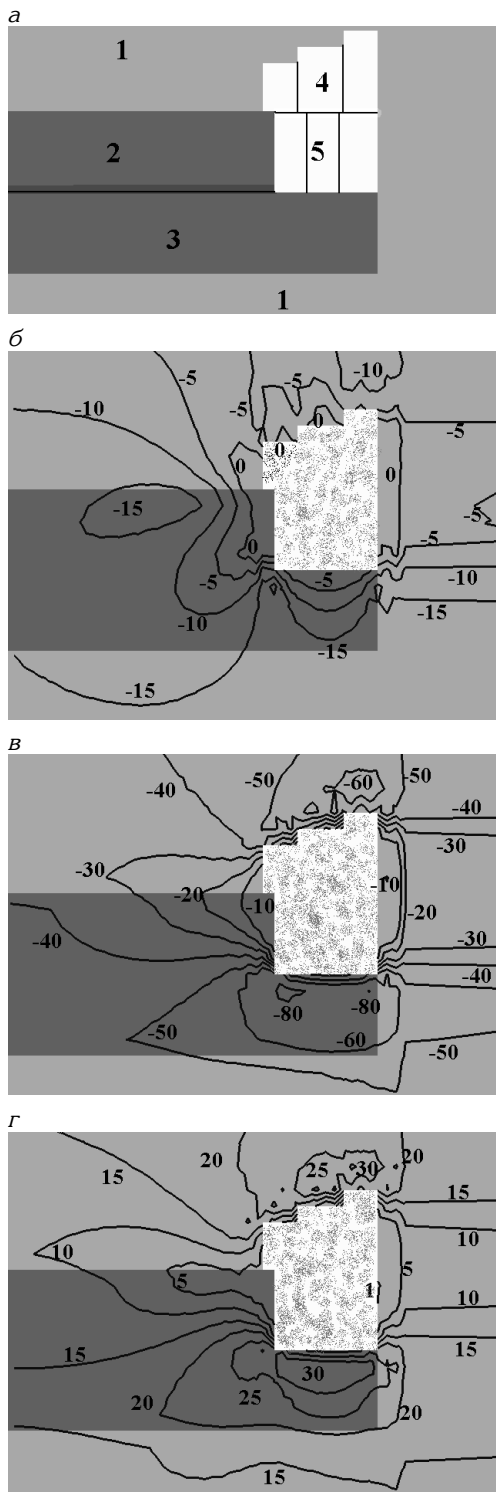


Рис. 1. Состояние очистных работ на участке Подрусловый и характер распределения напряжений в рудном и вмещающем массивах на рассматриваемый момент времени: а: 1 — вмещающие породы, 2 — рудное тело в этаже (+185 — +255) м, 3 — рудное тело в этаже (+115 — +185) м, 4 — отработанные блоки в этаже (+255 — +325) м, 5 — отработанные блоки в этаже (+185 — +255) м; б — первое главное напряжение σ_1 ; в) второе главное напряжение σ_2 ; г — максимальные касательные напряжения τ_{\max} ; —80 — 30 — изолинии напряжений в МПа

На рис. 2 дано распределение напряжений для варианта образования разрезного блока в этаже (+185 — +255) м. Наиболее характерные особенности геомеханического состояния рудного тела и вмещающего массива состоят в следующем: низкий уровень сжимающих и касательных напряжений в рудном целике этажа (+185 — +255) м между разрезным блоком и сформированном ранее очистным пространством; перераспределение напряжений сжатия и максимальных касательных напряжений в днищах отработанных блоков со снижением их уровня в почве ранее погашенных блоков.

При развитии очистных работ от разрезного блока в обоих направлениях в центральной части рудного целика происходит формирование области растягивающих напряжений. Кроме того, при ширине рудного целика равной или превышающей ширину двух рудных блоков, концентрация сжимающих и максимальных касательных напряжений в нем незначительна. Существенный рост вертикальных сжимающих и максимальных касательных напряжений с образованием значительной области действия растягивающих напряжений в рудном целике происходит, когда его ширина становится равной ширине одного блока. Создаются условия разрушения рудного целика (рис. 3).

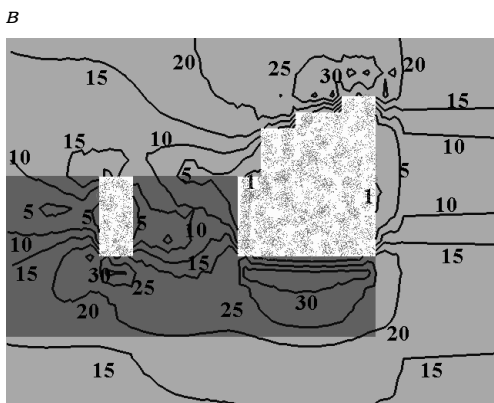
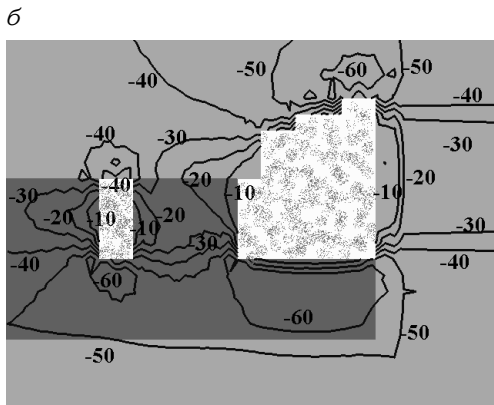
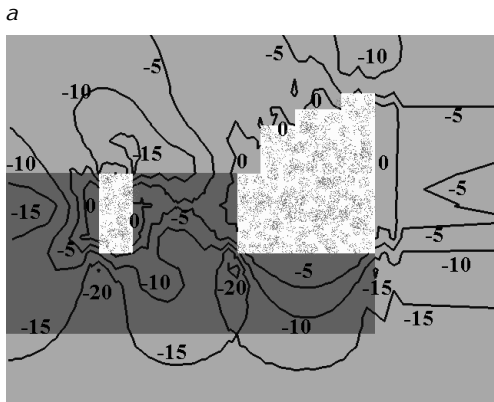


Рис. 2. Напряженное состояние рудного и вмещающего массивов после отработки разрезного блока в этаже (+185 — +255) м: а — первое главное напряжение σ_1 ; б — второе главное напряжение σ_2 ; в — максимальные касательные напряжения τ_{\max}

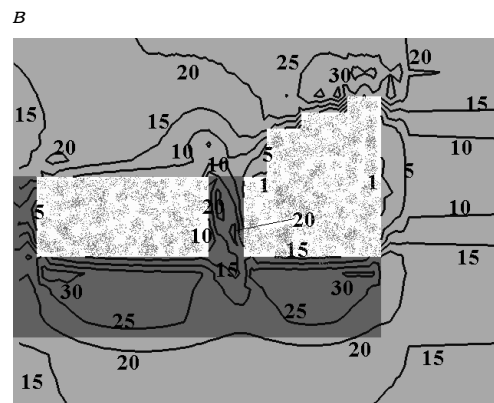
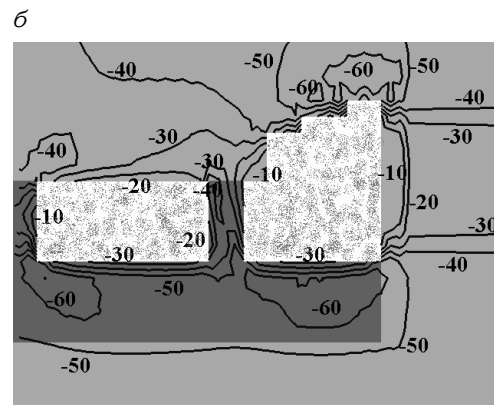
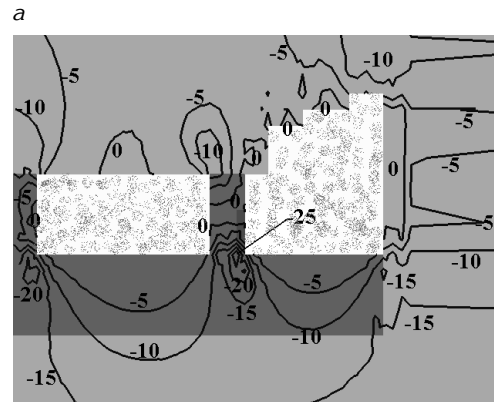


Рис. 3. Характер напряженного состояния породного массива после отработки в районе разрезного блока двух блоков в северо-западном и двух блоков в юго-восточном направлениях: а — первое главное напряжение σ_1 ; б — второе главное напряжение σ_2 ; в — максимальные касательные напряжения τ_{\max}

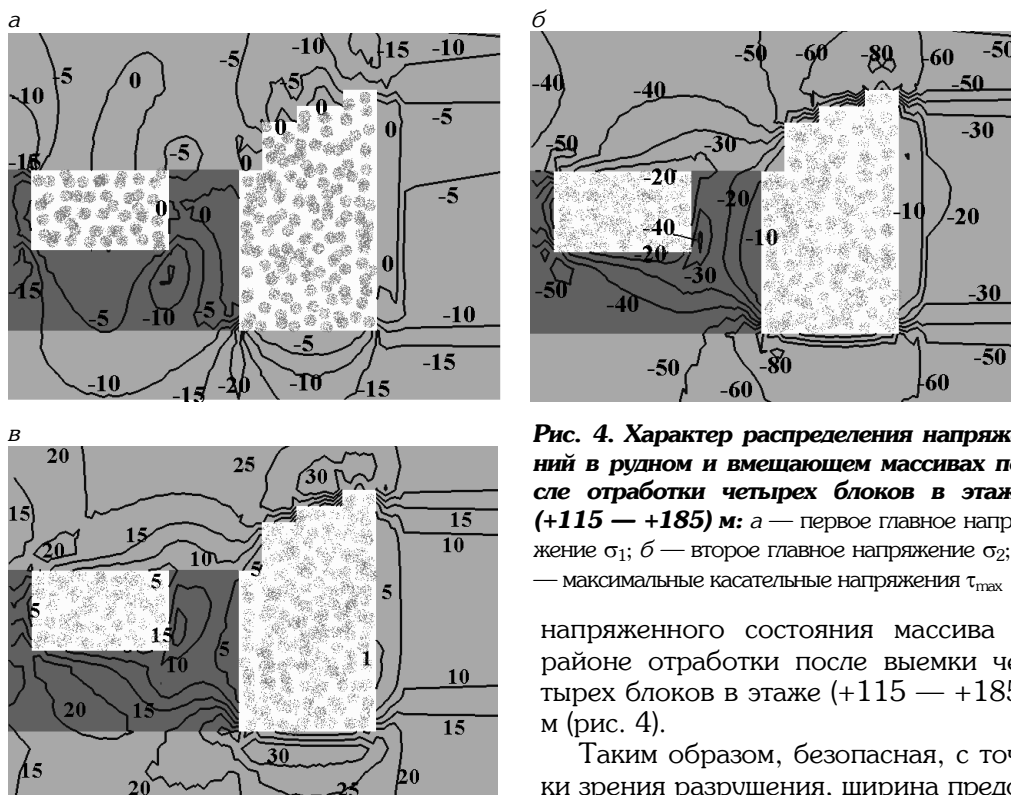


Рис. 4. Характер распределения напряжений в рудном и вмещающем массивах после отработки четырех блоков в этаже (+115 — +185) м: а — первое главное напряжение σ_1 ; б — второе главное напряжение σ_2 ; в — максимальные касательные напряжения τ_{\max}

Моделирование отработки участка Подрусловый в нижележащем этаже с сохранением рудного целика в этаже (+185 — +255) м показывает, что здесь его ширина должна быть более чем ширина двух рудных блоков. Такой вывод можно сделать при анализе

напряженного состояния массива в районе отработки после выемки четырех блоков в этаже (+115 — +185) м (рис. 4).

Таким образом, безопасная, с точки зрения разрушения, ширина предохранительного целика в рудном теле в этаже (+185 — +255) м должна быть не менее ширины двух технологических блоков. При отработке рудных запасов в этаже (+115 — +185) м ширину предохранительного рудного целика необходимо увеличить до ширины трех рудных блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. — Новосибирск: Наука, 2001.
 2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
 3. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. — М.: Недра, 1987. — 224 с.
 4. Еременко А.А., Серяков В.М. Геомеханическое обоснование порядка отработки близких участков Шерегешевского месторождения. Труды международной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» — Новосибирск: Институт горного дела Сибирское отделение РАН, 2004. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Серяков Виктор Михайлович — доктор технических наук, профессор, гл. научный сотрудник, Еременко Андрей Андреевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт горного дела СО РАН, uze@ngs.ru
 Монингер Гарри Гейнрихович — директор, Филиппов Владимир Николаевич — заместитель главного инженера, Горно-Шорский филиал ОАО «Евразруда», +7(38473) 3-30-23.