

УДК 622.831; 622.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА

Штирц В.А., начальник участка ППГУ,
Таштагольский филиал ОАО "Евразруд", г. Таштагол,
Еременко А.А., доктор техн. наук, профессор,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск,
Гахова Л.Н., старший научный сотрудник,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск

Проведена оценка параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) массива при изменении выработанных пространств на северном фланге Восточного участка Таштагольского месторождения и Подрудлового участка Шерегешевского месторождения методом математического моделирования (рис. 1, 2). На Восточном участке отрабатываются блоки №№ 4-6 системой разработки этажного принудительного обрушения и камеры № 3-5 с закладкой выработанного пространства. На Подрудловом участке слепое рудное тело отрабатывается вариантами этажно-камерной системы разработки (блоки №№ 1-9 в этаже 185-255 м) и подэтажным обрушением с самоходной техникой (блоки в этажах 120-164 м и более). При этом дана оценка изменения состояния массива горных пород в районе выработанных пространств с их увеличением.

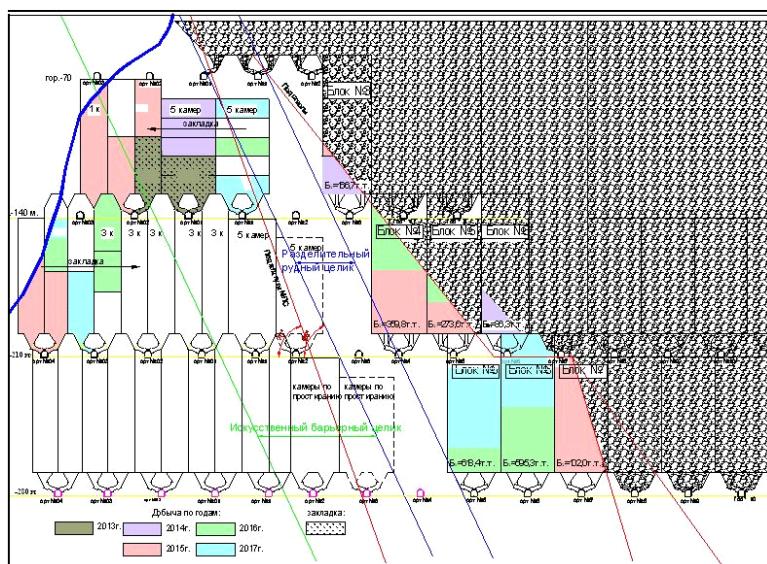


Рис. 1. Схема расположения Восточного участка

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

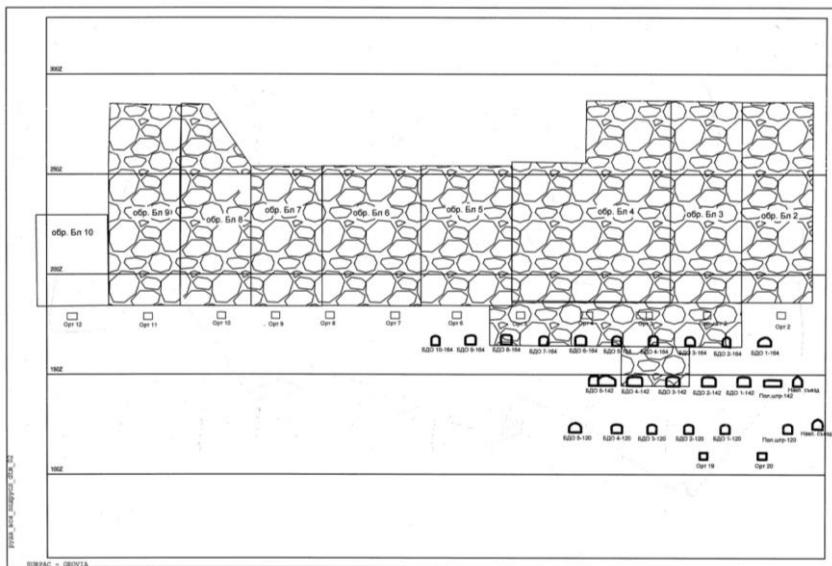


Рис. 2. Схема расположения блоков и выработанного пространства на участке Подрусловый

Напряжения в массиве определяются весом пород и коэффициентом бокового отпора в ненарушенном массиве. В локальной системе координат в вертикальном направлении действует напряжение $\sigma_y = \gamma H$, где H – глубина, м, γ – удельный вес пород, горизонтальные напряжения: $\sigma_x = \lambda \gamma H$; где λ – коэффициенты бокового отпора ($\lambda=3,2$). Для условий месторождений интегральная характеристика $\gamma = 2,9$ г/см². Сцепление массива изменяется в диапазоне 16 \div 36 МПа, то с учетом коэффициента структурного ослабления критическая величина σ_s^{krym} принимается для слабых пород 3 МПа ($\sigma_s \geq 3$ МПа), для крепких – 12 МПа ($\sigma_s \geq 10$ МПа) [1-3].

Результаты расчётов представлены в виде графиков изолиний компонентов тензора напряжений σ_x (в горизонтальном направлении), σ_y (в вертикальном направлении) и напряжениями σ_s , сравниваемыми со сцеплением массива и позволяющими для анализа воспользоваться критерием Кулонна-Мора.

Напряженное состояние на конец 2015 г. характеризуется разгрузкой массива разделительного целика в отм. -70 \div -140 м от действия горизонтальных напряжений (рис. 3а). При этом вертикальные напряжения, сопоставимые с пределом прочности на сжатие, формируются в районе уступа отработанного пространства на отм. -60 м (рис. 3б). В нижней части блока 6 (отм. -210 \div -280 м) сформирована зоны концентрации и σ_x и σ_y , в которых вертикальные напряжения превышают предел прочности на сжатие. Такое перераспределение напряжений способствует формированию зон неупругих деформаций как в нижней части блоков 6 и 7, так и в кровле отработанного пространства в отм. -60 \div -80 м. (рис. 4). Неотработанная часть блока № 4 полно-

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

стью разгружена и от вертикальных, и от горизонтальных напряжений, что способствует формированию в ней неупругих деформаций, охватывающих практически всю эту область.

Доработка рудных запасов в 2016-2017 гг. части блоков № 6 и № 5 в отм. -210 \div -280 м на состояние разделительного целика в отм. -70 \div -210 м повлияет незначительно (рис. 5-7). В нижней части борта блока № 5 — зоны концентрации горизонтальных (до -110 МПа) и вертикальных (до -60 МПа) напряжений. Неупругие деформации в борту блока № 5 займут области: для слабых пород — сопоставимые с площадью блока, для крепких — значительную часть прибортового массива (рис. 7). Ситуация в верхней части разделительного целика (в отм. -200 \div -60 м) в 2017 г. сравнима с ситуацией конца 2016 г.: целик разгружен от σ_x , сжимающие σ_y не превышают - 60 МПа. Область неупругих деформаций охватывает всю верхнюю часть целика.

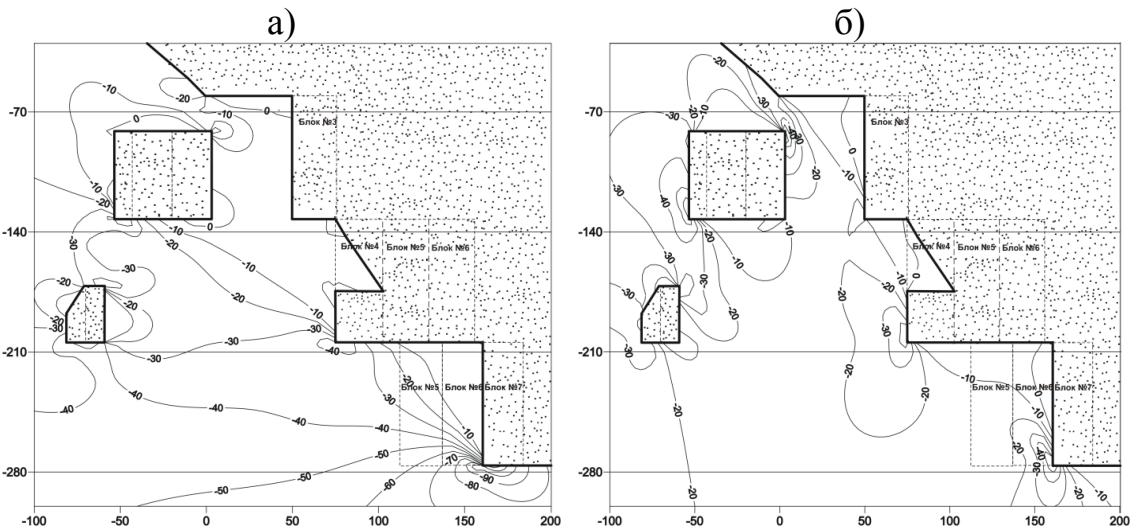
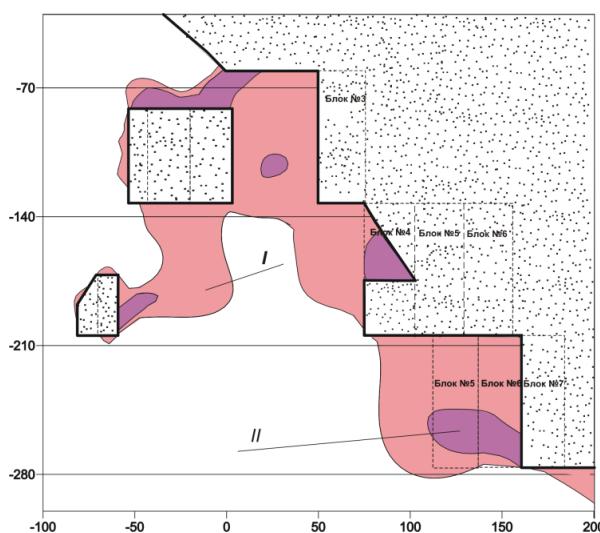


Рис. 3. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) напряжения (МПа) массива в отм. -70 \div -280 м по состоянию на конец 2015 г.



Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рис. 4. Зона неупругих деформаций массива в отм. -70÷ -280 м по состоянию на конец 2015 г.: I – для малопрочных пород, II – для прочных пород

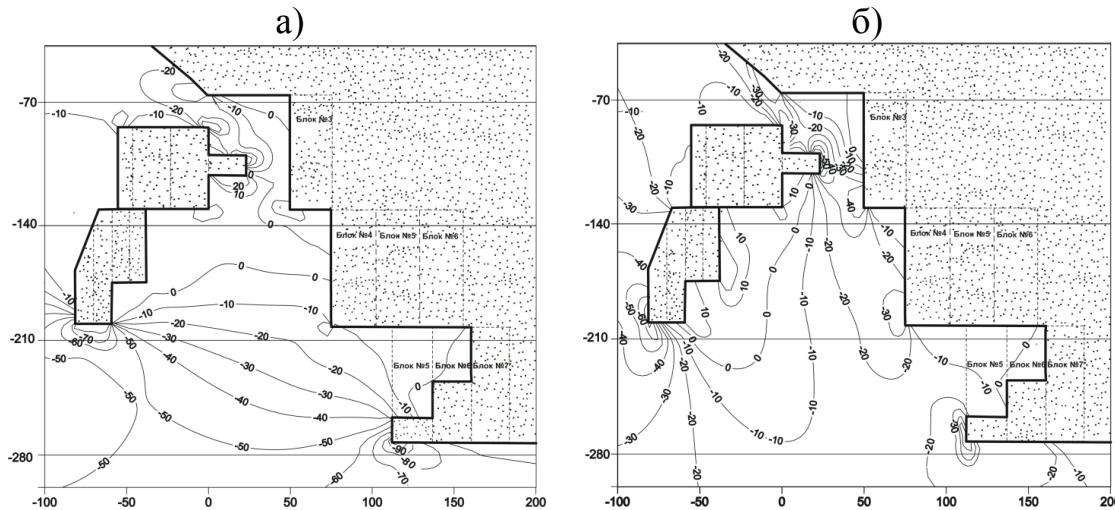


Рис. 5. Прогноз горизонтальных (а) и вертикальных (б) напряжений (МПа) в отм. -70÷ -280 м по состоянию на конец 2016 г.

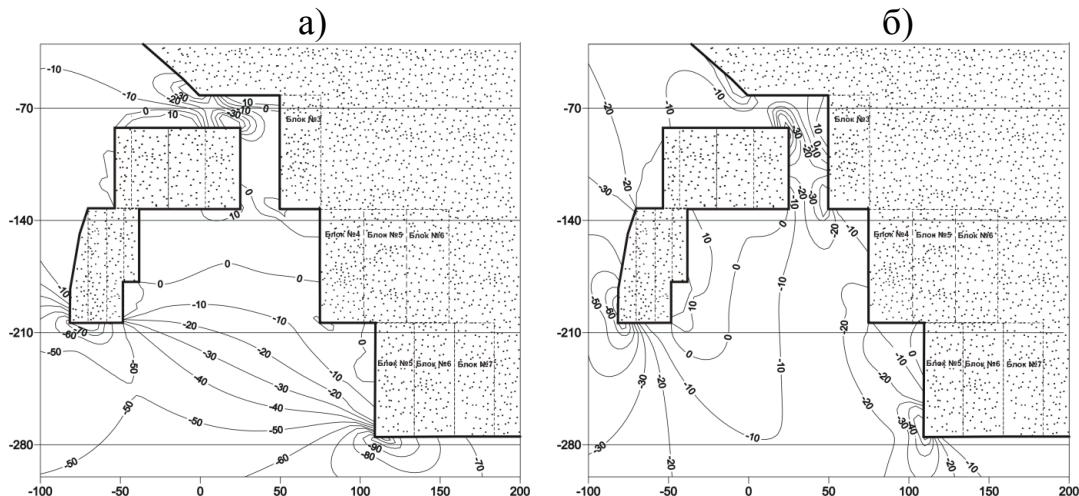


Рис. 6. Прогноз горизонтальных (а) и вертикальных (б) напряжений (МПа) целика в отм. -70÷ -280 м по состоянию на конец 2017 г.

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

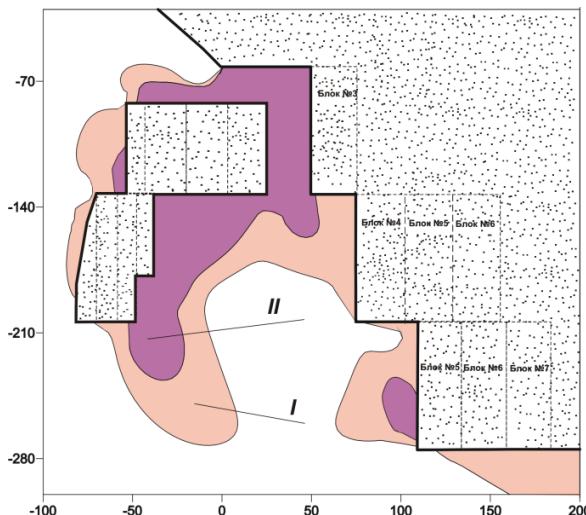


Рис. 7. Зона неупругих деформаций в целике в отм. -70÷ -280 м по состоянию на конец 2017 г.: I – для малопрочных пород, II – для прочных пород

Оценка геомеханического состояния массива горных пород в районе Подруслового участка показала, что напряженное состояние надработанного массива после отработки блоков 2 – 9 характеризуется действием значительных горизонтальных напряжений (до 45 МПа под дном отработанного массива и до 80 МПа в зонах концентрации вблизи угловых точек, рис. 8); вертикальные напряжения определяются, в основном, весом обрушенных пород (рис. 9); зоны неупругих деформаций для слабых пород вглубь массива удалены на расстояние не более 10 – 12 м (рис. 10).

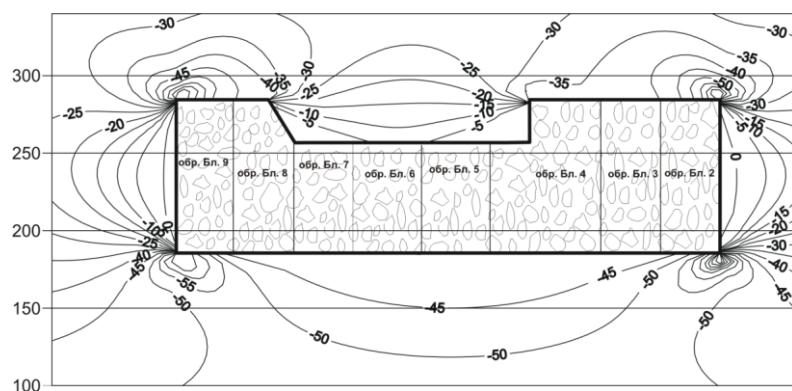


Рис. 8. Горизонтальные напряжения (МПа) массива после отработки блоков № 2-9

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

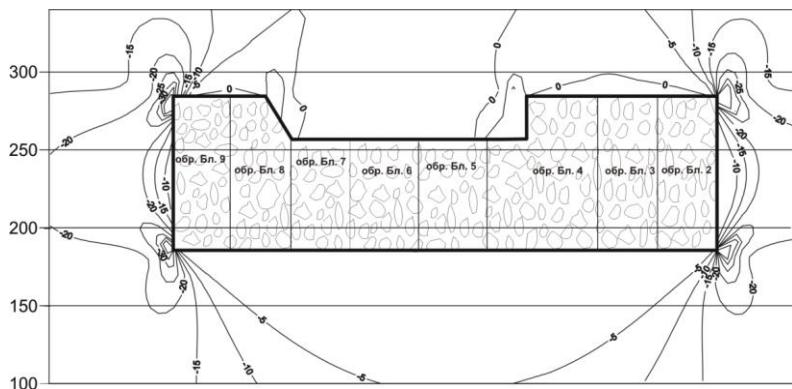


Рис. 9. Вертикальные напряжения (МПа) массива после отработки блоков № 2-9

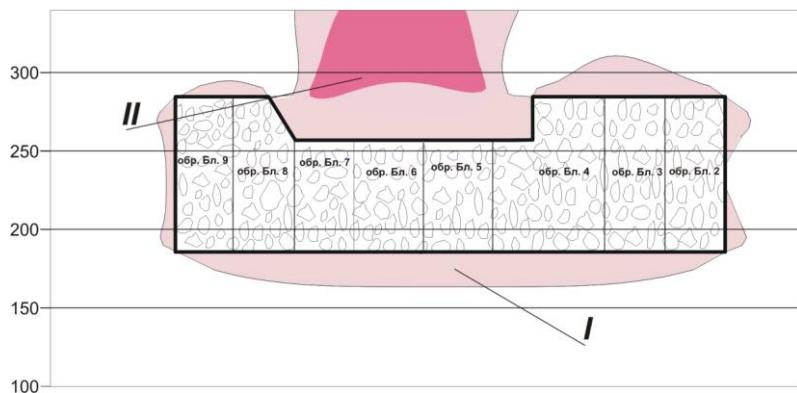


Рис. 10. Зоны неупругих деформаций в массиве после отработки блоков № 2-9: I – неупругие деформации слабых пород; II – неупругие деформации крепких пород

Понижение горных работ (отработка залежей в отм. 140 – 190 м) привела к формированию горизонтальных напряжений в почве отработанного массива (до 90 МПа, рис. 11). В то же время, борта разгружаются от действия как горизонтальных, так и вертикальных напряжений (рис. 11, 12), что способствует формированию здесь зон неупругих деформаций даже для крепких пород (рис. 13).

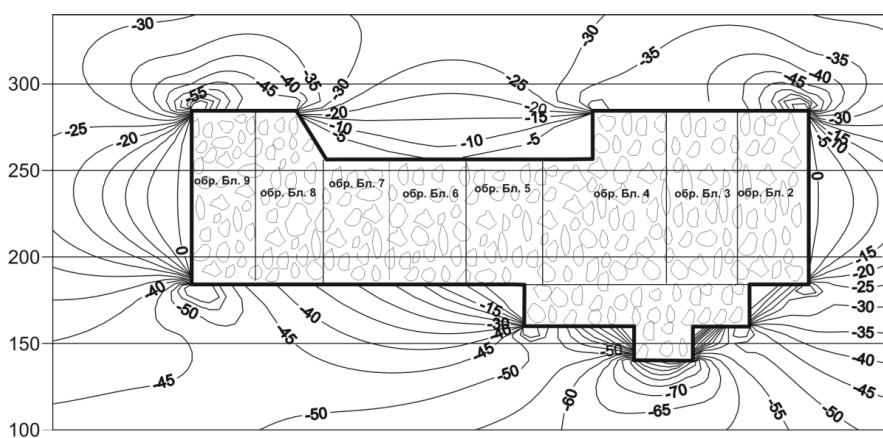


Рис. 11. Горизонтальные напряжения (МПа) массива после отработки запасов в отм. 140 – 190 м

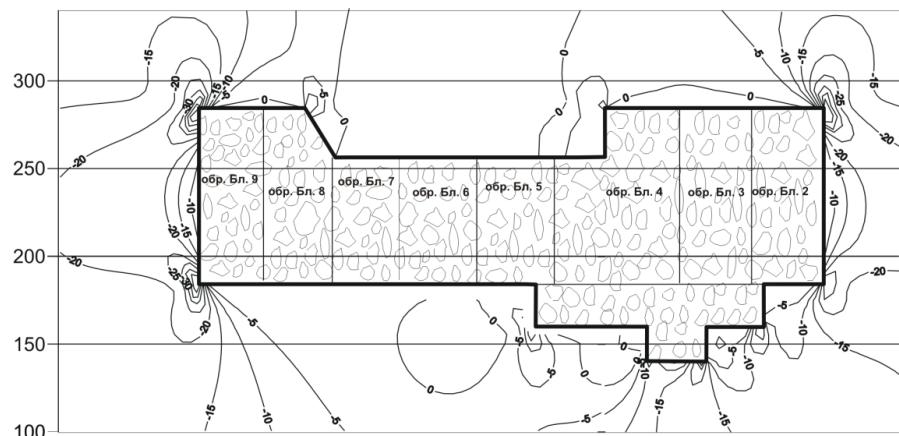


Рис. 12. Вертикальные напряжения (МПа) массива после отработки запасов в отм. 140 – 190 м

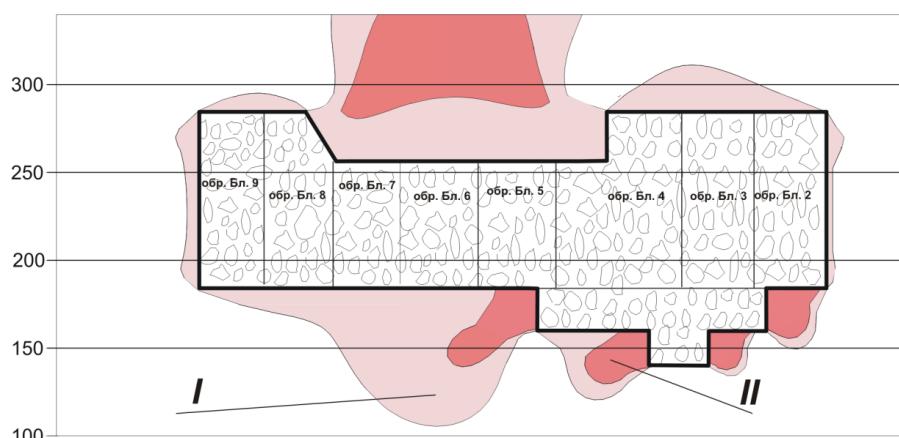


Рис. 13. Зоны неупругих деформаций в массиве после отработки запасов в отм. 140 – 190 м: I – неупругие деформации слабых пород; II – неупругие деформации крепких пород

Выводы

1. Даны оценка НДС массива при увеличении выработанного пространства и изменение порядка отработки блоков на северном фланге Восточного участка Таштагольского месторождения. Установлено, что в конце 2015 г. напряженное состояние характеризуется разгрузкой массива предохранительного целика в отм. $-70 \div -140$ м от действия горизонтальных напряжений, при этом вертикальные напряжения располагаются в районе уступа на отм. -60 м. Зоны неупругих деформаций формируются в нижней части блоков № 6 и 7 и в кровле пространства в отм. $-60 \div -80$ м. Область неупругих деформаций возникает в неотработанной части блока № 4.

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2. Развитие очистных работ в 2016 г. позволит формировать в верхней части предохранительного целика (отм. $-70 \div -140$ м) зоны неупругих деформаций. Неотработанная часть блока № 5 и 6 (отм. $-280 \div -210$ м) разгружена от горизонтальных и вертикальных напряжений. В 2017 г. части блоков № 6 и 5 в отм. $-210 \div -280$ м на состояние целика не окажут влияния, при этом состояние верхней части целика ($-200 \div -600$ м) сравнимо с ситуацией конца 2016 г.: область неупругих деформаций охватывает всю верхнюю часть целика.

3. Оценка геодинамического состояния массива горных пород в районе Подруслового участка показала, что отработка блоков этажно-камерной системой разработки характеризуется действием высоких горизонтальных напряжений (от 45 МПа под дном выемки и до 80 МПа вблизи угловых точек; зоны неупругих деформаций для слабых пород удалены вглубь массива на расстояния не более 10-12 м. Понижение горных работ с применением системы подэтажного обрушения приводит к формированию горизонтальных напряжений до 90 МПа в почве выемки, при этом борта разгружаются от действия горизонтальных и вертикальных напряжений, что способствует формированию неупругих деформаций.

Список литературы:

1. Еременко А.А., Еременко В. А., Гахова Л. Н. Влияние порядка отработки рудных залежей и технологических блоков на НДС вмещающего массива в условиях полиметаллического месторождения // Вестник КузГТУ. — 2015. — № 2. — С. 8-16.
2. Eremenko A. A., Gakhova L. N., Eremenko V. A. Effect mining sequence on stress-strain state of a rock mass enclosing a complex ore deposit // Miner week - 2015; Reports of the XXIII International scientific symposium, 2015. — pp. 403-410.
3. Барышников В.Д., Барышников Д.В., Гахова Л.Н., Качальский В.Г. Геомеханический мониторинг при разработке полезных ископаемых // ФТПРПИ. – Новосибирск. – 2014. – № 5.