

3. Калинин А.Р. Эффективность использования метода математического моделирования при определении рациональных параметров инъекционного упрочнения неустойчивого горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. № 8. С. 25 – 27.
4. Ануфриев В.Е., Барковский В.В., Власенко Б.В., Харитонов В.Г., Цыцаркин В.Н. Исследования свойств новых типов анкеров для упрочнения приконтурного массива горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 1. С. 110 – 116.
5. Хямляйнен В.А., Бурков Ю.В., Сыркин П.С. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок. – М.: Недра, 1996, – 400 с.
6. Чубриков А.В., Марков А.С., Хрипков В.В. Технология упрочнения зон нарушения полимерной смолой для сохранения высоких нагрузок на очистной забой // Уголь. 2005. № 5. С. 44 – 49.
7. Дыскин А.И., Риб С.В., Никитина А.М., Любогощев В.И. Разработка способа перехода разрывного нарушения комплексно-механизированным забоем в условиях ООО «Шахта «Алардинская». – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научн. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 29 – 31.
8. Клишин Н.К., Склепович К.З. Геомеханические основы упрочнения горных пород на сопряжениях лав с выработками // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 4. С. 188 – 190.
9. Майоров А.Е. Упрочнение и напряженное армирование приконтурного массива горных пород при проходке горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 3. С. 326 – 331.
10. Бурков Ю.В. Совершенствование методики определения основных параметров инъекционного упрочнения породных массивов // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. 2012. № 4 (92). С. 40 – 42.

© 2016 г. А.В. Чубриков, С.В. Риб
Поступила 01 июня 2016 г.

УДК 622.831

В.О. Шеховцова

Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛЕПЫХ СБЛИЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Основная часть разведанных запасов перспективных железорудных месторождений Горной Шории представлена слепыми рудными залежами, которые в большинстве случаев являются сближенными. При их отработке происходит активизация процессов сдвижения подработанных пород и возникают зоны опасных сдвижений при взаимном влиянии выработанных пространств.

Отработка слепых рудных тел, в основном, ведется высокопроизводительными системами разработки с принудительным обрушением руды и вмещающих пород. Если слепые рудные залежи залегают на небольшой глубине от

земной поверхности или налегающие породы неустойчивые, то полное их самообрушение происходит в естественных условиях.

Однако разработка слепых залежей в устойчивых породах или на больших глубинах связана со сложностью управления горным давлением вследствие зависания пород кровли над пустотами значительных объемов после выпуска руды. Такая ситуация возникает при устойчивых, не склонных к самообрушению породах в пределах свода естественного равновесия. В этом случае состояние горного массива и земной поверхности является опасным, так как создается угроза промышленной и эко-

логической безопасности из-за внезапного обрушения подработанных горных пород и земной поверхности [1].

В этой связи разработка технологических решений для управления процессами деформирования подработанных вмещающих пород и обеспечения эффективной и безопасной отработки сближенных слепых железорудных залежей на больших глубинах и в устойчивых породах остается актуальной научно-практической задачей.

Определяющими группами факторов, обуславливающих возникновение опасных динамических явлений, являются природные и техногенные составляющие [2]. К природным относят наличие скальных разномодульных пород, способных накапливать потенциальную энергию упругого сжатия, неоднородности полей напряжений и деформационных процессов в массиве. Техногенную группу составляют факторы, характеризующие конструктивные параметры систем разработки, технологию выемки и организацию работ.

Одним из управляемых горно-технологических факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние геомассива, являются порядок и направление отработки блоков и этажей [3 – 6].

В настоящей работе объектом для исследования влияния порядка отработки этажей является геомассив с двумя слепыми рудными телами, разделенными породным прослоем.

Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) массива в качестве базового принят численный метод конечных элементов (МКЭ) [7].

Для адаптации алгоритма и программного обеспечения метода конечных элементов к модели массива и последующего расчета параметров напряженно-деформированного состояния в опасных зонах в естественных массивах была использована двухмерная геометрическая модель размером по горизонтальной оси OX 968 м, а по вертикальной оси OY 465 м. Модель включает слепые сближенные рудные залежи и породные слои с различными физико-механическими характеристиками. В зависимости от требуемой точности результатов количество слоев может быть в пределах 2 – 100, а их мощность 0,05 – 100 м (рис. 1).

Методом конечных элементов проведено моделирование напряженно-деформированного состояния массива при различных вариантах схем отработки слепых сближенных рудных тел – параллельной и последовательной выемке запасов руды в этажах. При параллельном порядке предусматривается одновременная поэтажная отработка двух сближенных залежей (рис. 1, а). При последовательной схеме отработка ведется в два этапа – поэтажная отработка одной залежи, затем поэтажная отработка второй (рис. 1, б).

По результатам моделирования определены дополнительные горизонтальные и вертикальные смещения вершин конечных элементов; дополнительные горизонтальные и вертикальные деформации породы в конечных элементах и дополнительные горизонтальные и вертикальные напряжения в конечных элементах (рис. 2) (ввиду большого объема полученных в результате моделирования данных представлены изолинии распределения деформаций, напряжений и смещений в горном массиве

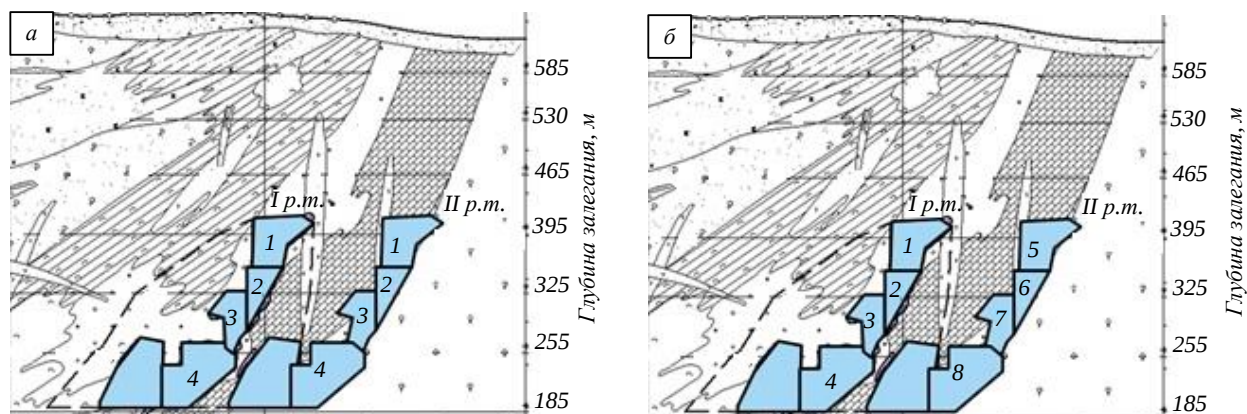


Рис. 1. Варианты порядка отработки слепых сближенных рудных залежей при параллельном (а) и последовательном (б) направлении отработки:

1 – 8 – номер порядка отработки блоков в этажах

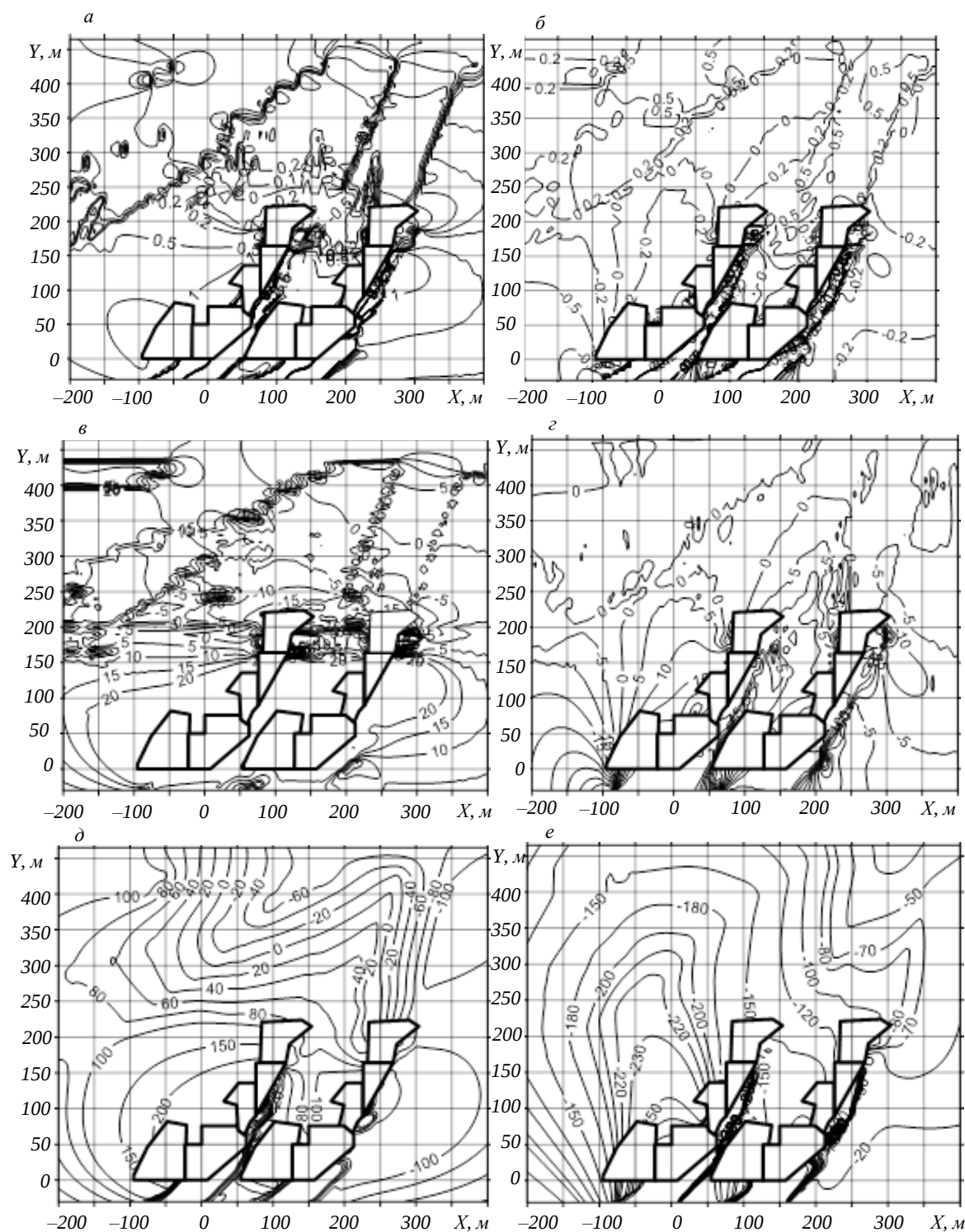


Рис. 2. Изолинии распределения деформаций, напряжений и смещений в горном массиве под влиянием выработок: а и б – горизонтальные и вертикальные деформации; в и г – горизонтальные и вертикальные напряжения, МПа; д и е – горизонтальные и вертикальные смещения, мм

под влиянием выработок на момент полной отработки двух слепых сближенных залежей).

Количественные значения исследуемых дополнительных горизонтальных и вертикальных деформаций, напряжений и смещений в целике между слепыми сближенными рудными залежами представлены на рис. 3 – 5 соответственно.

На основе проведенных исследований и анализе результатов установлено, что горизонтальные деформации в целике при последовательной отработке второй слепой сближенной залежи увеличиваются на момент отработки вышележащего этажа в 1,6 раза, далее при отработке нижележащих этажей горизонтальные деформации равнозначны деформациям при

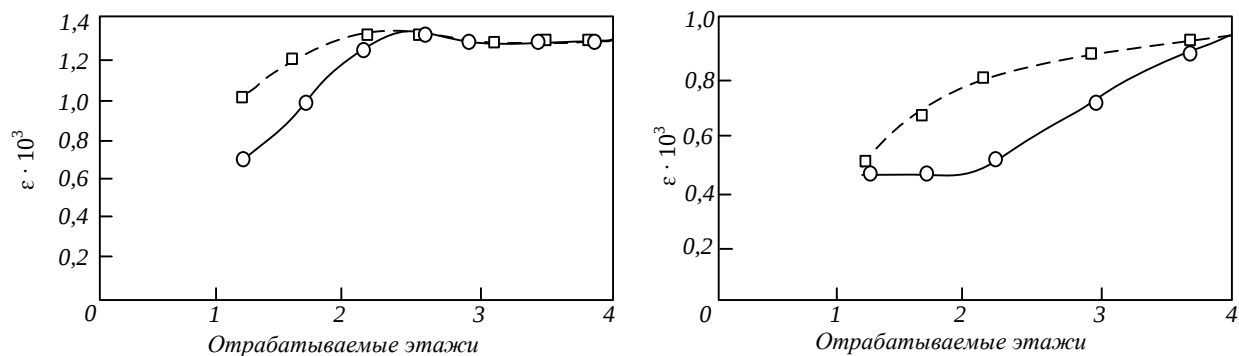


Рис. 3. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные деформации (ϵ) в целике при параллельной (—) и последовательной (---) отработке

параллельном варианте отработки. Вертикальные деформации в 1,7 раза больше в случае последовательной выемки запасов. Выявлено, что горизонтальные напряжения в целике при параллельной схеме отработки первого этажа меньше в два раза, чем при использовании последовательной схемы. При отработке третьего этажа при использовании параллельной схемы вертикальные напряжения также уменьшаются в 1,6 раза. Установлено, что горизонтальные и вертикальные смещения в 3,6 и в 1,5 раза меньше при параллельной схеме выемки запасов.

Это свидетельствует о том, что для снижения деформаций, напряжений и смещений в массиве между сближенными слепыми рудными залежами благоприятен вариант технологии, при котором объемы выработанных пространств между целиком равномерно увеличиваются с понижением уровня ведения горных работ. Таким образом, рекомендуемой технологией является параллельная схема отработки залежей.

Выводы. Методом конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние геомассива при различных вариантах схем отработки слепых сближенных рудных

залежей – параллельной и последовательной выемке запасов руды в этажах. Определены дополнительные горизонтальные и вертикальные деформации, напряжения и смещения; установлены закономерности распределения параметров НДС в целике между слепыми сближенными рудными залежами при различном порядке этажной отработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцова В.О. Исследование характера распределения напряженно-деформированного состояния горнорудного массива в окрестностях обрабатываемых сближенных слепых залежей на железорудных месторождениях Алтае-Саянской складчатости // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 73 – 80.
2. Еременко В.А., Еременко А.А., Колтышев В.Н., Карпунин А.Н., Штирц В.А. Исследование влияния порядка отработки блоков на распределение зон концентрации динамических явлений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. Т. 9. № 12. С. 172 – 181.

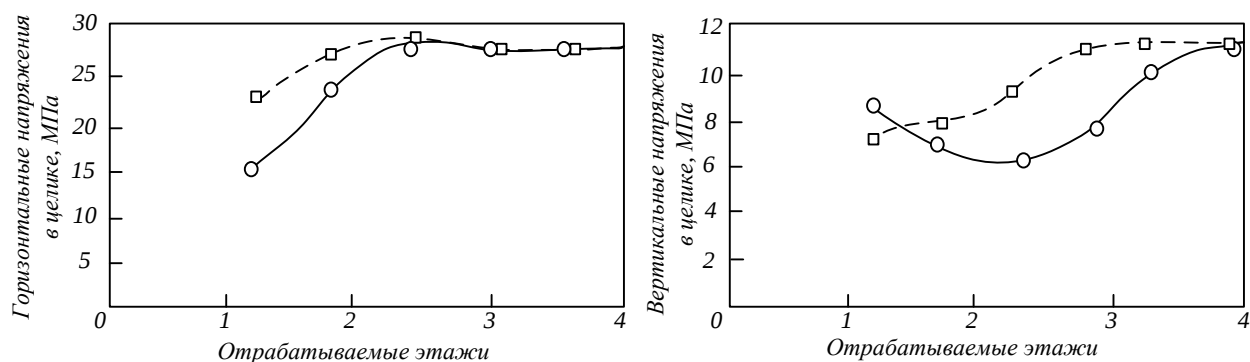


Рис. 4. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные напряжения в целике при параллельной (—) и последовательной (---) отработке

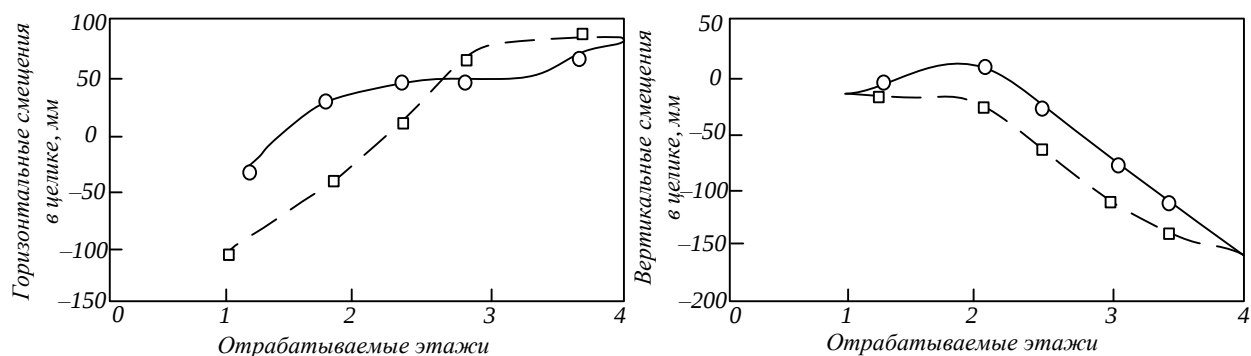


Рис. 5. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные смещения в целике при параллельной (—) и последовательной (----) отработке

3. Еременко А.А., Гахова Л.Н., Еременко В.А. Влияние порядка отработки рудных залежей и технологических блоков на напряженно-деформированное состояние вмещающего массива в условиях полиметаллического месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 8. С. 5 – 16.
4. Еременко А.А., Еременко В.А., Гахова Л.Н., Ерусланов А.П., Смелик А.С., Прохвятилов С.А. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке участков в охранных целиках // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 7. С. 126 – 131.
5. Башков В.И., Еременко А.А., Еременко В.А., Котляров А.А. Оценка

НДС массива горных пород при отработке блоков в сближенных рудных телах Абаканского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 8. С. 5 – 8.

6. Шапошник Ю.Н. Разработка геомеханической модели массива Секисовского золоторудного месторождения // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2015. № 2. С. 181 – 186.
7. Макаров А.Б. Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.

© 2016 г. В.О. Шеховцова
Поступила 01 июня 2016 г.