

УДК 622.831.32

**И.Ю. Рассказов, М.И. Потапчук, Г.А. Курсакин,
Ю.И. Болотин, А.В. Сидляр, М.И. Рассказов**

**ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА УДАРООПАСНОСТИ МАССИВА
ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОТРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ
ГОРИЗОНТОВ НИКОЛАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Приведены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния в элементах камерной системы разработки с управляемым обрушением кровли, применяемой для отработки удароопасного участка Николаевского полиметаллического месторождения. Сопоставление результатов моделирования с данными сейсмоакустического мониторинга показало надежность прогнозной оценки и позволило обосновать комплекс профилактических мероприятий по управлению горным давлением.

Ключевые слова: горные породы, удароопасность, геомеханические исследования, сложноструктурный массив.

Рудные месторождения Дальневосточного региона, как правило, характеризуются сложным геологическим строением и приуроченностью к тектонически-активным районам земной коры. Их подземная разработка, особенно на глубоких горизонтах, при развитии фронте очистных работ и высоких тектонических напряжениях в массиве горных пород, сопровождается проявлениями горного давления в различных формах, вплоть до горных и горно-тектонических ударов.

К числу наиболее удароопасных, относится Николаевское полиметаллическое, которое характеризуется сложными горногеологическими и геомеханическими условиями разработки [1]. Оно представлено серией мелко-глыбовых и мощных рудных тел различного падения и простирания с четкими контактами сложной геометрии. Главное рудное тело «Восток-1» мощностью 3–80 м и шириной в центральной части рудного поля до 600

м прослежено с глубины 700 м до 1100 м. Выше и на флангах залежи «Восток-1» расположены глыбовые оруденения и серия маломощных рудных тел.

По результатам геомеханических исследований установлено, что в массиве горных пород Николаевского месторождения действуют неравнокомпонентные поля напряжений, в которых преобладают горизонтальные сжимающие напряжения, наибольшие из которых ориентированы в С–В направлении и в 1,8–2,5 раза превышают гравитационную составляющую от веса налегающей толщи пород [2].

За время наблюдений на месторождении зарегистрировано более 200 динамических проявлений горного давления в различных формах: от стрельания пород до собственно горных и горно-тектонических ударов. На основе анализа факторов, определяющих проявления удароопасности массива, установлено, что около

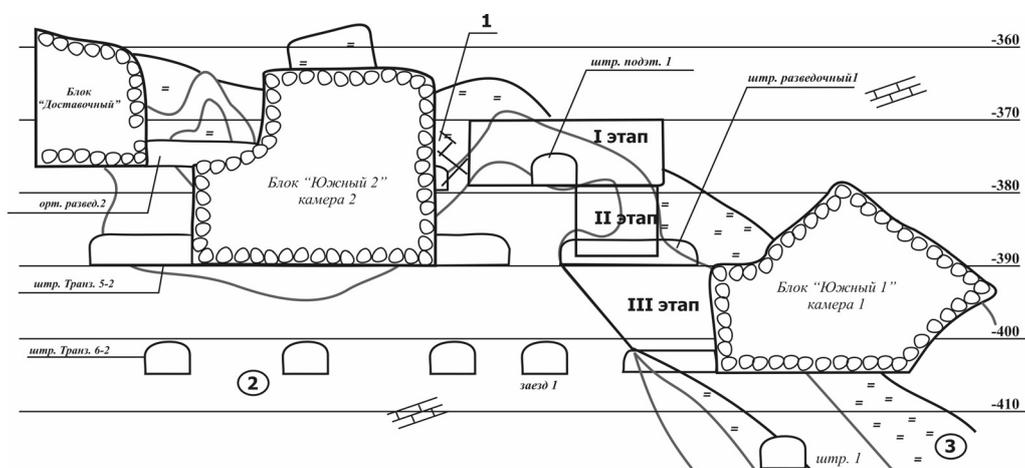


Рис. 1. Обобщенная расчетная схема для моделирования НДС участка Николаевского месторождения по разрезу 36: I, II – последовательность отработки рудной залежи; 1 – рудно-породный целик; 2 – известняки; 3 – вкрапления алевролита

50 % динамических явлений приурочено к зонам влияния геологическо-тектонической структуры массива (зонам разломов IV и V рангов и контактам пород). Велико также и влияние особенностей горнотехнических условий разработки месторождения: более трети из зарегистрированных здесь динамических проявлений происходят в зоне опорного давления вблизи (на расстоянии 2–15 м) от выработанных пространств.

Для отработки Николаевского месторождения в разные годы было испытано несколько технологических схем. Часть рудных тел месторождения отработана камерной системой разработки с твердеющей закладкой с двухстадийной очистной выемкой. На ряде участков отработаны и заложены твердеющей закладкой только первичные камеры, а вторичные камеры после отработки частично заложены сухой породой; часть пустот оставлена незаложенной и погашена путем изоляции. Северо-западная часть шахтного поля (рудная залежь «Восток-1») была отрабо-

тана системой подэтажного обрушения без закладки отработанного пространства с последующим погашением путем изоляции.

В последние годы получен положительный опыт применения нового варианта камерной системы разработки с управляемым обрушением кровли [1]. По этой технологии рудную залежь разбивают на блоки, содержащие камеру и целик; в первую очередь извлекают запасы камеры, а затем вынимают целик и осуществляют выпуск руды под защитой породной консоли; завершив выемку запасов, производят принудительное обрушение пород кровли до проектной высоты и приступают к отработке готового к выемке смежного блока.

В настоящее время наиболее сложная геомеханическая ситуация на Николаевском месторождении сложилась в районе блоков «Южный-1» и «Южный-2», рудной залежи Восток-1 в этаже -360...420 м (глубина от поверхности 740...800 м). Для обоснования безопасного порядка

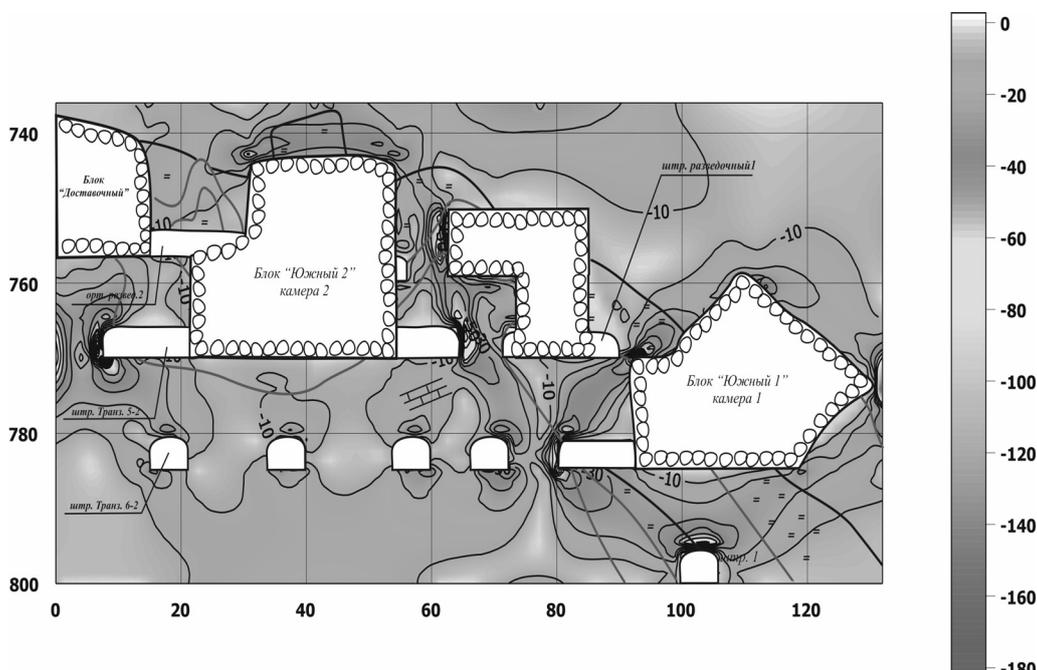


Рис. 2. Распределение интенсивности касательных напряжений $\tau_{инт}$ при отработке запасов камеры 2 до гор. -380 м

отработки рудных тел и параметров профилактических мер были выполнены исследования включающие в себя математическое моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород методом конечных элементов и шахтные наблюдения с применением инструментальных методов оценки удароопасности [3—6].

С помощью математического моделирования исследовали изменение уровня напряжений в массиве по мере увеличения выработанного пространства в процессе отработки блока «Южный 1» в этаже -360... -420 м (рис. 1). Результаты моделирования представлялись в виде изолиний интенсивности касательных напряжений $\tau_{инт} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2$.

По результатам исследований было установлено, что в районе блока «Южный-1» под влиянием очистной выемки происходит фор-

мирование сложного техногенного поля напряжений, характеризующегося наличием как областей разгрузки (преимущественно надработанные зоны), так и появлением зон концентрации напряжений в краевых частях массива.

Отработка рудных запасов в этаже минус 370-380 м приводит к росту касательных напряжений до 90 МПа в области взаимовлияния штреков Транзитного 5-2 и Разведочного 1, а также непосредственно под отработанным участком (рис. 2).

Дальнейшая отработка этого участка до гор. -390 м приводит к значительному изменению характера напряженного состояния в массиве. В районе штрека Транзитного 5-2 и на участке рудной залежи на гор. -390 м, граничащей с выработанным пространством, значения касательных напряжений возрастают и приближаются к пределу прочности на сдвиг

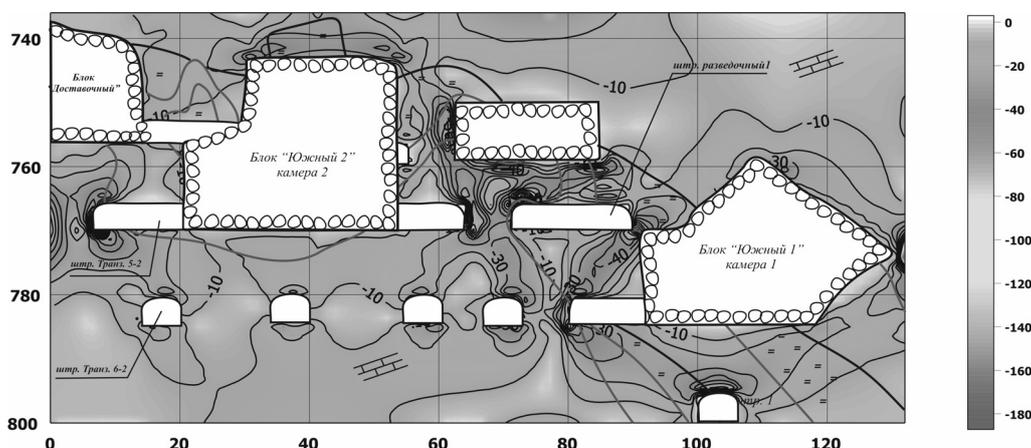


Рис. 3. Распределение интенсивности касательных напряжений $\tau_{инт}$ при полной отработке запасов камеры 2

слагающих массив пород (120 МПа), что свидетельствует о повышенной степени удароопасности этих участков (рис. 3).

На заключительных этапах отработки камеры 2 блока «Южный 1» характер распределения напряжений практически не меняется. Установлено также, что в подработанном горном массиве над штреком 1 формируется значительная по величине зона опорного давления, что в дальнейшем может привести к ухудшению геодинамической ситуации в районе этой выработки (см. рис. 3).

На совмещенном плане горных работ (рис. 4) представлены наиболее удароопасные зоны в массиве горных пород в районе рудной залежи «Восток 1» после полной отработки камеры 2. К ним относятся участки массива: в юго-восточном борту выработанного пространства; в районе штрека транзитного 5-2 (отметки -390... -385 м); северо-восточный участок массива, сформированный в процессе отработки камеры 2 на горизонте 390 м; район штреков транзитного 5 и подэтажного 1 (отметки -390...-375 м), также район штрека транзитного 6-2 на горизонте -

406 м, и штрек подэтажный 1 на горизонте -420 м.

Полученные численным методом результаты прогнозной оценки сопоставлялись с данными сейсмоакустических наблюдений, которые на Николаевском месторождении проводятся с применением автоматизированной системы контроля горного давления (АСКГД) «Prognoz-ADS» [5]. Наблюдательная сеть АСКГД включает в себя 15 геофонов и цифровых приемных преобразователей, установленных на горизонтах: -360, -380, -390, -406, -420 и -433 м и охватывает участки рудничного поля, для изучения которых применялись в числе прочих численные методы.

Анализ пространственного распределения очагов АЭ-событий показал, что их большая часть лоцируется в зоне непосредственного влияния горных работ в районе блока «Южный 2» камера 1. Здесь в этаже -390...-406 м сформировалась акустически активная зона, которая насчитывает более 30 % очагов микроразрушений от общего числа всех зарегистрированных за время наблюдений

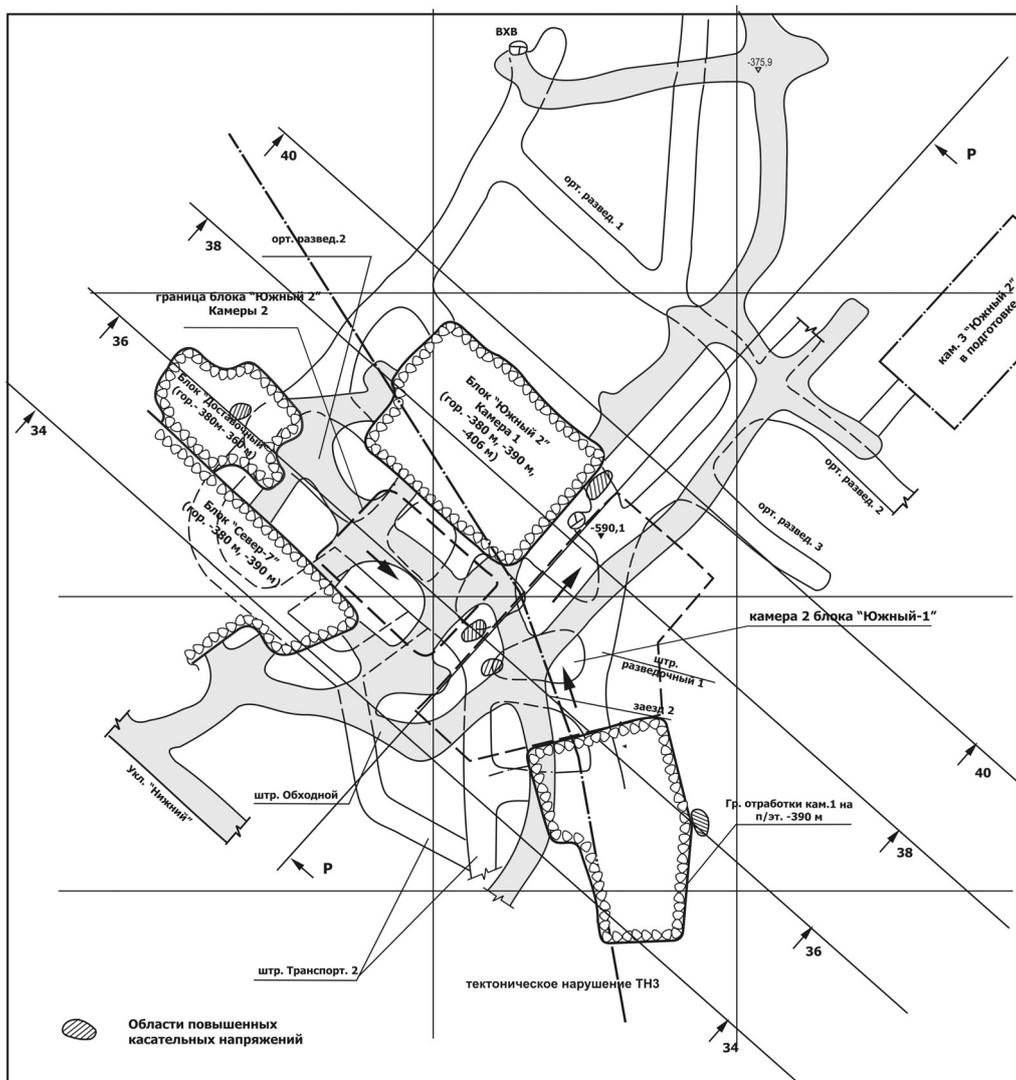


Рис. 4. Совмещенный план горизонтов -380 м и -406 м с выделенными потенциально удароопасными участками горного массива

САЭ-событий (рис. 5). Установлено, что основная их часть приурочена к межкамерному целику, в зоне влияния разлома ТН-3. Процесс интенсивного деформирования рудопородного целика, на что указывает высокая акустическая активность, сопровождался также динамическими проявлениями горного давления.

Наибольшая акустическая активность в горном массиве наблюдалась в июне и октябре 2012 г., совпавшая по времени с началом отработки камеры 2 блока «Южный», а затем (октябрь 2012 г.) формированию межкамерного целика. Суммарная энергия выделившейся акустической энергии в октябре 2012 г. превысило 6500 Дж.

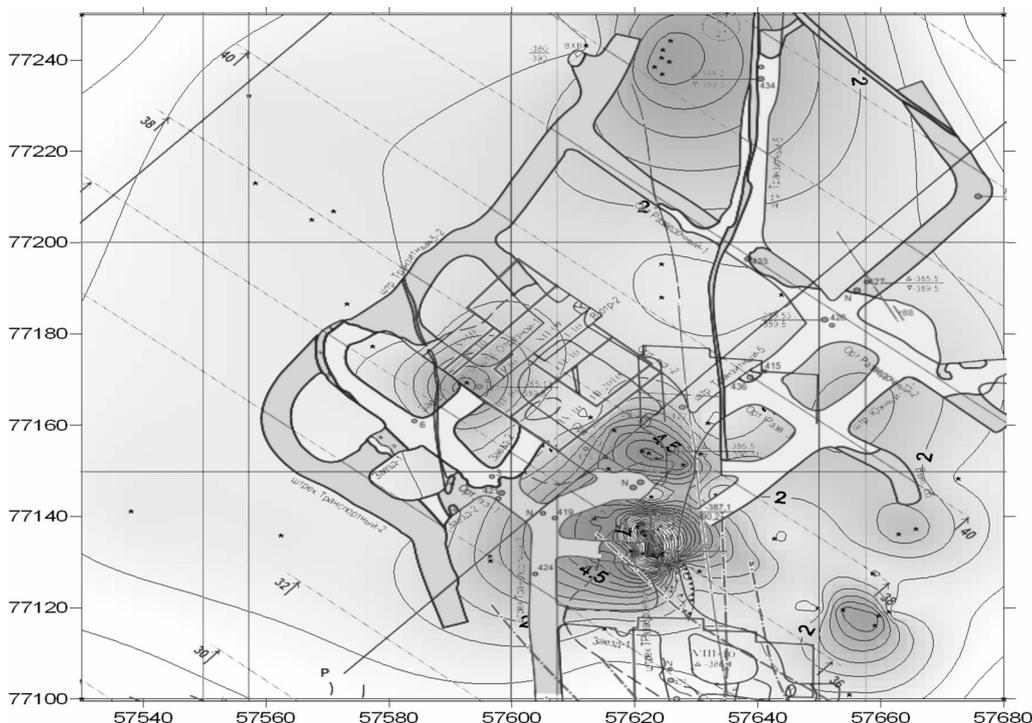


Рис. 5. Карта пространственного распределения САЭ-событий на Южном фланге Николаевского месторождения по результатам наблюдений в II-IV кв. 2011 г. (в проекции на гор. -390 м)

В целом результаты выполненных исследований дают основания для следующих выводов:

1. Применение комплексного подхода к геомеханическому изучению сложноструктурного массива горных пород Николаевского месторождения, предусматривающего математическое моделирование НДС и натурные наблюдения инструментальными методами, дали возможность выделить и контролировать потенциально удароопасные участки разрабатываемого горного массива.

2. Отработка камеры 2 очистного блока «Южный 1» в этаже -406... -380 м на Николаевском месторождении с применением камерной системы разработки с управляемым обрушением кровли приводит к фор-

мированию сложного техногенного поля напряжений и перераспределению опасных концентраций напряжений в различные области по мере увеличения очистного пространства. При полной отработке камеры 2 величина напряжений возрастает и в отдельных случаях превышает предел прочности на сдвиг слагающих пород, что свидетельствует о повышенной степени удароопасности данных участков.

3. Для снижения удароопасности при отработке удароопасных участков месторождений был рекомендован комплекс мероприятий, предусматривающий рациональных порядок отработки запасов и шелевую разгрузку наиболее напряженных краевых частей массива и целиков,

эффективность выполнения которых оценивается по результатам геомеха-

нического мониторинга АСКГД «Prognoz-ADS».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методы* контроля и управления горным давлением на рудниках ОАО «МГК «Дальполиметалл» / И.Ю. Рассказов, Г.А. Курсакин, А.М. Фрейдин, В.Н. Черноморцев, С.П. Осадчий // Горный журнал. 2006. № 4. С. 35-38.
2. *Рассказов И.Ю.* Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона. М.: Издательство «Горная книга», 2008. 329 с.
3. *Фадеев А.Б.* Метод конечных элементов в геомеханике – М.: Недра, 1987.
4. *Расчетные методы* в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров и др. – М.: Недра, 1992.
5. *Методы* и средства контроля удароопасности при ведении подземных горных работ на рудниках Дальневосточного региона / И.Ю. Рассказов, Г.А. Калинов, В.И. Мирошников, Д.С. Мигунов, А.Ю. Искра, П.А. Аникин // Записки Горного института «Современные проблемы геодинамической безопасности при освоении месторождений полезных ископаемых». СПб, 2010. Т. 188. С. 18-22.
6. *Инструкция* по безопасному ведению горных пород на рудниках и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (РД 06-329-99) / Колл. авторов. — М.: ГП НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – 66 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Рассказов И.Ю. – доктор технических наук, директор
Потапчук М.И. – научный сотрудник,
Курсакин Г.А. – доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Болотин Ю.И. – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,
Сидляр А.В. – аспирант,
Рассказов М.И. – аспирант,
Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, adm@igd.khv.ru



ГИАБ-ДАЙДЖЕСТ

Нижегородские ученые разработали новые материалы с уникальными свойствами

Ученые нижегородского Научно-исследовательского физико-технологического института (НИФТИ) научились превращать обычные металлы и сплавы в сверхпластичные. Из такого металлического «пластилина» можно штамповать детали сколь угодно сложной формы. Технология вполне могла бы потеснить привычное литье и открыть новую эру в металлообработке. Возможно, ей стоит поискать применение и в горном деле.

По материалам журнала «Эксперт» (788), 2012 г.