УДК 622.215

А. И. Копытов, А. А. Еременко

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОПАСНЫХ ПО ГОРНЫМ УДАРАМ

Переход к отработке рудных тел на больших глубинах и отнесение частей месторождений Горной Шории к склонным и опасным по горным ударам обусловливает необходимость решения принципиально новых задач по изысканию новых геотехнологий, определяющими элементами которых являются системы разработки [1].

С увеличением глубины разработки до 600 м и более большое влияние на состояние массива горных пород оказывают зоны высоких напряжений, пересекающие соседние с очистным пространством блоки, которые находятся в стадии подготовки. Многолетние исследования, проведенные на Таштагольском и Шерегешском рудниках, показывает, что при применении системы разработки этажного принудительного обрушения со взрыванием пучков глубоких параллельно-сближенных скважин и вибровыпуском руды эти зоны формируются в районе подсечного пространства, бурового горизонта, днища блоков и компенсационных камер. При этом горизонтальные напряжения превышают вертикальные в зоне очистной выемки в несколько раз.

Пример распределения составляющих поля напряжений в массиве горных пород месторождений вне зоны влияния очистных работ и в зоне влияния очистных работ на Таштагольском месторождении показан на рис. 1.

Фактические напряжения ($\sigma_ф$) в любой точке горного массива есть функция

$$\sigma_ф = f\left(Y, H, M, E, T, \sigma_{ост}, \sigma_{нар}, \sigma_{мн}, \sigma_{неучт}\right)$$

где Y и H – значения гравитационных, T – тектонических сил, M и E – упругих постоянных горных пород; $\sigma_{ост}$ – остаточные напряжения горных пород; $\sigma_{нар}$ – напряжения, вызванные тектоническими нарушениями; $\sigma_{мн}$ – вызванные многокомпонентностью массива; $\sigma_{неучт}$ – вызванные неучтенными силами [2].

В течение года на месторождениях производится до 20 технологических (в среднем 5-25 т ВВ) и массовых (в среднем 100-300 т ВВ) взрывов. Во время подготовки блоков и после массового обрушения руды возрастают затраты на ремонтно-восстановительные работы в выработках откаточного и бурового горизонта, днища блоков, где

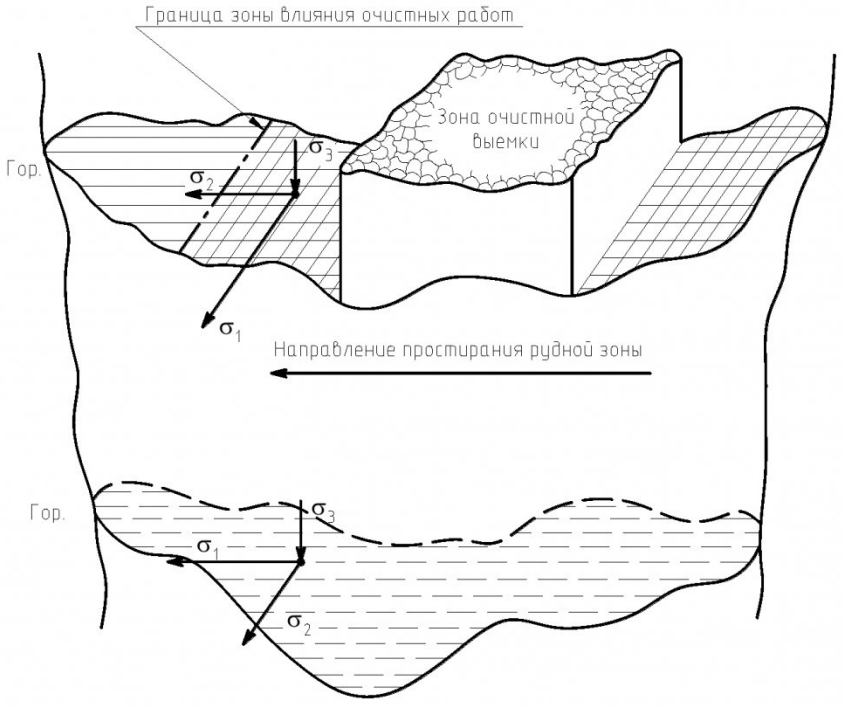

Рис. 1. Направления составляющих поля напряжений в массиве горных пород Таштагольского месторождения вне зоны влияния очистных работ (нижний горизонт) и в зоне влияния очистных работ (верхний горизонт):
σ_1 – максимальная горизонтальная составляющая напряжений; σ_3 – вертикальная составляющая напряжений, равная весу столба пород

происходит деформация в массиве горных пород.

В результате обследования горных выработок после массовых взрывов отмечаются нарушения в соседних подготавливаемых блоках на откаточном, буровом и подсечном горизонтах: вывалы и обрушение горной массы с бортов и кровли выработок; разрушение крепи; образования трещин по почве с видимой амплитудой смещения и поднятия почвы; обрушение сопряжений; интенсивное заколообразование; стреляние и потрескивание в горном массиве.

При осмотре полевых штреков, ортов, а также нарезных выработок на буровых горизонтах наблюдаются горизонтальное смещение бортов, деформация крепи и пр., вызванное действием вертикальных напряжений. Данные явления нехарактерны для районов, где главными являются максимальные горизонтальные напряжения и месторождения характеризуются неравномерным полем напряжений в районе отрабатываемых и подготавливаемых блоков.

Деформационным методом установлено, что отработка блоков осуществляется в условиях высоких деформаций сжатия вмещающего массива горных пород до 400 мм. Характер изменения деформаций во времени указывает на преимущественное развитие пластических деформаций массива при плавном их росте. Увеличение скоростей сжатия наблюдается в периоды проведения массовых взрывов (по данным СибГИУ НЦ "Геомеханика"). Скорость деформаций сжатия после массовых взрывов достигает 4 мм/сутки, в то время как средние скорости деформаций сжатия на участках их максимального развития не превышает 1 мм/сутки. Максимальные скорости сжатия наблюдаются вблизи взорванного блока и уменьшаются по мере удаления от места взрыва.

По характеру изменения электрометрического коэффициента после массовых взрывов горный массив часто находится в пригруженном состоянии. Для повышения уровня безопасности горных работ на Шерегешском и Таштагольском рудниках в подземных сейсмопавильонах установлены системы автоматизированного сейсмологического мониторинга, оснащенные трехкомпонентными сейсмоприемниками.

Плановый сейсмологический мониторинг дает возможность количественно оценить сейсмичность для решения задач предотвращения, контроля и предостережения потенциальной неустой-

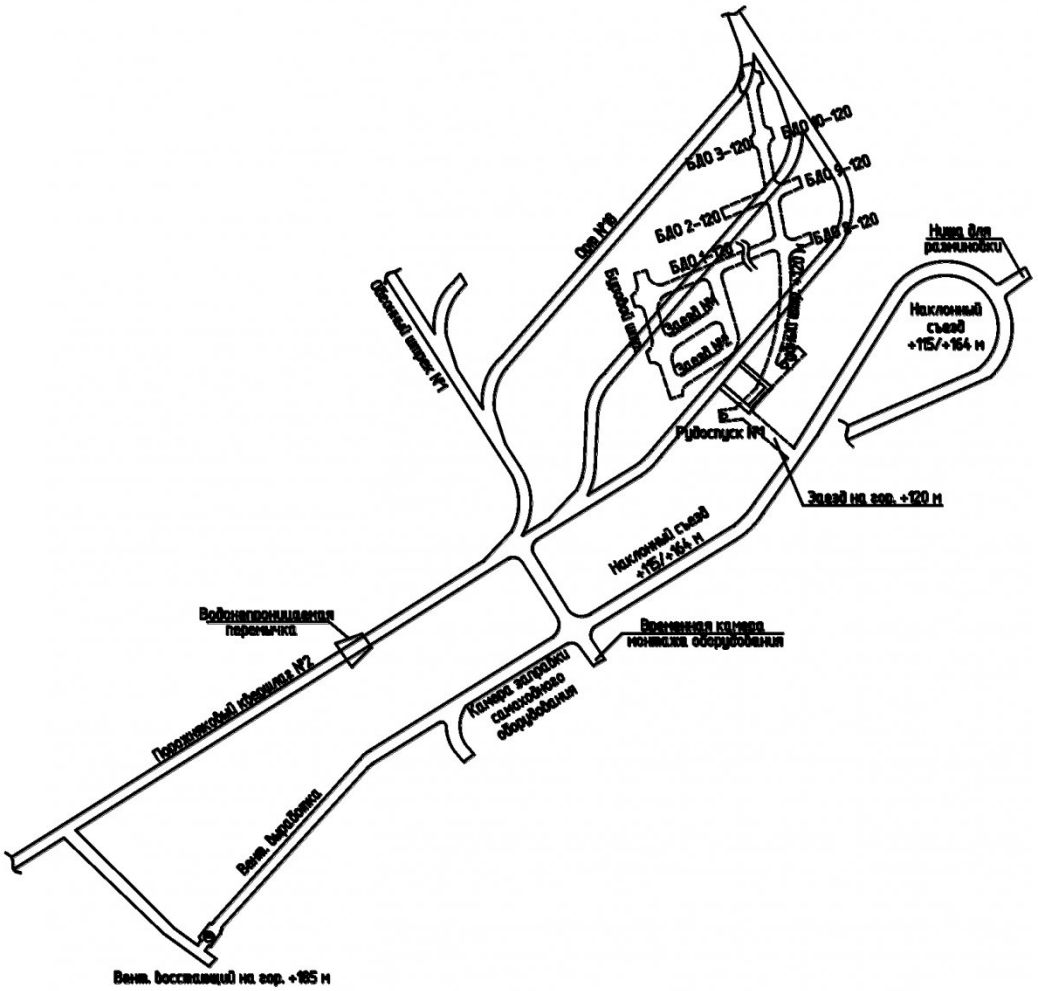

Рис. 2. Новая технологическая схема вскрытия, подготовки и отработки запасов руды на участке «Подрусловый» с применением высокопроизводительного самоходного оборудования. Штрихпунктиром показан выход с гор. +115 м на первый подэтаж гор. +120 м

чивости массива, которые могут привести к горным ударам [3].

Количественное описание, как отдельных сейсмических событий, так и сейсмичности, позволяют совершенствовать конструктивные элементы геотехнологии для управления геомеханическими процессами в удароопасных условиях.

Для кардинального решения задач по снижению комплексного негативного влияния геотехнологии на геодинамическую обстановку необходимо разработать и обосновать параметры системы разработки позволяющей повысить эффективность и безопасность ведения горных работ при разработке удароопасных месторождений в условиях удароопасности.

В настоящее время в соответствии с «Проектом технического перевооружения, вскрытия и отработки участка «Подрусловый» в этаже +115 м – +185 м Шерегешского месторождения», выполненным ОАО «Уралмеханбор», изменяются технологические схемы выемки руды, в том числе система разработки, схема вскрытия и подготовки запасов, а также организации работ в целом (рис. 2).

В качестве новой системы для выемки запасов руды на месторождении в соответствии с рекомендациями [3, 4] предложена система подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды и доставкой с помощью высокопроизводительного самоходного оборудования (рис. 3).

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что в целом технология отработки системой подэтажного обрушения дает возможность перейти на сплошной порядок отработки запасов с высокой интенсивностью и концентрацией очистных работ. Принятое конструктивное оформление системы позволяет повысить устойчивость массива при очистной выемке с обрушением вмещающих пород.

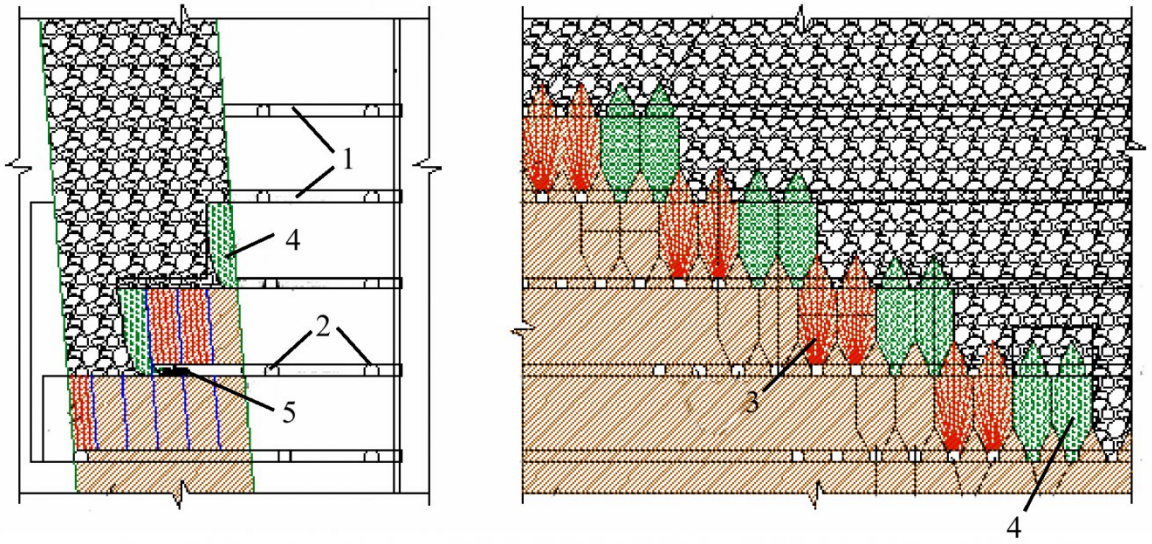

Рис. 3. Система разработки с подэтажным обрушением, торцевым выпуском руды с применением самоходного оборудования: 1 – подэтажный штрек; 2 – бурodоставочные орты; 3 – веера скважин; 4 – отбитая железная руда; 5 – погрузочно-доставочная машина

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еременко А. А., Еременко В. А., Гайдин А. П.* Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Наука, 2009. – 224 с.

2. *Влох, Н. П.* Управление горным давлением на железорудных рудниках / Н. П. Влох, А. Д. Сашурин. – М. : Недра, 1974. – 184 с.

3. *Еременко, А. А.* Рекомендации по выбору современных, безопасных, устойчивых к сейсмическим проявлениям и горным ударам систем разработки для освоения Абаканского месторождения гор. -200 – -95 м / А. А. Еременко, В. А. Еременко. – ИГД СО РАН ; Новосибирск, 2012. – 41 с.

4. *Копытов, А. И.* Выбор безопасной технологии разработки склонных и опасных по горным ударам железорудных месторождений ОАО «Евразруда» / А. И. Копытов, А. А. Еременко, Н. Ф. Матвеев. – Кемерово : Вестник КузГТУ. № 2, 2013. – С. 39-41.

Авторы статьи:

Копытов
Александр Иванович, докт. техн. наук, проф. каф.строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ,
e-mail: L01BDV@yandex.ru.

Еременко
Андрей Андреевич, докт. техн. наук, и.о. зам. директора ИГД СО РАН,
e-mail: eremenko@ngs.ru.