

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 обуславливает 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 большее 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, показывают, 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.

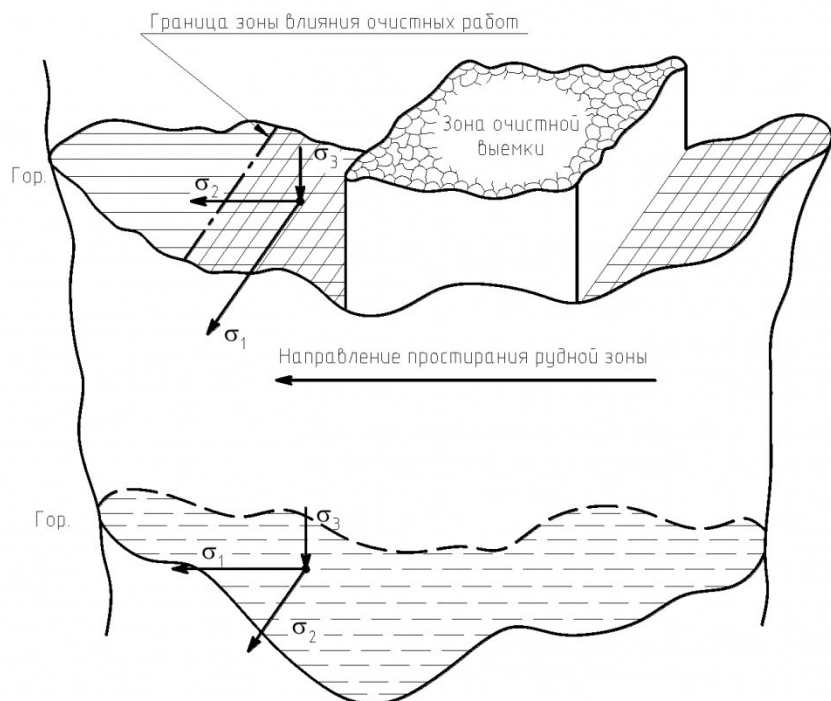
Пример распределения составляющих поля напряжений в массиве горных пород месторождений вне зоны влияния очистных работ и в зоне влияния очистных работ на Таштагольском месторождении показан на рис. 1.

Фактические напряжения ( $\sigma_{\phi}$ ) в любой точке горного массива есть функция

$$\sigma_{\phi} = f(Y, H, M, E, T, \sigma_{\text{ост}}, \sigma_{\text{нар}}, \sigma_{\text{мн}}, \sigma_{\text{неучт}})$$

где  $Y$  и  $H$  – значения гравитационных,  $T$  – тектонических сил,  $M$  и  $E$  – упругих постоянных горных пород;  $\sigma_{\text{ост}}$  – остаточные напряжения горных пород;  $\sigma_{\text{нар}}$  – напряжения, вызванные тектоническими нарушениями;  $\sigma_{\text{мн}}$  – вызванные многокомпонентностью массива;  $\sigma_{\text{неучт}}$  – 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):*

$\sigma_1$  – максимальная горизонтальная составляющая напряжений;  $\sigma_3$  – 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 отработываемых и подготавливаемых блоков.

Деформационным методом установлено, что отработка блоков осуществляется в условиях высоких деформаций сжатия вмещающего массива горных пород до 400 мм. Характер изменения де-

формаций 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-

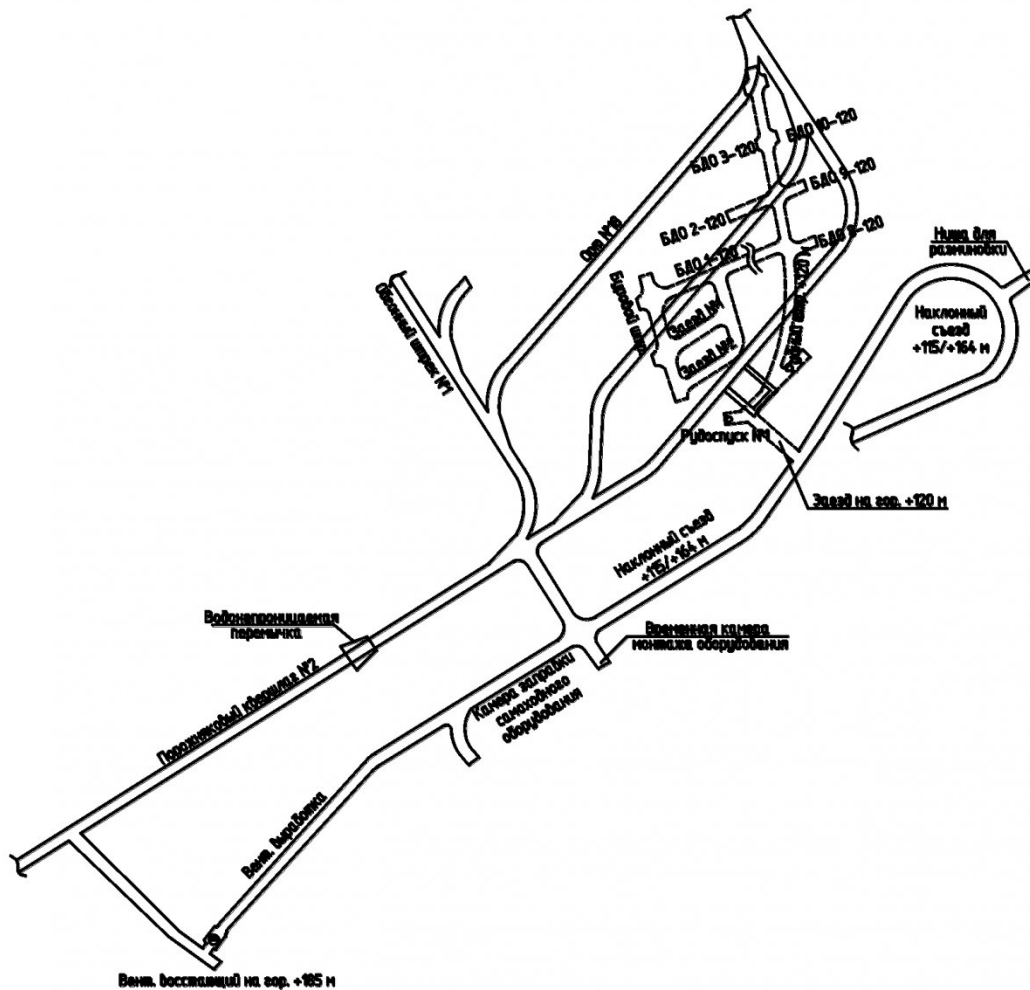


Рис. 2. Новая технологическая схема вскрытия, подготовки и отработки запасов руды на участке «Подрусловый» с применением высокопроизводительного самоходного оборудования. Штрихпунктиром показан выход с гор. +115 м на первый подэтаж гор. +120 м

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», выпол-

ненным 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.

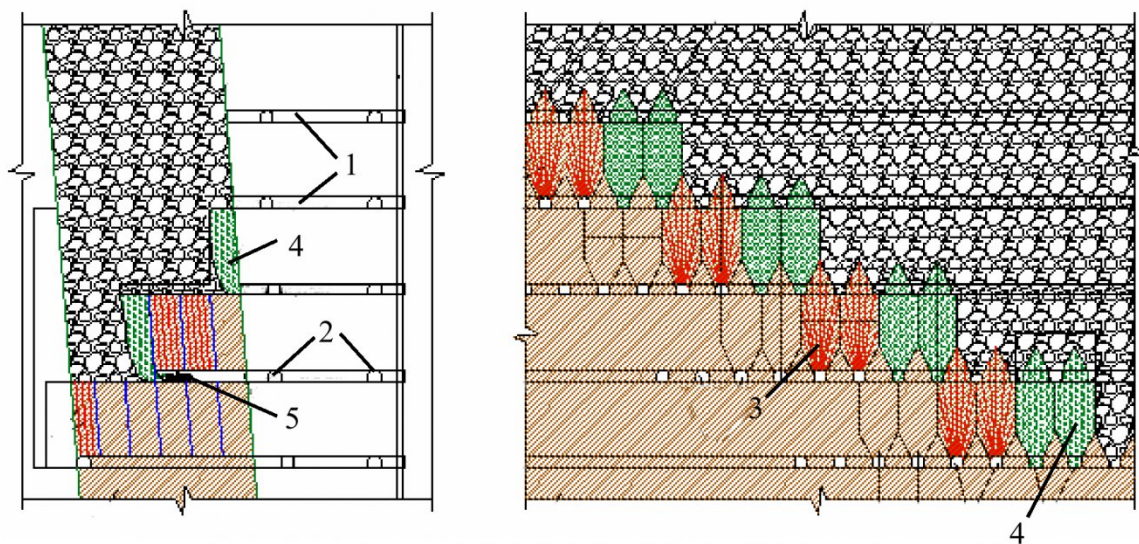


Рис. 3. Система разработки с подэтажным обрушением, торцевым выпуском руды с применением самоходного оборудования: 1 – подэтажный штрек; 2 – буродоставочные орты; 3 – веера скважин; 4 – отбитая железная руда; 5 – погрузочно-доставочная машина

## 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.