© В.Н. Аллилуев, 2008

УДК 622.234.5

В.Н. Аллилуев

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН СДВИЖЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЙ В РУДНОМ МАССИВЕ ПРИ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧЕ

Семинар № 18

Эффективность применения систем разработки при скважинной гидродобыче (СГД) на месторождениях богатых железных руд КМА связана с полнотой извлечения запасов руды из недр при условии обеспечения безопасного ведения горных работ. Экономически целесообразная величина извлечения руды должна определяться на основе представлений о процессах сдвижения горных пород и расчета безопасной глубины ведения работ, при которой не будут наблюдаться деформации известняков и глин, приводящие к их разрушению и прорыву воды из вышележащих горизонтов.

В работе [1] приведены результаты расчетов полей напряжений и развития зон сдвижений вокруг камеры, а также сделан вывод о том, что при ведении горных работ способом СГД богатых руд выполнение требования сохранения налегающей толщи и известняков может быть достигнуто при извлечении не более 500 тыс. т руды. Однако рассмотрен вариант развития сдвижения вокруг одиночной камеры с параметрами, превышающими предельно-допустимые по устойчивости, без увязки с системой разработки.

Устойчивое состояние рудного массива на необходимый период отработки является главным требованием, определяющим возможность и эффективность выбора системы разработки. Поэтому проблема оценки устойчивости рудного массива и известняков на основе учета напряженно-деформированного состояния при различных системах разработки является актуальной. Исследования формирования зон сдвижения и возможного разрушения (обрушения) с учетом развития горных работ проведены для сплошной и камерной систем разработки богатых железных руд.

При выемке руды сплошной системой разработки развиваются процессы обрушения и сдвижения в кровле. Формирование зон возможного обрушения зависит от глубины расположения выработанного пространства и его параметров, структуры и прочности пород, порядка и времени отработки. В зависимости от горнотехнических условий процесс сдвижений может локализоваться и не достигнуть известняков. Существенное влияние на величину сдвижений оказывает вынимаемая мощность и размеры выработанного пространства. При сплошной системе разработки именно в кровле рудной залежи зоны влияния и параметры процесса сдвижения получают максимальное развитие. Расчеты сдвижений в массиве богатых железных руд показывают, что при углах сдвижения в диапазоне $\beta = 60\text{-}70^{o}$, $\gamma = 65\text{-}75^{o}$ и угле максимального сдвижения $\theta = 58^{o}$ возможна безопасная отработка в верхней части залежи на протяжении 20-30 м, а в нижней части до 50-60 м.

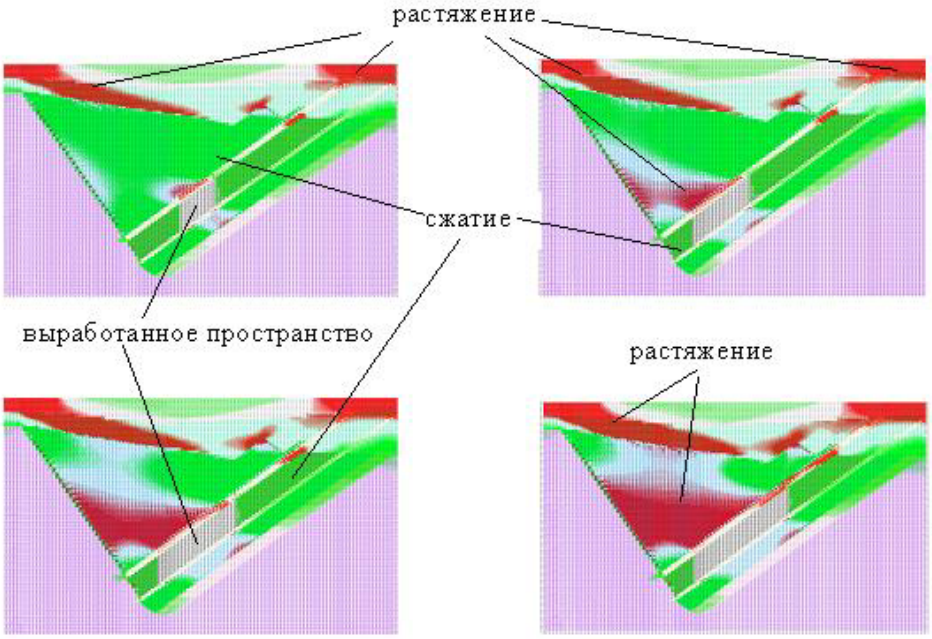

Рис. 1. Развитие зон сжатия и растяжения при сплошной системе разработки

Моделирование напряженно-деформированного (НДС) состояния массива горных пород с использованием метода конечных элементов для горно-геологических условий месторождения богатых железных руд типа Б позволяет выявить расположение, размеры и динамику развития зон разрушения, изменение компонентов напряжений и перемещений при сплошной и камерной системах разработки [2].

Для моделирования методом конечных элементов вертикального разреза массива горных пород шириной 600 м и мощностью 500 м месторождения богатых железных руд типа Б достаточно сетки, состоящей из 20-25 тысяч элементов имеющих размеры 5х5 м в слоях непосредственной и основной кровли.

На рис. 1 представлено развитие зон сжатия и растяжения при сплошной системе разработки. Зоны растяжения расположены в известняке в углах модели и распространяются по контакту прочных и полурыхлых руд, а также наблюдаются над выработанным пространством. Рудный массив полурыхлых и рыхлых руд находится в зоне сжатия. По мере отработки изменяются размеры выработанного пространства с 60 до 150 м, т.е. размеры превышают предельные полученные расчетным путем. Соответственно над выработанным пространством область растяжения увеличивается, развиваясь преимущественно в направлении висячего бока рудной залежи, замещая область сжатия. Причем зоны растяжения наиболее опасны и их можно отнести к зонам возможного разрушения и обрушения.

Зоны сдвижения и вертикальные перемещения при сплошной системе разработки приведены на рис. 2.

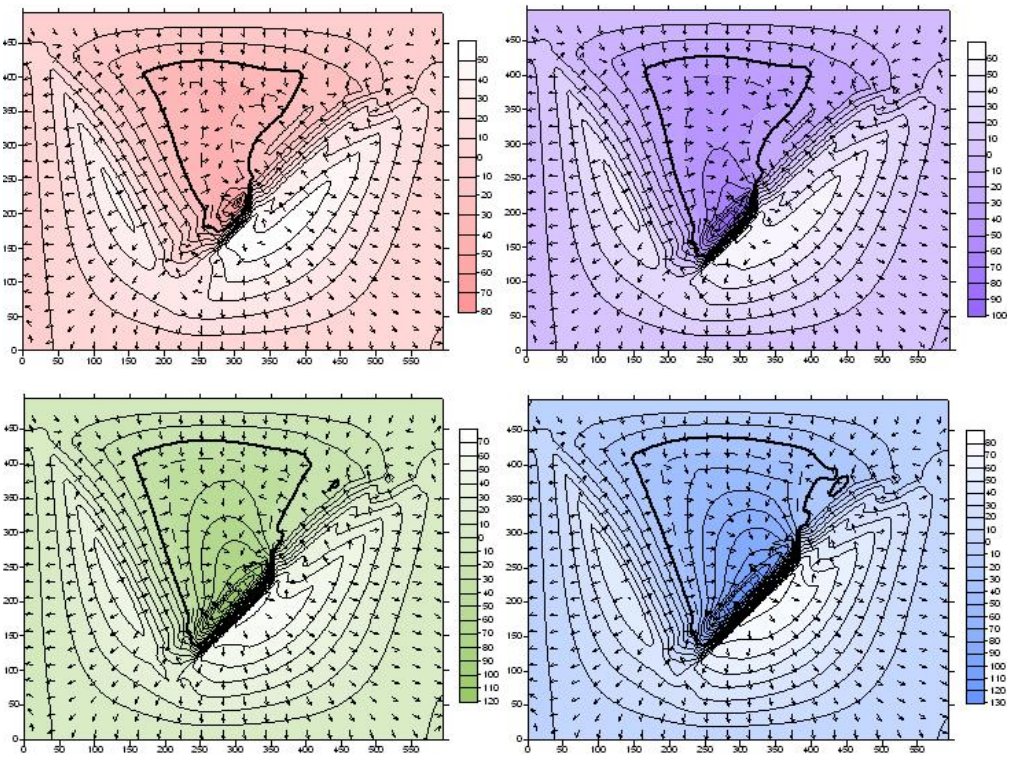

Рис. 2. Зоны сдвижения и вертикальные перемещения при сплошной системе разработки

Вертикальные перемещения направлены преимущественно вниз, за исключением почвы выработанного пространства, где они направлены вверх. С увеличением размеров выработанного пространства по падению с 60 м, до 90 м, 120 м, 150 м величина максимальных перемещений в центре кровли увеличивается с 70 мм, до 90 мм, 110 мм, 120 мм соответственно. В зависимости от параметров выработанного пространства высота и ширина области перемещений, имеющих величину более 30 мм, изменяются следующим образом 210х245 м, 220х260 м, 245х270 м, 300х290 м. На рис. 2 область перемещений 30 мм выделена сплошной жирной линией. Высота и ширина области перемещений 50 мм увеличивается следующим образом: 30х50 м, 140х75 м, 230х115 м, 250х135 м. На основании классификации пород по устойчивости при перемещениях менее 50 мм породы кровли можно отнести к устойчивым. Однако по высоте зон обрушений кровля является весьма неустойчивой.

На рис. 3 показано развитие зон растяжения и сжатия при камерной системе разработке. Сравнение развития зон растяжения при сплошной и камерной системах разработки показывает, что при камерной системе зоны растяжения незначительны и не затрагивают известняки, т.е. ведение очистных работ более безопасно.

На рис. 4 представлены зоны сдвижения и вертикальные перемещения при камерной системе разработке. Максимальные по величине

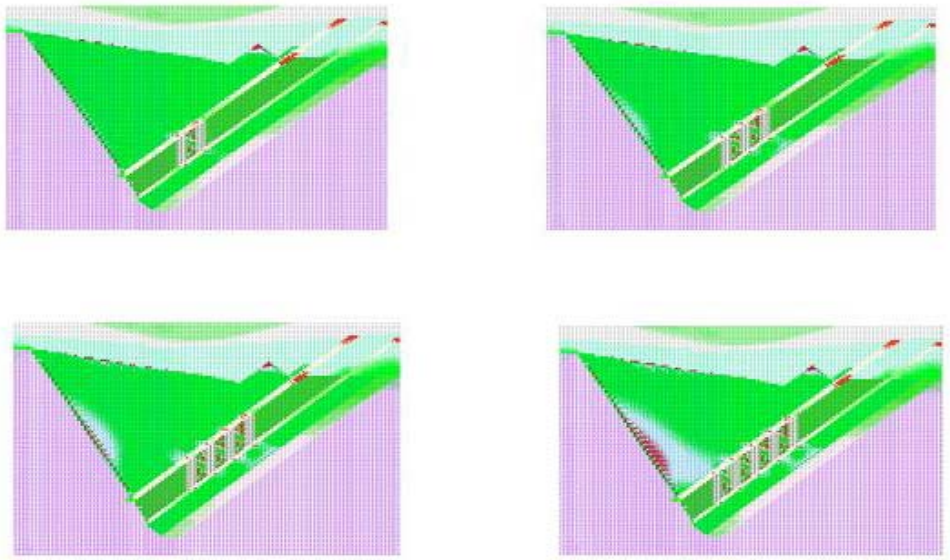

Рис. 3. Развитие зон сжатия и растяжения при камерной системе разработки

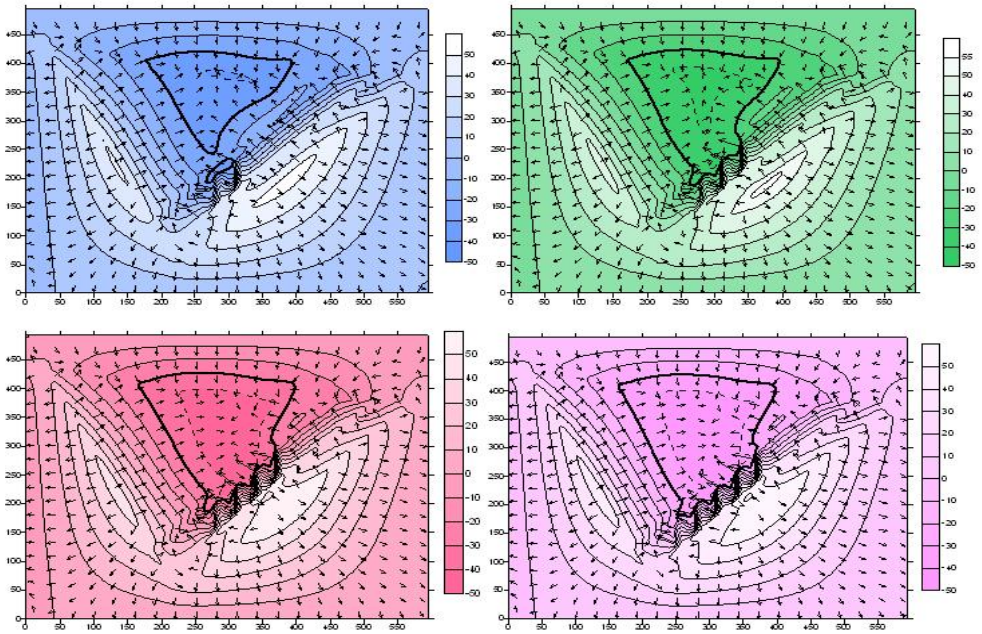

Рис. 4. Зоны сдвижения и вертикальные перемещения при камерной системе разработки

вертикальные перемещения в центре кровли при камерной системе не превышают 50 мм. Высота и ширина области перемещений 30 мм, выделенная жирной сплошной линией на рис. 4, возрастает следующим образом: при 2-х

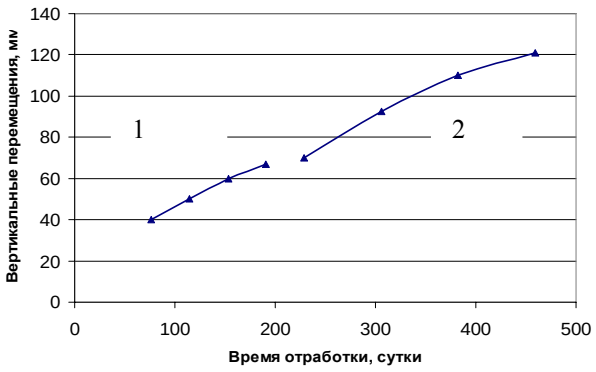

Рис. 5. Зависимость перемещений от времени отработки: *1* – камерная система; 2 – сплошная

камерах 220х200 м, при 3-х 240х205 м, 4-х 260х210 м, 5-ти 270х215 м. Размеры области перемещений 40 мм соответственно изменяется таким образом: 10х110 м, 115х120 м, 190х140 м, 200х150 м.

Процессы сдвижения и обрушения в рудном массиве от выемочной камеры до известняков протекают во времени и представляет интерес установления зависимостей перемещений от времени отработки залежи при различных системах разработки. В геомеханическом модуле развитие процессов сдвижения и формирования зон разрушения во времени возможно отразить посредством задания определенной производительности добычи из очистного забоя. Затем необходимо произвести расчет параметров извлечения и представить их в виде подвигания очистного забоя во времени. Полученные зависимости свидетельствуют о том, что перемещения по мере отработки возрастают, при постоянной скорости подвигания очистного забоя пропорциональны объему добычи, и имеют затухающий характер (рис. 5).

Таким образом, сравнительная оценка формирования и развития зон сдвижения по перемещениям показывает, что зоны сдвижений при сплошной системе превосходят зоны сдвижений при камерной системе, как по размерам, так и по величине перемещений. Размеры зон сдвижения зависят от параметров системы разработки. Однако оценка по формированию и развитию зон возможного разрушения и обрушения более информативна. По этому критерию устойчивости в заданных горно-геологических условиях более безопасна камерная система разработки. Камерная система разработки принята в качестве базовой в технологическом регламенте для СГД богатых железных руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Журин С.Н., Колесников В.И., Стрельцов В.И.* Геомеханический литомониторинг обводненных массивов. – М.: НИА-Природа, 1997. – 188с.

2. *Аллилуев В.Н.* Моделирование структурных особенностей глубокозалегающих месторождений богатых железных руд при создании геологического модуля для расчета напряженно-деформированного состояния рудного массива. – Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, №8, 2006. – С. 314-319. ГИАБ

Коротко об авторе

Аллилуев В.Н. – доцент, кандидат технических наук, Губкинский институт (филиал) Московского государственного открытого университета (МГОУ).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 18 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Ж. Аренс.*