

**ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ ОТВАЛА
И БОРТА КАРЬЕРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Значительный объем отходов производства и большие коэффициенты вскрыши (значительные объемы пустых пород при добыче руды) приводит к дефициту земельных ресурсов для их складирования, и значительным затратам на складирование. Поэтому вопрос использования участков земной поверхности, подработанных подземными горными работами, для размещения на них отвалов пустых пород является весьма актуальным.

Для прогноза деформаций вблизи отвала, основания отвала и юго-западного борта карьера № 1 ПАО "ЦГОК" было выполнено моделирование методом конечных элементов (МКЭ). Основная концепция МКЭ состоит в том, что искомую непрерывную величину, будь то напор фильтрационного потока или перемещения точек деформированного тела, аппроксимируют кусочным набором простейших функций, заданных ограниченными конечными подобластями (элементами). С помощью такой процедуры интегрирование дифференциальных уравнений аналитической постановки задачи сводится к решению системы линейных уравнений. Отвал проектируется разместить на участке, который находится в зоне прямой подработки, т.е. непосредственно над отработанной залежью "Северная Червоная". Залежь имеет длину по простиранию 250-450 м, угол падения $\alpha=40-60^\circ$, среднюю мощность около 30 м (имеются участки мощностью до 60-70 м) и северное склонение под углом 30° . Рудная залежь "Северная - Червоная" приурочена к контакту пород пятого железистого горизонта с породами верхней свиты. Форма залежи – пластообразная, представлена сплошным рудным телом с извилистыми контурами выклинивания, с раздувами и пережимами. Залежь обрабатывалась системами подэтажного обрушения руды и вмещающих пород. Анализ многолетних инструментальных наблюдений за процессом сдвижения позволил определить динамику изменения границ зон сдвижения и угловые параметры процесса сдвижения при конечной глубине отработки залежи "Северная Червоная". Процесс сдвижения (оседание поверхности, образование трещин и террас) от отработки залежи "Северная - Червоная" закончился. Для наших условий была использована программа ED-Elas2D, состоящая из трех подпрограмм PreProcessing (построение модели), Processing (вычисление модели), PostProcessing (визуализация результатов моделирования). Работа каждой подпрограммы заканчивается созданием результирующего текстового файла, состоящего из значительного числового массива. Программа позволяет определять и отстраивать поле векторов смещений (полный вектор, вектор по оси x , вектор по оси y), относительных горизонтальных деформаций, напряжений, изолиний смещений (полный вектор, вектор по оси x , вектор по оси y), относительных горизонтальных деформаций ($E_x, E_y, E_{xy}, E_i, E_{ii}, \text{Ang}$), напряжений ($S_x, S_y, S_{xy}, S_i, S_{ii}, \text{Ang}$). Геометрическое подобие модели достигалось путем использования фактических (координат) размеров борта и отвала (как в обычной САД системе). Граничные условия заключались в запрещении вертикальных смещений на нижней ограничивающей поверхности и горизонтальных смещений на вертикальных ограничивающих поверхностях массива. Силовое воздействие на массив обусловлено только собственным весом пород. Решение задачи выполнялось в плоской постановке. Это приводит к некоторому завышению полученных результатов расчета, что позволяет получить дополнительный запас надежности. Анализ полученных результатов показывает, что при достижении проектного положения отвала (отметка +155м) максимальные (за 10 лет) суммарные горизонтальные деформации земной поверхности будут равны 83-96 мм и направлены в сторону от отвала, а оседания 20-22 мм. Анализ результатов моделирования при разносе борта и сооружении отвала показывает, что максимальные касательные напряжения наблюдаются на горизонтах с отметками +135 м, +115 м, +100 м, +40 м, +25м, +10 м, -5 м, -20 м. Размещение отвала на подработанной территории (в центре мульды сдвижения) приводит к улучшению геомеханической обстановки, как для отвала, так и для борта карьера. Проектный контур отвала и борта карьера имеет устойчивое положение. Минимальные расчетные коэффициенты запаса устойчивости – больше нормативных и соответственно равны: для отвала – 1,22; системы отвал-карьер – 1,52.