

СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД КАК ПЕРЕМЕЩЕНИЕ
ДИСКРЕТНОЙ СРЕДЫ

Розглянуто закономірності виникнення та трансформації зон переміщення гірських порід для прогнозування їх зрушень та деформацій.

Под термином сдвигание горных пород в горнотехнической литературе понимают их перемещение и деформирование в результате нарушения равновесия под влиянием горных разработок. В процессе сдвига происходит изменение объёма пород, в результате чего образуются зоны деформаций сжатия, соответствующие зонам повышенного горного давления и зоны разрыхления горных пород, соответствующие зонам пониженных напряжений. Таким образом, процесс сдвига горных пород тесно связан с характером перераспределения напряжений в горном массиве и определяет его напряженно - деформированное состояние, которое обязательно учитывается при выборе параметров систем разработки и большинства технологических процессов подземных горных работ. Кроме того, для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать и уметь прогнозировать величину сдвигов и деформаций. Поэтому установление закономерностей процесса сдвига, совершенствование методов прогнозирования напряженно-деформированного состояния горных пород и земной поверхности является актуальной научной и практической задачей.

Первые исследования по данному вопросу относятся ко второй половине XIX в., однако до настоящего времени нет единой общепризнанной теории сдвига горных пород и земной поверхности. В нашей стране официальным методом прогнозирования сдвигов и деформаций земной поверхности, закрепленным в нормативных документах, является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натуральных измерений, по которым строятся кривые сдвигов и деформаций [1]. Методы расчета сдвигов и деформаций толщи горных пород до настоящего времени остаются практически не разработанными.

Горные породы в их естественном состоянии часто определяют термином «горный массив». Но в последнее время для описания горных пород всё чаще пользуются термином «дискретная блочная среда». Это означает, что горные породы изначально разбиты на блоки трещинами, которые представляют собой сложную иерархическую систему от микротрещин до крупных геологических нарушений. Трещины создают поверхности ослабления, по которым породы разрушаются при техногенном воздействии, образуя блоки и, перемещаясь под

влиянием гравитации, заполняют пустоты, образовавшиеся в результате ведения горных работ.

Знание закономерностей образования и изменения зон, в которых происходит перемещение горных пород представляет большой практический и научный интерес поскольку данные зоны оказывают влияние на процессы сдвижения, деформации и возникновения участков повышенного или пониженного горного давления.

Закономерности перемещения частиц сыпучего материала наиболее полно были изучены при моделировании процессов выпуска руды под обрушенными налегающими породами в работах В.В. Куликова [2], Г.М. Малахова и других авторов.

По В.В. Куликову истечение сыпучих материалов происходит из объёмов, которые по форме близки к эллипсоидам вращения (рис.1).

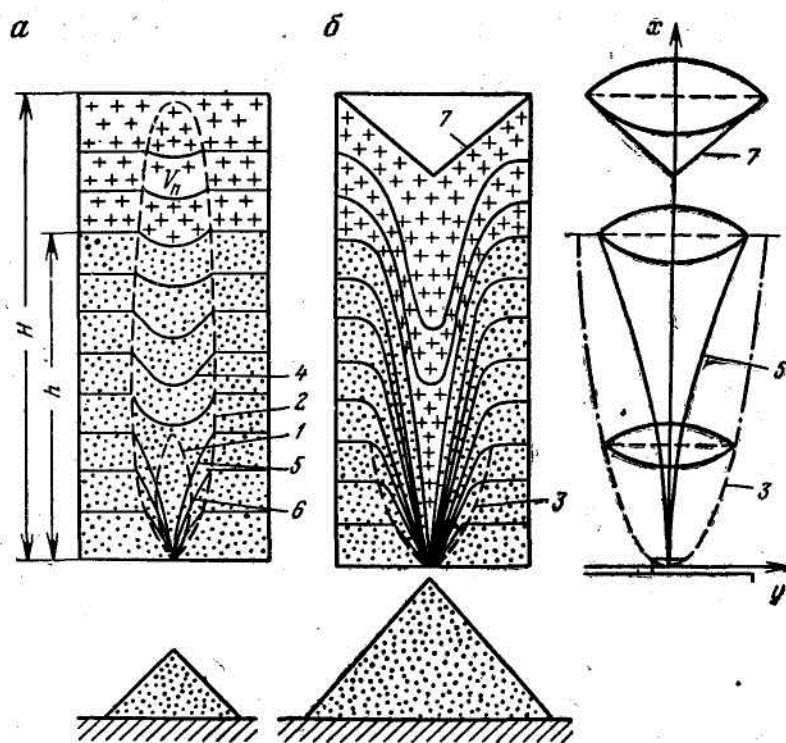


Рис.1. Образование эллипсоида выпуска, воронок прогиба, внедрения, выпуска и провала: а – первая стадия выпуска; б – выход эллипсоида разрыхления на поверхность.

Свойство эллипсоида выпуска 1 таково, что частицы, расположенные на его поверхности, приходят к выпускному отверстию одновременно. Частицы движутся к выпускному отверстию по параболическим траекториям. При выпуске движется только определённая часть сыпучего материала, которая проходит стадию разрыхления и также имеет форму эллипсоида вращения, называемую эллипсоидом разрыхления 2. По мере выпуска сыпучего материала эллипсоид разрыхления увеличивается, образуя параболоид – предельную границу области влияния выпускного отверстия, за которой частицы остаются неподвижными при выпуске любого количества материала. В объёме

эллипсоида разрыхления первоначально горизонтальные поверхности приобретают форму воронок, называемыми воронками прогиба 4. Когда воронка прогиба достигает выпускного отверстия, её называют воронкой внедрения 5. В дальнейшем образуется воронка выпуска 6. При достижении эллипсоидом разрыхления земной поверхности на ней образуется воронка провала или мульда сдвижения 7.

Образование эллипсоидов выпуска хорошо видно на физической модели при выпуске сыпучего материала из отверстия (рис.2).

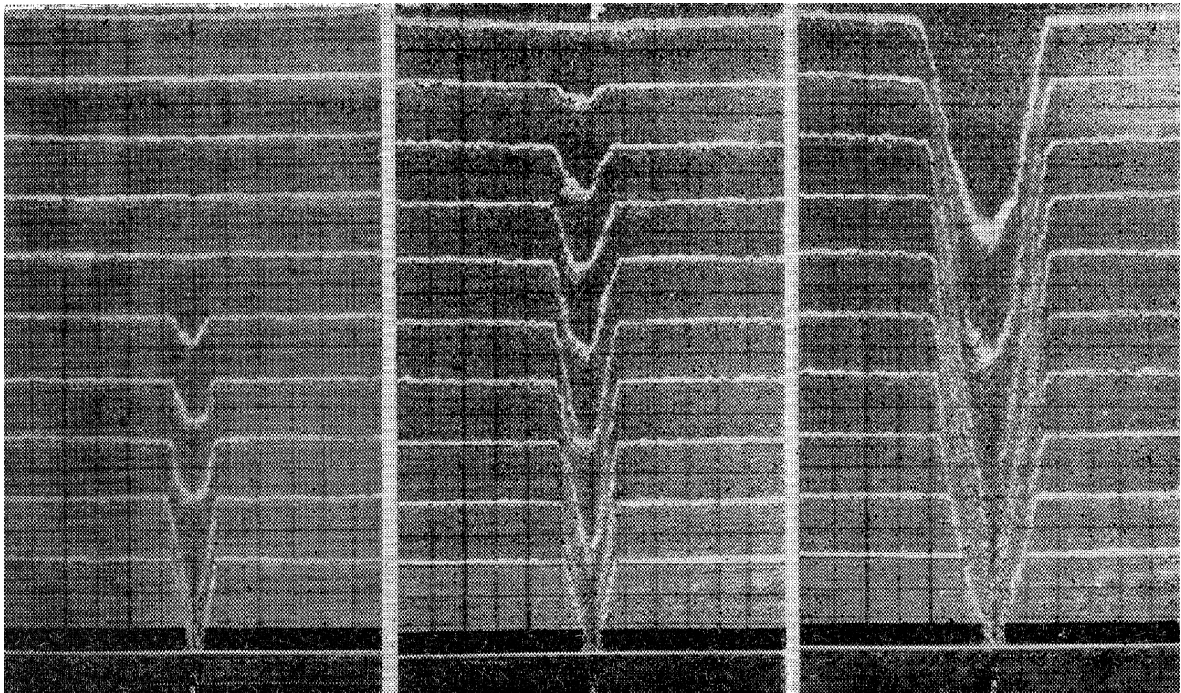


Рис.2. Стадии развития эллипсоида разрыхления в дискретной среде (Г.М. Малахов (1968)).

Для математического описания зон движения частиц сыпучей среды В.В. Куликовым предложено универсальное уравнение

$$y^2 = 2pxk, \quad (1)$$

где p – фокальный параметр параболы, м;

$$k = 1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{\eta h^2}}, \quad (2)$$

где η – коэффициент вторичного разрыхления пород в эллипсоиде разрыхления;

h – высота эллипсоида выпуска, м.

При $k = 1$ уравнение (1) превращается в каноническое уравнение параболы $y^2 = 2px$, при $k \neq 1$ уравнение (1) является уравнением эллипса или воронок прогиба, внедрения, выпуска.

Фокальный параметр p является интегральным показателем, учитывающим комплекс физико – механических свойств горных пород, влияющих на их сыпучесть или сдвигаемость и поэтому назван показателем сыпучести или сдвигаемости [2]. Вместе с коэффициентом вторичного разрыхления η показатель сдвигаемости p однозначно определяют форму зон влияния выработанного пространства для конкретных горногеологических условий.

Важным свойством эллиптических зон движения дискретной среды является перемещение частиц по параболическим траекториям, переходя с поверхности одного эллипсоида на другой, расположенный ближе к выпускному отверстию и занимая положение относительно его вершины, характеризуемое постоянным числом. Исходя из этого получено уравнение траектории движения частиц сыпучего материала

$$y^2 = \frac{xy_0^2}{x_0}, \quad (3)$$

где x_0, y_0 – начальные координаты частицы.

Для прогнозирования сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности для условий подземной разработки угольных месторождений Б.А. Кодуновым [2] предложен метод, сущность которого заключается в следующем. Площадь отработываемой лавы разбивают на участки, которые после отработки инициируют возникновение эллиптических зон сдвижения пород. Точки земной поверхности и породной толщи сдвигаются в том случае, если попадают в одну или несколько зон сдвижения.

Сравнение результатов математического моделирования указанным методом показало их хорошую сходимость с натурными наблюдениями в условиях изменчивой мощности пласта, сложной формы выработанного пространства, холмистом рельефе земной поверхности, для которых существующие методики неприменимы.

Таким образом, теоретические основы процессов перемещения дискретных породных сред под влиянием выработанного пространства могут успешно применяться для моделирования процесса сдвижения горных пород и земной поверхности.

Библиографический список:

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом.- Донецк: УкрНИМИ, 2004.- 127с.
3. Куликов В.В. Выпуск руды.- М: Недра, 1980.- 303с.
4. Б.А. Кодунов. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений // Уголь.- 1991.-№2.-С.54-56.