

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЗАКОНЫ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

Пархоменко Т.С. (КИИ ДонНТУ)
научный руководитель – Кодунов Б.А.

Предпринята попытка установления аналогий между закономерностями истечения сыпучих материалов, сдвижения горных пород и движения небесных тел по законам Кеплера.

Ключевые слова: конические сечения, орбита, эллипсоид, фокальный параметр, показатель сыпучести.

Природные процессы происходят по определённым объективным законам, которые человек интерпретирует в виде субъективных законов. То есть, найденный закон или закономерность не определяет полностью и однозначно сущность какого-либо явления или процесса. Это всего лишь интерпретация, приближение к истине.

Часто встречаются явления различного происхождения, имеющие общие закономерности развития процесса.

Целью данной статьи является установление связи между закономерностями перемещения частиц сыпучей среды и законами движения небесных тел.

При разработке месторождений полезных ископаемых породные блоки или обрушенная руда перемещаются под действием гравитации, стремясь заполнить образовавшиеся пустоты. 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 [1], 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).

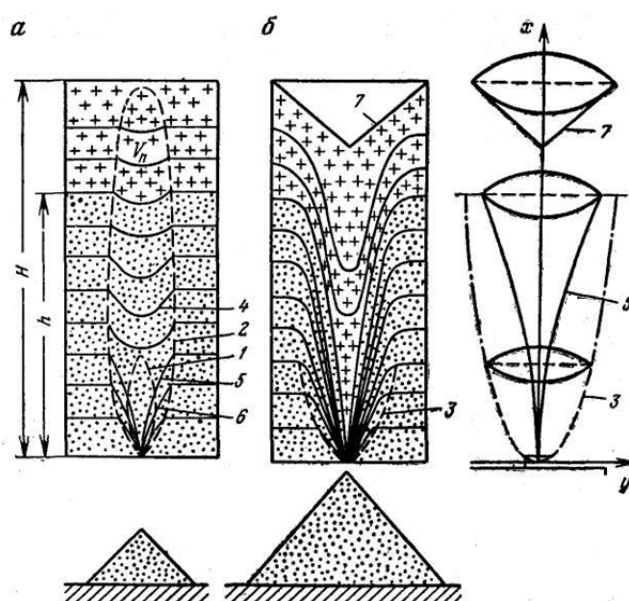


Рис.1. Образование эллипсоида выпуска, воронок прогиба, внедрения, выпуска и провала: а – первая стадия выпуска; б – выход эллипсоида разрыхления на поверхность.

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 мутьда сдвига 7.

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 [1]. 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, которые переходят с поверхности одного эллипсоида на другой, расположенный ближе к выпускному отверстию и занимают 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.

Установлено, что в результате перемещения частиц сыпучей среды образуются зоны, соответствующие по форме коническим сечениям.

Конические сечения – это плоские кривые, образованные при пересечении конуса плоскостью (рис.2).

Немецкий астроном Иоганн Кеплер в начале XVII века на основе системы Коперника сформулировал три эмпирических закона движения планет Солнечной системы.

Согласно первому закону Кеплера движение спутников вокруг притягивающего тела всегда происходит по орбитам, имеющим форму конических сечений (окружности, эллипсу, параболе, гиперболе, прямой) в одном из фокусов которого находится притягивающий центр (рис.3 а) [2].

В зависимости от величины эксцентриситета различают орбиты в виде окружности ($e = 0$), эллипса ($0 < e < 1$), параболы ($e = 1$), гиперболы ($e > 1$) и прямой ($e = \infty$).

Почти все планеты Солнечной системы (кроме Плутона) движутся по эллиптическим орбитам, близким к круговым. По вытянутым орбитам, близким к параболическим, происходит движение комет.

Таким образом, геометрические формы перемещения частиц сыпучей среды аналогичны формам движения небесных тел по первому закону Кеплера.

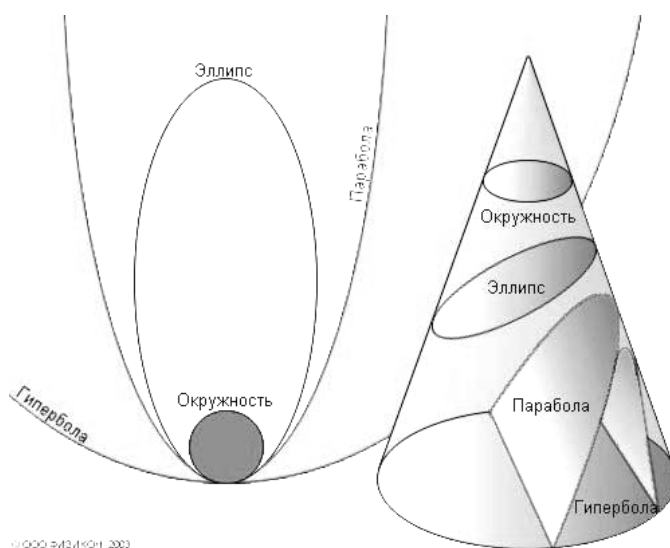


Рисунок 2. Образование конических сечений

Второй закон Кеплера (закон площадей): радиус-вектор планеты за одинаковые промежутки времени описывает одинаковые площади (рис. 3 б). Радиусом-вектором планеты называется отрезок прямой, соединяющей планету с Солнцем. Скорость планеты при движении её по орбите тем больше, чем ближе планета к Солнцу. Второй закон Кеплера количественно определяет изменение скорости движения планеты по эллипсу.

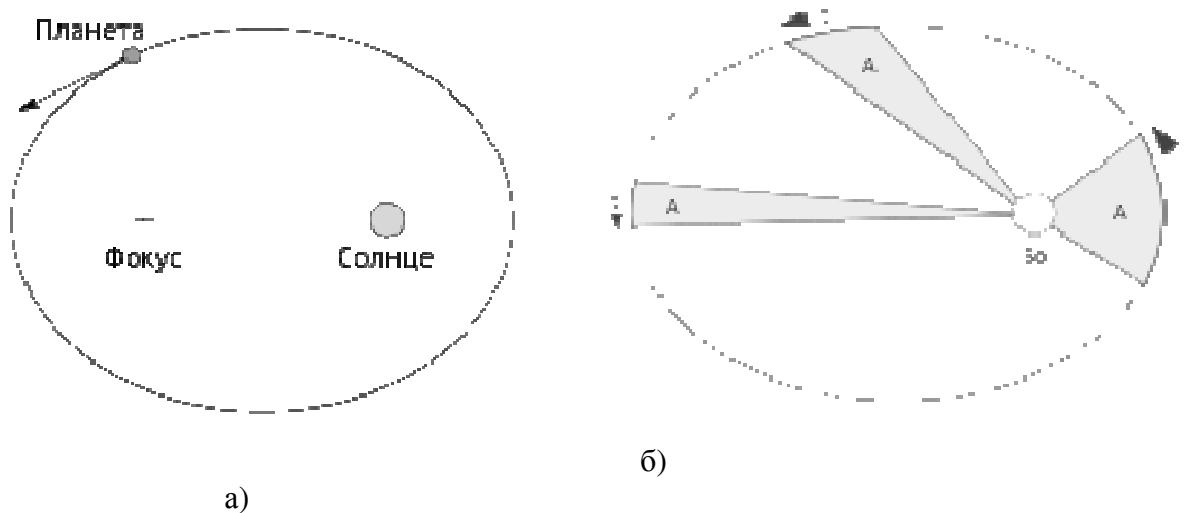


Рисунок 3. Первый (а) и второй (б) законы Кеплера

Для установления аналогии процесса истечения сыпучего материала со вторым законом Кеплера рассмотрим рисунок 4, на котором изображены эллипсоиды выпуска, объёмы которых отличаются друг от друга на величину объёма эллипсоида, истекающего за единицу времени q . Из рисунка видно, что скорости частиц при переходе с поверхности одного эллипсоида на другой возрастают по мере приближения к выпускному отверстию, а разности объёмов смежных эллипсоидов остаются постоянными и равными q .

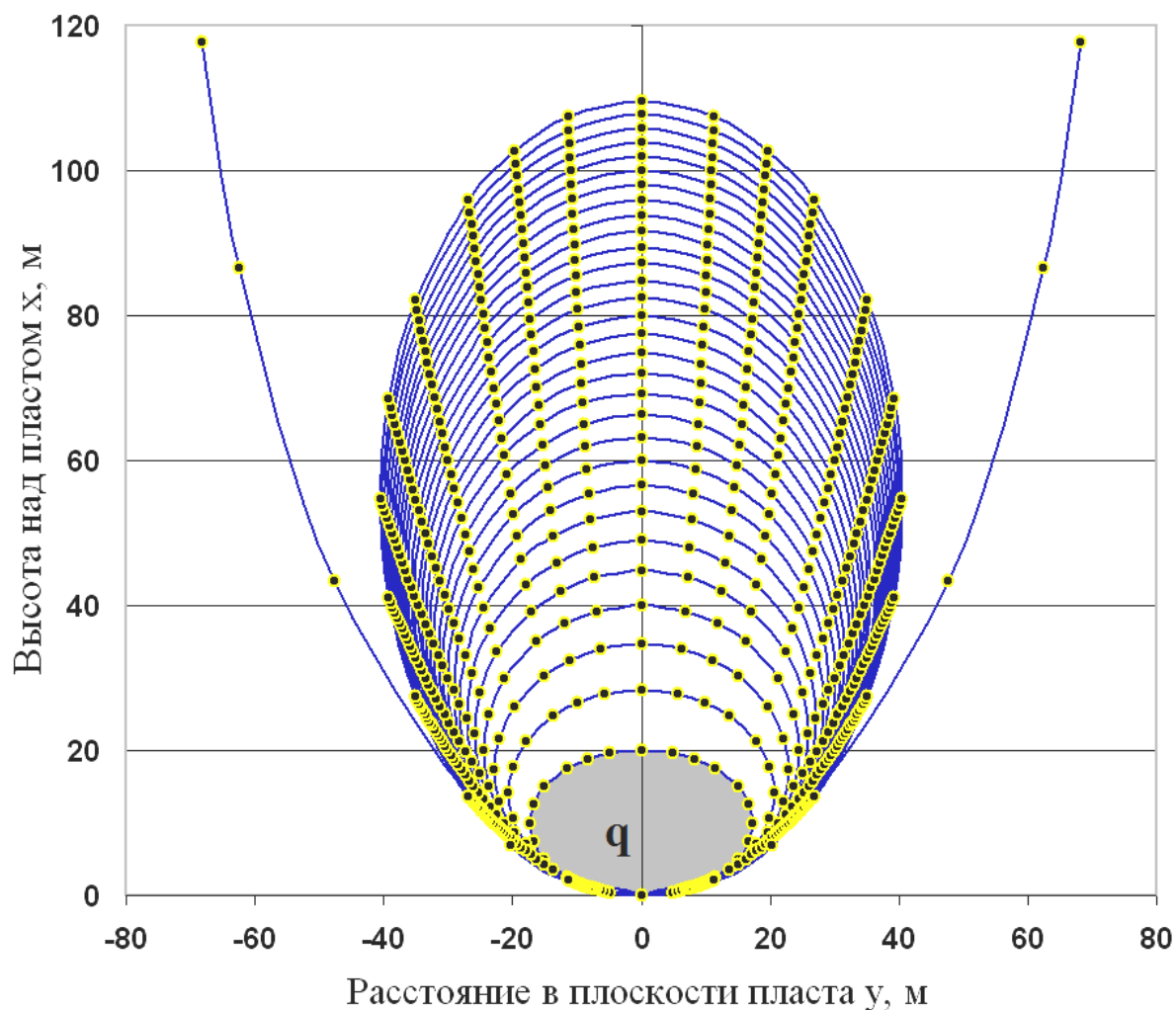


Рисунок 4. Траектории перемещения частиц сыпучего материала при переходе с эллипсоида на эллипсоид в процессе выпуска

Таким образом, геомеханические процессы связанные с перемещением частиц сыпучей среды при сдвигении горных пород или выпуске руды из обрушенных блоков можно уподобить законам движения небесных тел, что свидетельствует о единстве законов Вселенной.

Литература:

1. Куликов В.В. Выпуск руды.- М: Недра, 1980.- 303 с.
2. Антонович, К.М. А11 Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 1. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. –334 с.