

ФРАКТАЛЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

*Шкурганова Мария Алексеевна, студентка 1-го курса
кафедры «Горные работы»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Кузнецова А.А., старший преподаватель)*

Бенуа Мандельброт создал фрактальную математику для описания природных процессов, которые до этого казались непредсказуемыми. Название фрактал в переводе с латинского означает дробный, разбитый, однако у него нет строгого определения, и оно не является математическим термином.

Фракталы — объекты дробной размерности, которые обладают свойствами масштабной инвариантности, или «самоподобия», когда изменение масштаба не изменяет их структуры.

Фракталы преследуют нас повсюду. В природе существуют кораллы, морские звезды, растения, молния, снежинки, отдельные части которых очень похожи друг на друга. Даже человек состоит из фракталов! К примеру, его система кровообращения и бронхи. Фракталы также распространены и в архитектуре. Причем они имеют место как в архитектуре прошлых лет, так и в стиле модерн.

Но перейдем непосредственно к теме «Фракталы в горном деле».

Эффективность разработки месторождений полезных ископаемых во многом варьируется от того, насколько правильные представления мы имеем о специфике внутреннего строения, непосредственно объекта эксплуатации и геологической среды, в которой он локализован.

В концепцию новых представлений о структурном состоянии геологической среды заложен приоритет «дискретного» над «непрерывным». К наиболее характерным свойствам геологической среды следует отнести также иерархичность всех ее компонентов. Иерархичные уровни – это системные формирования, в которых дискретные элементы последующего и более высокого масштабного уровня выступают в качестве объектов, рассматривавшихся в качестве систем на предыдущем масштабном уровне. В этом случае каждый таксон (ряд) представляет собой ограниченное в пространстве скопление участков определенного масштаба с повышенной концентрацией золота или трещин, размещенных примерно на одинаковом расстоянии друг от друга.

Из вышеупомянутого вытекает смысл понятия «фрактальность» как ключевого свойства внутреннего строения природной подсистемы геологической среды.

В горном деле существует такое понятие, как трещина - разрыв сплошности горных пород, перемещение по которому либо отсутствует, либо имеет незначительную величину. Трещина, как и любой другой природный объект, существует в трехмерном мире. Положение тела задается тремя независимыми переменными X , Y , Z . Такая размерность называется параметрической. Формализованным и более строгим с математической точки зрения является понятие топологической размерности d . Здесь размерность точки $d=0$, линии – $d=1$, плоскости – $d=2$, объема – $d=3$.

Однако в природе существуют объекты, для точного измерения которых топологической размерности становится явно недостаточно. И тогда на помощь приходят фракталы и фрактальная геометрия.

Доказательство того, что трещина является фракталом. По закону Ричардсона:

$$L(\delta) = \alpha * \delta^\beta \quad (1)$$

где α - некоторая константа, β - отрицательный показатель степени;

Из уравнения (1) следует:

$$\ln L = \beta * \ln \delta + \ln \alpha \quad (2), \text{ где } \ln \alpha = \text{const};$$

Можем пренебречь константой, и тогда $\text{Log } L \sim \beta * \log \delta$. С другой же стороны: $\text{Ln } L = \ln[N(\delta) * \delta] = \ln N(\delta) + \ln \delta \quad (3)$

где $N(\delta)$ - число отрезков длиной δ , покрывающих всю линию.

Из уравнений (2) и (3):

$$\text{Ln } (\delta) = \beta * \ln \delta - \ln \delta = (\beta - 1) * \ln \delta \quad (4)$$

В соответствии с размерностью Хаусдорфа

$$N(\delta) \cong 1/\delta^{d_H} \quad (5), \text{ где } d_H - \text{дробная размерность};$$

$$\text{Следовательно } \ln N(\delta) \sim -d_H * \ln \delta \quad (6)$$

Из уравнений (4) и (6):

$$\beta - 1 = -d_H \quad (7)$$

Поскольку в уравнении (1) $\beta < 0$, то размерность Хаусдорфа d_H в уравнении (7) строго больше топологической размерности d трещины. Поэтому на основании определения Мандельброта, такие линии являются фракталами.

Использование фракталов для изучения разломов позволяет более точно определить характеристики разлома и его связь с геологическими процессами. Также фрактальный анализ может использоваться для определения размеров и формы кристаллов, минералов, горных пород, что в свою очередь помогает понять, как и при каких условиях они образовались. Кроме того, фрактальные анализы могут использоваться для определения

прочности горных пород. В целом, фрактальный анализ является мощным инструментом для изучения геологических процессов и структур, что позволяет более точно прогнозировать возможные опасности и оптимизировать процессы добычи полезных ископаемых.

Литература:

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-fraktalnoy-razmernosti-treschin-v-gornyh-porodah/viewer>.
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/fraktalnye-svoystva-geologicheskoy-sredy-kak-pokazatel-slozhnosti-usloviy-ekspluatatsii-zolotorudnyh-mestorozhdeniy/viewer>.