

2. Рекомендации для оценки перспективности добычи угольного газа на участке Северо-Родинский - 2 по теме № 956 «Определение сорбционных свойств угля и петрографических характеристик вмещающих песчаников для оценки возможности добычи угольного газа на участке Северо-Родинский-2»:– Днепропетровск, ИГТМ НАН Украины, 2000. – 38 с.

3. Алексеев А. Д. Радиофизика в угольной промышленности / А. Д. Алексеев, В. Е. Зайденварг, В. В. Снолицкий, Е. В. Ульянова. – М. : Недра, 1992. – 184 с.

4. А.с. №1679325, СССР. МКИ<sup>4</sup>.GOI N24/10. Способ анализа углей методом ЭПР / А. С. Поляшов, В. Е. Забигайло, А. В. Бурчак, Н. И. Насос (СССР).– опубл. 16.04.1991. Бюл. '3.

5. Методическое руководство по практической обработке геологических данных статистическими методами. Красноярск, Красноярское геологическое управление, 1969. – 107 с.

6. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, т. 1. – М. : Госгортехиздат, 1963. – 110 с.

7. Лукинов В. В. Перспективы определения сорбционных свойств угля методом электронного парамагнитного резонанса / В. В. Лукинов, В. А. Гончаренко, А. В. Бурчак // Уголь Украины. – 2001. – №6. – С.44 – 46.

**УДК 553.08:519.24**

Вед. инж. Т. М. Дрожжа  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

В статті розглянуті математичні методи, необхідні для дослідження геологічних матеріалів, одним з яких є легко реалізуємий числовий метод послідовних наближень.

## **THE MATHEMATICAL METHODS TO USE FOR INVESTIGATIONS OF GEOLOGICAL MATERIAL**

In the article it is suggested to mathematical methods for investigation of geological material, the solution can be found by the numeric method of consecutive approximations.

В последнее время с одной стороны резко выросло количество геологической информации, полученной при поисках и разведке месторождений и, в связи с изменением направлений геологоразведочных работ, требующей новой переинтерпретации, с другой – увеличилось количество разных методик исследования геологических объектов. Классические методы интерпретации огромного и разнопланового материала уже не дают необходимого эффекта; и чем сложнее геологическая задача, тем более сложные логические построения используются для ее решения. Поэтому решение геологических задач настойчиво требует обоснования и применения для каждой геологической информации обоснованных математических методов.

Одним из основных показателей при интерпретации любых геологических данных считается корреляционная связь, но определение ее можно считать чисто технической и промежуточной операцией. В то время как для окончательных выводов, т.е. получения уравнения связи, необходимо рассмотреть и выявить все взаимоотношения в изучаемых процессах и состояниях. Кроме того, даже получив такую связь, неизвестно, что является причиной, а что – следствием; происходят процессы параллельно, либо влияет еще какая-то третья сила. Задача состоит в такой обработке экспериментальных данных, при которой по возможности точно была бы отражена тенденция зависимости  $y$  от  $x$  и возможно полностью ис-

ключено влияние случайных, незакономерных отклонений, связанных с погрешностями опыта или измерения.

Рассмотрим взаимосвязь между параметрами малоамплитудных нарушений Донецко-Макеевского района, которая, по мнению некоторых исследователей [1, 2], обусловлена физико-механическими процессами образования разрывов в толще пород и является функциональной. Для проведения исследований в 4 – х тектонических зонах района по геолого-структурной карте юго-западной части Донбасса (М 1: 25 000) замерены величины протяженности (L) и амплитуды (H) нарушений. Среди нарушений преобладают надвиги. Количество нарушений в каждой из тектонических зон разное, оно изменяется от 15 до 92.

По построенным графикам (рис. 1) очевидно, что в вариационном ряду иногда встречаются резко выделяющиеся наблюдения, которые могут быть связаны либо с изменением генезиса нарушения (наложение сдвиговых смещений), либо с неправильным вынесением параметров нарушения на карту. Если проверка значений величин по картам большего масштаба не дает возможности определить причину ошибочности записи, то необходимо провести статистическую проверку, что дает возможность оценить случайность данного наблюдения и обоснованно отбросить или оставить его. То есть можно проверить как одно выделяющееся наблюдение (минимальное или максимальное) выходит за пределы допустимого значения и является явно ошибочным.

Для проверки случайности наблюдений используется критерий Ирвина [1]:

$$\lambda = \frac{X_n - X_{n-1}}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  - критерий Ирвина;  $X_n$  и  $X_{n-1}$  – это два значения исследуемых наблюдений, которые являются либо самыми большими значениями исследуемой совокупности, либо ее самыми малыми требуемых данных значениями (зависит рассматривается отклонение значения наблюдения в максимальную или в минимальную сторону);  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение данной совокупности наблюдений (рассчитывалось по программе Excel).

Сравнение расчетных значений  $\lambda$  с табличными [3] в зависимости от числа наблюдений позволило выделить и исключить случайные (ошибочные).

Для нарушений в каждой тектонической зоне были рассчитаны коэффициенты корреляции. По второй тектонической зоне необходимо отметить, что при исключении случайного (по И. Ирвину) значения, коэффициент корреляции изменился с 0,33 до 0,69.

Bartlett M. S. [4] впервые разработал метод уменьшения стандартной ошибки в оценках на основе одного из алгоритмов: скользящего окна, фильтрации, сглаживания, пространственного усреднения (интервалов).

По упорядоченным данным построен график зависимости (рис. 2 а) для дальнейшего сравнения его с графиками зависимостей, построенных по этой же тектонической зоне, но используя методы уменьшения количества (показано на примере второй тектонической зоны).

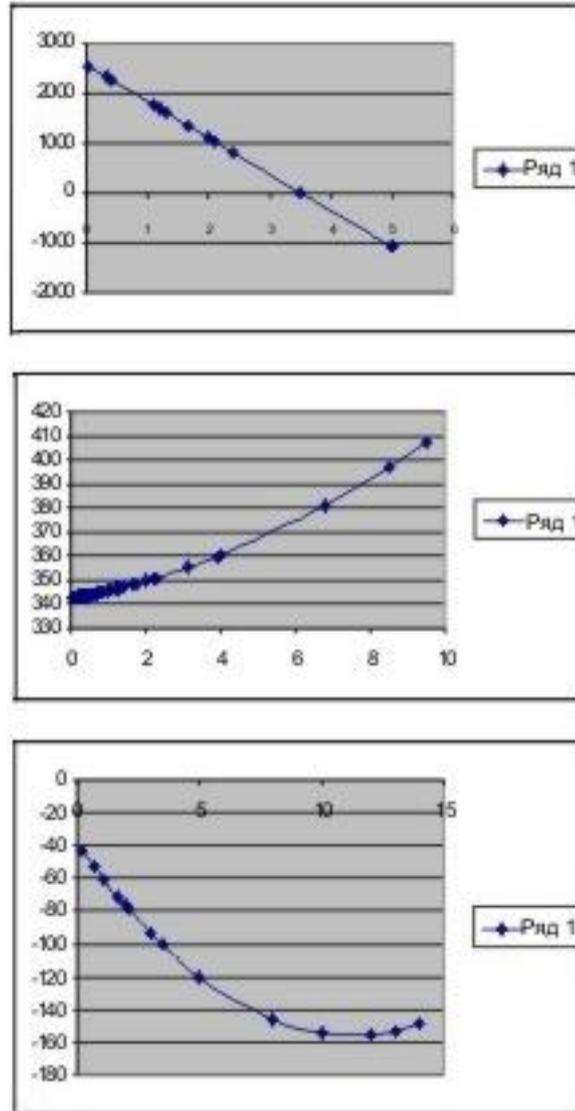


Рис. 1 – Сравнение графиков исследуемых тектонических зон по упорядоченности данных

Один из методов сглаживания состоит в аппроксимации коротких сегментов (методе интервалов) исходной последовательности гладкими линиями или кривыми. Эти кривые могут быть подогаданы методом наименьших квадратов с помощью регрессионного анализа. Обычно последовательность не сглаживается рядом неперекрывающихся сегментов, так как они имеют резкие изломы в своих звеньях. Вместо этого операция сглаживания состоит в построении аппроксимации к малому сегменту и определении средних значений в сегменте.

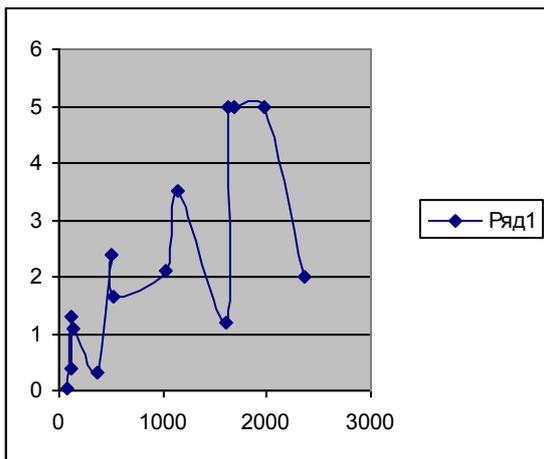
По методу сглаживания были произведены расчеты по всем четырем тектоническим зонам. По полученным результатам были построены графики и рассчитаны коэффициенты корреляции. На примере второй зоны на рис. 2. б показан график такого сглаживания.

Так как множество коэффициентов должно быть определено и вычислено для каждого сегмента, и имеется почти также много сегментов в ряду, как имеется исходных наблюдений, то это затяжной процесс. Однако, сами коэффици-

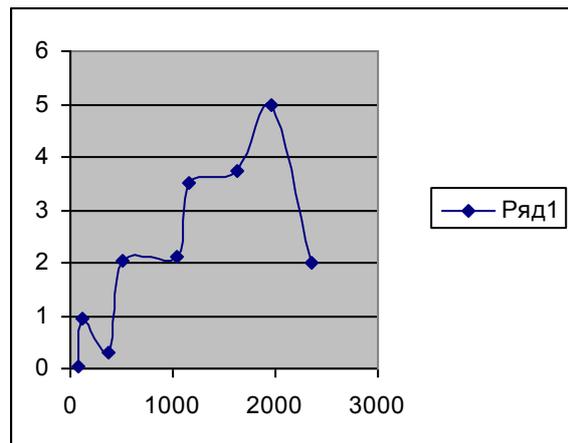
енты не являются необходимыми, необходимы их оценки в центральных точках сегментов. Поэтому можно составить новую таблицу значений наблюдений, которые обеспечат получение оценок в центральных точках. Значение в центральной точке будет средним в сегменте. Для всех четырех тектонических зон Донецко-Макеевского района Донбасса был использован метод сегментов или метод интервалов. По результатам применения этого метода были построены графики по примеру второй зоны – рис. 2. в.

Очевидно (рис. 2. а, б, в), что наилучшим уменьшением числа наблюдений (при этом без существенных искажений) является метод интервалов, а коэффициенты корреляции при этом улучшаются.

а)



б)



в)

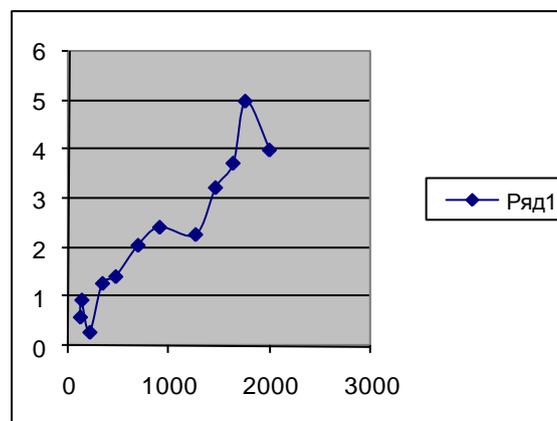


Рис. 2 – Методы сглаживаний (на примере второй тектонической зоны)

Для всех тектонических зон с использованием метода интервалов были получены уравнения связи по формуле [3]:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2,$$

где  $X_1$  и  $X_2$  – значения наблюдений;

$b_0, b_1, b_2$  – коэффициенты, оценить которые можно с помощью системы следующих уравнений:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Y &= b_0 n + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n X_1 + b_2 \cdot \sum_{i=1}^n X_2, \\ \sum_{i=1}^n X_1 \cdot Y &= b_0 \cdot \sum_{i=1}^n X_1 + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n X_1^2 + b_2 \sum_{i=1}^n X_1 \cdot X_2, \\ \sum_{i=1}^n X_2 \cdot Y &= b_0 \cdot \sum_{i=1}^n X_2 + b_1 \cdot \sum_{i=1}^n X_1 \cdot X_2 + b_2 \sum_{i=1}^n X_2^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Получены следующие зависимости:

по первой тектонической зоне

$$Y = 2,65 + 4990 X_1 + 11200000 X_2,$$

по второй тектонической зоне

$$Y = 7,88 + 24,7 X_1 + 95,1 X_2,$$

по третьей тектонической зоне

$$Y = 6,03 + 26,7 X_1 + 169 X_2,$$

по четвертой тектонической зоне

$$Y = 2,22 + 15,9 X_1 + 165 X_2.$$

Современная наука располагает множеством способов описания и предсказаний событий реального мира. Один из них – это построение соответствующей формулы или уравнения, выражающие зависимости между рассматриваемыми количественными характеристиками, что и было получено. Эти расчеты могут быть использованы и для любого количества параметров. Такой подход к рассмотрению геологических данных и получение по ним уравнений связи дает возможность прогнозировать результаты наблюдений. По итогам данной работы сделаны следующие выводы:

– при применении количественных методов для определения зависимости между геологическими показателями, необходимо исследовать числовые данные по формуле И. Ирвина и исключить случайные;

– получены количественные зависимости между величиной и протяженностью нарушений для различных тектонических зон Донецко-Макеевского района, различие зависимостей свидетельствует о влиянии физико-механических параметров среды на распределение напряжений, под действием которых формировались дислокации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богаченко И. Н. Мегатрещиноватость и прогноз трещинной тектоники и мелкоамплитудной разрывной нарушенности на разведываемых участках и полях действующих шахт / И. Н. Богаченко // Тр. ДонбассНИЛ МГ СССР. – 1971. – Вып. 3. – С. 39 – 46.
2. Стягун А. В. Характеристика мелкоамплитудных разрывных нарушений в условиях Донецко-Макеевского района Донбасса / А. В. Стягун // Геол. журн., 1979. – № 3. – С. 98 – 101.
3. Шарапов И. П. Применение математической статистики в геологии / И. П. Шарапов. – М. : Недра, 1965. – С. 46 – 101.
4. Bartlett M. S. Smoothing periodograms from time series with spectra continuous / M. S. Bartlett. Nature, 1948. – 161. – P. 686 – 687.