

Лабораторная работа
по курсу «Геометризация недр»
для студентов II курса специальности «Геология и разведка
месторождений полезных ископаемых» геолого-географического
факультета

Автор-составитель – ст. преподаватель кафедры «Геология и география»
Абрамович О.К.

Лабораторная работа №1

Решение задач по геометризации недр

Цель занятия: освоить решение геометрических задач в проекциях с числовыми отметками, статистический анализ данных геологических опробований и арифметические действия с топографическими поверхностями.

Работа состоит из двух частей:

6.1 Проекция с числовыми отметками.

6.2 Определение плотности разведочной сети с помощью компьютера

1.1 Проекция с числовыми отметками

1. Теоретическая часть

Чтобы изобразить точку, прямую или любой объект по их координатам, необходимо на плоскость проекции нанести систему координат и указать масштаб изображения.

В проекциях с числовыми отметками точку по двум ее координатам наносят на картинную плоскость, а ее третью координату подписывают у проекции этой точки в виде числовой отметки (высоты).

Прямая имеет определенное положение в пространстве и может быть изображена в проекциях с числовыми отметками, если известны: 1) координаты двух точек прямой; 2) координаты одной точки, направление прямой – дирекционный угол (азимут) и угол наклона прямой к горизонту.

Положение плоскости в пространстве и ее изображение на плане определяют: 1) три точки, не лежащие на одной прямой; 2) прямая линия и точка, не лежащая на этой прямой; 3) две пересекающиеся прямые, в частном случае – линия простирания и линия падения; 4) две параллельные прямые; 5) прямая линия, являющаяся линией наибольшего ската данной плоскости.

Поверхность в проекциях с числовыми отметками изображают изолиниями – проекциями линий пересечения этой поверхности плоскостями, параллельными плоскости проекции и равноотстоящими друг от друга. Вид изолиний зависит от формы поверхности, ее сложности и расположения относительно плоскости проекции.

Определение положения прямых в пространстве непосредственно связано с решением прямой и обратной геодезических задач, которые в маркшейдерии рассматриваются в трехмерном пространстве координат x , y , z .

Прямая задача. Даны координаты x_N, y_N, z_N начала вектора NK , направление $\alpha(NK)$, угол наклона $\delta(NK)$ к горизонту и длина вектора $NK = L$. Требуется определить координаты x_K, y_K, z_K конца вектора.

$$x_K = x_N + L \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha$$

$$y_K = y_N + L \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha$$

$$z_K = z_N - L \cdot \sin \delta$$

Обратная задача. Даны координаты начала x_N, y_N, z_N и конца x_K, y_K, z_K вектора NK . Требуется определять направление вектора α , угол наклона δ , горизонтальное проложение l и длину $NK = L$.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_K - y_N}{x_K - x_N}$$

$$l = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta z}{l} = \frac{z_K - z_N}{l}$$

$$L = \frac{l}{\cos \delta} = \frac{\Delta z}{\sin \delta} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$$

Проекция точек, прямых и их взаимное положение. Прямую на плане (графике) изображают в градуированных отметках. Градуированием прямой называют нахождение на проекции прямой точек с целочисленными отметками, кратными выбранному сечению. Графическое градуирование производят с помощью трафарета или по способу профиля.

Точки с целочисленными отметками на проекции прямой есть проекции точек пересечения прямой с плоскостями, параллельными плоскости проекции и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном высоте сечения.

Разность целочисленных отметок двух соседних точек градуированной проекции прямой называют высотой сечения или сечением прямой (h).

Длину проекции отрезка прямой, разность отметок на концах которого равна единице сечения, называют заложением прямой (a).

Уклоном (i) прямой линии называют тангенс угла наклона прямой к плоскости проекции

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{h}{a}$$

При данном сечении уклон прямой есть величина, обратная заложению.

Взаимное положение прямой и точки.

1. Точка лежит на прямой, если проекция точки, совпадает с проекцией прямой и имеет общую с прямой отметку.

2. Точка не лежит на прямой, если: а) проекция точки не совпадает с проекцией прямой, б) проекция точки совпадает с проекцией прямой, но данная точка и точка на прямой имеют разные отметки.

Чтобы по плану определять кратчайшее расстояние между прямой и точкой вне прямой необходимо через точку и прямую провести плоскость. Найти совмещение, т.е. параллельное плоскости проекции положение этой плоскости, повернув ее вокруг одной из ее горизонталей. Измерить расстояние от точки до прямой по нормали (опустить из точки перпендикуляр на совмещенную прямую) в масштабе графика.

Если проекция точки совпадает с проекцией прямой, то непосредственно по плану можно определять лишь расстояние по вертикали между ними, равное разности отметок совпадающих проекций.

Взаимное положение прямых.

Прямые в пространстве: 1) параллельны, 2) пересекаются (частный случай – взаимно перпендикулярны), 3) скрещиваются (не параллельны и не пересекаются).

У параллельных прямых проекции параллельны, заложения равны, направление возрастания отметок одинаково.

Пересекающиеся в пространстве прямые изображаются пересекающимися проекциями. Точка пересечения прямых имеет одну общую для обеих прямых отметку.

Если пересекающиеся прямые лежат в одной профильной плоскости, то проекции прямых сливаются.

Прямые в пространстве скрещиваются, если проекции прямых пересекаются, но в точке пересечения имеют разные отметки; если проекции прямых параллельны, но имеют разные заложения, или имеют одинаковое заложение, но возрастание отметок идет в разные стороны.

Определение истинных расстояний между параллельными прямыми и истинных углов между пересекающимися прямыми производят на плоскости, которую проводят через них и совмещают ее с плоскостью проекции или параллельной ей.

Пример 1

На плане (рисунок 1) даны три точки a_{30} , b_{57} , c_{10} . Требуется определить в образовавшемся треугольнике истинные значения его углов и длин сторон.

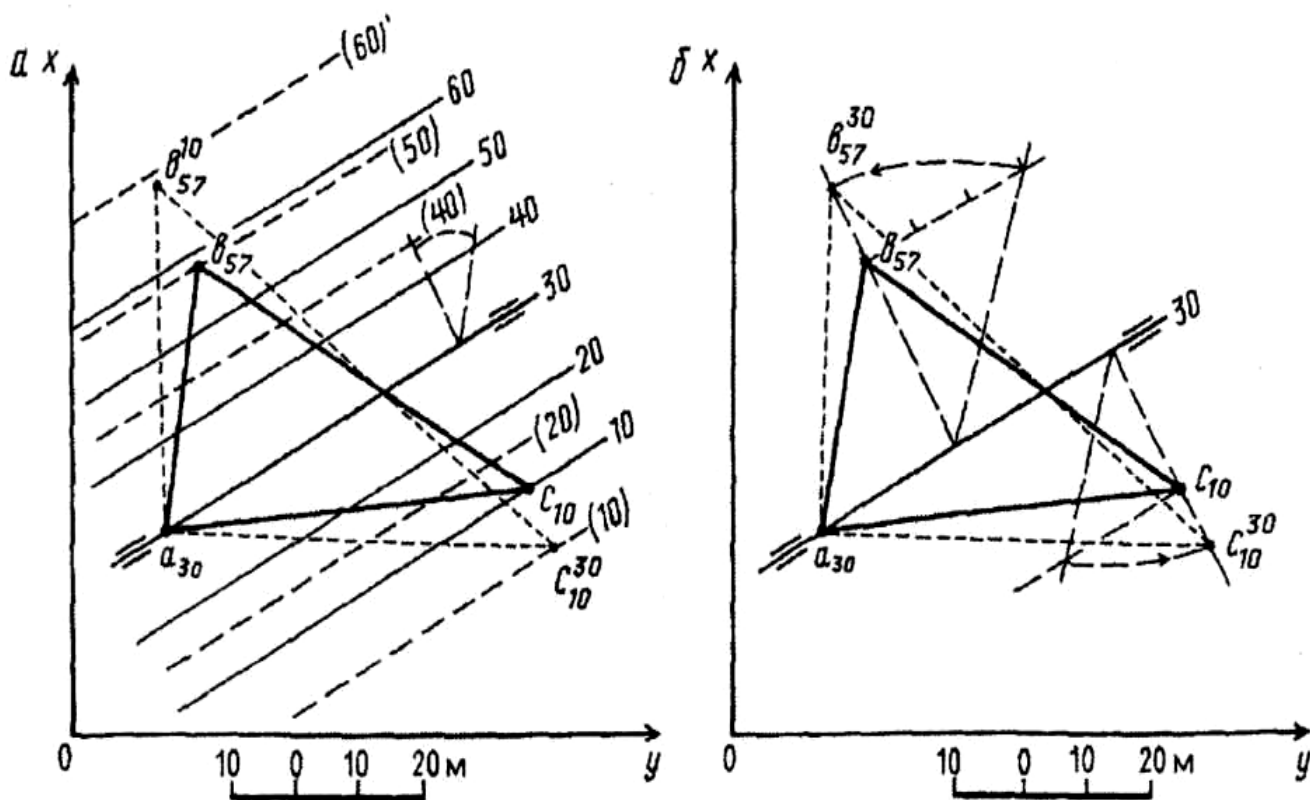


Рисунок 1 – Определение истинных значений углов и длин сторон треугольника a_{30} , b_{57} , c_{10} методом совмещения плоскости (а) и точек b_{57} , c_{10} (б)

Решение может быть выполнено двумя способами: а) построение по точкам плоскости в горизонталях и совмещение ее горизонталей с плоскостью проекции, путем вращения плоскости вокруг горизонтали, например, 30 (см. рисунок 1, а). Совмещенные горизонталы показаны штрих-линиями. Переноса исходные точки по нормали к оси вращения на соответствующие их отметкам горизонтали, находят точки a_{30} , b_{57} , c_{10} , соединив которые получают треугольник с истинными углами и сторонами в масштабе графика; б) определение совмещенного положения каждой точки (см. рисунок 1, б). Для этого проводят одну из горизонталей плоскости например, с отметкой 30. Эту горизонталь принимают за ось вращения и находят совмещенные положения точек, не лежащих на этой оси. Для этого необходимо из этой точки опустить перпендикуляр на ось вращения и от оси вращения на перпендикуляре отложить отрезок, равный гипотенузе прямоугольного треугольника, у которого один катет – расстояние от данной точки до оси вращения, а второй – отрезок, равный разности отметок этой точки и оси вращения в масштабе чертежа. Точки b_{57}^{30} и c_{10}^{30} являются совмещенными с горизонтальной плоскостью, имеющей отметку 30. В треугольнике $a_{30}b_{57}^{30}c_{10}^{30}$ величины углов и сторон (в

масштабе чертежа) являются истинными.

2. Практическая часть

1. Даны две точки А (30; 25; 82) и В (50; 65; 115), принадлежащие одной прямой.

Требуется: 1) изобразить прямую на плане в масштабе 1 : 1000 в проекции с числовыми отметками; 2) проградировать прямую через 5 м аналитическим методом.

2. Изобразить на плане в масштабе 1 : 2000 в проекции с числовыми отметками отрезок прямой АВ, если координаты его конечных точек, следующие:

$$x_a = 230, y_a = 32, z_a = 145,3$$

$$x_b = 150, y_b = 350, z_b = 225$$

Прямую проградировать через 1 м с помощью трафарета.

3. Даны координаты двух маркшейдерских точек наклонной горной выработки:

$$x_1 = 915, y_1 = 102, z_1 = -17;$$

$$x_2 = 971, y_2 = 149, z_2 = +9$$

Определить: 1) горизонтальную проекцию наклонной выработки (l); 2) длину наклонной выработки в метрах (L); 3) уклон выработки (i); 4) угол наклона ее к горизонту (δ).

4. Наклонная буровая скважина имеет координаты устья:

$$x = 520 \text{ м}, y = 335 \text{ м}, z = 243 \text{ м};$$

координаты забоя скважины:

$$x_1 = 585 \text{ м}, y_1 = 360 \text{ м}, z_1 = 80 \text{ м}.$$

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию, нанести на план в масштабе 1 : 1000 ось скважины в проекциях с числовыми отметками и определять: 1) величину вертикальной проекции (h в метрах); 2) длину скважины (L); 3) угол наклона (δ) оси скважины к горизонту; 4) дирекционный угол (α) оси скважины.

5. В точке О (1215, 624, 378) на земной поверхности пробурена наклонная скважина длиной 156 м, под углом наклона 65° и азимутом 30° .

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию: 1) нанести на план в масштабе 1 : 2000 ось скважины в проекции с числовыми отметками; 2) определить графически координаты (x , y , z) забоя скважины, если известно, что магнитное склонение является восточным и составляет 9° .

6. Три маркшейдерские точки, закрепленные в выработках в кровле пласта, имеют следующие координаты:

I ($x_1 = 101,75$; $y_1 = 152,30$; $z_1 = +58,15$);

II ($x_2 = 250,32$; $y_2 = 101,12$; $z_2 = 42,30$);

III ($x_3 = 172,40$; $y_3 = 303,23$; $z_3 = +62,10$).

Приняв поверхность кровли пласта в пределах данных точек за плоскость, определить элементы залегания плоскости – дирекционный угол линии простирания (α) и угол падения (δ).

Плоскость изобразить на плане в масштабе I : 5000 в горнотопталях сечением через 20 м.

7. Пласт полезного ископаемого разведан двумя вертикальными буровыми скважинами (А и В) и третьей наклонной скважиной (С). Координаты устья скважин:

А (100, 100, +350);

В (350, 200, +355);

С (75, 350, +371).

Наклонная скважина пробурена с земной поверхности под дирекционным углом $\alpha_c = 296^\circ$ и углом наклона к горизонту $\delta_c = 67^\circ$.

Скважиной А пласт полезного ископаемого встречен на глубине 160 м, скважиной В – на глубине 157 м, скважиной С – на расстоянии 260 м от земной поверхности по скважине.

Требуется: 1) изобразить на плане в масштабе 1:5000 устья скважин и точки пересечения осей скважин с пластом; 2) построить плоскость пласта по трем точкам в горизонталях сечением через 20 м; 3) определить дирекционный угол направления линии простирания пласта (α) и угол падения пласта (δ).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Изображение точки в проекции с числовыми отметками.
- 2) Изображение линии в проекции с числовыми отметками.
- 3) Изображение плоскости в проекции с числовыми отметками.

1.2 Определение плотности разведочной сети с помощью компьютера

1. Теоретическая часть

В зависимости от расположения залежей в недрах разведочные выработки (скважины, шурфы, дудки и пр.) располагают по разведочным линиям вкрест простирания – равномерно по площади разведываемого участка в виде квадратной, прямоугольной, ромбической и других сеток.

Существуют различные способы определения рациональной плотности разведочной сети. Основными из них являются: 1) аналитический, 2)

способ разрежения сети и 3) способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации. Каждый из способов имеет свои достоинства. Недостаток первого – отсутствие учёта размера объекта. Во втором – опираются лишь на изменения средних значений показателя. В третьем – сравнивают результаты разведки с величинами, не имеющими количественной оценки.

Предлагается рассмотреть геометрический метод.

Сущность геометрического метода на стадии детальной разведки разрабатываемых месторождений состоит в применении метода разряжения разведочной сети и определении отклонений не средних значений показателей, а погрешностей реализаций исходной топофункции при различной плотности разведочной сети.

За исходную принимают топофункцию, полученную на основе геометризации форм или свойств наиболее изученного фактора представительного участка месторождения.

Путём математических действий с топоповерхностями – исходной и её реализациями сетью разных размеров - получают ряд топоповерхностей (квадратичных погрешностей). По зависимости их изменения от плотности разведочной сети определяют рациональную разведочную сеть, которая величиной своей погрешности удовлетворяла бы требованиям предприятия.

Схема решения задачи оценки реализаций при разведке представлена на рисунке 2, на котором: P – исходная топофункция; R_i – реализации при разных положениях и размерах разведочной сети; δ – разность топофункций исходной и реализаций; δ^2 – квадрат разности топофункций; m_i – среднеквадратичная погрешность реализаций; n – число точек палетки.

2 Практическая часть

На рисунке 3 представлен план изолиний показателя залежи, построенных по данным измерений при разработке залежи.

Приняв эти данные за исходные, достаточно точно отражающие изучаемый объект, определите плотность разведочной сети:

1. Аналитическим методом по формуле

$$n = t^2 \sigma^2 / m^2$$

где t – коэффициент вероятности; m – погрешность выборочной средней; σ – дисперсия показателя;

2. Методом разрежения по изменению средних значений показателя по исходной и разреженным сетям;

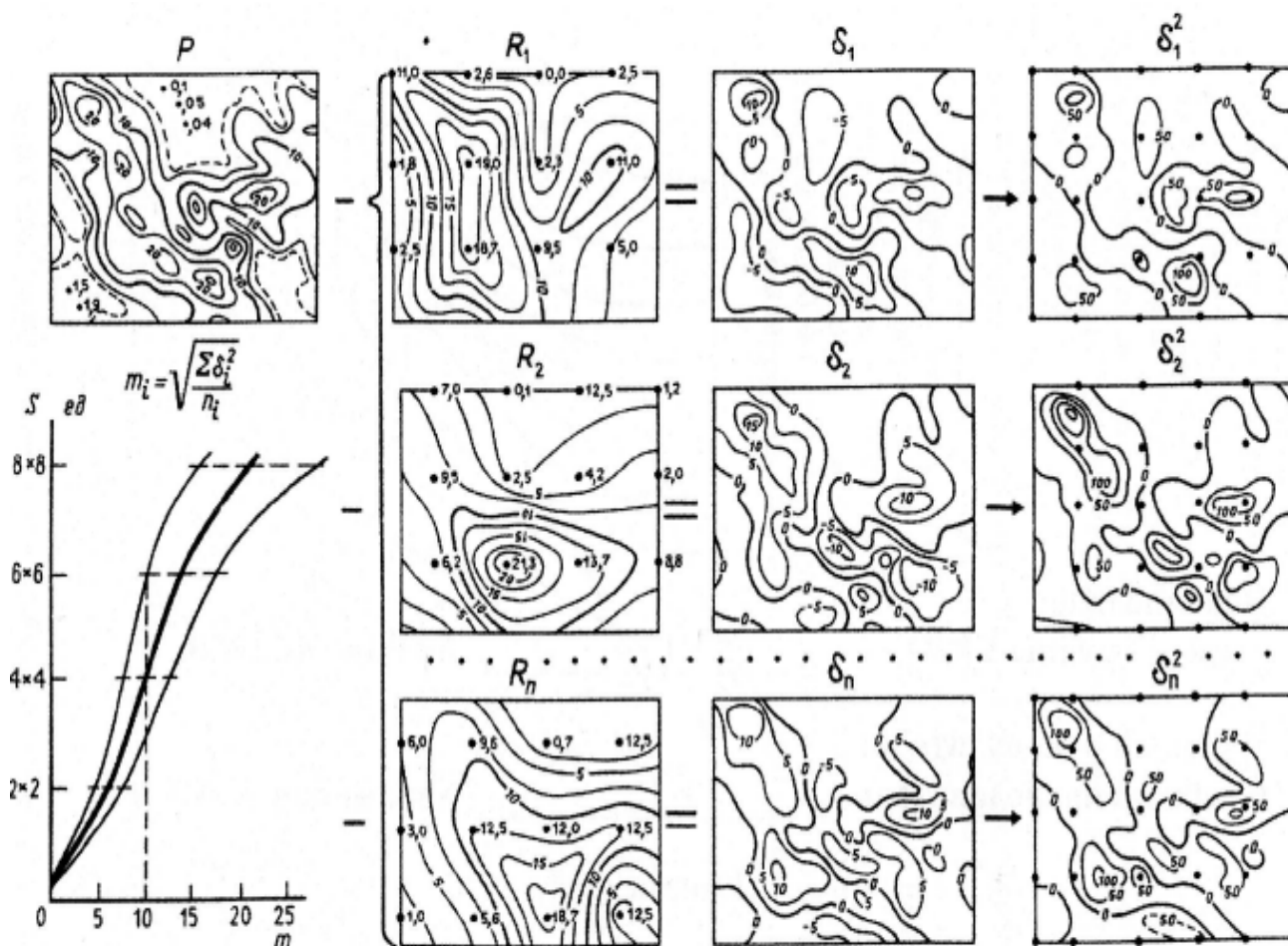


Рисунок 2 – Схема решения задачи оценки реализаций

3. Геометрическим методом с применением математических действий с топоповерхностями.

Пояснения к выполнению задания

1. На основе плана создают двумерную цифровую матрицу с условной системой координат и её началом в одном из углов модели.

2. Определяют статистические характеристики исходной цифровой матрицы (среднее, дисперсию, коэффициент вариации, геометрическую изменчивость).

3. Создают матрицы реализаций путём выборки значений исходной матрицы сетью через один, два, три и т.д. значения. При этом каждой сетью получают несколько реализаций, смещая начальную точку матрицы.

4. Находят квадраты разности (δ^2) между интерполируемым и истинным значениями в точках исходной матрицы.

5. По графику зависимости между среднеквадратичными отклонениями и плотностью разведочной сети определяют размер ячейки разведочной сети.

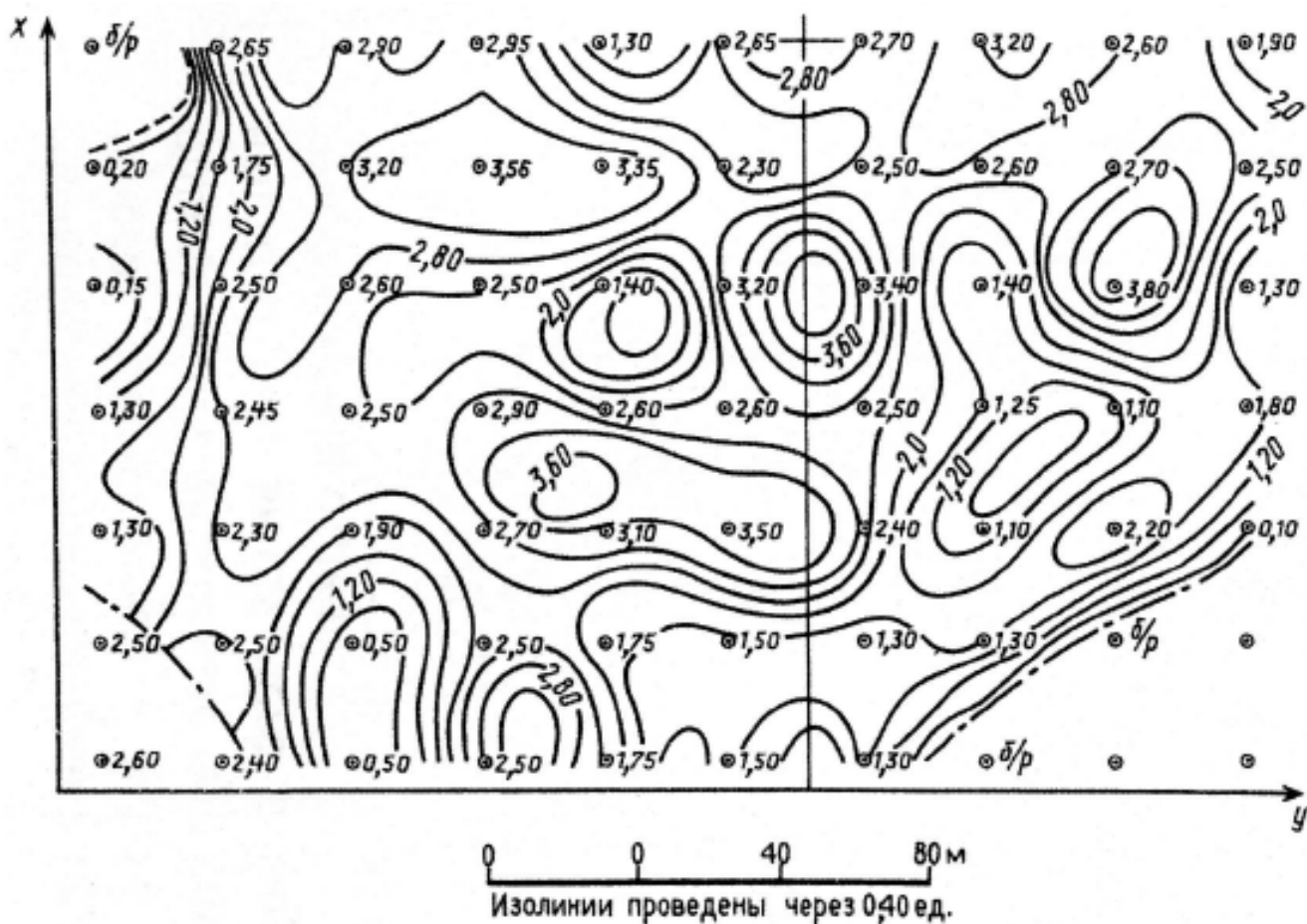


Рисунок.3 – План изолиний показателя по данным эксплуатационной разведки

Среднеквадратичное отклонение реализации от исходной матрицы определяют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}}$$

Вопросы для самоконтроля

- 1) Понятие топографической поверхности и её свойства.
- 2) Математические действия с топографическими поверхностями.
- 3) Способы определения рациональной плотности разведочной сети.