



# ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

## *Подсчёт запасов*

*Лекция*

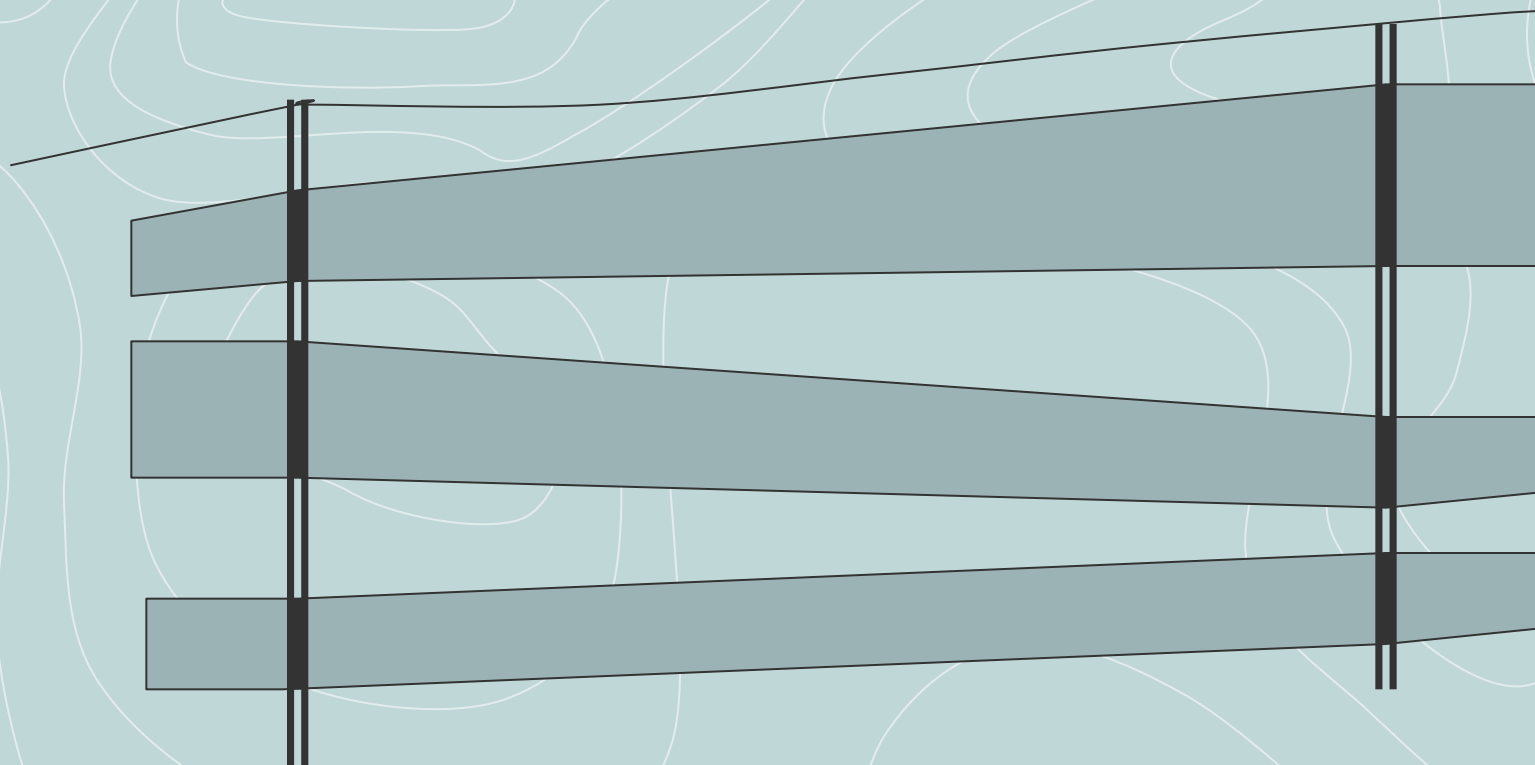
*Оценка точности подсчёта  
запасов*

# Факторы,

## влияющие на точность подсчёта запасов



- Сложность геологического строения
  - Неоднозначность проведения контуров (ВАРИАНТ 1)

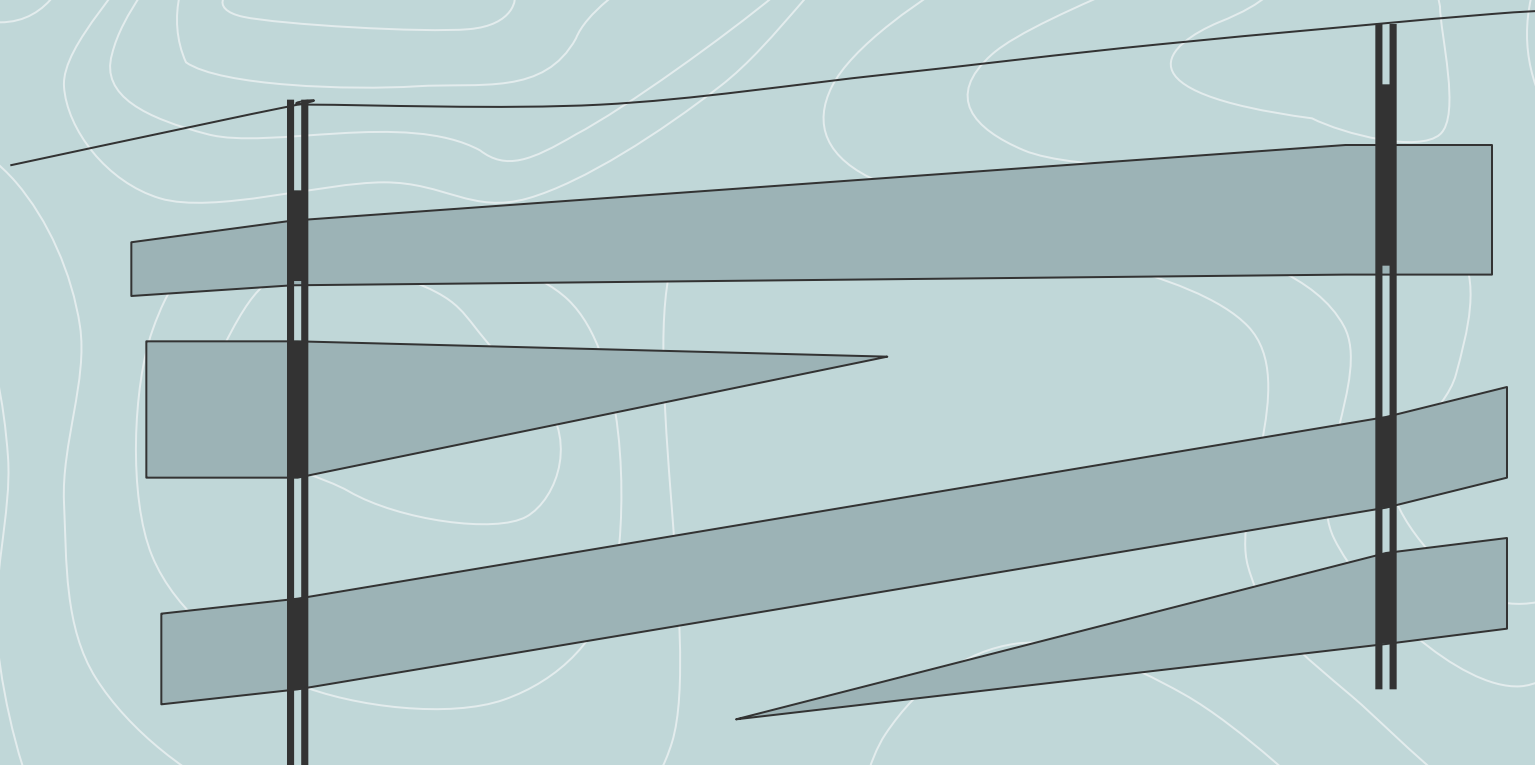


# Факторы,

## влияющие на точность подсчёта запасов



- Сложность геологического строения
  - Неоднозначность проведения контуров (ВАРИАНТ 2)



# Факторы,

## влияющие на точность подсчёта запасов



- Сложность геологического строения

- Неоднозначность проведения контуров
- Число залежей или рудных тел
- Структура и морфология рудных тел
- Наличие тектонических нарушений
- Тип оруденения
- Изменчивость мощности
- Изменчивость содержания и др.

# Факторы,

## влияющие на точность подсчёта запасов



- Система разведки и опробования
  - Ориентирование разведочных линий
  - Геометрия разведочной сети (расстояние по простиранию и вкрест простирания)
  - Способ отбора проб
  - Способ и методика опробования (химический анализ, ядерно-физический и др.). Представительность проб.
  - Геометрические параметры проб
    - Ширина
    - Высота
    - Длина
  - Объём пробы
  - Ориентировка пробы в пространстве

# Факторы,

влияющие на точность подсчёта запасов



- Способы интерпретации геологических данных
  - Методика оконтуривания
  - Методика увязки разрезов между собой
  - Методика выявления и изображения закономерностей оруденения или размещения полезных компонентов (статистический анализ, тренд-анализ, теория распознавания образов, крайгинг, ГИС-технологии и др.)

# Факторы,

## влияющие на точность подсчёта запасов



- Правильный выбор способа подсчёта запасов
- Выбор критериев оценки точности подсчёта запасов
  - Метод разрежения разведочной сети
  - Сравнение результатов подсчёта с данными опытной отработки
  - Оценка с использованием статистических методов

# Теоретические формулы подсчёта запасов



- Истинное количество (для непрерывной величины)

$$Q_{ист} = \iiint \gamma(x, y, z) * dV$$

- Истинный запас полезного компонента

$$P_{ист} = \iiint \gamma(x, y, z) * c(x, y, z) dV$$



# Теоретические формулы подсчёта запасов



- Истинный объём (находится приближённо, т.к. невозможно аналитически выразить  $c(x,y,z)$ ,  $\gamma(x,y,z)$ ,

$$Q_{уст} \approx \sum_{i=1}^n \gamma_i * V_i = \sum_{i=1}^n \gamma_i * S_i * m_i$$

- Истинный запас полезного компонента

$$P_{уст} \approx \sum_{i=1}^n \gamma_i * c_i * V_i = \sum_{i=1}^n \gamma_i * c_i * S_i * m_i$$

# Теоретические формулы подсчёта запасов

- Истинный объём (через математические ожидания)

$$Q_{ист} = \frac{S_{ист} M | l \gamma | M | t |}{M | l |}$$

- Истинный запас полезного компонента

$$P_{ист} = \frac{S_{ист} M | l c \gamma | M | t |}{M | l |}$$

# Теоретические формулы подсчёта запасов 15/12/10

- Если отсутствуют взаимосвязи, то математическое ожидание для независимых случайных величин

$$M|t_{\text{ус}}| = M|t| * M|\gamma| * M|c|$$

- Истинный запас полезного компонента (при условии нормального закона распределения и n-большом)

$$Q_{\text{уст}} = S_{\text{уст}} * M|t| * M|\gamma|$$

$$P_{\text{уст}} = S_{\text{уст}} * M|t| * M|\gamma| * M|c|$$

# Теоретические формулы подсчёта запасов

- Если есть взаимосвязь (например между  $m$  и  $c$ ), то математическое ожидание для зависимых случайных величин, будет равно:

$$M|mc| = M|m| * M|c| + K_{mc}$$

- Учитывая, что

$$K_{mc} = r_{mc} \sigma_m \sigma_c, \quad \sigma_m = M|m| * V_m, \quad \sigma_c = M|c| * V_c$$

*получим*

$$M|mc| = M|m| * M|c| * [1 + r_{mc} * V_m * V_c]$$

$$P'_{уст} = S_{уст} * M|\gamma| * M|m| * M|c| * [1 + r_{mc} * V_m * V_c]$$

# Теоретические формулы подсчёта запасов

- Погрешность, возникающая за счёт неучёта зависимости между мощностью и содержанием

$$\Delta P = P'_{уст} - P_{уст} = S_{уст} * M_{\gamma} * M_m * M_c * [r_{mc} * V_m * V_c]$$

- Пример:

$$|r_{mc}| = 0.2 \quad V_m = 0.5 \quad V_c = 2$$

- Тогда завышение или занижение  $\Delta P$  составит **20%**

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата) 17.09

- Практически запасы подсчитывают по формулам (для независимых параметров)

$$Q = S * \bar{m} * \gamma$$

$$P = S * \bar{m} * \gamma * c$$

- Погрешность функции Q

$$M_Q^2 = \left( \frac{\partial Q}{\partial S} \right)^2 M_S^2 + \left( \frac{\partial Q}{\partial \bar{m}} \right)^2 M_{\bar{m}}^2 + \left( \frac{\partial Q}{\partial \gamma} \right)^2 M_{\gamma}^2$$

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Частные производные

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial S}\right)^2 = (m\gamma)^2 \quad \left(\frac{\partial Q}{\partial m}\right)^2 = (S\gamma)^2 \quad \left(\frac{\partial Q}{\partial \gamma}\right)^2 = (Sm)^2$$

- Погрешность функции Q

$$M_Q^2 = (Sm\gamma)^2 \left( \frac{M_S^2}{S^2} + \frac{M_m^2}{m^2} + \frac{M_\gamma^2}{\gamma^2} \right)$$

$$M_Q = Q \sqrt{\frac{M_S^2}{S^2} + \frac{M_m^2}{m^2} + \frac{M_\gamma^2}{\gamma^2}}$$

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Погрешность параметра включает ошибки:
  - Техническую
  - Аналогии (ошибка репрезентативности)

$$M_S = \sqrt{M_{S(T)}^2 + M_{S(\text{оконт})}^2}$$

$$M_{\bar{m}} = \sqrt{M_{\bar{m}(T)}^2 + M_{\bar{m}(r)}^2}$$

$$M_{\bar{\gamma}} = \sqrt{M_{\bar{\gamma}(T)}^2 + M_{\bar{\gamma}(r)}^2}$$

$$M_{\bar{c}} = \sqrt{M_{\bar{c}(T)}^2 + M_{\bar{c}(r)}^2}$$



# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Определение случайной изменчивости параметра
  - Способ первых разностей

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - x_{i+1})^2}{2 \cdot (n-1)}}, \quad n - \text{количество значений}$$
$$\Delta'_i = (x_i - x_{i+1})$$

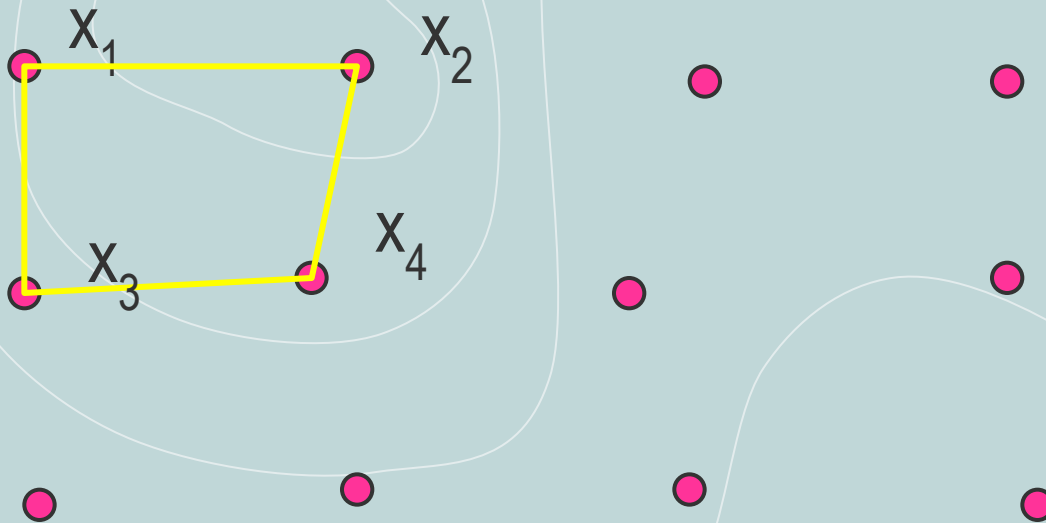
- Способ вторых разностей

$$\sigma'' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (\Delta_j'')^2}{6 \cdot k}}, \quad k - \text{количество первых разностей}$$
$$\Delta_j'' = (\Delta'_i - \Delta'_{i+1}), i = 1, 2, \dots, n-1$$

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Определение случайной изменчивости параметра
  - Способ «красных» чисел проф. Осецкого

$$\sigma^{\kappa} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p [(x_1 + x_4) - (x_2 + x_3)]^2}{4 \cdot P}}$$

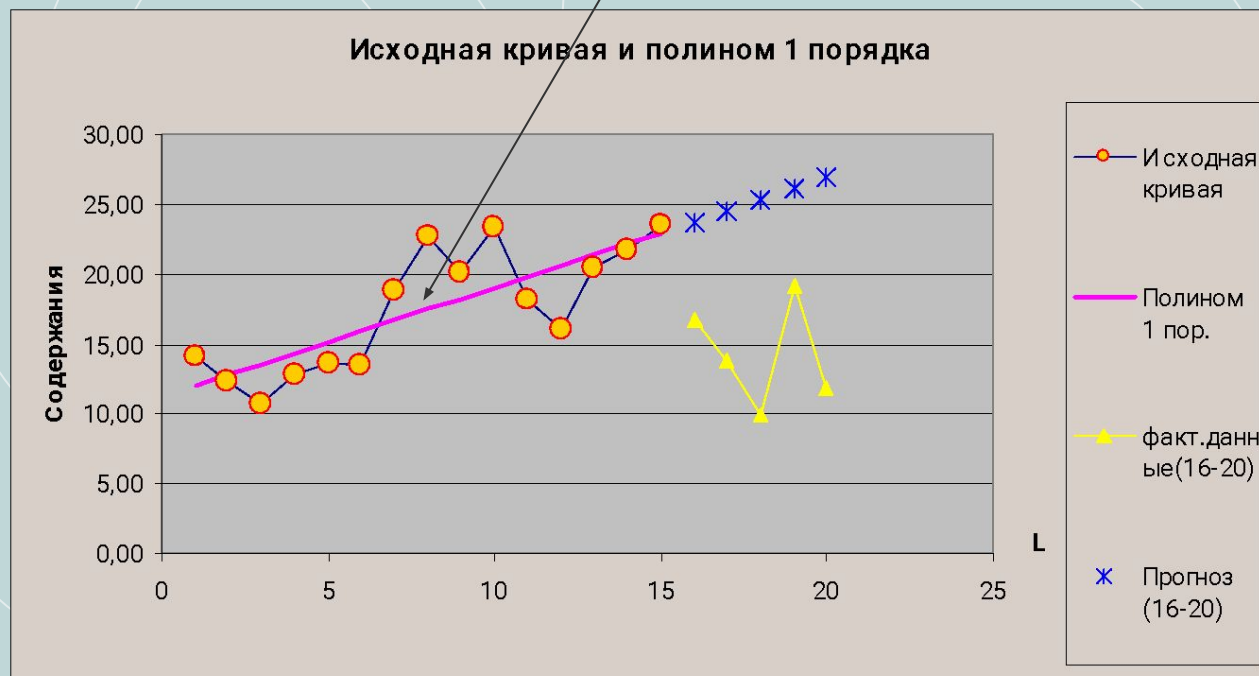


# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Определение случайной изменчивости параметра
  - По отклонениям от сглаженной кривой

$$\sigma_{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n-1}},$$

$\hat{x}_i$  – сглаженные  
данные



# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Определение случайной изменчивости параметра
  - По отклонениям от сглаженной кривой

$$\sigma_r = \sqrt{1 - r(1)},$$

*r(1) – коэффициент  
автокорреляции, лаг 1*

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Погрешность репрезентативности параметра

$$M_S = \frac{t * \sigma_S}{\sqrt{n}} \quad M_{S\%} = \frac{t * V_{S\%}}{\sqrt{n}} \quad V_{S\%} = \frac{\sigma_S}{S} 100\%$$

$$M_m = \frac{t * \sigma_m}{\sqrt{n}} \quad M_{m\%} = \frac{t * V_{m\%}}{\sqrt{n}} \quad V_{m\%} = \frac{\sigma_m}{m} 100\%$$

$$M_\gamma = \frac{t * \sigma_\gamma}{\sqrt{n}} \quad M_{\gamma\%} = \frac{t * V_{\gamma\%}}{\sqrt{n}} \quad V_{\gamma\%} = \frac{\sigma_\gamma}{\gamma} 100\%$$

$$M_{\bar{c}} = \frac{t * \sigma_c}{\sqrt{n}} \quad M_{\bar{c}\%} = \frac{t * V_{c\%}}{\sqrt{n}} \quad V_{c\%} = \frac{\sigma_c}{\bar{c}} 100\%$$

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Погрешность запаса  $P$

$$M_P = \frac{P}{\sqrt{n}} \sqrt{t_1^2 V_S^2 + t_2^2 V_m^2 + t_3^2 V_\gamma^2 + t_4^2 V_c^2}$$

$$M_{P\%} = \sqrt{\frac{t_1^2 V_S^2}{n} + \frac{t_2^2 V_m^2}{n} + \frac{t_3^2 V_\gamma^2}{n} + \frac{t_4^2 V_c^2}{n}}$$

- УЧИТЫВАЯ, ЧТО

$$\frac{t_1^2 V_S^2}{n} = M_{S\%}^2$$

# Оценка точности подсчёта запасов (на основе математико-статистического аппарата)

- Погрешность запаса полезного компонента

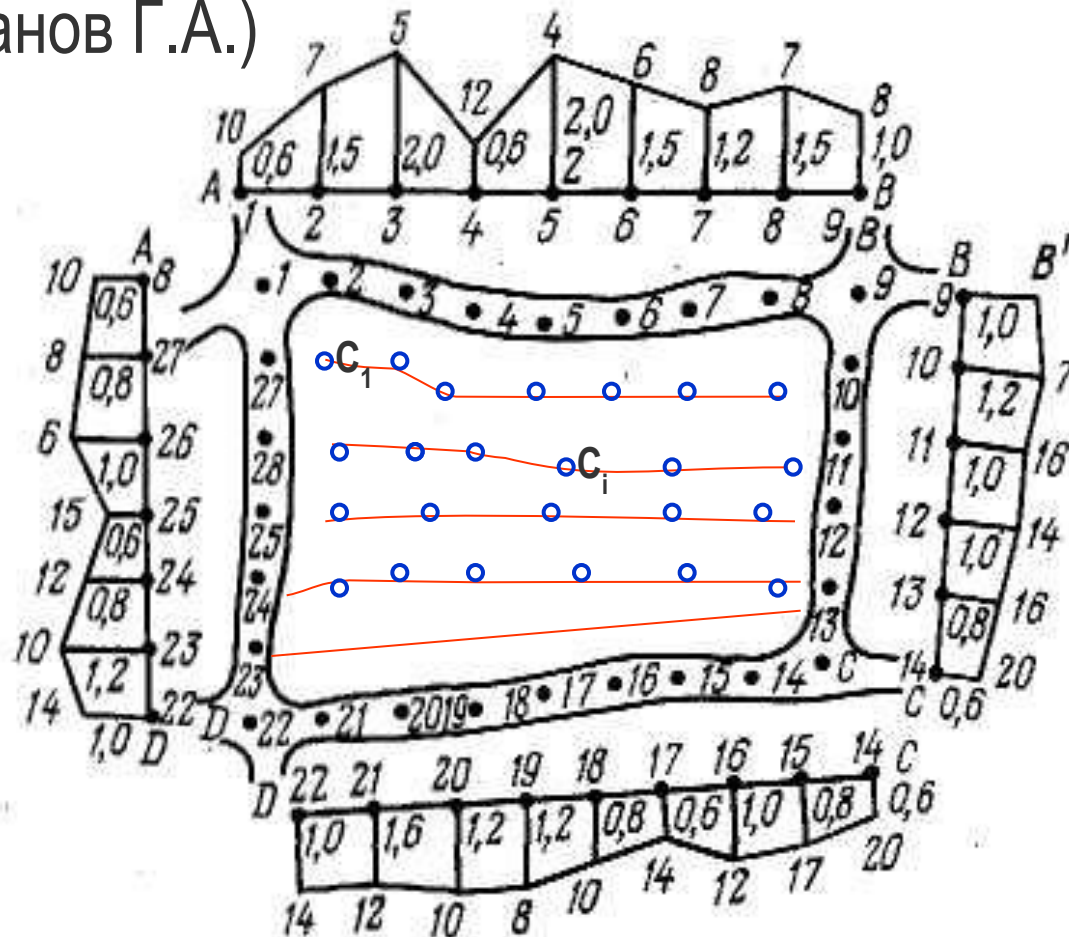
$$M_{P\%} = \sqrt{M_{S\%}^2 + M_{m\%}^2 + M_{c\%}^2 + M_{\bar{\gamma}\%}^2}$$

- Погрешность запаса Р при наличии зависимости между мощностью и содержанием в пределах **внутреннего** контура (Францкий И.В., Базанов Г.А.)

$$M'_{P\%} = \frac{100}{\sqrt{n}} \sqrt{V_{m\%}^2 + V_{c\%}^2 + 2V_{c\%} V_{m\%} r_{mc}}$$

# Оценка точности подсчёта запасов (предельная ошибка)

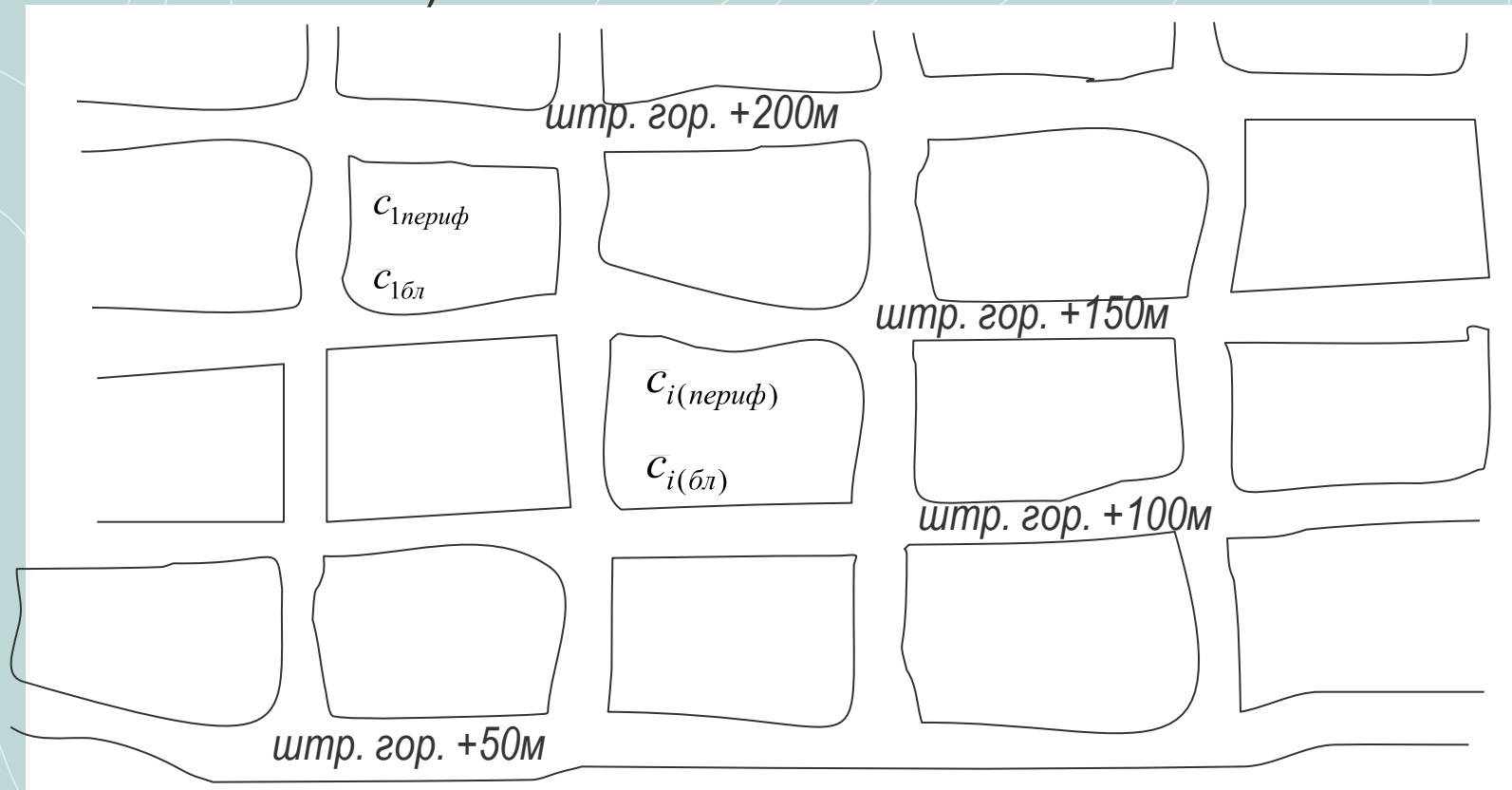
- Погрешность запаса  $P$  для тонких рудных тел.  
Периферийное опробование (Францкий И.В.,  
Базанов Г.А.)





# Оценка точности подсчёта запасов (предельная ошибка)

- Погрешность запаса  $P$  для тонких рудных тел.  
Периферийное опробование (Францкий И.В.,  
Базанов Г.А.)



# Оценка точности подсчёта запасов (предельная ошибка Францкий И.В., Базанов Г.А.)

- Определяется по блокам

$$\bar{C}_{i_{\text{периф}}} \quad \bar{C}_{i_{\text{бл}}}$$

- Определяют отклонения

$$\Delta C_i = C_{i_{\text{периф}}} - \bar{C}_{i_{\text{бл}}}$$

- Предельная ошибка для K блоков

$$M_{\text{ПР}} = \sqrt{\frac{\sum_k (\Delta C_k)^2}{k}}$$

- По данным исследований ошибка достигает до **40%**

# Практическое определение предельной ошибки (Францкий И.В., Базанов Г.А.)

- Общая ошибка состоит из двух

$$M_{\text{общ}} = \sqrt{M_{\text{ПР}}^2 + M_n^2}$$

- Общая ошибка находится по данным опробования

$$M_{\text{общ}} = \sqrt{\frac{\sum (\delta_k)^2}{k}} \quad \delta_k = C'_{\text{пер}} - C'_{\text{бл}}$$

- Ошибка содержания по периферийному и блоковому опробованию

$$M_n = \sqrt{M_{\text{периф}}^2 + M_{\text{бл}}^2} \quad M_{\text{периф}} = \frac{t^* V_{\text{периф}}}{\sqrt{n_1}} \quad M_{\text{бл}} = \frac{t^* V_{\text{бл}}}{\sqrt{n_2}}$$

- Тогда предельная ошибка определится

$$M_{\text{ПР}} = \sqrt{M_{\text{общ}}^2 - M_n^2}$$