

РАЗДЕЛ 6. ОСНОВЫ ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лебедев Генрих Васильевич
кандидат геол.-мин.наук, доцент
E-mail: gvl@front.ru

**Пермский государственный национальный
исследовательский университет**
Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых

6.1. Основные задачи геолого-экономической оценки месторождений

- Геолого-экономическая оценка месторождений – важнейшая составная часть геолого-разведочного процесса. Проводится **с целью определения народнохозяйственного значения месторождения** в наиболее эффективном варианте его возможного промышленного освоения.
- Основные **задачи** оценки месторождений:
 - **определение количества и качества балансовых (экономических) и забалансовых (потенциально экономических) запасов**, а также **кондиций для их подсчета**;
 - **выбор перспективных месторождений** при определении направлений развития минерально-сырьевой базы и геологоразведочных работ;
 - **определение экономических показателей объектов**, передаваемых в недропользование;
 - **расчет технико-экономических показателей, характеризующих промышленную ценность месторождения и эффективность его будущего освоения**;

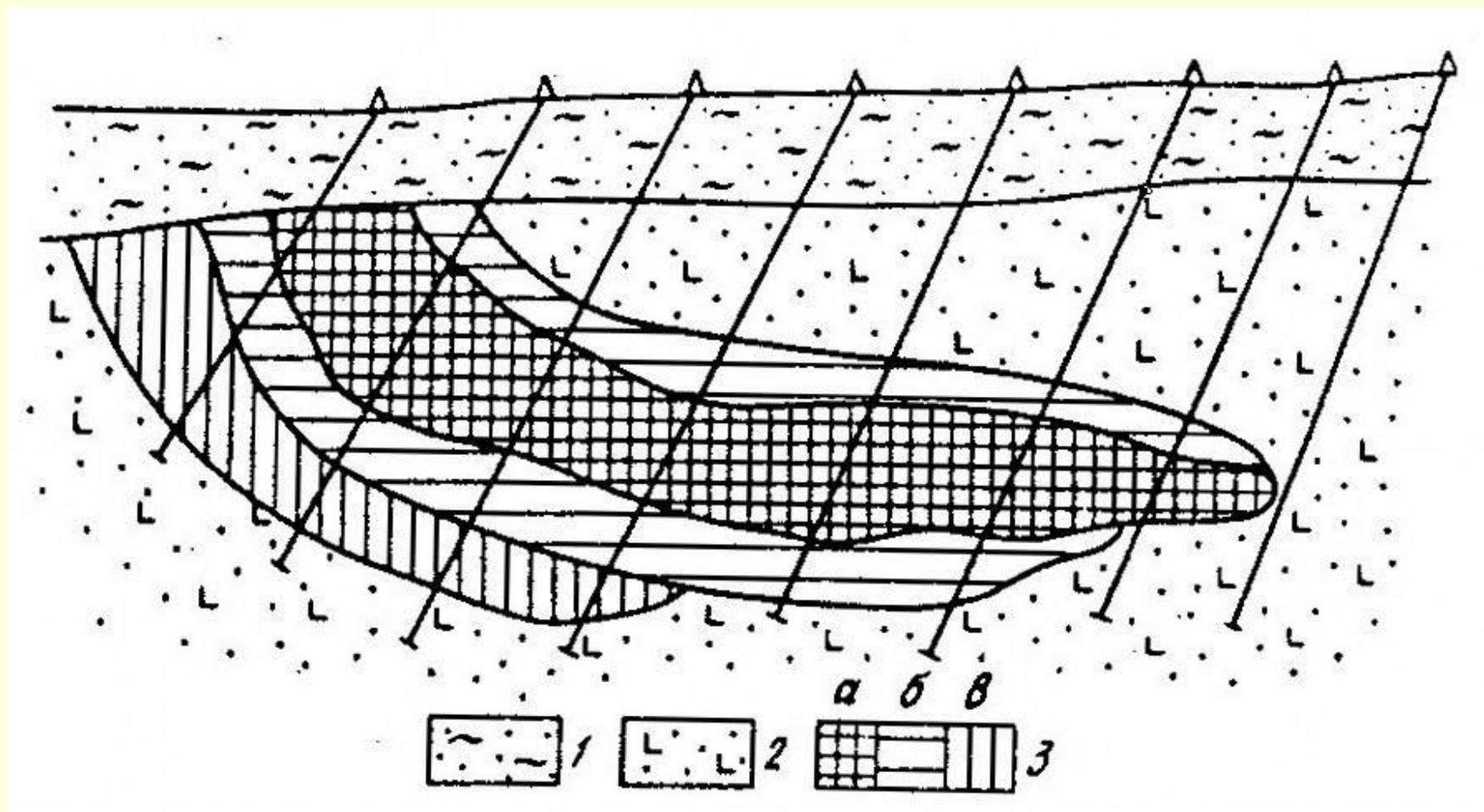
Объектом геолого-экономической оценки может быть отдельное месторождение, участок крупного месторождения, или группа сближенных месторождений, на базе которых экономически целесообразно строительство предприятия по добыче полезного ископаемого.

По завершении стадии «разведка месторождения» составляется **ТЭО постоянных кондиций и промышленного освоения с подсчетом запасов**, которое представляется на государственную экспертизу. Все расчеты должны носить **вариантный** характер в последовательности: оконтуривание, способ и система разработки, технология переработки.

Выбирается оптимальный вариант; численные значения его параметров признаются кондиционными, а запасы балансовыми. При расчетах эксплуатационных затрат и капитальных вложений обычно используются показатели проектов предприятий-аналогов.

6.2. Последовательность проведения геолого-экономической оценки месторождений

- 1. Анализ экономико-географических условий района.** Они включают географическое положение месторождения, климат, рельеф, освоенность района, наличие промышленных предприятий, численность населения и его занятость, наличие свободной рабочей силы, транспортные условия, обеспеченность электроэнергией, стройматериалами, водными ресурсами, возможность кооперации горнорудного комбината с действующими предприятиями, возможные потребители товарной продукции, транспортная связь с ними, необходимость и объемы строительства дорог, ЛЭП, водоводов, наличие связи, нефте- и газопроводов и т.п.
- 2. Анализ геологических особенностей месторождения и подсчет запасов.** Анализируются геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические и др. условия месторождения. Определяется **перечень** необходимых **параметров для оконтуривания** запасов, устанавливаются диапазоны и намечается «шаг» изменения этих параметров. По намеченным крайним и промежуточным значениям параметров **производится вариантное оконтуривание и подсчет запасов (не менее трех вариантов)**. Два крайних варианта принимаются как базовые. **Первый базовый вариант** – это вариант с наибольшими запасами (для рудных месторождений **с низким средним содержанием** полезного компонента); **второй базовый** – с наименьшими запасами, но достаточными для строительства горнодобывающего предприятия (для рудных месторождений **с высоким содержанием полезного компонента**). Для всех вариантов рассчитываются показатели извлечения, производительности, себестоимости, капитальных вложений и др.



Пример повариантного оконтуривания запасов железорудного месторождения по результатам опробования скважин

По А.М. Быбочкину и др.

1 – рыхлые отложения; 2 – вулканогенно-осадочные породы; 3 – контуры рудного тела при различном бортовом содержании железа (масс. доля, %): а - 25, б - 20, в - 15

3. Горно-техническое обоснование. Производится обоснование способа и систем разработки месторождения исходя из рельефа местности, мощности, угла падения и глубины залегания залежей, их механических свойств, перекрывающих и вмещающих пород. Определяется уровень потерь и разубоживания. Рассчитываются эксплуатационные запасы полезного ископаемого и их качественная характеристика (для рудных месторождений содержание металла в рудной массе), годовая производительность по руде и вскрышным породам (при открытой разработке), сроки эксплуатации и строительства предприятия по каждому варианту.

4. Обоснование технологии обогащения (переработки) полезного ископаемого. По результатам минералогического, технического и технологического опробования рекомендуется технологическая схема переработки полезного ископаемого. Производится расчет основных показателей комплексной переработки сырья (извлечение при обогащении, содержание металла в концентрате, выход концентрата) по вариантам оконтуривания запасов. Определяется перечень конечной товарной продукции по маркам. При отсутствии вблизи месторождения обогатительной фабрики предусматривается ее строительство и определяется ее производительность по полезному ископаемому.

5. Расчет экономических показателей оценки. Экономические показатели рассчитываются в действующих на момент оценки ценах (оптовых, мировых или договорных). Рассчитывается выручка от будущей реализации товарной продукции, общие капитальные вложения с разбивкой по годам строительства предприятия, эксплуатационные затраты на добычу и переработку, включая обязательные отчисления и платежи и выплату процента за кредит, себестоимость

добычи и переработки. Определяются показатели эффективности освоения месторождения без учета налогов, платежей и отчислений (дисконтированный доход, индекс доходности, срок окупаемости капитальных вложений, внутренняя норма доходности, рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам и эксплуатационным затратам). Рассчитывается величина уплачиваемых налогов. Вычисляются показатели эффективности освоения месторождения с учетом существующих налогов, платежей и отчислений: чистая дисконтированная прибыль, индекс прибыльности, срок окупаемости капитальных вложений, внутренняя норма прибыли, рентабельность по отношению к производственным фондам и эксплуатационным затратам.

6. Выбор оптимального варианта запасов. Сопоставляются результаты геолого-экономической оценки по вариантам оконтуривания, и на основе экономического критерия определения балансовой принадлежности запасов производится выбор оптимального варианта запасов и кондиций, использованных для их подсчета. В оптимальном варианте запасов рассчитывается размер регулярного платежа за право добычи, а также показатели сравнительной эффективности, применяемые в международной практике - внутренняя норма прибыли, срок окупаемости капитальных вложений с учетом платы за кредит.

6.3. Кондиции к подсчету запасов

- Кондиции – это совокупность экономически обоснованных требований к количеству и качеству полезного ископаемого в недрах конкретного месторождения, к горно-техническим условиям его разработки и переработки.
- Кондиции – категория временная. Они могут изменяться по мере развития и совершенствования техники, технологии, изменения рыночных цен.
- Кондиции устанавливаются для всех стадий ГРП, начиная со стадии «Поисковые работы».

Виды кондиций:

- браковочные кондиции - действуют на стадии «Поисковые работы»;
- временные кондиции – применяются на стадии «Оценочные работы»;
- постоянные (включая районные) действуют на стадии «Разведка месторождения»;
- эксплуатационные – могут быть разработаны и утверждены на определенный срок для действующих горнодобывающих предприятий и использоваться при доразведке и эксплуатационной разведке.

Браковочные кондиции устанавливаются по принципу аналогии; временные, постоянные и эксплуатационные определяются с помощью специальных технико-экономических расчетов, которые оформляются в виде специального документа – ТЭО кондиций.

Кондиции не характеризуют оптимальных условий разработки месторождения (т.к. не содержат данных о среднем качестве полезного ископаемого). Они определяют предельные значения важнейших горно-геологических параметров, при которых обеспечивается экономическая целесообразность разработки месторождения.

Кондиции могут быть разделены на 4 группы:

1. Минимальное промышленное содержание в подсчетном блоке.
2. Кондиции, определяющие качество и технологические свойства полезного ископаемого.
3. Кондиции, определяющие условия оконтуривания залежей полезных ископаемых.
4. Кондиции, определяющие условия отработки месторождения.

Минимальное промышленное содержание

- **Минимальное промышленное содержание** – это предельное содержание ценного компонента в оцениваемом блоке недр, при котором **промышленное использование** полезного ископаемого **еще экономически целесообразно**.
- Расчет минимального промышленного содержания производится по равенству издержек производства на добычу и переработку 1 т полезного ископаемого и стоимости извлекаемых из него ценных компонентов:
Себестоимость 1 т продукции = Оптовой рыночной цене 1 т продукции.
- Являясь предельным, минимальное промышленное содержание гарантирует лишь возврат произведенных затрат, но не обеспечивает получение прибыли (**нулевая рентабельность**). Получение прибыли возможно лишь при эксплуатации блоков, содержание полезного компонента в которых выше минимального промышленного.
- Основное **назначение** минимального промышленного содержания - **разделение запасов на балансовые и забалансовые**.

Кондиции к качеству и технологическим свойствам полезного ископаемого

Включают в себя:

1. **Перечень основных и сопутствующих компонентов.** Сопутствующие компоненты учитываются в единицах условного компонента; перевод их содержаний осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих рыночную стоимость каждого из них и плановые коэффициенты извлечения в готовую продукцию.
2. **Максимально допустимые содержания вредных примесей.** Ограничиваются действующими ГОСТами, ТУ и т.п.
3. **Технологические типы и сорта** полезного ископаемого, требующие отдельного определения запасов и последующей селективной выемки.
4. **Специальные требования** к качеству полезного ископаемого, определяемые видом полезного ископаемого и направлением его использования. Регламентируются ГОСТами, ТУ в части требований к маркам, сортам полезного ископаемого. Достаточно специфичны, особенно для нерудных полезных ископаемых.

Кондиции к оконтуриванию залежей полезных ископаемых

Включают в себя:

1. **Бортовое содержание** полезного компонента для оконтуривания (раздельно) балансовых и забалансовых запасов. Изменяется от минимального промышленного до содержания (теоретически) в отходах производства.
Бортовое содержание должно обеспечивать максимальную эффективность разработки месторождения:
 - чем ниже бортовое содержание, тем крупнее и проще модель залежи;
 - снижение бортового содержания приводит к разубоживанию полезного ископаемого – большее его количество должно быть подвергнуто добыче и переработке.
2. **Минимальная промышленная (рабочая) мощность.** Обеспечивает возможность отработки полезного ископаемого без подрыва вмещающих пород или с их выемкой, но с разубоживанием, обеспечивающим экономическую эффективность разработки.
3. **Предельно допустимая мощность пустых пород и некондиционных руд,** включаемых в промышленный контур.
4. **Минимальный коэффициент рудоносности.**
5. **Предельные размеры подсчетных блоков.** Принято, чтобы они примерно соответствовали масштабам годовой добычи полезного ископаемого.

Параметры кондиций	№№ протокола, дата			
	№ 359 23.09.1960	№ 1942-к 15.08.1984	№ 1325-конф. 19.01.2007	№ 26 26.12.1994
1	2	3	4	5
Для сильвинитов				
Минимальное промышленное содержание KCl (%)				
- по блоку	22	25	22	
- по скважине	15	17	15	
Максимальное допустимое содержание: MgCl ₂ (%)				
- по блоку	1	0,55	0,55	
- по скважине	5	0,60	0,80	
нерастворимого остатка (%)				
- по блоку		6	6	
- по скважине		6	8	
Для карналлитовой породы				
Минимальное промышленное содержание MgCl ₂ (%)				
- по блоку	17	19	19	
Для смешанных солей				
Минимальное промышленное содержание KCl по блоку (%)	22			
Максимальное допустимое содержание: MgCl ₂ по блоку (%)	1			
Для сильвинитов, карналлитовой породы и смешанных солей				
Минимальная мощность пласта, м	2	2	2	
Мощность пачки солей над кровлей сильвинитового пласта или смешанных солей не менее (м)	50		В соответствии с расчётами	
Мощность пачки солей над кровлей карналлитового пласта не менее (м)	60		То же	
Подсчитать забалансовые запасы сильвинита с содержанием KCl по блоку (%)	10 - 22		10 - 22	
Подсчитать забалансовые запасы карналлитовой породы с содержанием MgCl ₂ по блоку	5 - 17		5 - 19	

**Основные
параметры
постоянных
разведочных
кондиций
Быгельско-
Троицкого
участка
ВКМС**

6.4. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

- **Запасы полезных ископаемых – это их количество, заключенное в геометризованных участках недр.** Количество запасов, их качественная характеристика и горно-геологические условия размещения – важнейшие параметры, определяющие ценность месторождения.
- **Запасы** полезных ископаемых измеряются **в единицах массы или объёма**. В единицах массы определяются запасы большинства месторождений. При этом определяются как запасы полезного ископаемого (руды), так и запасы полезного компонента.
- **Для руд черных металлов** (железа, марганца, хрома, ванадия, титана), а также бокситов **определяются только запасы руды** (в тоннах) **с указанием среднего содержания полезного компонента**. Также в тоннах определяются запасы **каменного угля**.
- **Запасы благородных металлов** (золото, платина, серебро) определяются **в килограммах**. В некоторых странах запасы золота определяются в «тройских унциях» (31,103 г).
- **Запасы алмазов и драгоценных камней подсчитываются в каратах** (1 карат = 0,2 г).
- **Запасы песков** россыпных месторождений, а также **строительных материалов** подсчитываются в м³.

Основные формулы подсчета запасов

- **Запасы полезного ископаемого (Q)**, выраженные **в единицах массы**, определяются по формуле:

$$Q = V \cdot d,$$

где V – объем тела полезного ископаемого или его части, для которой производится подсчет запасов; d – объемная масса полезного ископаемого в недрах.

- **Запасы полезного ископаемого (V)**, выраженные **в единицах объема**, определяются по формуле:

$$V = S \cdot m,$$

где S – площадь тела полезного ископаемого или его части; m – средняя мощность (обычно нормальная по отношению к измеренной площади).

- **Запасы полезного компонента в недрах (P)** определяются по формулам:

$$P = Q \cdot c,$$

где c – среднее содержание компонента в подсчетном блоке, если оно выражено **в мг/т, кар./т, г/т или кг/т**;

$$P = Q \cdot c/100,$$

если среднее содержание компонента выражено **в масс. % (массовая доля, %)**;

$$P = V \cdot c,$$

если среднее содержание компонента выражено **в мг/м³, кар./м³, г/м³ или кг/м³**.

Определение параметров, входящих в формулы подсчета запасов

- **Объемная масса** – это масса единицы объема полезного ископаемого в недрах с учетом пустот, пор, жеод, каверн, трещин. Определяется при техническом опробовании для каждого природного типа и сорта полезного ископаемого. Объемная масса всегда меньше или равна плотности полезного ископаемого. Единицы измерения объемной массы: г/см³, кг/дм³, т/м³.
- **Влажность.** Объемная масса полезного ископаемого определяется в естественном состоянии с учетом присутствующей в нем влаги. В то же время запасы полезного ископаемого определяются «на абсолютно сухую руду». Поэтому объемная масса, учитываемая при подсчете запасов, должна быть пересчитана на сухую руду.
- **Объемная масса (d) с поправкой на влажность** определяется по формуле:

$$d = \frac{d_0(100 - W)}{100},$$

где d_0 - объемная масса сырой руды; W – массовая доля влажности, %.

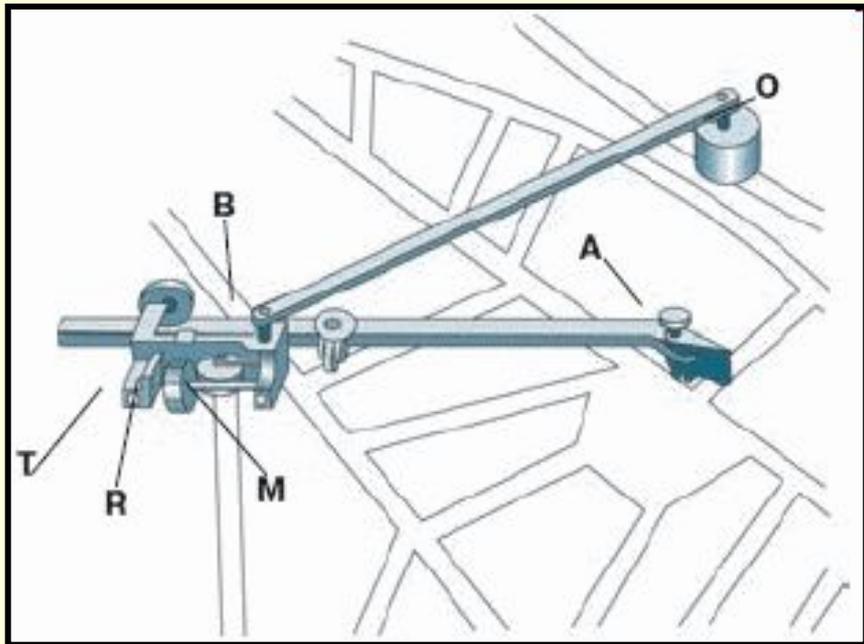
- Влажность некоторых полезных ископаемых (масс. доля %): руды Березовского золоторудного месторождения 2-3,6; угли Кузнецкого бассейна 4-9, Подмосковского бассейна 8-38; глины – до 13,8; марганцевые руды Никопольского бассейна – до 26; силикатные никелевые руды Аккермановского месторождения 34,3.

Способы измерения площадей тел полезных ископаемых

- В большинстве способов подсчета запасов тела полезных ископаемых или их сечения проектируются на вертикальные или горизонтальные плоскости, реже на усредненную плоскость падения.. Эти проекции и используются для определения площадей тел полезных ископаемых. Наиболее распространенными способами определения площадей являются **геометрический способ, с помощью планиметра, палетки, с использованием ГИС-технологий.**
- **Геометрический способ** применяется в тех случаях, когда подсчетный контур представляет собой фигуру, ограниченную прямыми линиями. Определяемая площадь разбивается на элементарные фигуры (треугольники, прямоугольники, трапеции), площади которых определяются по геометрическим формулам. Сумма площадей элементарных фигур будет являться искомой площадью. Способ достаточно прост, но при малых размерах фигур (менее 4-5 см на плане) не обеспечивает достаточной точности.

• **Определение площадей с помощью планиметра** применяется в случаях, когда подсчетные площади имеют криволинейные очертания.

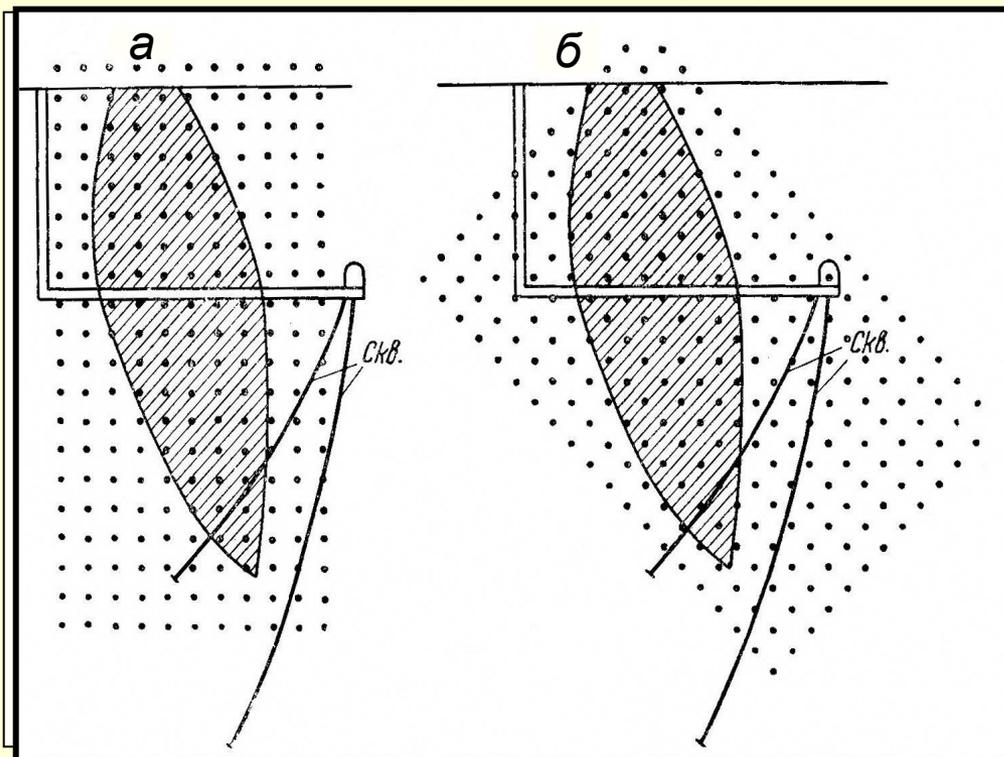
• **Планиметр** - прибор для определения площадей плоских фигур, а также нахождения числового значения интегралов определённого вида. Определение площади производится обводкой вручную контура фигуры штифтом, связанным со счётно-решающим механизмом. Планиметр имеет полярный и обводной рычаги, которые соединены шарнирно в точке В. Полярный рычаг поворачивается вокруг закреплённого шарнира О – полюса. Интегрирующий ролик вместе со счётным механизмом помещается на тележке, которую можно смещать вдоль обводного рычага. Функции обметающего отрезка выполняет обводной рычаг, на одном конце которого укреплен штифт для обвода контура фигуры, а другой движется по т. н. направляющей (в полярном планиметре – по окружности).



Полярный планиметр

О – полюс; ОВ – полярный рычаг;
А – обводной штифт; АВ – обводной рычаг; Т – тележка;
R – интегрирующий ролик;
М – счётный механизм

• **Определение площадей с помощью палетки.** Палетка представляет собой прозрачную пластинку из стекла, целлулоида или кальки, на которую нанесены угловые точки квадратов со стороной 0,5 или 1 см. Палетка накладывается на чертеж, на котором показаны контуры залежи. Осуществляется подсчет количества точек, попавших в контур, и половина точек, расположенных на контуре. После подсчета точек площадь выражается в кв. м согласно принятому масштабу. Определение площади производится несколько раз (обычно три) при разной ориентировке палетки относительно контура. Окончательное значение площади вычисляется как среднее арифметическое.

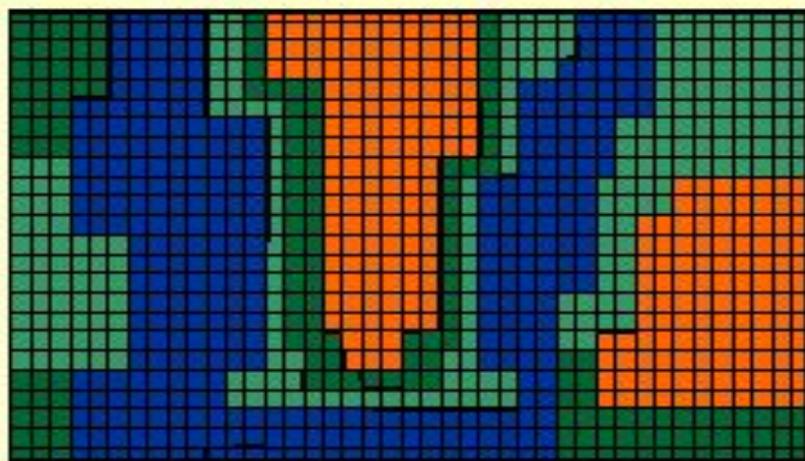


Измерение площади рудной линзы на разрезе с помощью палетки

а – палетка короткой стороной ориентирована горизонтально;
б – под углом 45° к горизонту

Измерение площадей с использованием ГИС-технологий. Возможность и точность выполнения измерений во многом определяется моделью данных (векторная или растровая), методами измерений и точностью оцифровки данных (пространственная погрешность для векторных объектов, размер ячейки растра и др.). Операция определения площади в ГИС-пакетах обычно реализована в виде специальной функции Area, представленной отдельным пунктом меню. Площади растровых полигонов подсчитываются по сумме ячеек растра с одинаковыми числовыми значениями. При известной длине стороны ячейки растра сумма ячеек пересчитывается в плоскостные единицы измерения, что весьма напоминает определение площади с помощью палетки.

растровый вид



- | | |
|---|--|
|  вырубки |  леса |
|  болота |  луга |

векторный вид



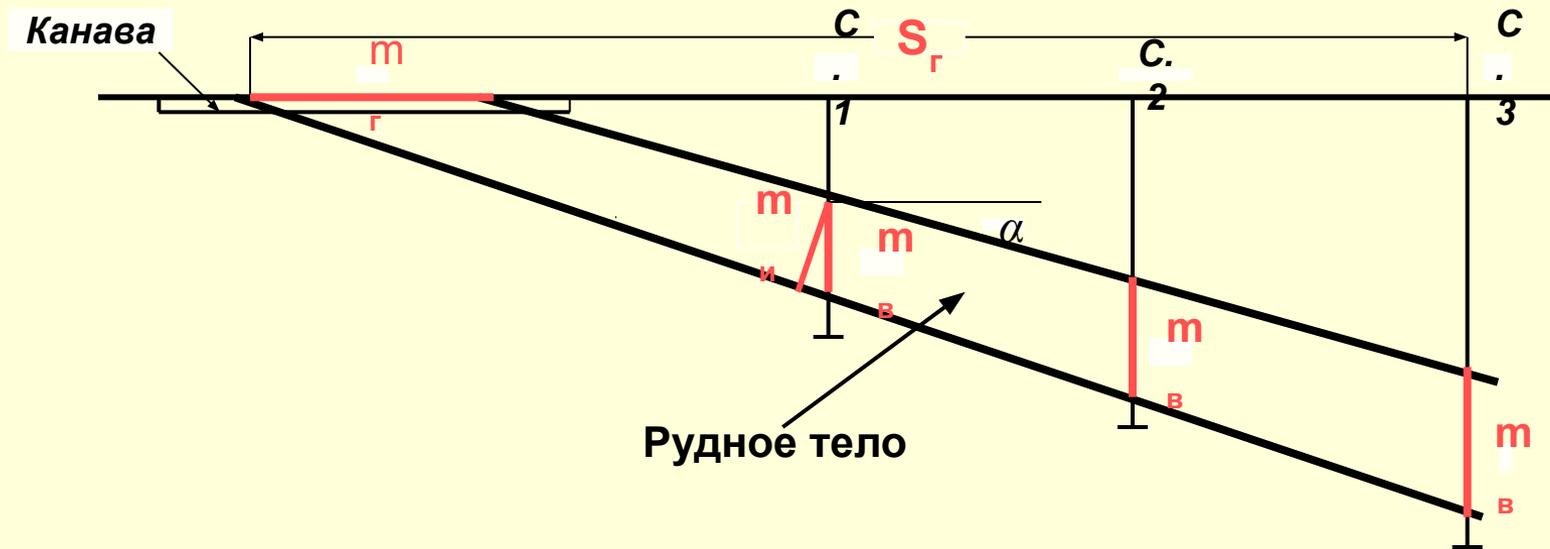
- | | | |
|---|--|--|
|  точки |  дуги |  полигоны |
|---|--|--|

Определение мощности залежей полезных

ископаемых

- Определение мощности залежей полезных ископаемых ведется непосредственно **в горных выработках** или **по данным бурения скважин** в процессе их документации.
- **В горных выработках при четких контактах** рудных тел с вмещающими породами мощность измеряется **с помощью мерных инструментов с точностью до 1 см.** **При нечетких контактах** определение мощности ведется исключительно **по данным опробования**. Границы рудных тел в этих случаях устанавливаются по бортовому содержанию главного компонента или максимально допустимого вредного компонента.
- **Определение мощности рудных тел по буровым скважинам** ведется **по замерам керна** (при полном его выходе) и по глубинам входа и выхода скважины из тела полезного ископаемого. Для повышения достоверности данных бурения проводится **картаж скважин**. **При нечетких контактах** рудных тел с вмещающими породами их границы устанавливаются **по данным опробования** (аналогично опробованию горных выработок).
- **Ориентировка замеров** мощности залежей **совпадает** с ориентировкой проходки горных **выработок и скважин**. Это определяет необходимость приведения косых замеров мощности по скважинам и горным выработкам к истинной мощности.

Разрез пологопадающего рудного тела, вскрытого канавой и тремя скважинами



m_r – горизонтальная мощность; m_b – вертикальная мощность; m_i – истинная мощность; S_r – площадь рудного тела на горизонтальной проекции (плане); C.1, C.2, C.3 – разведочные скважины; α – угол падения.

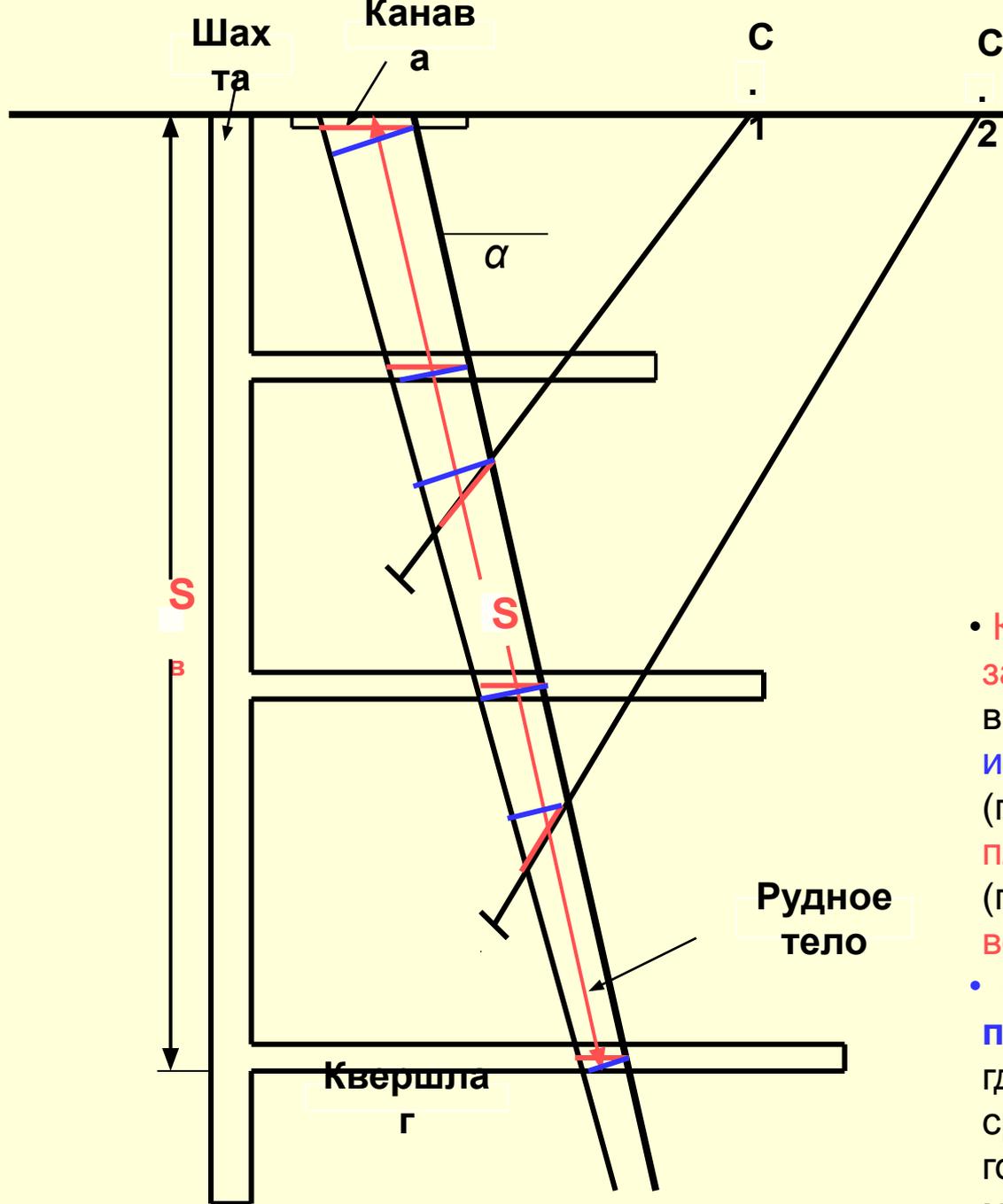
Из чертежа следует, что объем рудного тела (V) равен произведению площади в плоскости падения залежи (S) и ее средней истинной мощности (m_i): $V = S \cdot m_i$. Площадь (S) определяется

по формуле: $S = S_r / \cos \alpha$. Поскольку по выработкам определены горизонтальная и вертикальная мощности, их следует пересчитать на истинную мощность по формулам:

$m_i = m_r \cdot \sin \alpha$; $m_i = m_b \cdot \cos \alpha$. Далее по частным значениям истинных мощностей должна быть

определена средняя мощность.

Если залежь разведана только вертикальными выработками, то ее объем (V) может

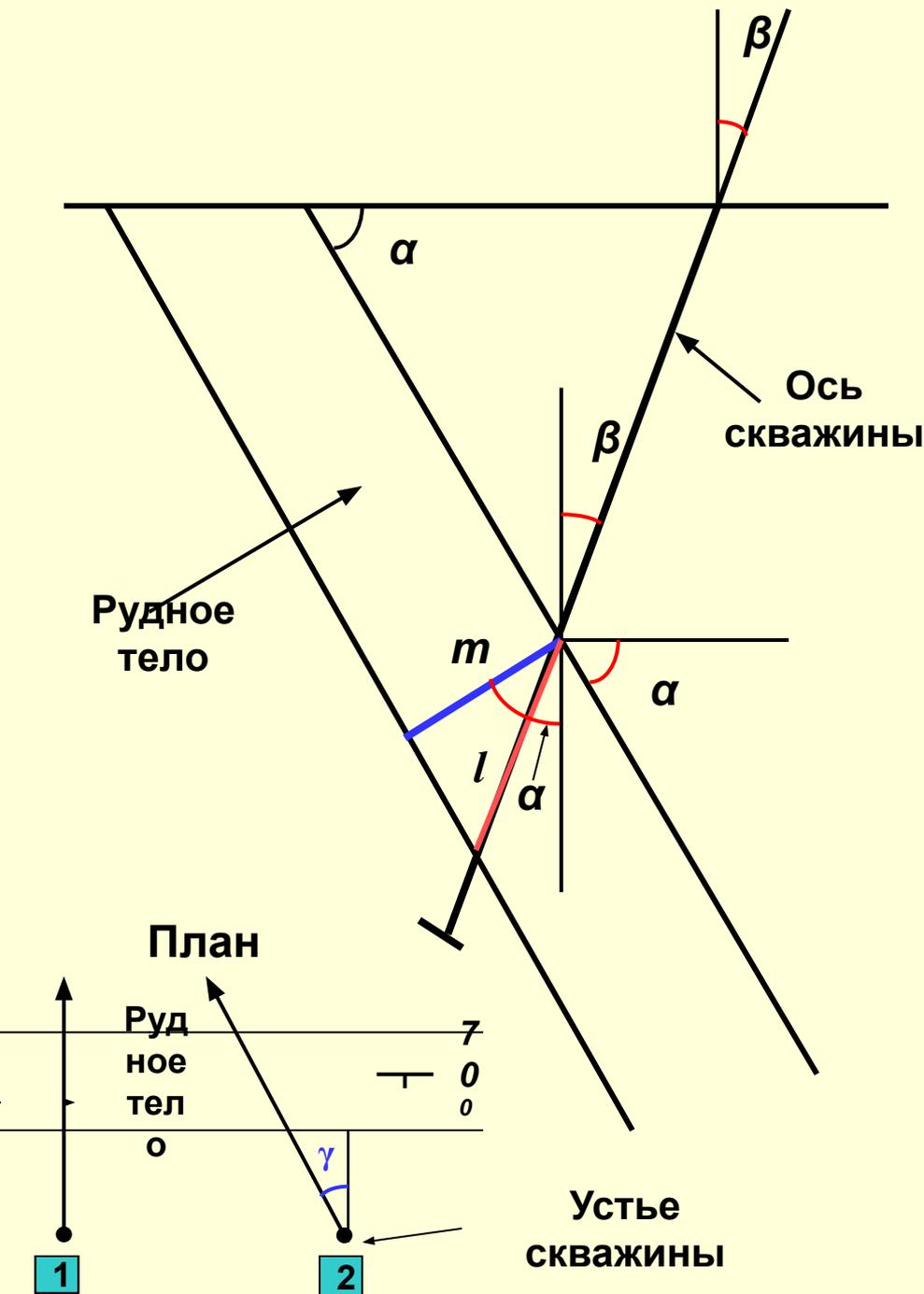


Разрез крутопадающего рудного тела, вскрытого шахтой, тремя квершлагами, канавой и двумя скважинами

- Красные линии – первичные замеры мощности в горных выработках и скважинах; синие – истинные мощности. S – длина (площадь) рудного тела в плоскости падения; S_v – высота (площадь) залежи на продольной вертикальной проекции.
- Объем залежи определяется по формуле: $V = S \cdot m$ или $V = S_v \cdot m_r$, где m и m_r – соответственно средние истинная и горизонтальная мощности рудного тела.

Определение истинной мощности рудного тела, пересеченного наклонной скважиной

l - мощность рудного тела по результатам замера в скважине; m – истинная мощность; α – угол падения залежи; β – зенитный угол скважины



- Для скважин, пройденных вкрест простирания рудного тела, истинная мощность определяется по формуле:

$$m = l \cos (\alpha - \beta). \quad \boxed{1}$$

- Если скважина пересекла залежь не перпендикулярно простиранию, а под каким-то иным углом, то истинная мощность определяется по формуле:

$$m = l \cos (\alpha - \beta) \cos \gamma, \quad \boxed{2}$$

где γ – угол между азимутом скважины и азимутом падения тела полезного ископаемого.

Определение средней мощности

- Средняя истинная мощность подсчетных блоков обычно рассчитывается по **формуле среднего арифметического**:

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n},$$

где m_i – частные значения истинной мощности; n – количество замеров. Это обусловлено тем, что в пределах подсчетных блоков сеть разведочных пересечений, как правило, равномерная.

- При неравномерной разведочной сети используется **формула среднего взвешенного**:

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i},$$

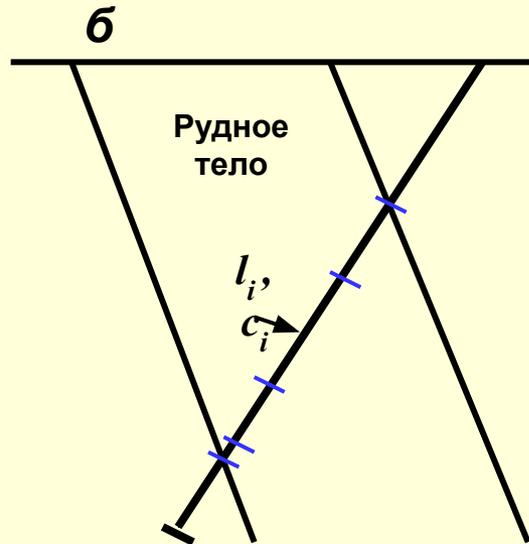
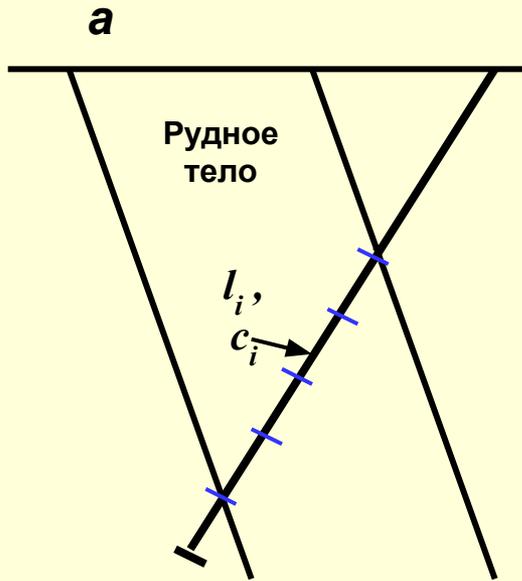
где l_i – расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Определение среднего содержания полезного компонента

- **Содержания** полезных компонентов в лабораторных пробах **устанавливаются в виде:**
 - **массовой доли элемента, выраженной в %** (для месторождений железа, марганца, свинца, цинка, меди, никеля, сурьмы, ртути, серы, олова и т.п.);
 - **массовой доли оксидов, выраженной в %** (для месторождений вольфрама – WO_3 ; хрома – Cr_2O_3 ; апатита, фосфоритов – P_2O_5 ; тантало-ниобиевых руд – Ta_2O_5 , Nb_2O_5 ; лития – Li_2O и т.п.);
 - **массовой доли минерала, выраженной в $кг/м^3$** (слюда, пьезокварц, исландский шпат и т.п.); **в $г/м^3$** (россыпные месторождения золота, платины, касситерита, вольфрамита, циркона, монацита и т.п.); **в $мг/м^3$** или **$кар/м^3$** (алмазы); **в $г/т$** (коренные месторождения золота, серебра, платины и т.п.).
- Среднее содержание компонента вычисляют последовательно: вначале по горным выработкам и скважинам, далее по разрезам и планам, по подсчетным блокам, участкам и по месторождению в целом.

Вычисление средних содержаний ведется по формуле среднего взвешенного. Формула среднего арифметического может применяться только при условии постоянства длин секций проб (расстояний между пробами).

Формулы среднего арифметического и среднего взвешенного



Рудное тело вскрыто скважинами, опробованными секциями постоянной (а) и переменной длины (б)

Синие штрихи – границы секций керновых проб; l_i , c_i – длина и содержание компонента в частных пробах

Формула среднего арифметического:

$$\bar{c}_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n}{n},$$

где $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ – содержания компонентов в пробах; n – число проб.

Формула среднего взвешенного:

$$\bar{c}_{вз} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + c_3 l_3 + \dots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}$$

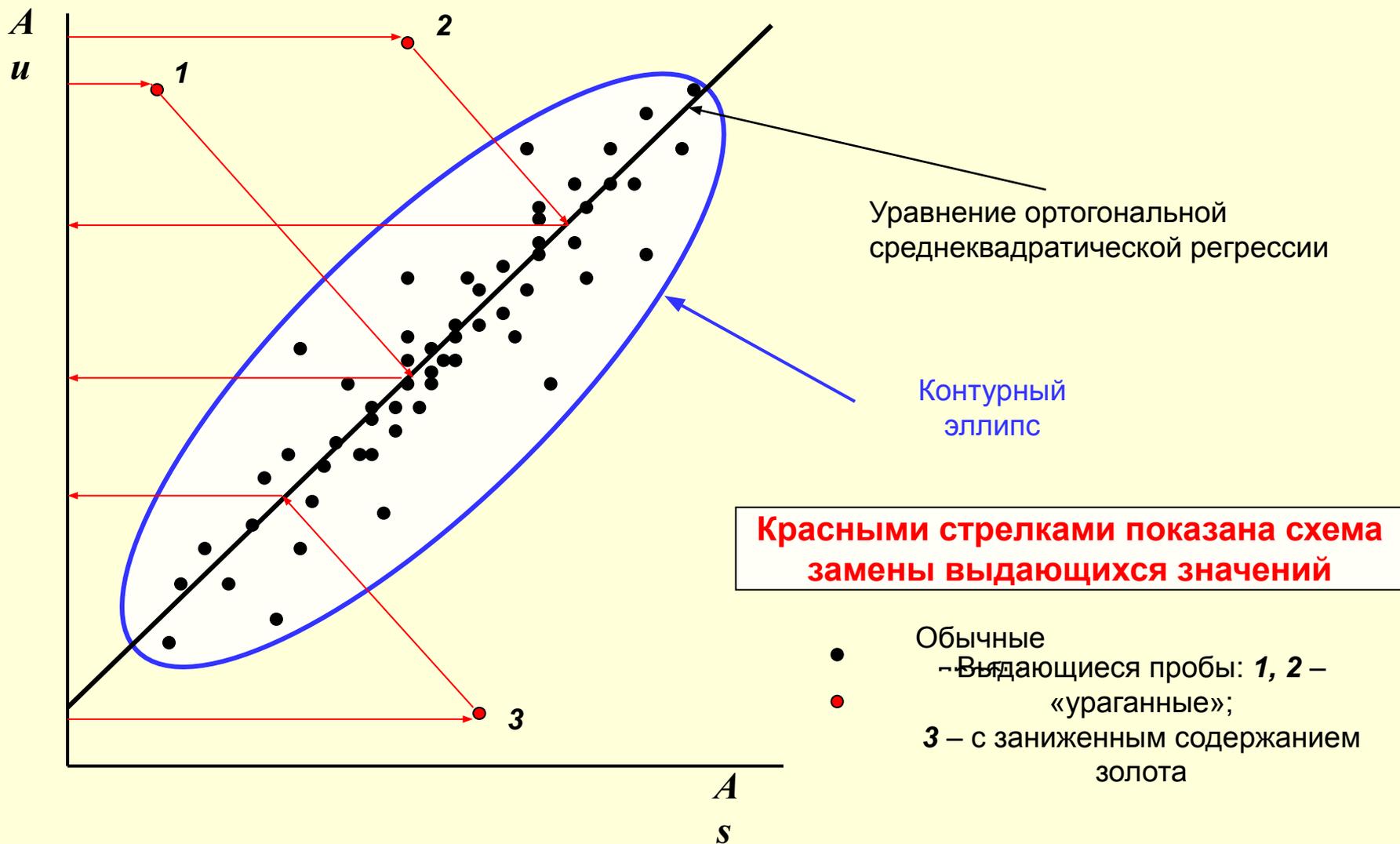
Выдающиеся («ураганные») пробы

- На месторождениях с весьма и крайне неравномерным распределением полезного компонента (Au, Pt, алмазы и др.) встречаются пробы с содержаниями значительно (в несколько раз) превышающими их концентрацию в большей части остальных проб. Это и есть «ураганные пробы». Наличие их обусловлено несоответствием геометрической базы проб текстурно-структурным особенностям.
- При расчете средних содержаний по подсчетным блокам возникает проблема как их учитывать. Поскольку даже одна проба со сверхвысоким содержанием может существенно исказить среднее содержание в подсчетном блоке.
- Твердо установленных понятий о том, какие пробы считать ураганными и как их учитывать, в настоящее время не существует.
- Принято ураганными считать те пробы, которые повышают содержание в блоке более чем на 20 % (эмпирическое правило И.Д. Когана). Их количество на месторождениях обычно не превышает 5 % от общего числа проб.
- Известно порядка 30 способов учета ураганных проб. Однако ни один из них не является общепризнанным и свободным от недостатков.

Способы учета ураганных проб

- На практике применяют эмпирические, аналитические и геологические методы учета ураганных проб. Ниже приводятся наиболее известные.
- **Эмпирические методы:**
 - 1) среднее содержание (C_{cp}) в подсчетном блоке рассчитывается с полным исключением ураганных проб (C_{yp});
 - 2) C_{cp} рассчитывается по всем пробам, при этом содержание в ураганных пробах заменяется максимальным для данного месторождения без учета ураганных: $C_{yp} \rightarrow C_{max}$;
 - 3) замена: $C_{yp} \rightarrow \hat{C}$ (средним, вычисленным без учета ураганных проб);
 - 4) замена: $C_{yp} \rightarrow \dot{C}$ (средним, вычисленным с учетом ураганных проб);
 - 5) замена $C_{yp} \rightarrow C = (C_{yp-1} + C_{yp+1})/2$ (средним, вычисленным по двум соседним, неуреганным).
- **Аналитические методы:**
 - 1) среднее содержание рассчитывается по всем пробам, но ураганные значения заменяются значениями с учетом их частот встречаемости (частоты): $C_{cp} = \sum C_i W_i / \sum W_i$;
 - 2) метод В.Ф. Мягкова применяется при наличии тесных корреляционных связей компонента, имеющего ураганные содержания, и компонента, не дающих ураганные содержания. Суть метода заключается в последовательном расчете статистических характеристик (средних, среднеквадратических отклонений, коэффициентов корреляции по исходной совокупности и после исключения выдающихся значений с помощью контурного 95%-ного эллипса). Далее рассчитывается уравнение ортогональной среднеквадратической регрессии, с помощью которого ураганные значения заменяются «истинными».
- **Геологические методы.**
 - Из геологических наиболее известен метод, рекомендованный ГКЗ. Основан на положении о том, что при неравномерном распределении компонента ураганные пробы типичны для всего месторождения. Учет ураганных проб рекомендуется вести следующим образом. Вычисляются запасы: 1) с учетом ураганных проб; 2) с заменой содержаний в ураганных пробах наиболее высокими содержаниями в рядовых пробах. Разность запасов учитывается отдельно и распределяется на запасы всего месторождения.

Схема учета выдающихся проб по методу В.Ф. Мягкова



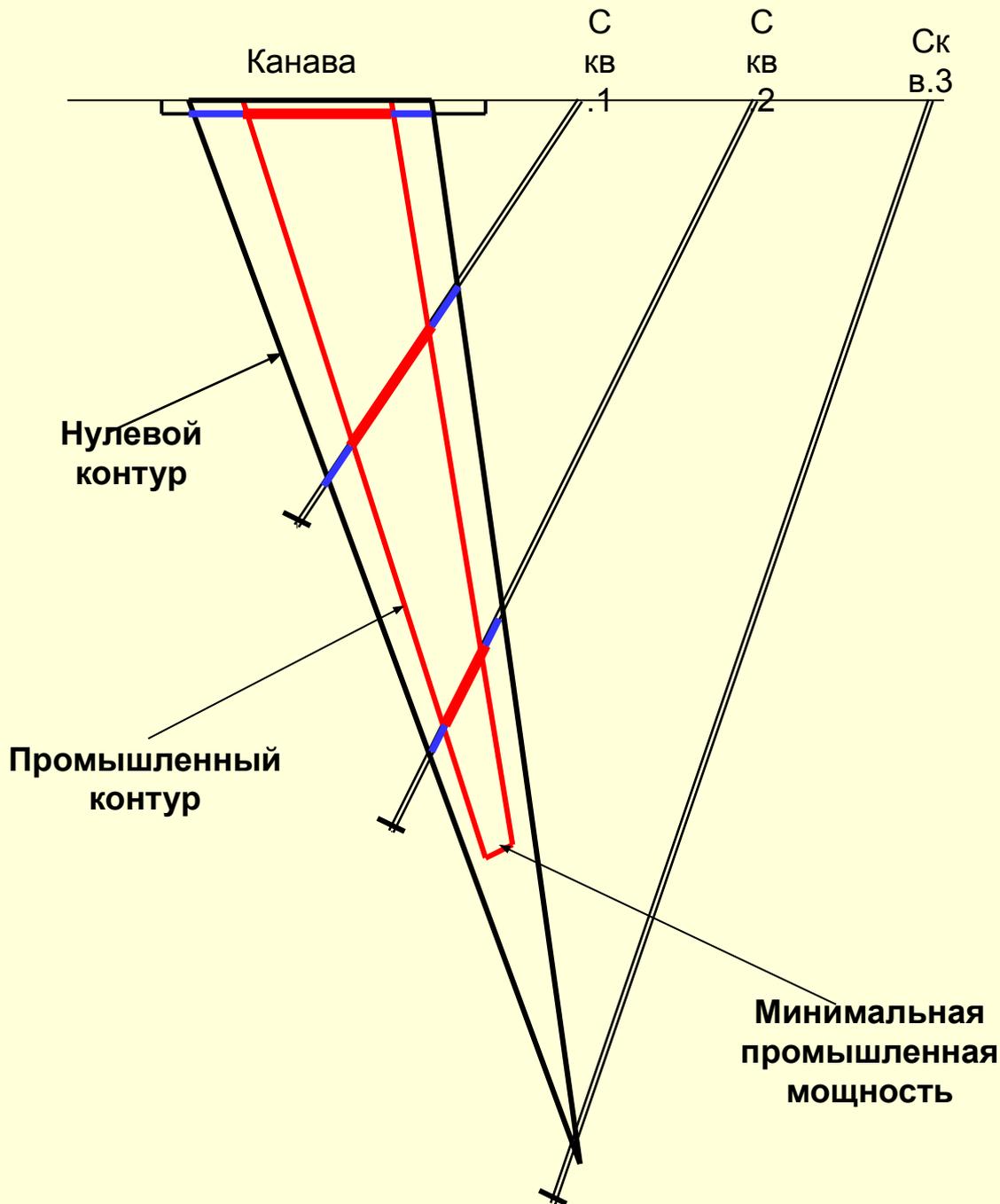
Оконтуривание залежей при подсчете запасов ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- Оконтуривание **заключается в установлении границ залежей** и их отдельных частей, отличающихся по особенностям геологического строения и степени разведанности.
- Оконтуривание **производится на разрезах, планах, проекциях** по данным изучения (документации и опробования) горных выработок, скважин, естественных обнажений, геофизических исследований.
- Оконтуривание ведется **на основе** экономически обоснованных **кондиций**, определяющих условия оконтуривания, основными из которых являются:
- **минимальное промышленное содержание** – предельное содержание ценного компонента, при котором промышленное использование полезного ископаемого еще целесообразно; служит основой для разделения запасов на балансовые и забалансовые;
- **бортное содержание C_b** – содержание полезного компонента в крайних пробах, которые целесообразно включать в промышленный контур; устанавливается отдельно для балансовых и забалансовых руд;
- **минимальная промышленная мощность залежей $m_{мин}$** , которая обеспечивает возможность отработки без подрыва вмещающих пород или же с их выемкой, но с разубоживанием, обеспечивающем экономически эффективную разработку;
- **минимальный метропроцент** (метрограмм – для благородных металлов) **$C \cdot m$** используется для оконтуривания маломощных, но богатых тел: $C \cdot m = C_b \cdot m_{мин}$
- **предельно допустимая мощность участков пустых пород и некондиционных руд**, включаемых в промышленный контур;
- **минимальный коэффициент рудоносности K_p** ; применяется для оконтуривания залежей, сложенных шлировыми и гнездообразными обособлениями полезного ископаемого.

Разновидности контуров рудных тел

- Принято выделять следующие разновидности контуров залежей полезных ископаемых: **нулевой, промышленный (балансовый), забалансовый**. По способу они могут быть **внутренними и внешними**.
- В пределах контуров балансовых и забалансовых руд выделяют контуры запасов категорий, а в пределах последних – контуры подсчетных блоков.
- **Нулевой контур** соответствует полному выклиниванию тела полезного ископаемого и отстраивается для установления характера оруденения и перспектив его распространения. Обычно он представляет собой линию выклинивания рудного тела по мощности или линию прекращения рудной минерализации. Часто совпадает с пострудными разрывами, смещающими рудные тела, интрузивными контактами, границами зон выветривания, окисления и т.п. При подсчете запасов используется лишь в случае совпадения с контурами балансовых, забалансовых руд, категорий запасов, подсчетных блоков.
- **Промышленный контур** строится в соответствии с условиями для балансовых руд, а **забалансовый** – в соответствии с условиями для забалансовых руд.
- **Внутренний контур** строится через крайние разведочные пересечения, встретившие **кондиционное полезное ископаемое**.
- **Внешний контур** проводится через точки предполагаемых естественных или условных (экстраполированных) **границ распространения залежи**.

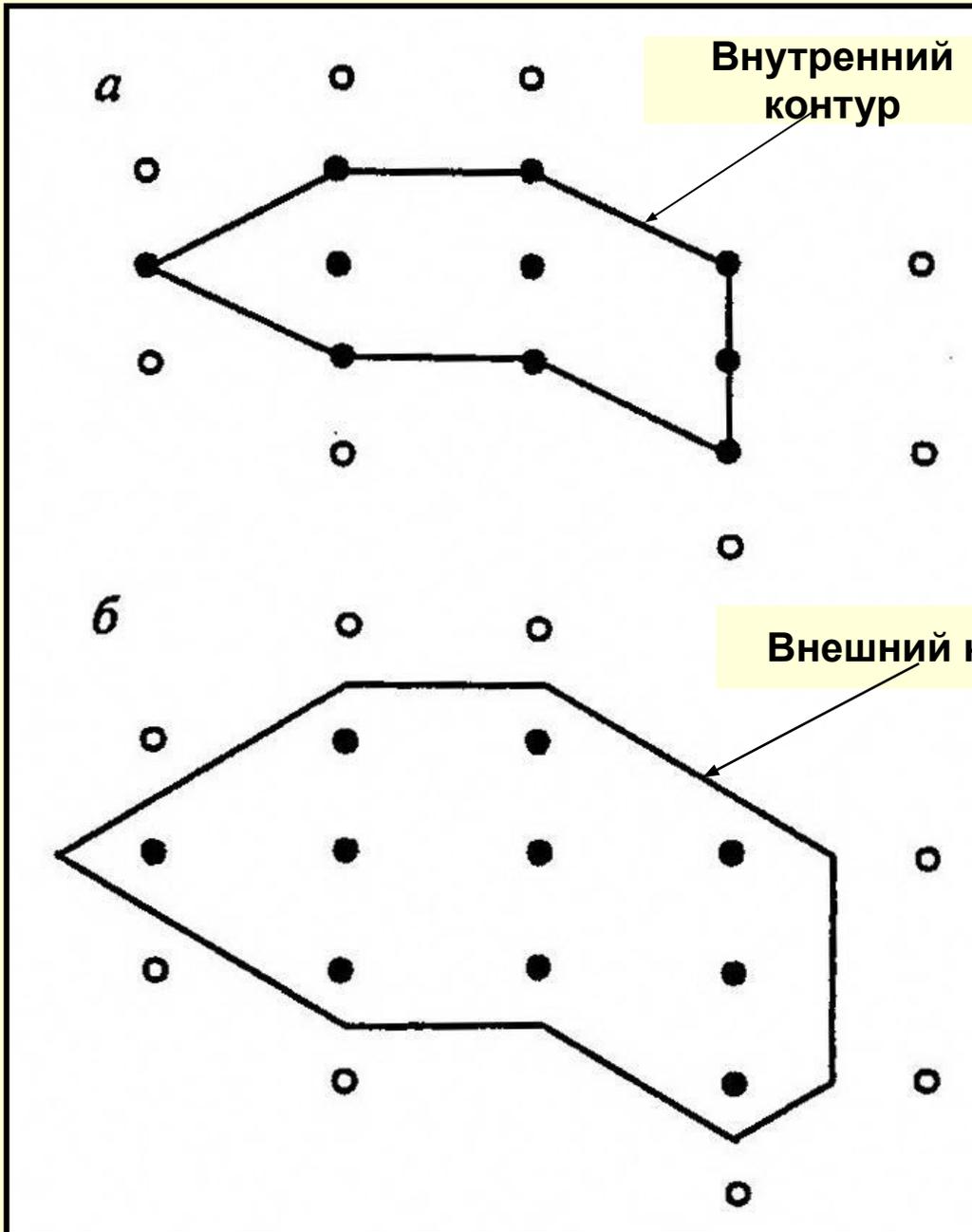
Нулевой и промышленный контуры на разрезе



Интервалы опробования с содержаниями полезного компонента выше бортового

Интервалы опробования с содержаниями полезного компонента ниже бортового

Внутренний и внешний контуры



Оконтуривание рудного тела на горизонтальной проекции
По Г.С. Поротову, 2004
с дополнениями

- Скважины с кондиционными параметрами
- Скважины с некондиционными параметрами

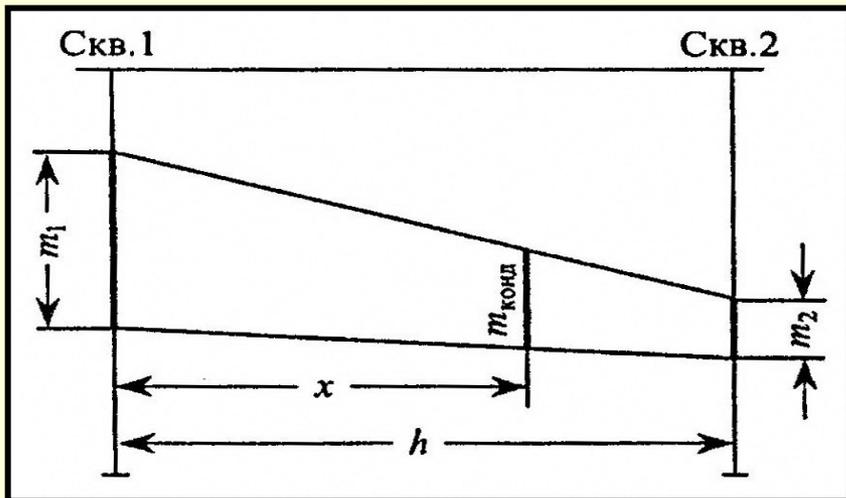
- Оконтуривание ведется с использованием опорных точек, а также методов интерполяции и экстраполяции, последовательно:
- **по разведочным пересечениям** (горным выработкам и скважинам);
- **на разрезах или погоризонтных планах;**
- **на горизонтальных** (при углах падения до 45°) **или продольных вертикальных проекциях залежей** (при углах падения более 45°).
- Разведочные **пересечения могут быть секущими**, пересекающими залежь на полную мощность), **и прослеживающими**, пройденными по простиранию или падению.
- В **секущих** выработках и скважинах **границы** залежи строятся **по** границам **крайних проб** (опорным точкам), показавших содержания полезного компонента **выше бортового**.
- В **прослеживающих** выработках границы проводятся между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное полезное ископаемое **методом интерполяции или методом экстраполяции**, если крайняя проба кондиционная.

Интерполяция

- **Интерполяция** используется для проведения границ между пробами (выработками) с кондиционным и некондиционным содержанием компонента или выработками с кондиционной и некондиционной мощностью. Положение границы находится путем графической или численной интерполяции по формуле:

$$x = \frac{m_1 - m_{\text{конд}}}{m_1 - m_2} h,$$

- где x – расстояние от выработки (пробы), вскрывшей кондиционные руды, до точки с минимально промышленными рудами; m_1 – мощность или содержание или их произведение (метропроцент) по выработке (пробе) 1; $m_{\text{конд}}$ – минимальное кондиционное значение мощности, содержания или метропроцента; m_2 – мощность, содержание или метропроцент по выработке (пробе) 2, вскрывшей некондиционные руды; h – расстояние между выработками (пробами).



Пример численной интерполяции мощности между кондиционной и некондиционной скважинами

Г.С. Поротов, 2004

Экстраполяция

- **Экстраполяция** применяется, когда необходимо провести контур (внешний) за пределами кондиционных разведочных выработок. Различают несколько видов экстраполяции: ограниченная, неограниченная, по углу выклинивания рудного тела, подвеска.
- **Ограниченная экстраполяция** заключается в проведении внешнего контура на расстоянии равном половине расстояния между кондиционной и безрудной выработками.
- **Неограниченная экстраполяция** используется на участках, где некондиционные выработки отсутствуют. Внешний контур проводится на расстоянии равном $\frac{1}{2}$ расстояния между ближайшими кондиционными выработками.

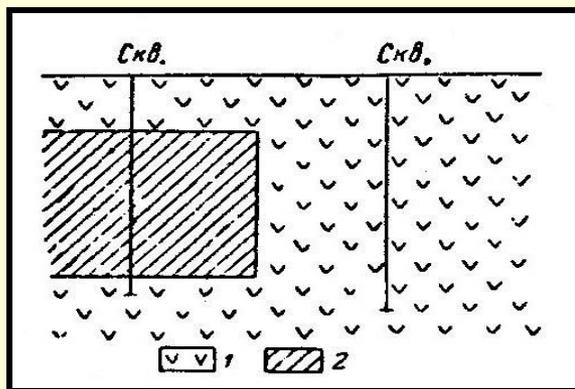


Схема проведения внешнего контура рудного тела на разрезе методом ограниченной экстраполяции через середину расстояния между выработками

По А.П. Прокофьеву и А.И. Дюкову:

1 – вмещающие породы; 2 – рудное тело

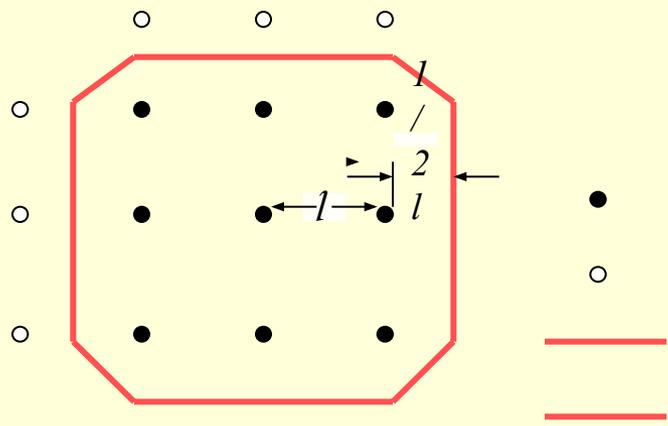


Схема построения внешнего контура рудного тела на горизонтальной проекции

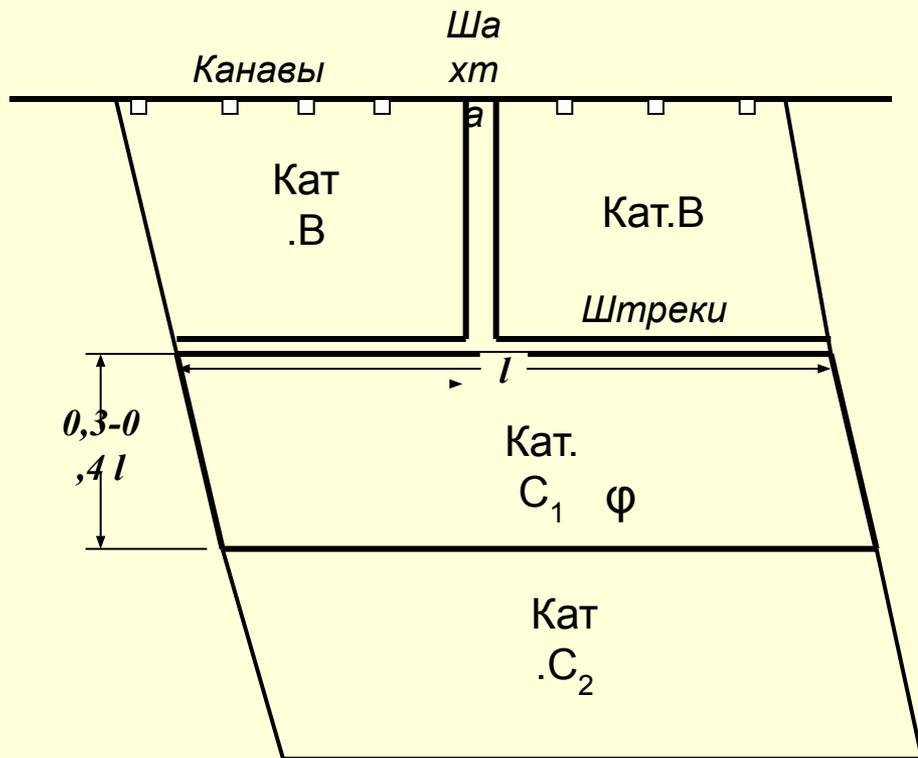
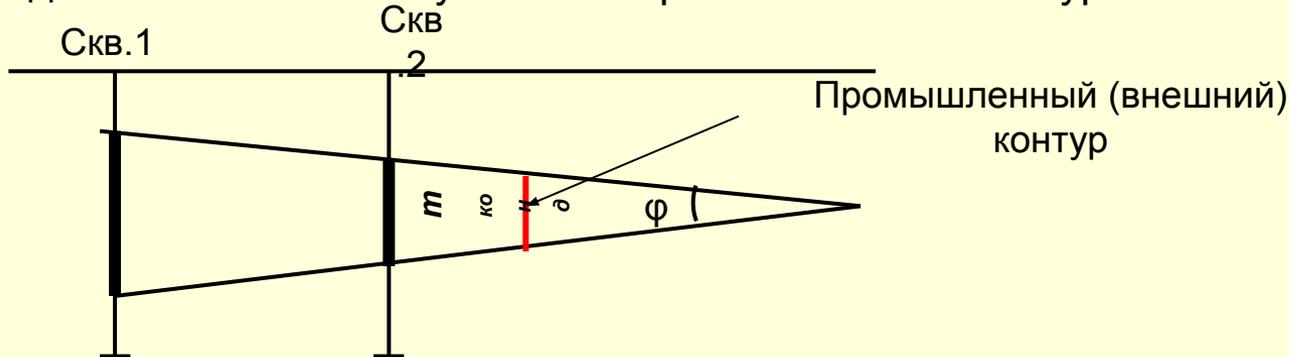
● Кондиционная скважина

○ Безрудная скважина

— Контур, построенный методом ограниченной

экстраполяции
— Контур, построенный методом неограниченной
экстраполяции

- **Экстраполяция по углу выклинивания (φ)** применяется в тех случаях, когда наблюдается устойчивое выклинивание рудного тела и можно достаточно точно путем графических построений определить положение нулевого и промышленного контуров.



Особый вид экстраполяции – подвеска залежи на глубину, равную ее 0,3 – 0,4 части ее длины по простиранию в вышележащих блоках более высоких категорий

Методы подсчета запасов

- В литературе описано свыше 20 методов подсчета запасов. На практике в настоящее время применяется в основном следующие методы:
- Геологических блоков
- Эксплуатационных блоков
- Сечений (разновидности – метод вертикальных сечений или разрезов и метод горизонтальных сечений)
- Многоугольников
- Треугольников

Все методы основаны на:

- 1) на распространении фактических данных о параметрах подсчета, полученных в процессе изучения естественных обнажений, горных выработок и скважин на окружающее их пространство;
- 2) преобразовании сложных по форме тел полезных ископаемых в равновеликие простые тела, объем которых может быть определен по известным геометрическим формулам.

Методы различаются способами выделения и определения объемов подсчетных блоков.

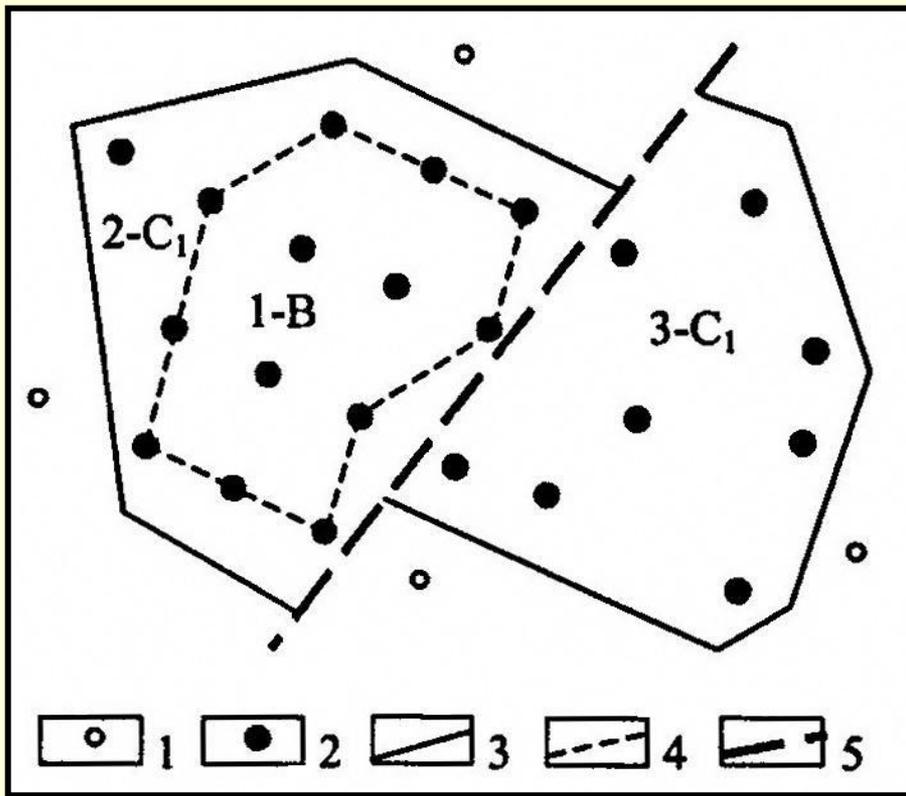
Метод геологических блоков

- Метод является одним из наиболее распространенных.
- Каждую залежь полезного ископаемого изображают и оконтуривают на горизонтальной или вертикальной проекции в соответствии с выше рассмотренными приемами.
- Рудное тело на проекции делят на подсчетные блоки, по ведущим геологическим параметрам (мощности, составу руды, условиям залегания), по степени разведанности (категориям запасов), иногда по горно-техническим условиям отработки и последовательности их эксплуатации. Подсчетные блоки нумеруют. Нумерация включает порядковый номер блока и категорию запасов. Например, 1-В, 2-С₁ и т.п.
- Для определения объема блоков их истинная сложная форма преобразуется в ряд сомкнутых фигур, площадь основания которых равна площади блока, а высота – средней мощности.
- В каждом подсчетном блоке запасы считают отдельно. Вначале измеряют площадь блока S на проекции, далее вычисляют среднюю мощность m_{cp} , перпендикулярную проекции. Для блоков, находящихся в межконтурной полосе (между внутренним и внешним контурами), в ряде руководств рекомендуется среднюю мощность принимать равной $\frac{1}{2}$ средней мощности, рассчитанной по выработкам, находящимся на внутреннем контуре. На основе этих данных определяется объем блока:

$$V = Sm_{cp}$$

- Произведение объема блока на среднюю объемную массу (d) является запасами полезного ископаемого: $Q = Vd$.
- Произведение запасов полезного ископаемого и средневзвешенного содержания (C_{cp}) – есть запасы полезного компонента: $P = QC_{cp}$ или $P = VC_{cp}$ или

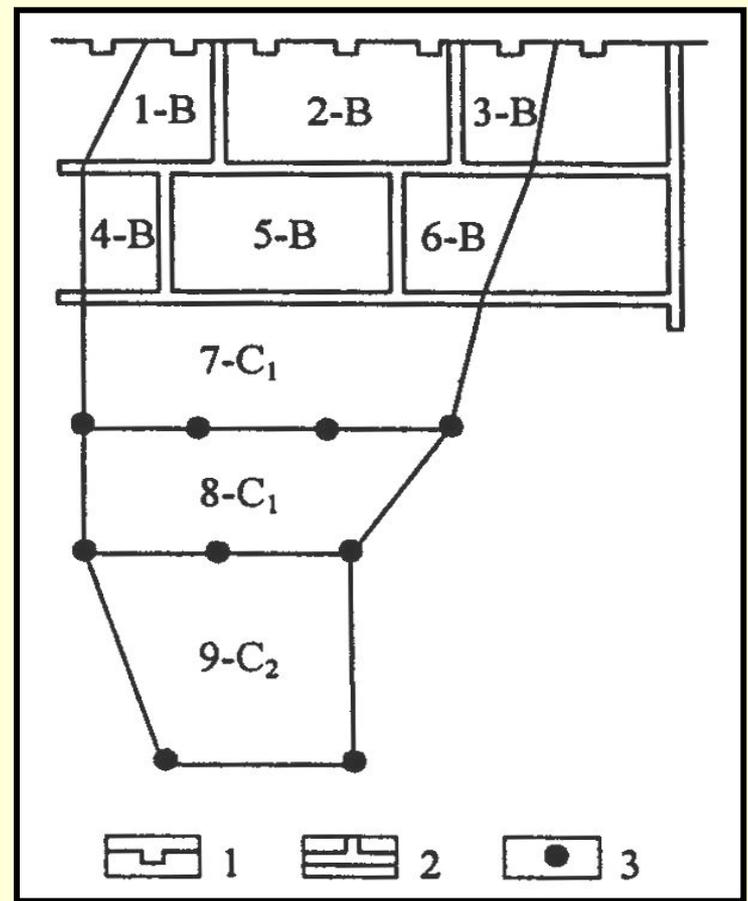
$$P = \frac{QC_{cp}}{100}$$



Проекция рудного тела на горизонтальную плоскость

Г.С. Поротов, 2004

- 1 – безрудные скважины; 2 – рудные скважины; 3 – контур запасов категории C_1 ; 4 – контур запасов категории В; 5 – разрывное нарушение



Продольная вертикальная проекция рудного тела

Г.С. Поротов, 2004

- 1 – канавы; 2 – штреки и восстающие; 3 – скважины

Поскольку подсчетных блоков бывает много, исходные и результаты подсчета оформляют в виде специальных таблиц, называемых формулярами.

Формуляр подсчета запасов методом геологических блоков

Номер блока	Площадь блока, тыс.м ²	Средняя мощность, м	Объем блока, тыс.м ³	Объемная масса, т/м ³	Запасы руды, тыс. т	Содержание меди, масс. доля, %	Запасы металла, тыс.т
1-В	25,6	4,3	110,1	3,1	341,3	1,48	5,09
2-С ₁	44,2	2,8	123,8	3,0	371,4	1,25	4,64
...
Итого:							
категория В	-	-	-	-	341,3	1,48	5,09
категория С ₁	-	-	-	-	652,4	1,34	8,75
Всего							
В+С ₁	-	-	-	-	993,7		13,84
С ₂	-	-	-	-	112,0		1,23

Метод эксплуатационных блоков

- Является частным случаем метода геологических блоков и отличается от него тем, что подсчетные эксплуатационные блоки оконтурены горными выработками с трех или четырех сторон. Применяется при подсчете запасов жильных или маломощных пластовых залежей. Эксплуатационные блоки являются основными добычными единицами.
- Графические построения сводятся к изображению (в зависимости от угла падения) на продольной вертикальной проекции или на горизонтальной проекции.
- Особенности реализации метода заключаются в следующем:
 - контурами подсчетного блока являются оконтуривающие его выработки;
 - при расчетах средних содержаний компонентов учитываются все пробы, отобранные в пределах блока, включая пробы с содержаниями ниже бортового;
 - если среднее содержание полезного компонента в блоке с учетом этих проб окажется ниже минимально промышленного, его запасы относятся к забалансовым, и блок не обрабатывается по причине экономической нецелесообразности.

Особенности определения объема (V).

При изображении блоков на продольной вертикальной проекции их объем равен произведению площади (S) на среднюю горизонтальную мощность ($m_{гор}$): $V = Sm_{гор}$. Если же блоки изображены на горизонтальной проекции, объем равен произведению площади на среднюю вертикальную мощность (m_B): $V = Sm_B$.

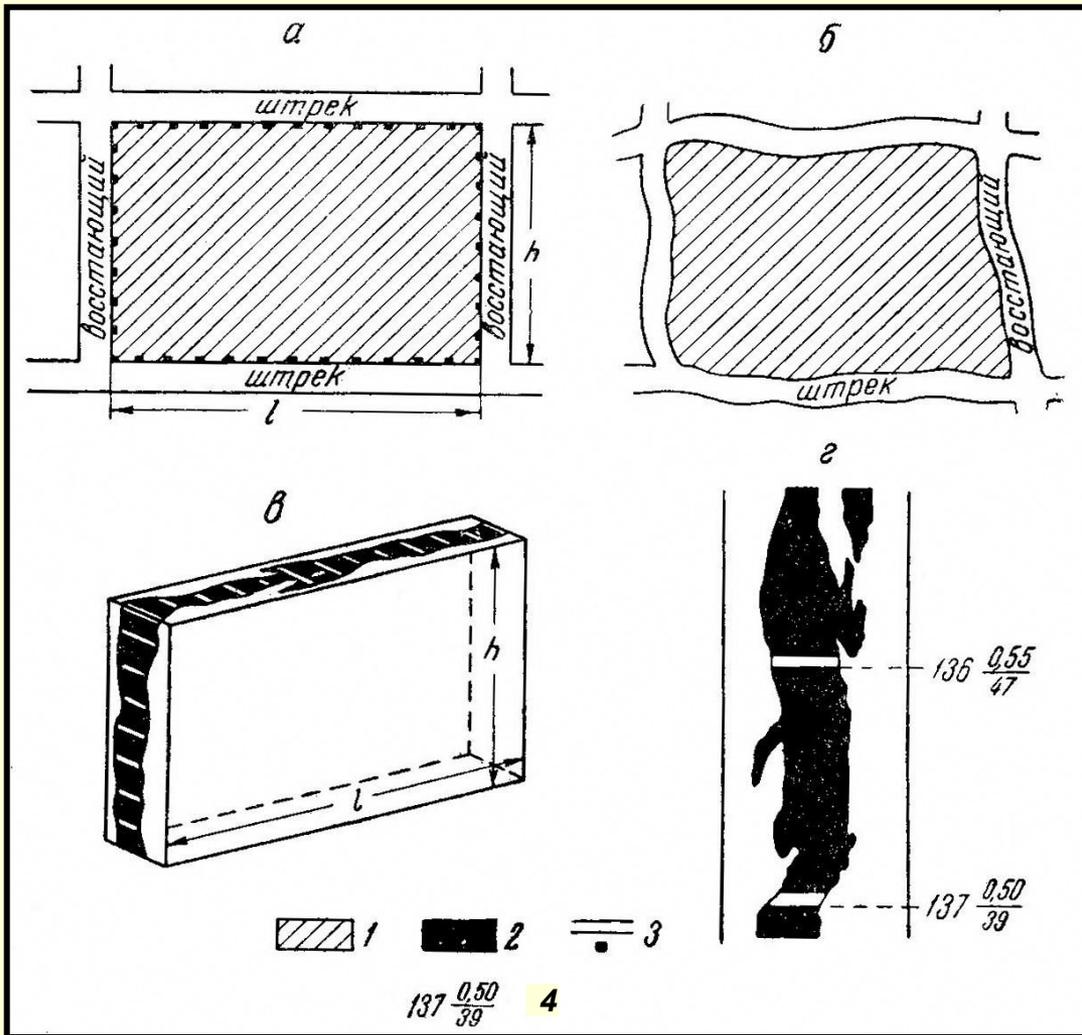


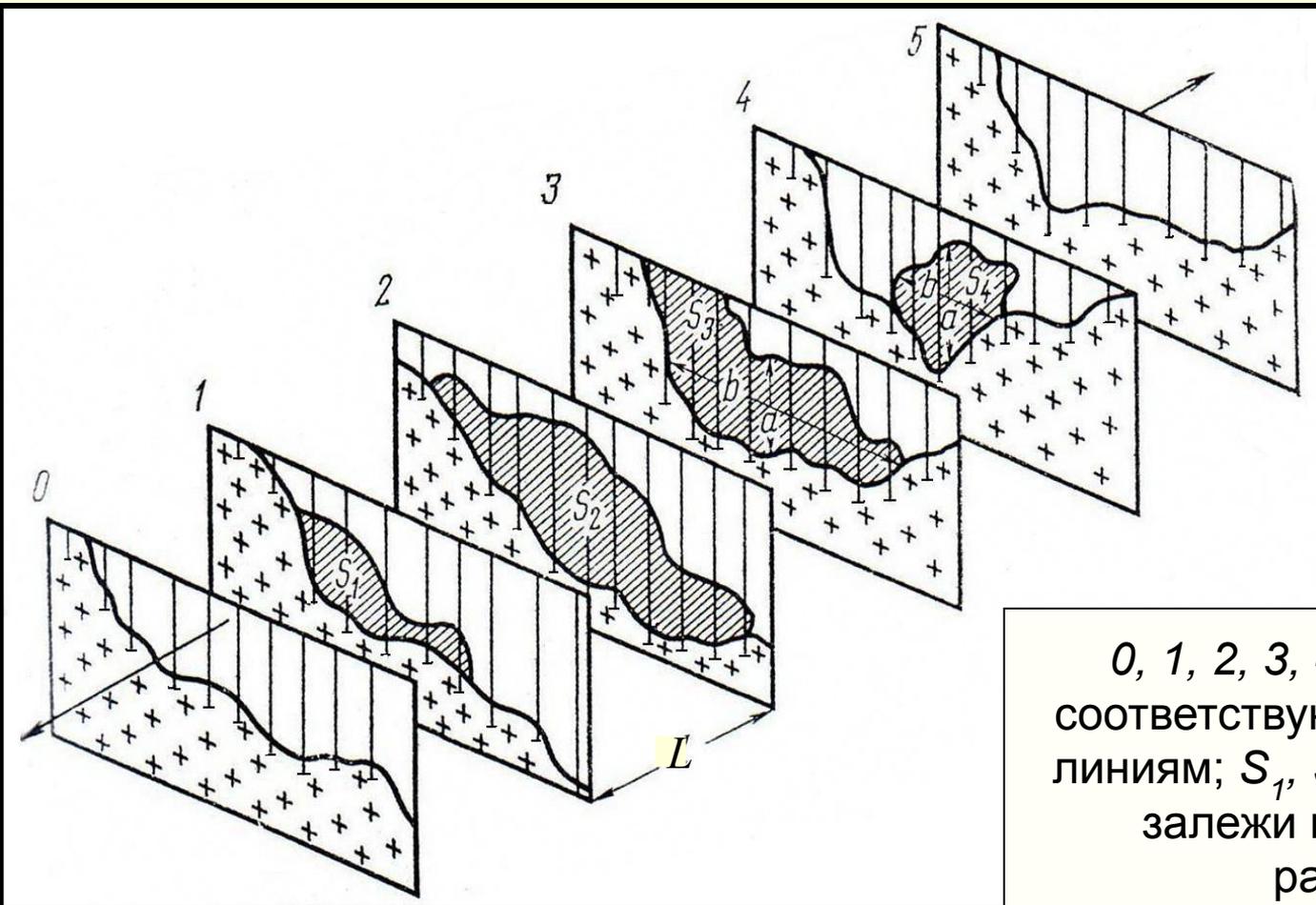
Схема эксплуатационного блока, оконтуренного выработками с четырех сторон
Смирнов и др., 1960

а – проекция блока в плоскости жилы; б – проекция блока с неправильными контурами; в – схематическое изображение блока; г – часть плана опробования одной из сторон блока; 1 – площадь подсчетного блока; 2 – тело полезного ископаемого; 3 – место взятия бороздовых проб; 4 – номер пробы, далее в числителе – мощность тела полезного ископаемого в м, в знаменателе – содержание компонента в г/т

Метод сечений

- **Метод** сечений является вторым по распространенности. Его **применяют при подсчете запасов сравнительно мощных залежей сложной формы, смятых в складки или имеющих сложное внутреннее строение.**
- **Необходимым условием применения метода – возможность построения или вертикальных сечений (разрезов) или горизонтальных сечений (погоризонтных планов).** В первом случае метод называется **методом разрезов**, включающий частный случай – метод вертикальных параллельных сечений (разрезов). Во втором случае метод именуется **«метод горизонтальных сечений»**. Принципиальных различий между перечисленными разновидностями нет, т. к. вторая разновидность отличается от первой тем, что плоские сечения рудных тел повернуты на 90^0 .
- **Оконтуривание** залежей производится **на вертикальных разрезах или погоризонтных планах** в соответствии с принятыми кондициями.
- Разведочные сечения должна дополнять **схема их размещения**, которая позволяет определить расстояние между сечениями. Для вертикальных сечений необходимо иметь **план расположения разведочных линий**, а для горизонтальных сечений – **проекции рудных тел на вертикальную плоскость.**
- Сущность метода заключается в том, что для подсчета запасов залежь полезного ископаемого расчленяется на отдельные подсчетные блоки, границами которых являются плоские сечения (разрезы или погоризонтные планы).

Схема подсчета запасов методом вертикальных сечений



0, 1, 2, 3, 4, 5 – разрезы по соответствующим разведочным линиям; S_1 , S_2 , S_3 , S_4 – площади залежи на сечениях; L – расстояние между сечениями

•Различают **два вида подсчетных блоков**:

- 1) блоки, **ограниченные двумя сечениями** (опираются на два сечения);
- 2) блоки, **ограниченные одним сечением** (опираются на одно сечение), что имеет место на флангах залежей при их выклинивании.

•Объем блоков (V), опирающихся на два сечения, если площади залежи (S_1 и S_2) на них **отличаются менее, чем на 40%**, вычисляется **по формуле усеченного клина**:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} L.$$

•Объем блоков, опирающихся на два сечения, если **площади** залежи на них **отличаются более, чем на 40%**, вычисляется **по формуле усеченной пирамиды**:

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} L.$$

•Если блок ограничен лишь с одной стороны, то подсчет его объема зависит от принятой гипотезы выклинивания рудного тела. Если **рудное тело** между сечениями не выклинивается, а **ограничено разрывным нарушением или интрузивным контактом**, то объем определяется **по формуле призмы**:

$$V = SL,$$

где L – расстояние от сечения до плоскости, ограничивающей распространение оруденения. Если **рудное тело выклинивается в линию**, то применяется **формула клина**:

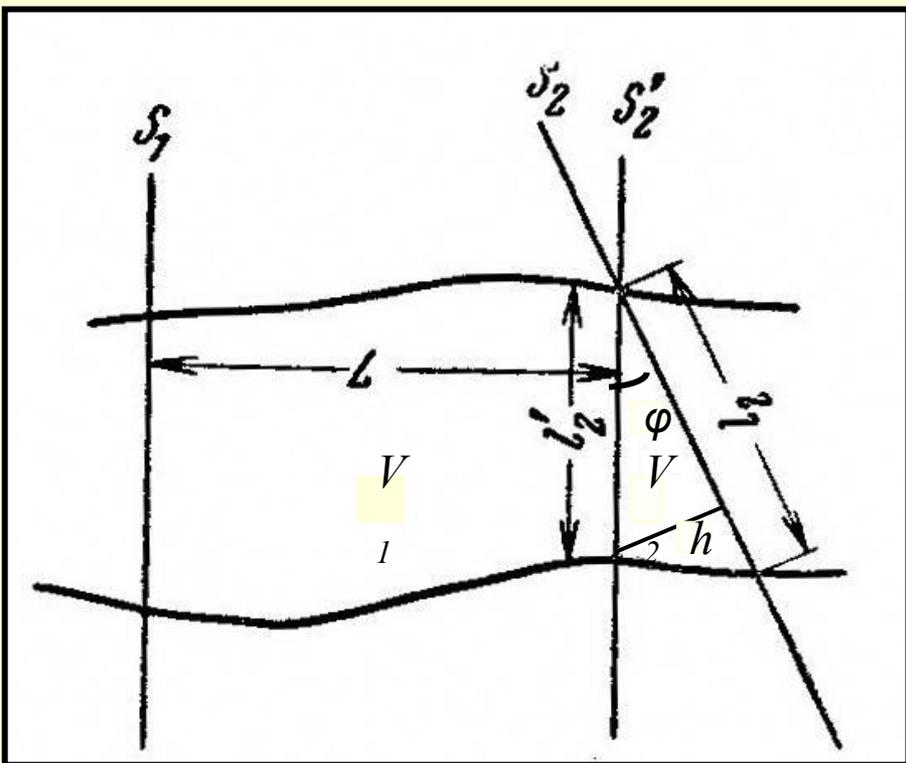
$$V = SL/2.$$

Если **рудное тело выклинивается в точку**, используется **формула конуса**:

$$V = SL/3.$$

Подсчет запасов между непараллельными сечениями

По Ю.А. Колмогорову



- Блок между двумя непараллельными сечениями разбивается на два подблока V_1 и V_2 . Объем блока V_1 определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{S_1 + S_2'}{2} L,$$

где $S_2' = S_2 \cos \varphi$.

Объем блока V_2 определяется по формуле:

$$V_2 = \frac{1}{2} S_2 h,$$

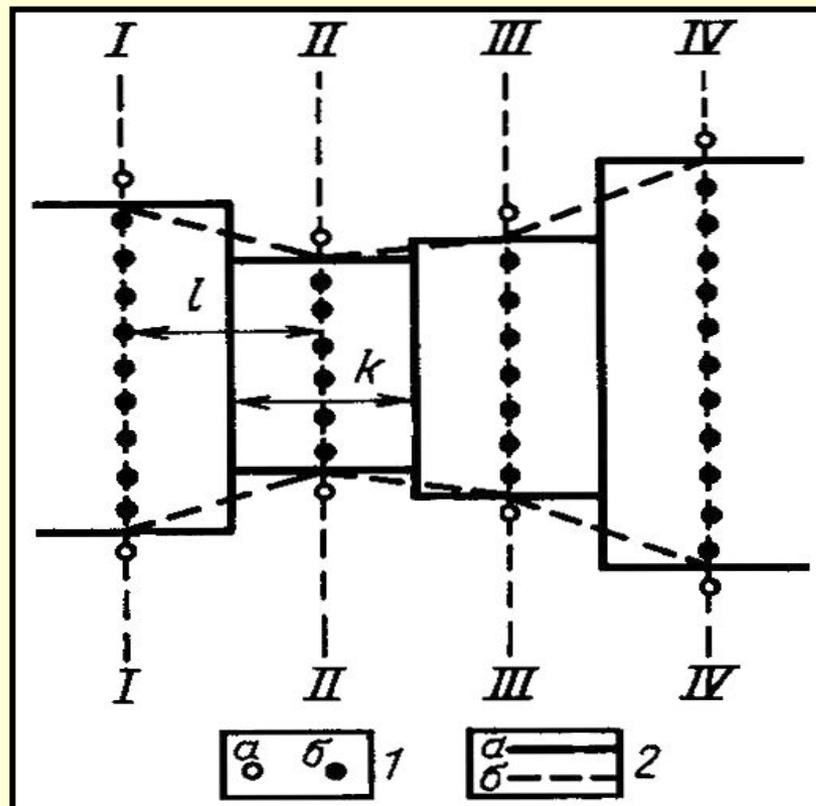
где h – перпендикуляр, опущенный из крайней точки сечения S_2' на линию сечения S_2 .

Пример формуляра подсчета запасов методом сечений

Номер блока	Площадь, тыс.м ²		Расстояние между линиями, L, м	Геометрическая фигура	Объем блока, тыс.м ³	Объемная масса, т/м ³	Запасы руды, млн.т	Содержание меди, масс. доля, %	Запасы меди, тыс.т
	S ₁	S ₂							
1-В	15,9	31,2	50	Пирамида	1156,2	3,2	3,70	1,44	53,3
2-С ₁	31,4	34,3	100	Призма	3285,0	3,6	11,83	2,12	250,8
3-С ₁	34,3	-	60	Клин	2058,0	3,6	7,41	1,75	130,4
...
Итого:									
В	-	-	-	-	-	-	3,7	1,44	53,3
С ₁	-	-	-	-	-	-	26,10	1,86	485,5
С ₂	-	-	-	-	-	-	5,33	1,19	63,4
Всего:									
В+С ₁	-	-	-	-	-	-	22,94	1,71	434,5
С ₂	-	-	-	-	-	-	5,33	1,19	63,4

Упрощенный вариант метода сечений

- Для простых геологических условий (например, при подсчете запасов аллювиальных россыпей) применяется упрощенный метод.
- Тело полезного ископаемого разбивают на отдельные подсчетные блоки не по разведочным линиям и построенным по ним сечениям, а по условным плоскостям, проходящим на середине расстояния между разведочными линиями. Разрез по разведочной линии принимается за средний; площадь залежи на нем и остальные подсчетные параметры распространяются на весь блок.
- Объем каждого блока определяется как произведение площади сечения по разрезу на расстояние влияния данного сечения, которое равно полусумме расстояний от данной разведочной линии до соседних.



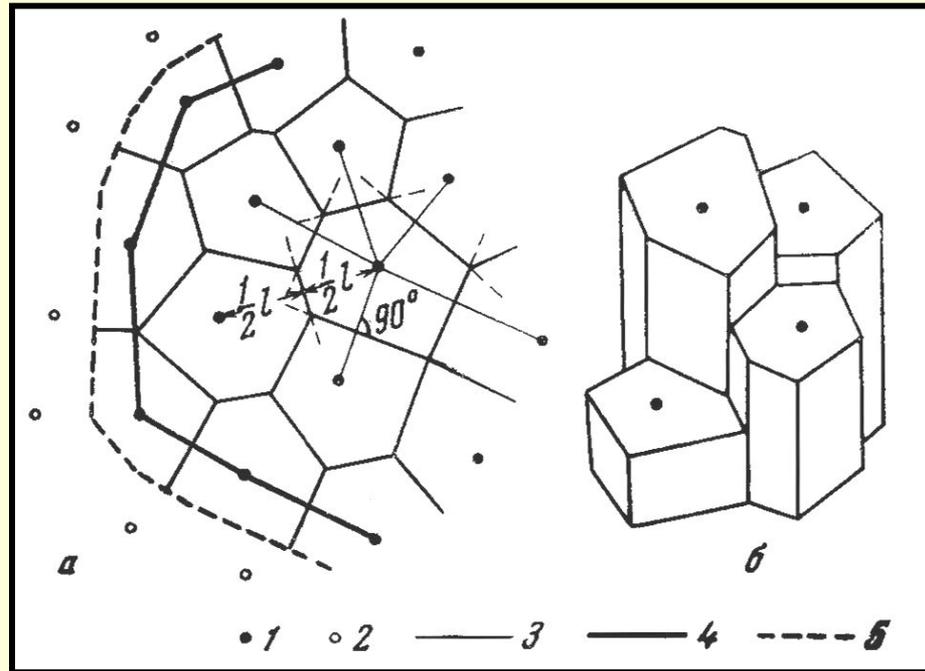
Два варианта подсчета запасов методом сечений

Смирнов и др., 1960

1 – выработки (а – пустые, б – пересекшие тело полезного ископаемого); 2 – контуры подсчета по площади влияния (а) и между линиями (б); I-I – IV-IV – разведочные линии; l – расстояние между разведочными линиями; k – расстояние влияния

Метод многоугольников

- Другие названия метода: **метод А.К. Болдырева, метод ближайшего района.**
- **Применяется при подсчете запасов пологих залежей, разведанных вертикальными скважинами или горными выработками.**
- Подсчет ведется в пределах внешнего контура залежи (внутренний контур играет вспомогательную роль).
- Для построения подсчетных блоков **ближайшие выработки** на плане **соединяются прямыми**. Получается сеть треугольников. **Через середины** их сторон **строятся перпендикуляры** до пересечения с соседними. В результате **получается серия многоугольников**, которые в пространстве представляют собой сомкнутые многогранные призмы, **являющиеся подсчетными блоками, в центре которых находится разведочная выработка.**
- Высотой каждой призмы является мощность рудного тела, а основанием – построенный многоугольник. Значения содержаний компонентов и объемной массы принимаются по данным опробования выработки, находящейся в центре блока. Результаты подсчета запасов по отдельным блокам суммируются с учетом категорий запасов.



Подсчет запасов методом многоугольников Крейтер, 1961

- a* – фрагмент подсчетного плана с указанием способа построения многоугольников: 1 – кондиционные выработки; 2 – некондиционные выработки; 3 – контуры подсчетных блоков; 4 – внутренний контур; 5 – внешний контур
- б* – разбивка рудного тела на сомкнутые призмы в аксонометрической проекции

Метод треугольников

- Применяется при подсчете запасов пологих пластовых залежей, разведанных вертикальными выработками. Для подсчета запасов залежь преобразуется в серию сомкнутых трехгранных призм.

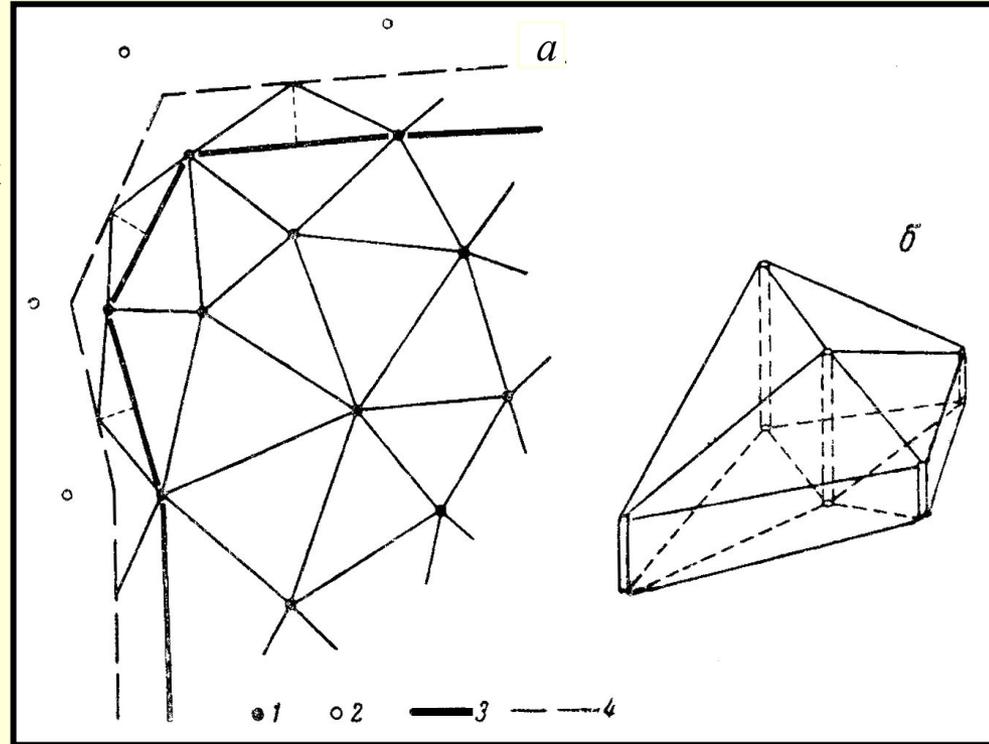
- На плане в пределах внутреннего контура ближайшие выработки соединяются прямыми – получается сеть треугольников, в вершинах которых находятся выработки.

- В межконтурной полосе (между внутренним и внешним контурами) треугольники строят следующим образом. Из середин отрезков, соединяющих выработки на внутреннем контуре, восстанавливаются перпендикуляры до пересечения с внешним контуром.

Полученные точки соединяют с выработками на внутреннем контуре, что приводит к образованию сети треугольников в межконтурном пространстве.

- Каждый треугольник (трехгранная призма) представляет собой подсчетный блок. Для них определяются площади, средняя мощность, средневзвешенные содержания, объемная масса. По этим данным ведется подсчет запасов по каждому блоку.

- Результаты подсчета запасов суммируются с учетом категорий запасов.



Подсчет запасов методом треугольников

Смирнов и др., 1960

a – фрагмент подсчетного плана; b – перспективное изображение фрагмента тела полезного ископаемого, трансформированного в сомкнутую группу косоусеченных трехгранных призм

1 – скважины, пересечение залежь; 2 – скважины, показавшие отсутствие полезного ископаемого; 3 – внутренний контур; 4 – внешний контур

Метод четырехугольников

- Достаточно редко применяемый метод.
- Может применяться при разведке полого залегающих залежей, разведанных вертикальными выработками, размещенными по правильной четырехугольной сетке.
- Метод аналогичен методу треугольников, но разбивка площади проекции рудного тела на плане производится на четырехугольники путем соединения выработок прямыми линиями.
- При подсчете запасов залежь преобразуется сомкнутые четырехгранные призмы.

6.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Группы запасов по их экономическому значению

По экономическому значению запасы полезных ископаемых, подлежащих отдельному государственному подсчету и учету, подразделяются на две основные группы:

- балансовые (экономические);
- забалансовые (потенциально экономические).

К балансовым (экономическим) запасам относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К забалансовым (потенциально экономическим) относятся:

- 1) запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически не эффективна (убыточна) в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий;
- 2) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование, которых на момент оценки невозможно в связи с расположением в пределах водоохранных зон, населенных пунктов, сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой. В рамках оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства Российской Федерации.

Категории запасов по степени геологической изученности

Запасы полезных ископаемых по степени геологической изученности подразделяются на категории: А, В, С₁, С₂.

Запасы категории А выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений **1-й группы сложности** геологического строения и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;
- 2) определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;
- 3) изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки полезного ископаемого;
- 4) контуры запасов определены в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их опробования.

Запасы категории В выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений **1-й и 2-й групп сложности** геологического строения и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещения, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений;
- 2) определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;
- 3) определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов;
- 4) контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности; могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы сложности и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а для пластовых месторождений и месторождений строительного и облицовочного камня также наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений;
- 2) определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;
- 3) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку, и должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;
- 2) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений.

Сопоставление классификаций запасов, применяемых в разных странах

Россия	США	Англия	Франция	Германия
A	Измеренные	Доказанные	Действительные	Надежные (Sicher)
B	(Measured)	(Proved)	(Prouve)	Вероятные (Wasrscheinlich)
C ₁	Исчисленные (Indicated)	Вероятные (Probable)		Обозначенные (Angedeutet)
C ₂	Предполагаемые (Inferred)	Возможные (Possible)		Предполагаемые (Vermutet)

Группы месторождений по степени изученности

Месторождения полезных ископаемых по степени их изученности **подразделяются на разведанные и оцененные.**

К разведанным относятся месторождения (участки недр), запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки **изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение** в установленном порядке.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения;
- 2) вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- 3) запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, отнесенные к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- 4) гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и др. условия изучены с детальностью, обеспечивающей составление проекта разработки месторождения;
- 5) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для всего месторождения участках детализации;
- 6) параметры кондиций установлены на основании ТЭО, позволяющем определить масштабы и промышленную значимость месторождения;
- 7) рассмотрено влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки **изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки.**

Оцененные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории C_2 ;
- 2) вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- 3) гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- 4) достоверность данных о геологическом строении, залегании и морфологии тел полезного ископаемого подтверждены на участках детализации;
- 5) параметры кондиций установлены на основании укрупненных технико-экономических расчетов или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных географических и горно-геологических условиях;
- 6) рассмотрено и оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

6.6. Экономическая эффективность ГРР

Оценивается с помощью двух характеристик:

• **Фактическая стоимость разведки (Φ_p):**

$$\Phi_p = Z_{\text{общ}} / P,$$

где $Z_{\text{общ}}$ – общие затраты на проведение ГРР, руб.; P – запасы руды (компонента).

В расчет принимаются балансовые запасы категорий А, В, С₁. Φ_p – это стоимость 1 т запасов.

• **2. Стоимостная отдача затрат (СОЗ):**

$$\text{СОЗ} = \Pi \cdot I \cdot Ц \cdot Z_{\text{п}} / Z,$$

где Π – прирост запасов по сумме категорий А+В+С₁; I – коэффициент извлечения при добыче и переработке; $Ц$ – рыночная цена единицы товарной продукции; $Z_{\text{п}}$ – стоимость попутной продукции; Z – затраты на ГРР за расчетный период.

СОЗ – иначе это ценность извлекаемых запасов на 1 руб. затрат.

По данным Минприроды ГРР на 1 руб. затрат дают прибыль в 416 руб.

- Экспертиза и утверждение ТЭО кондиций и отчетов с подсчетом запасов в ТКЗ и ГКЗ.
- Кадастр месторождений и проявлений (паспорта).
- Сдача материалов в территориальный фонд геологической информации и Федеральный фонд геологической информации (Росгеолфонд).
- Формы статистической отчетности 5-гр – Сведения о состоянии и изменении запасов твердых полезных ископаемых и 70-тп – Сведения об извлечении полезных ископаемых при добыче.
- Государственный баланс запасов.
- При изучении данного вопроса следует изучить соответствующие нормативные документы. Они скомпонованы в отдельной папке «Нормативные документы студентам».