




## **Лекция 14 - Опробование и подсчет запасов полезных ископаемых.**

Опробование — одна из важнейших операций, проводимая практически на всех стадиях ГРР.

**Пробой называется часть полезного ископаемого, взятая по определенным правилам с таким расчетом, чтобы качество полезного ископаемого каждой взятой пробы или совокупности их по возможности точно соответствовало качеству всей той массы.**



В последние годы опробование полезных ископаемых осуществляется на месте залегания, без отбора проб. Используются геофизические и ядерно-физические методы. Расширено и назначение опробования: производится опробование не только для установления качества, но и для определения объема, физических параметров (плотности, хрупкости — гибкости и т.п.), выявления инженерно-геологических, горно-технических условий.

## **Современная трактовка:**

Опробование — это процесс определения содержания и качества полезных и вредных компонентов руд и боковых пород во многих точках месторождения при поисках, разведке, эксплуатации, а также установление технических и технологических особенностей руд (с отбором или без отбора проб в этом определении не указывается).

В целом, термин «опробование» используется многопланово и в различных смыслах. Под опробованием можно понимать или подразумевать выражение целей (минералогическое, техническое, технологическое опробование).

Опробование проводится для решения следующих задач:


1. Определение средних содержаний и средней мощности рудных тел в целях подсчета запасов полезного ископаемого.

2. Опробование с целью направления разведочных и эксплуатационных работ (особенно на м-ниях с постепенным затуханием оруденения или невидимым полезным ископаемым)

3. Установление контуров рудных тел и участков, различных по качеству руд.

4. Контроль точности анализов химических лабораторий при определении содержаний компонентов в рудах.

5. Определение влажности, объемной массы, пожароопасности, селикозоопасности и прочности руд.



6. Выявление закономерностей пространственного размещения типов руд, требующих различных технологических схем переработки. Установление первичной и вторичной зональности месторождений руд; установление условий залегания рудных столбов с качественной их характеристикой.

7. Определение корреляционных зависимостей между содержаниями металлов в руде, между полезными и вредными компонентами, определение содержаний рассеянных компонентов в рудах по их корреляционной связи с главными компонентами.

8. Составление планов и программ добычи руды. Для нормальной эксплуатации мы должны знать содержание компонентов в том или ином блоке.

9. Оперативное руководство очистными горными работами при эксплуатации. Это и контроль за охраной недр, и контроль за выемкой руд с различными технологическими схемами.




10. Определение потерь и разубоживание при эксплуатации.

11. Определение взаимных расчетов между поставщиками и потребителями добытой руды по данным товарного опробования.

**Опробование производится на всех стадиях изучения месторождений**

***Методика и техника опробования должны удовлетворять следующим условиям или принципам опробования:***

1. Гарантировать наиболее полную представительность, наибольшую точность отражения в пробах минерального и химического состава руд в опробуемых обнажениях, забоях, штреках, рассечках и т.д.



2. Пробы должны быть взяты в достаточном количестве, необходимом для точной характеристики всего месторождения или его части.

3. Методика должна быть выбрана с учетом геологических особенностей строения месторождения и стоящих перед опробованием задач.

4. Отвечать требованиям Т.Б.

5. Обеспечивать наибольшую производительность, что может быть достигнуто механизацией и автоматизацией процессов отбора проб и их обработки, или разработки новых методов опробования.

6. Обеспечить экономичность и оперативность опробования.




## **Главная задача опробования – определение качества полезного ископаемого.**

К показателям качества относятся химический и минеральный состав руды, ее текстурно – структурные особенности, физические свойства и технологические показатели переработки.

### **ВИДЫ ОПРОБОВАНИЯ:**

Различают 5 видов опробования:

1. Химическое
2. Минералогическое
3. Техническое
4. Технологическое
5. Геофизическое



**1. Химическое опробование** служит для изучения химического состава руд и вмещающих пород. Данный вид опробования определяет содержание главных и попутных компонентов. Для большей части п.и. химическое опробование является основным. В тех случаях когда требуется знать содержание компонентов связанных с различными минералами, прибегают к фазовому химическому опробованию.

*Главные компоненты определяют промышленное значение и область использования руды. По содержанию главных компонентов проводятся контуры рудных тел и внутри рудных тел выделяются контуры промышленных сортов руд.*

Второстепенные компоненты влияют на качество руды, но обычно не участвуют в оконтуривании рудных тел и промышленных сортов руд.

**2. Минералогическое опробование** применяется для определения минерального состава руды и вмещающих пород.

В процессе опробования устанавливается форма нахождения ценных компонентов в руде, рассчитывается баланс распределения основных компонентов между минералами. Для россыпных месторождений минералогическое опробование является основным и используется для подсчета запасов.

**3. Геофизическое опробование** Методы разнообразны: магнитометрические, ядерно-физические, радиометрические.

3.1. Магнитометрические методы используются для изучения магнетитовых руд. Наиболее часто применяется магнитный каротаж скважин, для определения или уточнения границ р. т. и определения содержания магнетита в руде.

### **3.2. Ядерно-физический метод.**

Заключается в активации руд и горных пород различными видами излучений, в результате от электронов или ядер горных пород, руд происходит ответное излучение, измеряя которое можно определить содержание химических элементов в руде.

Наиболее перспективен Рентген – радиометрический метод (PPM). Существуют: гамма – нейтронный метод, метод ядерного гамма – резонанса и другие.

**3.3. Радиометрические методы основаны на естественной радиоактивности руд.**

Используются либо радиометры различных конструкций, либо в скважинах проводится гамма каротаж.


Иногда с успехом применяется для литологического расчленения разреза.

**4. Техническое опробование** применяется для изучения физических свойств п.и. (слюда, асбест, пьезооптическое сырье, строительные материалы, каменный уголь и др.).

Например, для асбеста важна длина и гибкость волокон, для слюды — размер пластинок и электроизоляционные свойства, для оптического сырья — размер бездефектных моноблоков.

Чаще всего измеряют плотность, пористость, влажность и объемную массу т.е. те свойства, которые влияют на разведку, добычу и переработку руды.

Большое значение имеют прочностные свойства руды, часто определяют категории буримости, коэффициент разрыхления и кусковатость руды. У рыхлых п.и. изучается гранулометрический состав руды.



**5. Технологическое опробование** – проводится для определения рациональной схемы переработки минерального сырья. В процессе разведки принято оконтуривать и изображать на геологических чертежах (планах, проекциях, разрезах) технологические типы и промышленные сорта руд и отдельно считать их запасы.



## Способы отбора проб

Выделяется три группы способов взятия проб, которые зависят от вида разведочных выработок и состояния материала подлежащего опробованию.

**Первая группа** – отбор проб из горных выработок и обнажений. Способ взятия проб: *бороздовый, задирковый, шпуровой, валовый, штупфной, точечный.*

**Вторая группа** – отбор проб из скважин.

**Третья группа** – взятие проб из отбитой руды.

## **Бороздовый способ.**

Применяется при опробовании горных выработок. Борозда ориентируется как можно ближе к направлению максимальной изменчивости оруденения. В том случае если выработка проходит по простиранию или падению Р.Т. (штрек, восстающий, некоторые штольни) опробуется забой; если выработка проходит вкрест простирания Р.Т. (рассечки, квершлагги) опробуются стенки.

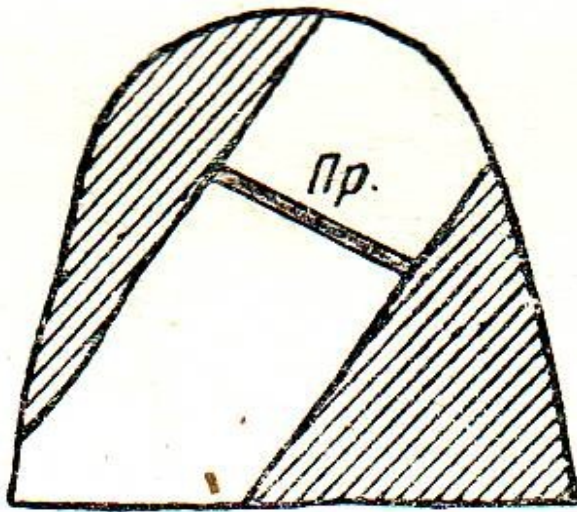
В канавах опробуется стенка, иногда опробуют дно.

Сечение борозды зависит от изменчивости оруденения, крепости пород и мощности Р.Т.

Сечение борозды следует выдерживать на всем интервале опробования.

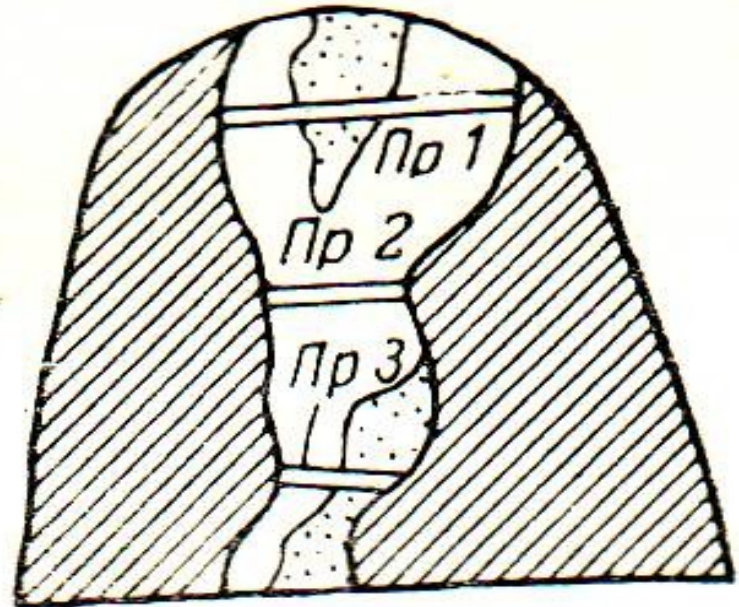
## Рекомендуемые сечения борозды, см

Распределение компонентов	Мощность Р.Т.		
	более 2,5 м	0,5 – 2,5 м	менее 0,5 м
Весьма равномерное и равномерное	2x5	2x6	2x10
Неравномерное	2.5x8	2.5x9	2.5x10
Неравномерное и весьма неравномерное	3x8	3x10	3x12

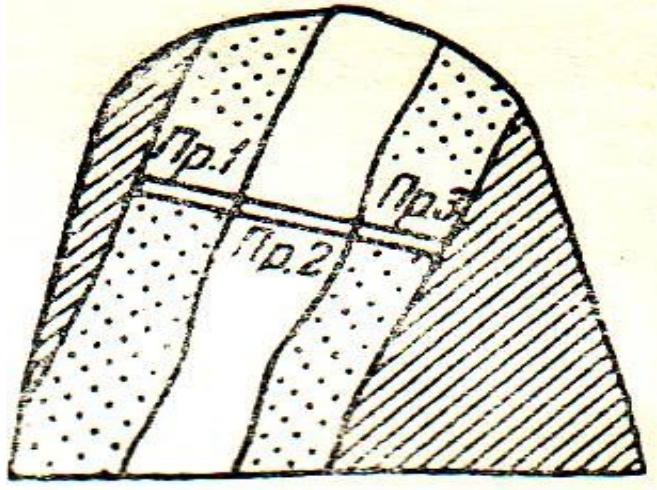


Опробование наклонной  
бороздой крутопадающей  
жилы.

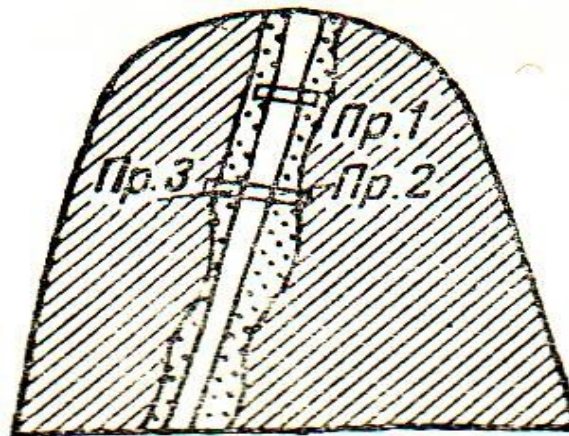
Опробование жилы  
тремя бороздами.



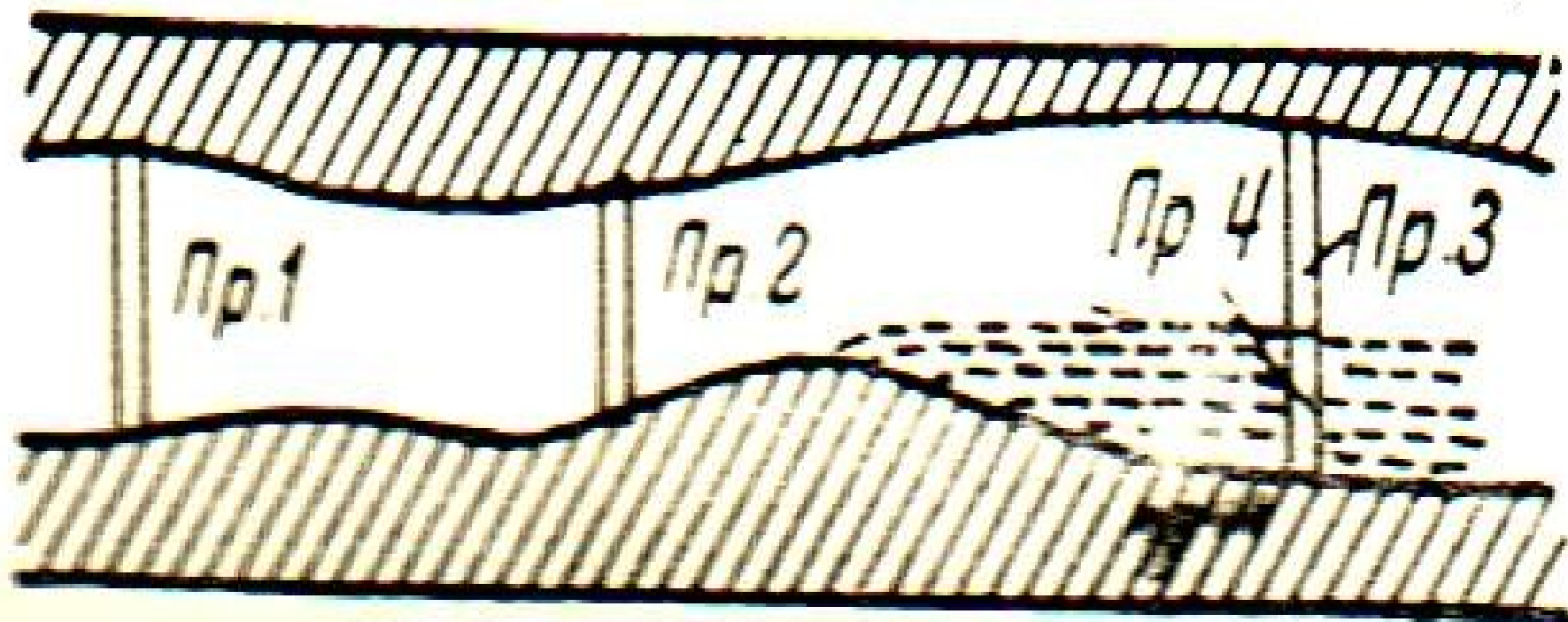




Раздельное опробование бороздой жилы и оруденелых зальбандов.

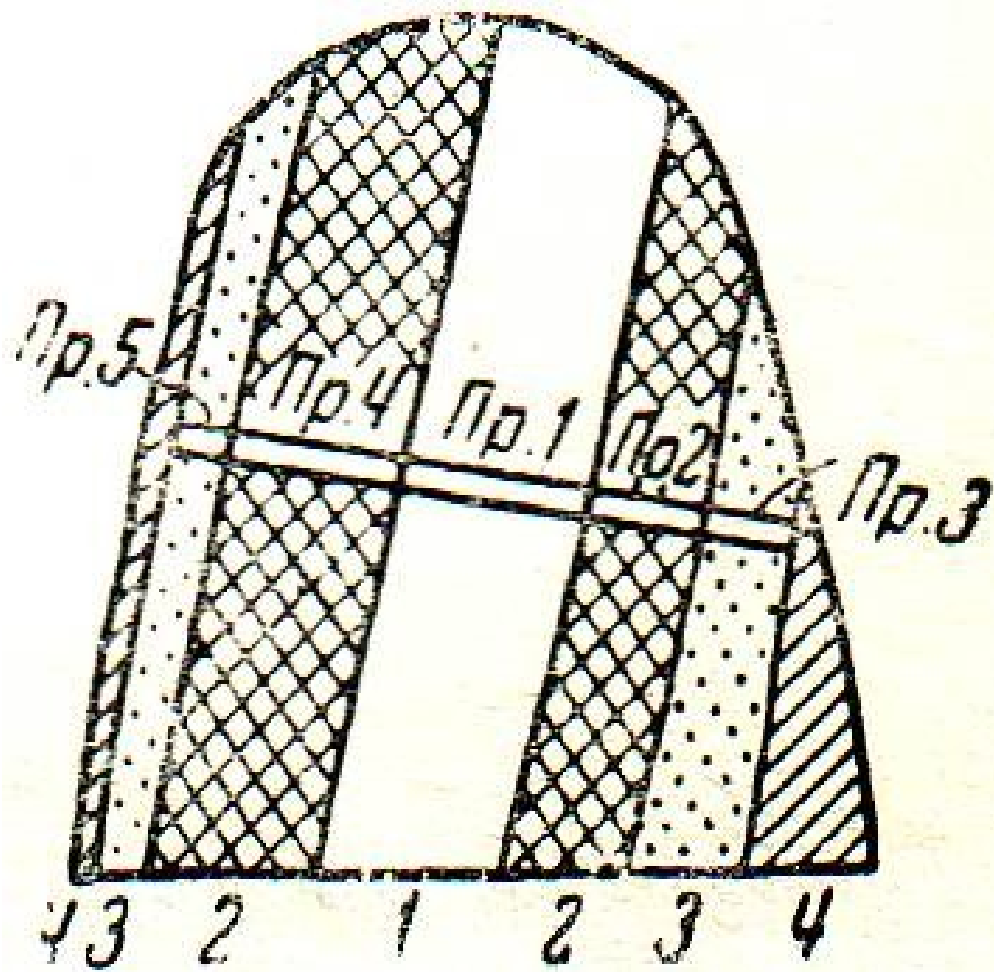


Опробование одной продольной бороздой тонкой жилы и поперечной бороздой оруденелых зальбандов.

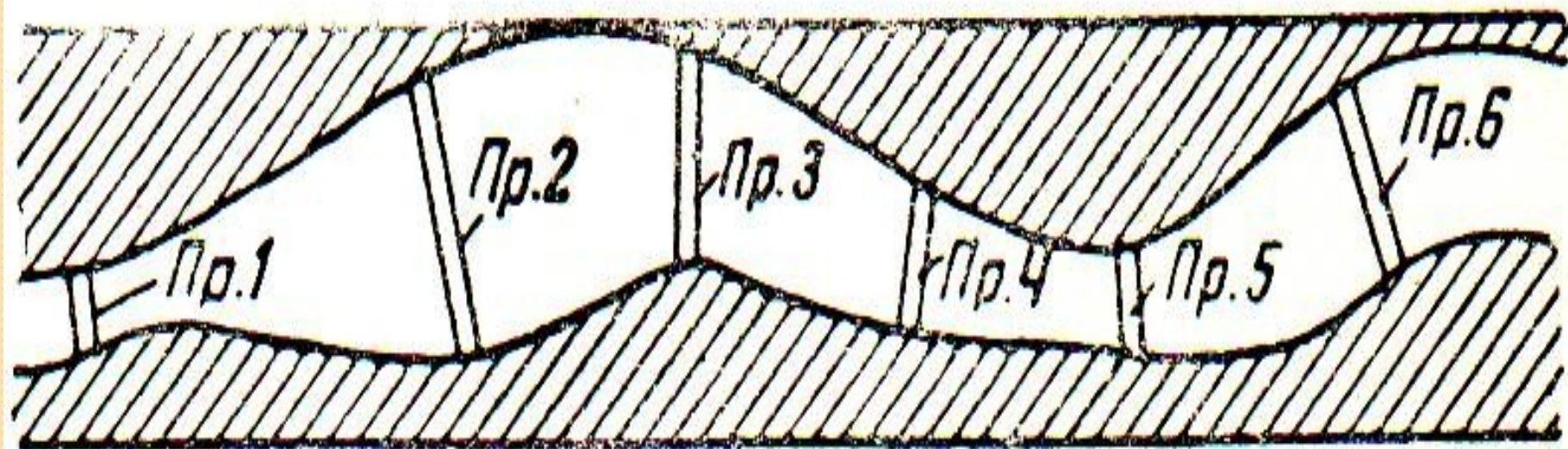


Расположение борозд по стенке горной выработки в горизонтально залегающем теле полезного ископаемого.

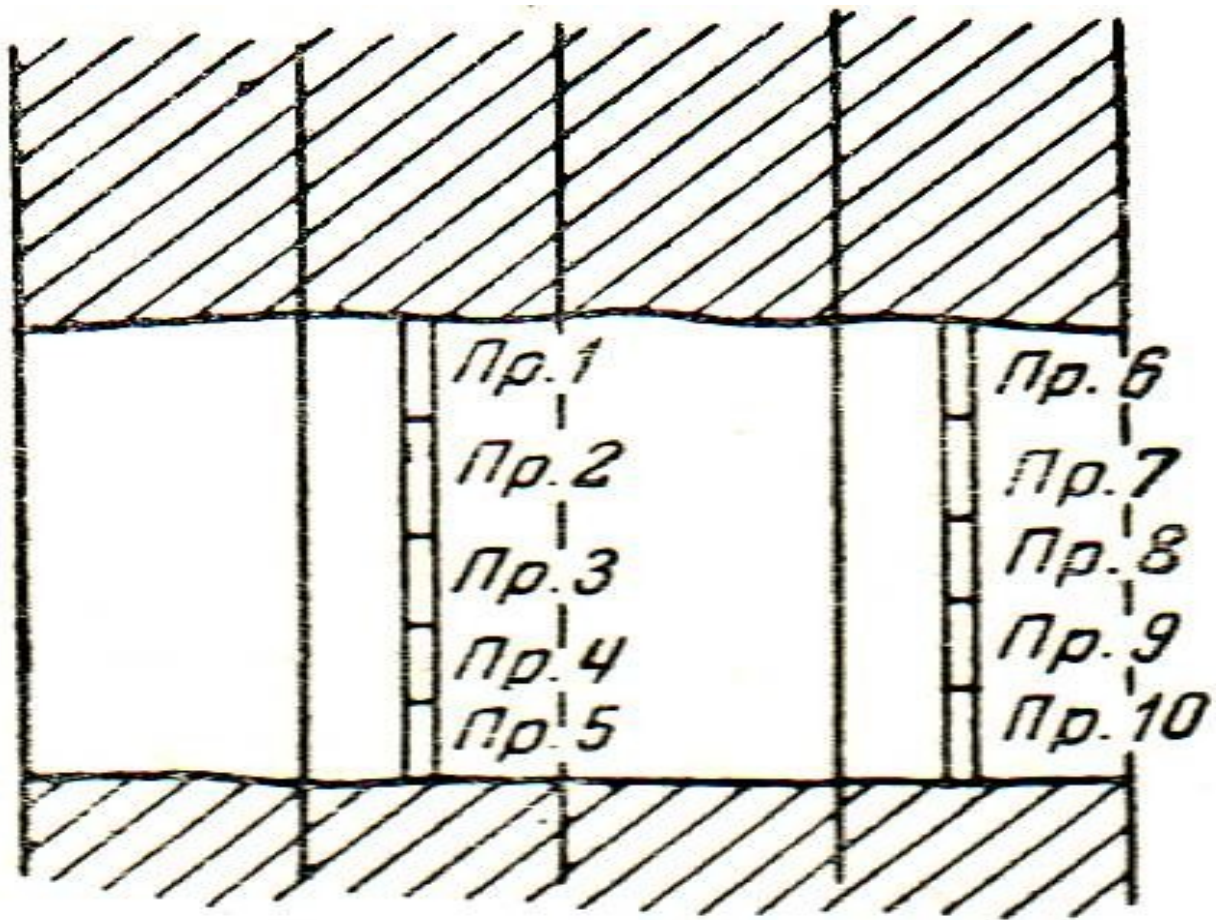




Секционнo-бороздовое опробование: 1- богатые руды;  
2 — бедные руды; 3 — вкрапленные руды приконтактовой зоны;  
4 — сланцы.

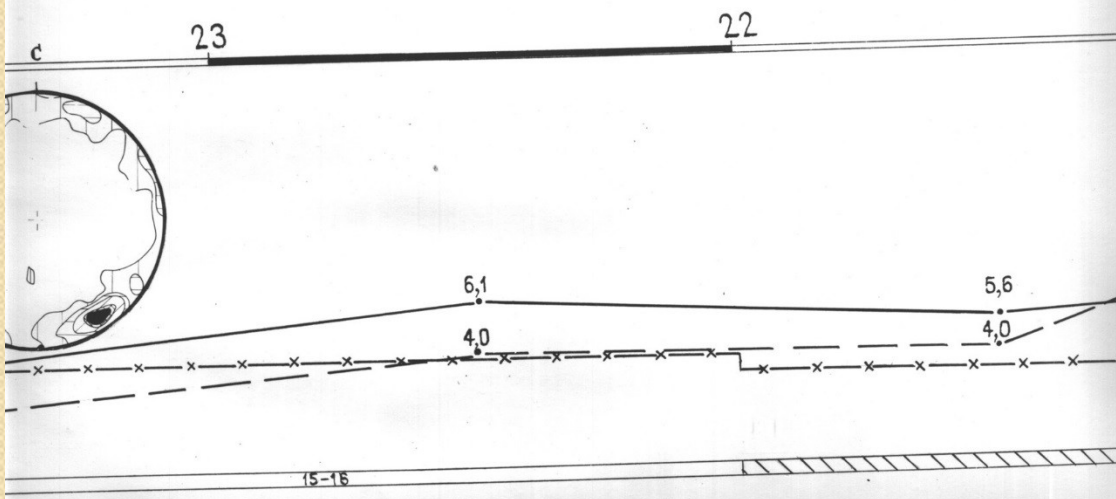
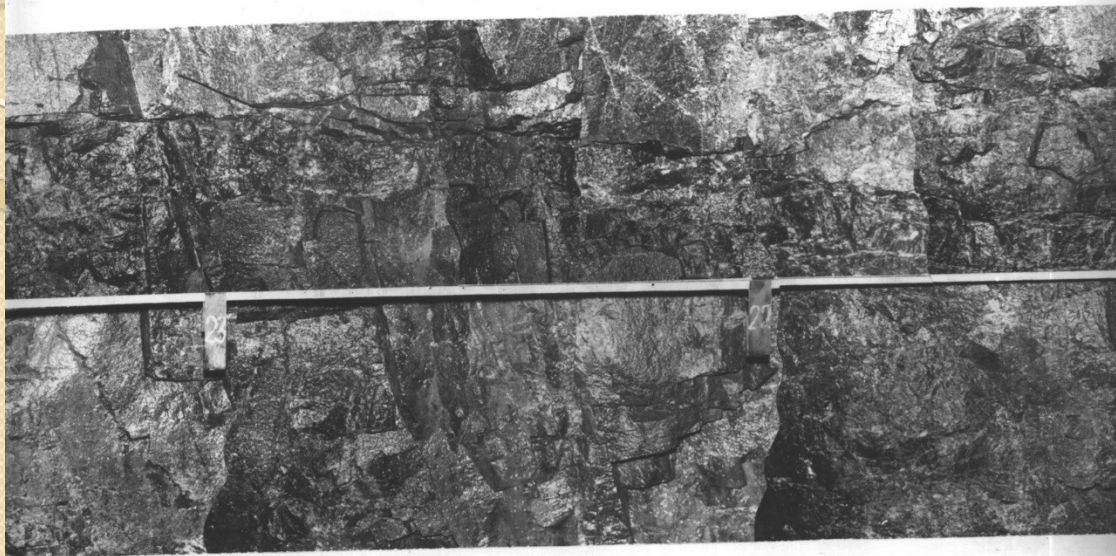


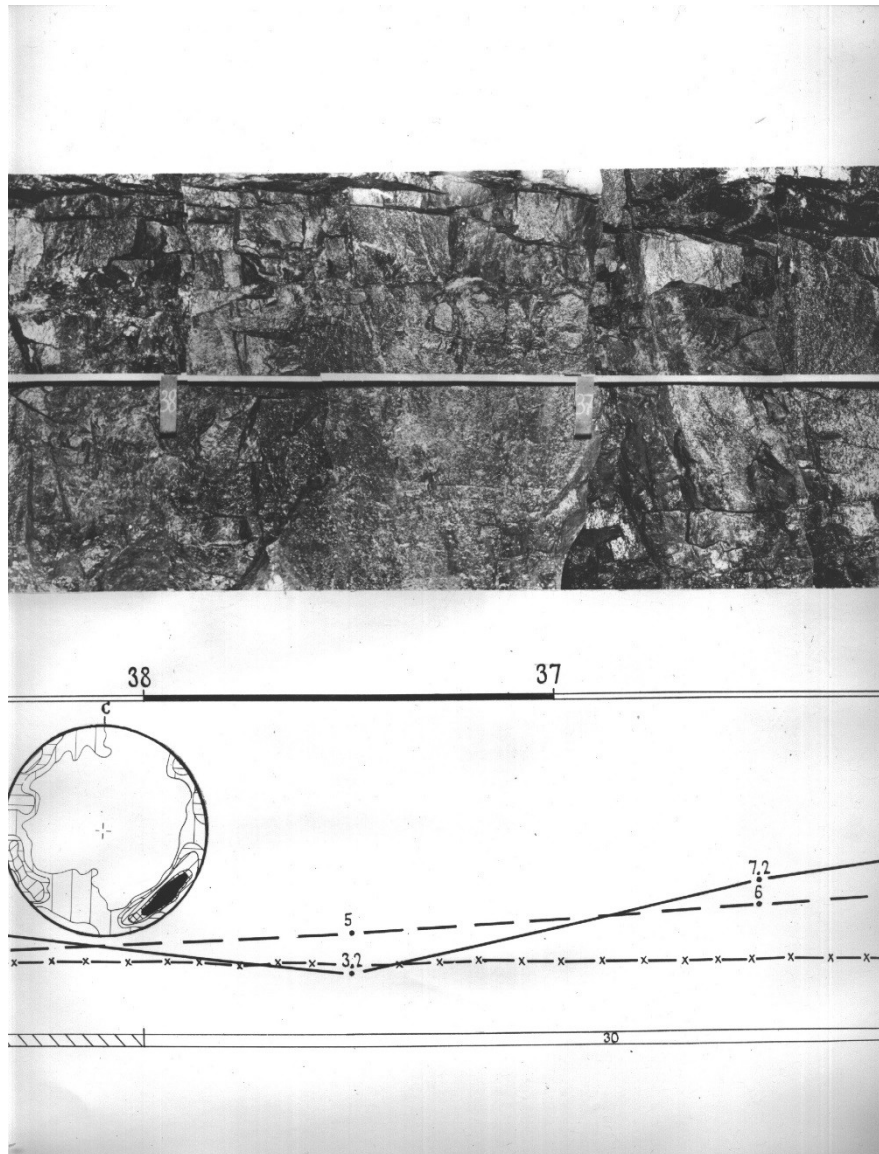
Расположение бороздовых проб при опробовании тела полезного ископаемого по кровле штрека.

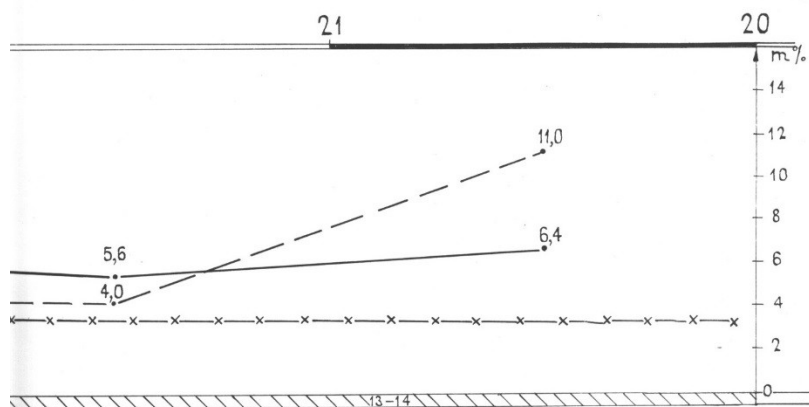
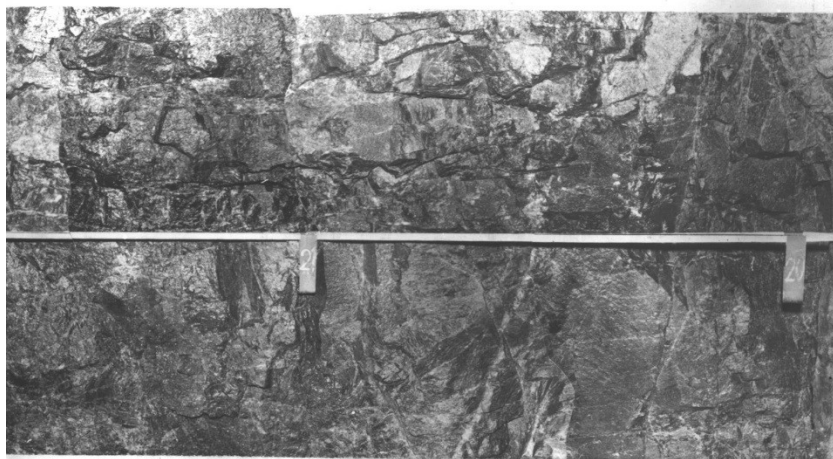


Параллельное расположение борздовых проб в двух противоположных стенках вертикальной выработки, вскрывшей залежь полезного ископаемого.















**Основная задача взятия бороздовой пробы-** это обеспечение достоверности. Особенно опасны систематические погрешности при скалывании пробы, когда более хрупкие и мягкие минералы легче разрушаются и попадают в пробу в большем количестве. Возможна также потеря части отбитого материала при неаккуратном сборе его. В случае весьма и крайне неравномерного распределения п.к., для уменьшения погрешности опробования либо увеличивают сечение борозды, либо в одном рудном теле (например в забое) делают две-четыре параллельных борозды и объединяют их в одну пробу.



Разновидностью бороздовой пробы является пунктирная борозда («сколковая» проба). С интервала длинны 2-5 м. через 2-10 см в нее берут кусочки (частные пробы) массой 5-10 г, которые потом объединяют в одну пробу общей массой 1-2 кг. Пунктирная борозда изредка применяется для опробования р.т. однородного состава, но чаще используется при геохимическом методе поисков для выявления и изучения геохимических ореолов.

## **Задирковый способ**

Применяется при малой мощности Р.Т. и весьма неравномерном распределении оруденения, когда бороздовый способ не обеспечивает получения объема прбы. Пробу берут задиркой – снятием слоя руды мощностью 3 - 10 см. Перед опробованием плоскость забоя или обнажения следует тщательно выровнить.

## **Шпуровой способ.**

Материалом пробы служит буровая пыль при бурении шпуров с продувкой, либо шлам при бурении с промывкой. Используется редко и обычно в тех случаях когда Р.Т. достаточно мощные. Применяется в горных выработках ориентированных вкрест простирания р.т. (квершлагги, расечки), в этом случае пригодны шпуры буримые в забое для проведения буровзрывных работ.

Погрешности при опрбовании шпуров возникают за счет избирательных потерь материала либо в трещинах сильно разрушенных пород, либо вместе со шламом и буровой пылью. При бурении с промывкой чаще всего теряются тяжелые минералы, а при продувке шпуров, легкие минералы.

## **Штуфной способ.**

Для выявления геохимических ореолов при разведке для изучения минерального состава и определения физических свойств. Этот способ опробование несет существенные погрешности.

Следует применять для отбора проб при определении естественной влажности, объемной массы и т.д.

## **Точечный способ**

Широко применяется при поисках для выявления геохимических ореолов. Материал пробы составляется из кусочков (частных проб) размером 1,5х3 см и массой 10-20 г. Число частных проб колеблется от 10 до 20. Чем сильнее изменчивость П.И. тем чаще следует брать пробы.

## **Валовый способ.**

Применяется при крайне неравномерном распределении компонентов, а также при заверке данных колонкового бурения.

В пробу идет вся рудная масса, отбитая в процессе проходки горной выработки (одна отпалка). Масса валовых проб составляет от 1,5 до 40 тонн. Если проба предназначена для технологических испытаний то ее вес составляет сотни и тысячи тонн.

## **Горстевой способ.**

Представляет собой вариант точечного опробования из ***отбитой рудной массы***. Обычно из отвалов, вагонеток самосвалов по квадратной или прямоугольной сетке, которая задается мысленно или с помощью веревочной сетки отбираются частные пробы. Стороны квадрата сетки, как правило 20-50 см, а прямоугольника 20 – 40 см на 50 – 100 см.



## **Способ вычерпывания**

Это разновидность горстевого способа, но пробы отбираются не с поверхности, а происходит отбор на всю глубину рудного штабеля, вагонетки самосвала и т.д. Широко применяется при опробовании рыхлого песчано-глинистого материала и хвостов обогатительных фабрик. Отбор частных проб производится желонкой либо трубой.

## Опробование при бурении скважин

По скважинам в сравнении с горными выработками получают менее полные и точные данные о качестве П.И. по следующим причинам:

1. При поисково-оценочных и разведочных работах сеть скважин достаточно редка.

2. Не всегда скважиной можно пересечь Р.Т. строго вкрест простирания.

3. При крайне неравномерном распределении полезного компонента скважина не обеспечивает надежные исходные данные.

4. В процессе бурения происходит избирательное истирание керна.

В полевых условиях выход керна ( $V_k$ ) оценивается линейным способом, как отношение длины керна ( $M$ ) к длине пробуренного интервала ( $L$ );  $V_k = (M/L)100$ ; либо весовым способом, как отношение фактической массы поднятого керна к расчетной его массе для пробуренного интервала, но наиболее точный способ это объемно-весовой.


***Повышение выхода керна достигается:***

1) Применением более совершенных технических средств (двойные колонковые трубы, снаряды со съемными кернаприемниками, Борт-Лангир).

2) Оптимизацией режима бурения (укороченные рейсы, антивибрационная смазка, подбор скорости бурения применение промывочных спец. растворов).







Пробой служит или весь керн или его половина. Керн раскалывают с помощью кернокола либо распиливают с помощью алмазных пил вдоль длинной оси. Одна половина керна идет в пробу другая хранится на керноскладе и может использоваться при минералогическом и петрографическом изучении.

При малом диаметре бурения ( $d=59$  и менее) при поисках и разведке: золотых, молибденовых, оловянных, редкометалльных и др. подобных руд т. е. тех руд где распределение полезного компонента в руде крайне неравномерное в пробу рекомендуется брать весь керн. Часто при эксплуатационной разведке в пробу также берут весь керн, так как отпадает необходимость проводить систематические минералогические или технологические испытания.



## **Отбор проб из скважин ударно-канатного и роторного бурения.**

В данном случае пробой служит шлам. Материал пробы представляет собой жидкую буровую грязь, поднимается из скважины желонкой и сливается в приемный бак (железный, пластмассовый).

*Отбор из скважин при ручном или механическом ударно-вращательном бурении происходит с помощью желонки, ложки или змеевиков. При опробовании рыхлых, неустойчивых полезных ископаемых (россыпи, кора выветривания, пески и т.д.) необходимо, чтобы продвижение обсадных труб опережало продвижение забоя скважины.*

## **Факторы, определяющие способ отбора проб.**

**К геологическим** факторам относятся: вид п.и., размеры и строение Р.Т., степень и характер изменчивости оруденения, текстура и структура руд, физические свойства руд.

**К прочим** факторам относятся: задачи опробования, изученность месторождения, стоимость взятия проб.

Опробование разведочных пересечений Р.Т. следует производить с соблюдением следующих условий:

1. Сеть опробования должна быть выдержанной.
2. Пробы должны отбираться в направлении максимальной изменчивости оруденения.

3. Опробование должно производиться непрерывно и на полную мощность Р.Т. с выходом во вмещающие породы, на величину превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя.

4. Природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно.

Длина частных проб как бороздовых так и керновых колеблется от 0,5 до 5 м. и зависит от геологических факторов. Масса проб устанавливается обычно как функция от геометрических форм и размеров. Для опробования золота и алмазов необходимо рассчитывать критическую массу пробы.

## **Объединенные и групповые пробы**

Сократить число проб можно двумя путями:


- 1) увеличение интервала между пробами (что недопустимо, исходя из назначения опробования);
- 2) объединение проб для анализа.

### ***Преимущество объединения:***

- сокращается количество анализов
- сглаживается или снижается изменчивость содержаний при одновременном повышении надежности определения средних содержаний
- повышается оперативность обработки
- ускоряется вычисление средних при подсчете запасов.

От объединенных проб следует отказываться на начальных стадиях изучения месторождений.





**Групповые пробы**, в отличие от объединенных, отбираются для определения содержания и запасов попутных компонентов в руде.

Как правило, групповые пробы составляются в хим. лабораториях с отбором материала из дубликатов рядовых проб.

Групповые пробы составляются по принципу корреляционного анализа: все пробы по содержанию основного компонента подразделяются на классы. Объединение производится в пределах соответствующих классов. Как правило, не менее 20 проб (рядовых) в каждом классе.

# **Контроль опробования, обработки и анализа проб.**

## **Контроль качества геологического опробования.**

Контроль качества опробования проводится отдельно по основным разновидностям руд.

**Оценка точности способа опробования** производится путем повторного отбора проб пересечений Р.Т. тем же **способом и в тех же интервалах.**

Это позволяет определить абсолютную случайную среднеквадратическую погрешность способа опробования ( $\delta_m$ ) по формуле:

где  $C_{i1}$  и  $C_{i2}$  - содержание полезного компонента по интервалам опробования соответственно при основном и контрольном опробовании;  $n$  – число парных определений.

## **Оценка достоверности способа опробования**

производятся сопоставлением его данных с результатами отбора более достоверных представительных проб.

Оценка систематической погрешности основного способа определяется по формуле

$$d = \frac{\sum C_{i0} - C_{ik}}{n} = \frac{\sum d_i}{n} ; dr = \frac{d}{C_0} \cdot 100$$

- $d$  – средняя систематическая погрешность основного способа относительно контрольного в единицах содержания;
- $C_{i0}$  и  $C_{ik}$  – содержание полезного компонента;
- $C_0$  – среднеарифметическое содержание полез. комп. Основного способа опробования;
- $d_i$  – разница между содержанием основного и контрольного способов;
- $dr$  – средняя относительная систематическая погрешность основного способа.

Значимость систематической погрешности оценивается по критерию Стьюдента.

Кроме контроля за достоверностью способа пробоотбора и точностью способа опробования необходимо контролировать массу проб, это производится путем сравнения расчетных и фактических масс проб.



Расчетная масса керновых проб определяется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l d$$

Для бороздовых проб:

$$P_{\text{рас}} = S l d$$

где:

D- диаметр керна в см.; l – длина опробуемого интервала; d – объемная масса руды, г/см<sup>3</sup>;

S – площадь поперечного сечения борозды.

Случайные отклонения фактической массы пробы от расчетной не должны превышать – 10%.

## ***Обработка проб и контроль ее качества***

Конечный материал пробы из которого отбирается навеска для аналитических работ, получают по принятой схеме путем последовательного дробления (измельчения) и сокращения.

В классическом варианте оптимальная масса сокращенных проб каждой стадии обработки зависит:

1. От степени неравномерности распределения металла в руде;
2. Крупности материала пробы.
3. Величины допустимой погрешности сокращения.

Для определения надежной массы пробы принята формула Рачирдса – Чечётта

$$Q = kd^2.$$

где:  $k$  – значение которое определяет зависимость массы пробы от однородности руды;

$d$  – наибольший диаметр частиц.

Коэффициент ( $k$ ) для разведываемых м.п.и. определяется экспериментальным путем в лабораторных условиях. Для этого отбирают пробу весом 1,5 – 2 т иногда 5 т и по специальной методике ее обрабатывают.

На ранних этапах Г.Р.Р. этот коэффициент может быть взят из таблиц предложенных Н.В. Барышевым и В.К. Крейтером в 1960 г. (Поиски и разведка МПИ. – М: Госгеолтехиздат, 1960. 4.1, 1961. – 4.2.).




Качество обработки проб следует контролировать постоянно следующим образом.

1. Систематический контроль за работой проборазделочного цеха.

2. Строгое соблюдение схемы обработки проб.

3. Контроль качества работы дробилок и оборудования для сокращения проб.

4. Сравнением результатов анализов параллельно обрабатываемых частных проб, составленных из отходов сокращения, с анализами основной пробы.




В практике Г.Р.Р. наиболее часто контроль обработки проб производится сравнением средних содержаний полезных компонентов определенных в рядовых пробах и в хвостах их дробления. Иногда применяют следующие методы:

1. Сравнивают результаты анализов основной пробы и материала полученного после первой стадии сокращения;
2. Сравнивают результаты анализов частных проб, полученных из материала на каждой стадии обработки основной пробы.
3. Сравнивают конечные фактические и теоретические массы рядовых проб.

Сопоставление начальных и конечных масс проб в основном контролирует процесс деления (квартования). Остальные методы надежно контролируют процесс обработки проб.






При разведки россыпей присутствуют свои особенности: при обработке пробы зёрна и сростки полезных минералов освобождают от глинистой примазки и удаляют обломки пород и илисто-глинистые частицы. Затем домывают зернистую фракцию пробы до шлиха, шлих взвешивают и отправляют на анализ.

## **Аналитические работы**

Оценка качества лаборатории проводится путем геологического контроля который подразделяется на внутренний, внешний и арбитражный, либо осуществлять по стандартным образцам.


**Внутренний контроль** выполняется в основной лаборатории путем повторного анализа зашифрованных проб, при этом анализ контрольных проб должен выполняться по той же методике по какой анализировались рядовые пробы.

**Внешний контроль** проводят в лаборатории утвержденной в качестве контрольной МПР. На внешний контроль отправляют только те пробы которые прошли внутренний контроль.



Материал контрольных проб отбирается из дубликатов рядовых проб. Контроль должен проводиться ежеквартально либо ежемесячно при большом количестве проб.

- Объем контрольных проб должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки.
- По результатам внутреннего контроля для каждого класса содержаний вычисляется относительная среднеквадратическая погрешность единичного определения. В данном случае относительная среднеквадратическая погрешность характеризует воспроизводимость результатов определения данного компонента.



При наличии значимых систематических расхождений проводится арбитражный контроль. На арбитражный контроль направляются аналитические дубликаты рядовых проб, по которым имеются результаты внешних контрольных анализов.

На контроль направляется 30-40 проб по каждому классу содержаний и периоду работы основной лаборатории, по которым выявлены систематические расхождения.