

8. Опробование полезных ископаемых

- 1. Виды опробования
- 2. Способы взятия проб (точечные, объёмные и площадные, линейные)
- 3. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб.
- *Опробование полезных ископаемых – единственный научно обоснованный способ выявления их качества, минерального и химического состава, внутреннего строения, физико-технических и технологических свойств и оценки их соответствия существующим требованиям промышленности.*
- *Пробой* называется партия материала, отобранная из скопления полезного ископаемого в его естественном залегании или из добытого минерального сырья, предназначенная для проведения тех или иных испытаний.
- Материал пробы может быть отобран двумя способами: путём **сплошного отбора в одном месте** (сплошные пробы) или путём **составления пробы из отдельных порций** (объединенные – групповые, комбинированные).
- *Специфика* опробования заключается в несоизмеримости объёма пробы с объёмом опробуемых масс.

8.1. Основные требования, предъявляемые к опробованию

- **1. Достоверность**: ошибки в опробовании ведут к искажению контуров рудного тела, погрешности в подсчете запасов, ошибки в проектировании предприятия, в эксплуатации. Достоверность обеспечивается рациональным выбором видов проб:
 - - их размером и размещением,
 - - способом взятия и обработки проб,
 - - способом анализа проб.
- Достоверность опробования рудных месторождений регламентируется "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений".
- **2. Полнота опробования**, то есть должны быть выявлены все ценные компоненты и опробованием должно быть охвачено все месторождение.
- **3. Оперативность опробования**.
- **4. Экономичность**, то есть система опробования должна с минимальными затратами обеспечить заданную достоверность.

8.2. Виды опробования

- Опробование, в зависимости от поставленных задач делится на 5 видов:

- | | | |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Геологическое | 3. Минералогическое | 5. Технологическое |
| 2. Геофизическое | 4. Техническое | |

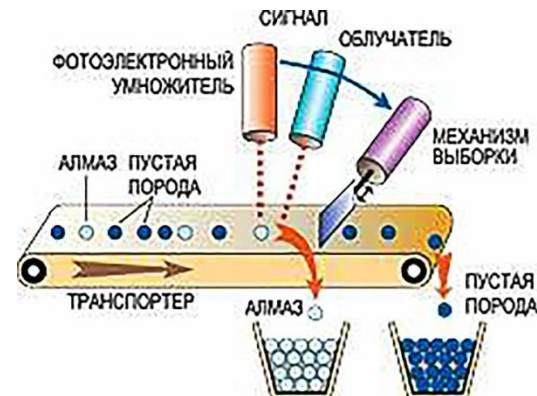
Геологическое опробование

- 1. Геологическое (рядовое) опробование** служит главным источником информации о характере пространственного распределения и степени концентрации полезных компонентов, являясь, таким образом, основой геометризации недр и подсчёта запасов минерального сырья.
- Тела **ПИ** опробуются с соблюдением следующих обязательных условий:
- 1) Плотность сети опробования должна обеспечивать достоверную оценку исследуемого параметра.**
- 2) Опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность тела полезного ископаемого.** Кроме того, во всех разведочных пересечениях тел полезных ископаемых, **не имеющих видимых границ – опробованию подлежат вмещающие породы.**
- 3) Опробование должно проводится секциями (рядовыми пробами) по каждой природной разновидности, прослой некондиционных руд и пустых пород опробуются отдельно.**

Геологическое опробование попутных компонентов

- Опробование полезных ископаемых на попутные компоненты производится в разведочных выработках, пройденных для опробования на основные компоненты. Специальных выработок для этой цели не проходят.
- Состав главных минералов руд**, а также попутные компоненты, которые не образуют собственных минералов, а входят в состав главных (основных) или жильных минералов, **изучают с помощью мономинеральных проб.**
- Мономинеральные пробы** получают из штуфов, объединённых штучных проб или из материала рядовых проб различными способами (сепарацией, флотацией, промывкой, разделением в тяжёлых жидкостях, отбором под биноклем и др.)

Схема работы
рентгенолюминесцентного сепаратора



Геофизическое опробование

- **Геофизическое (рядовое) опробование** проводится с целью определения полезных компонентов непосредственно в горных выработках и скважинах без отбора материала и отличается от других видов опробования тем, что минеральная масса не подвергается изменению, что дает возможность повторных геофизических испытаний. **Геофизическое опробование**, обладая экспрессностью, **позволяет обеспечить оперативность и сокращение затрат** (на отбор и обработку проб), особенно при комплексировании нескольких геофизических методов.
- **Целесообразность применения геофизических методов** в качестве рядового опробования **устанавливается путем сопоставления точности геофизических и геологических данных** по опорным интервалам и пересечениям рудных тел. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчёте запасов полезных ископаемых регламентируется “Требованиями к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья” (ГКЗ СССР, 1989).

Продолжение «Геофизическое опробование»

- Геофизические методы опробования весьма разнообразны. **Наиболее распространены магнитометрические и ядерно-физические**, в том числе радиометрические методы определения качества руды.
- **Наилучшие решения геологических задач обеспечиваются по данным комплексных геофизических исследований.** Рациональный комплекс геофизических исследований определяется задачами разведки и геолого-геофизическими свойствами месторождения.
- Применение геофизических, в т.ч. ядерно-физических методов резко **повышает производительность опробования** и способствует переходу к бескерновому (более производительному) бурению, **обеспечивает получение массовых данных о содержании полезных компонентов** в пределах элементарно малых (10-15 см) участков линейных проб, а, при необходимости, проведение повторных измерений.



Минералогическое опробование

- ▣ Минералогическое опробование проводится в основном при разведке россыпных месторождений для определения содержания ценных минералов. При разведке **коренных месторождений** полезных ископаемых обычно осуществляются **минералогические анализы штучных** или объединенных проб для изучения минерального и фазового состава руд и вмещающих пород. При этом отбираются монофракции минералов для определения их элементного состава прецизионными методами.
- ▣ Минералогическое опробование применяется также для определения текстурно-структурных особенностей руд, выделения природных типов руд и выяснения строения рудных тел.



Продолжение «Минералогическое опробование»

- При разведке россыпей минералогические исследования проб являются практически **единственным способом определения качества полезного ископаемого** и содержания полезного компонента в песках (горной массе).
- При разведке **коренных месторождений** минералогическому изучению подвергаются пересечения рудных тел по разведочным выработкам.
- При разведке **сложных месторождений** особенно **важное значение имеет минералогическое картирование**. По данным минералогического картирования:
 - - **составляются минералого-петрографические и другие карты;**
 - - **осуществляется прогноз изменения качества минерального сырья;**
 - - **устанавливается зональность, обеспечивающая надёжную увязку рудных интервалов;**
 - - **выявляются слепые залежи полезных ископаемых.**

Техническое опробование

- **Техническое опробование** (технические испытания) проводится на всех месторождениях полезных ископаемых и служит для **изучения физико-технических свойств ПИ и вмещающих пород.**
- На месторождениях многих видов **неметаллического сырья** техническое опробование **является основным методом определения промышленной ценности.**
- Технические испытания, выполняемые в процессе разведочных работ, делятся на три группы, испытания, необходимые для:

- - подсчёта запасов;
- - уточнения горнотехнических условий эксплуатации месторождения;
- - определения физических свойств и качества минерального сырья.

Испытание породы
на прочность

Продолжение «Техническое опробование»

- **Технические испытания, необходимые для подсчёта запасов, включают определения:**
 - **- объёмной массы;**
 - **- влажности;**
 - **- макротрещиноватости руды.**
- **На месторождениях многих видов неметаллического минерального сырья (строительных материалов, слюды, асбеста, оптических и драгоценных камней и др.) техническое опробование выступает основным методом определения их промышленной ценности.**
- **Способы отбора проб на технические испытания целиком зависят от назначения полезного ископаемого и, как правило, определяются техническими требованиями к сырью.**

Технологическое опробование

- **Технологическое опробование** проводится для изучения технологических свойств минерального сырья.
- Для рудных месторождений при помощи технологических проб выявляется способность руды к обогащению и металлургическому переделу.

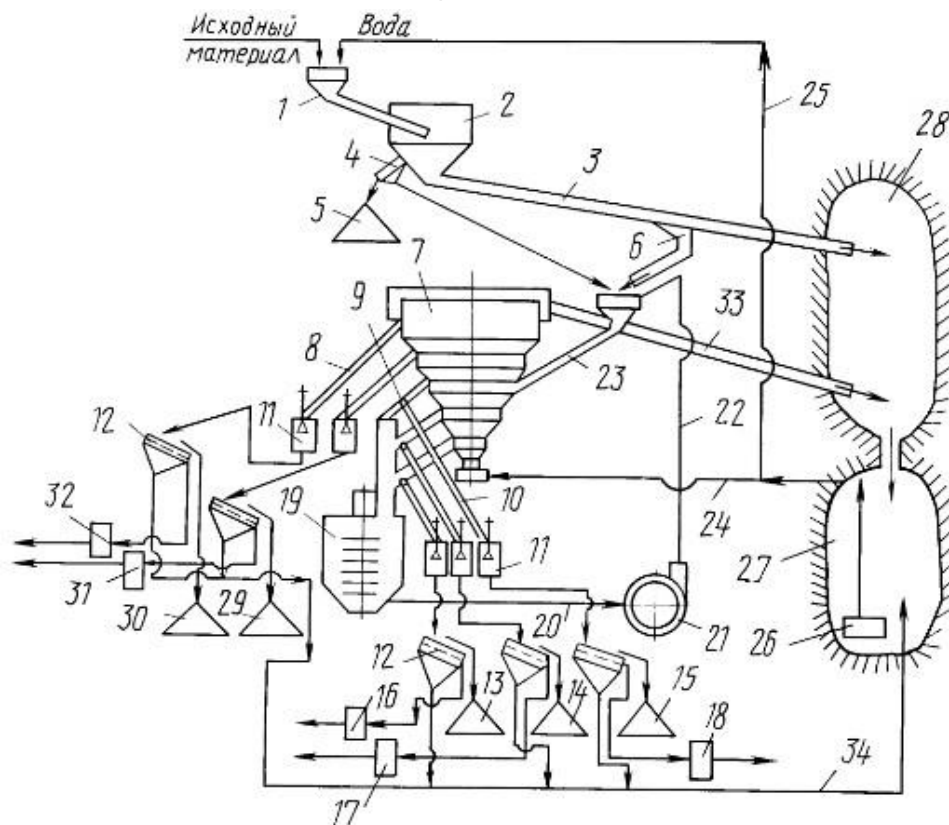


Схема технологической линии
обогащения горных пород

□ По результатам технологического опробования:

- - разрабатывается рациональная схема переработки минерального сырья;
- - оптимальный режим переработки минерального сырья, обеспечивающие комплексное извлечение полезных компонентов и утилизацию отходов.

Продолжение «Технологическое опробование»

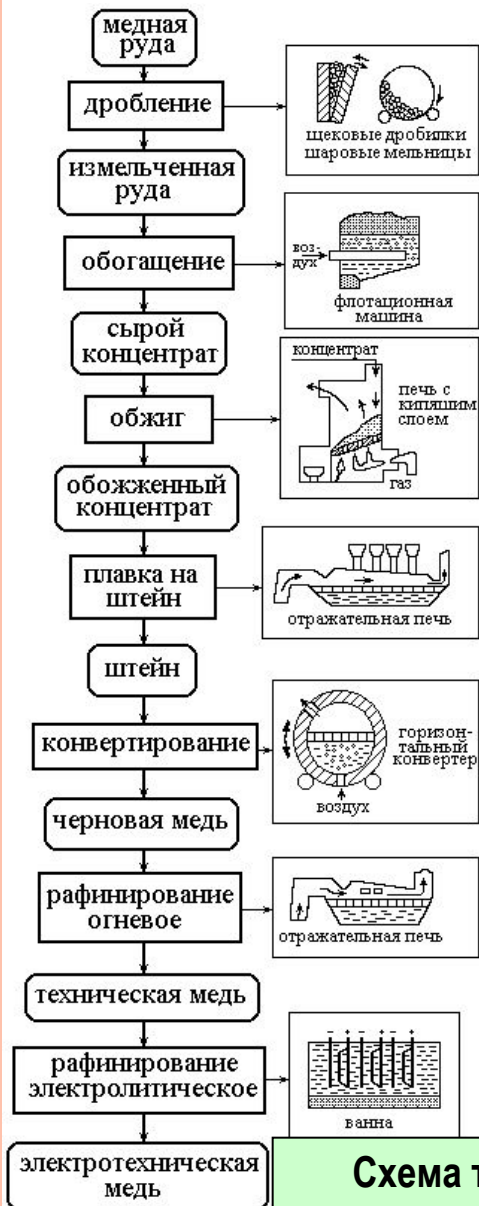


Схема технологического процесса
пирометаллургического получения меди

- Общая последовательность работ по технологической оценке запасов включает в себя:
 - - **выделение природных** (минералого-петрографических) **типов и разновидностей руд** по данным геологической документации, изучения образцов и результатам анализов рядовых и групповых проб;
 - - **отбор лабораторных проб, характеризующих природные типы и разновидности руд**, для разработки принципиальных технологических режимов;
 - - **отбор типовых технологических проб для укрупнённых лабораторных испытаний;**
 - - **проверку разработанных технологических схем в процессе укрупнённых лабораторных испытаний.**

Продолжение «Технологическое опробование»

- **Технологические исследования должны быть завершены к моменту представления подсчёта запасов на государственную экспертизу.** Для решения указанных задач отбираются различные по назначению и детальности исследований технологические пробы:
 - - лабораторные;
 - - укрупнённо-лабораторные;
 - - полужаводские технологические.
- **Лабораторные и укрупнённо-лабораторные пробы изучаются в лабораторных условиях.** Масса лабораторных проб колеблется от **десятков до сотен килограммов**; масса укрупнённо-лабораторных проб обычно составляет **тонны или десятки тонн**.

Продолжение «Технологическое опробование»

- Полужаводские технологические пробы предназначены для проведения полужаводских испытаний лишь в особых случаях: с целью проверки новых технологических схем, ещё не освоенных промышленностью. Масса полужаводских проб может достигать нескольких сотен или тысяч тонн.
- Одной из важных геологических задач является обеспечение представительности любых технологических проб. Во всех случаях технологическая проба должна быть представительной по:
 - - среднему содержанию полезных компонентов и вредных примесей;
 - - химическому и минералогическому составу;
 - - текстурно-структурным особенностям руд;
 - - физико-механическим свойствам руд.
- Таким образом, технологическая проба должна соответствовать средним значениям параметров по месторождению или выделенным промышленным сортам руд.

8.3. Способы взятия проб

- Пробы, отбираемые при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, называются геологическими.
- Выбор способа опробования обусловлен геолого-минералогическими и морфологическими особенностями рудной залежи, видом полезного ископаемого и степенью его изменчивости, а так же техническими средствами разведки.
- По увеличению степени достоверности способы пробоотбора можно выстроить в следующий ряд:
- *штуфной ➤ точечный ➤ шпуровой ➤ бороздовый ➤ задирковый ➤ валовый.*
- Все способы пробоотбора можно разделить на:

- точечные	штуфной и точечный методы
- линейные	шпуровой, бороздовый (и его разновидности)
- площадные	задирковый
- объёмные	валовый

Точечные пробы

- **Штуфной способ** состоит в **отбойке отдельных кусков** (штуфов) **полезного ископаемого** или в отборе кусков массы минерального сырья, отбитого при проведении выработки. В зависимости от условий опробования и вида полезного ископаемого **масса пробы колеблется от 0,2 до 2,0 кг.**
- Штуфные пробы используются, главным образом **для изучения минерального состава, структур, текстур руд и для определения физических свойств** (объемной массы, влажности, прочности и др.) **минерального сырья.**
- Штуфной способ, как правило, **непригоден для изучения химического состава руды и оконтуривания рудных тел**, только в редких случаях, когда оруденение характеризуется равномерным распределением ценных компонентов, штуфной способ может дать реальное представление о химическом составе руды.
- Достоинства штуфного способа:
 - **- высокая оперативность;**
 - **- малая трудоемкость.**



Единичные штуфные пробы углей

Продолжение «Точечные пробы»

- **Точечный способ**. Материал пробы **состоится из кусочков** (частичных проб) **размером 1,5-3,0 см и массой 10-20 г**, взятых на обнаженной плоскости рудного тела (по забою или стенке горной выработки) по определенной системе в зависимости от характера распределения исследуемых компонентов.
- Если **изменчивость содержания компонентов в двух направлениях одинакова**, то частичные пробы **отбираются по квадратной сетке**.
- Если **изменчивость в одном направлении больше**, чем в другом, то принимают **прямоугольную, реже ромбическую сеть**.
- **Число частичных проб**, составляющих рядовую пробу, колеблется **от 10 до 20**. Расстояние между частичными пробами при квадратной сети 10×10 см или 20×20 см, реже больше, а при прямоугольной 10×20 см или 20×40 см. Чем сильнее изменчивость, тем чаще следует брать частичные пробы. **Общая масса рядовой пробы составляет от 2-3 до десятков кг**. Достоверность точечного способа взятия проб прямо пропорциональна числу частичных проб.

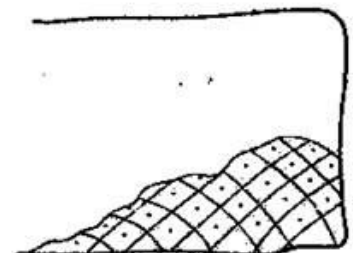
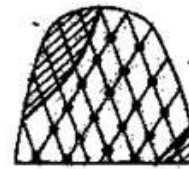
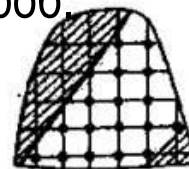
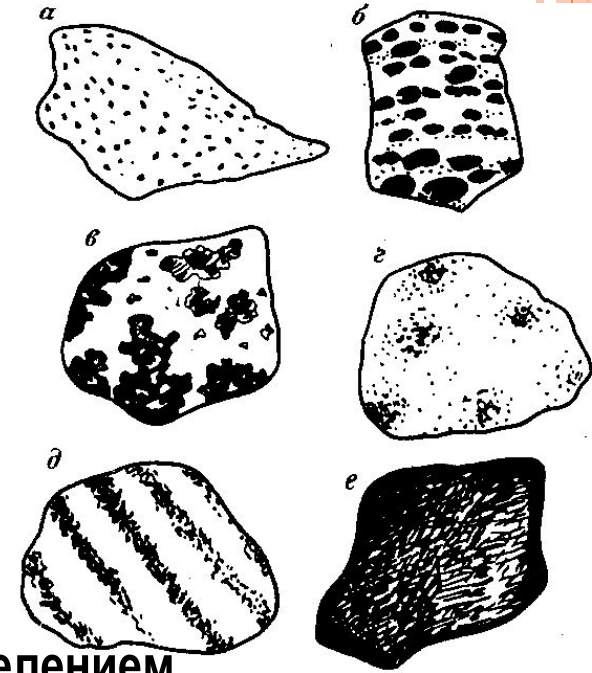


Схема отбора точечных проб

Продолжение «Точечные пробы»

- Точечный способ целесообразно применять для опробования мощных тел полезных ископаемых.
- Благоприятными текстурами руд, для применения этого способа, являются:
 - - массивные;
 - - вкрапленные;
 - - грубопятнистые с незакономерным распределением мономинеральных агрегатов. В последнем случае точечный способ дает более надёжные результаты, чем бороздовый.
- Однако в трещиноватых рудах с очень хрупкими рудными минералами, а также в рудах с грубополосчатой текстурой, когда ширина полос близка к расстоянию между частичными пробами, точечный способ может привести к систематическим ошибкам.
- Для механической отбойки точечных проб применяется пробоотборники на базе пневматических перфораторов.



Объёмные и площадные пробы

- ❑ **Валовый способ**, который является наиболее достоверным и заключается в сплошном отборе минеральной массы (руды), получаемой на некотором участке тела полезного ископаемого при проходке горной выработки.
- ❑ **Масса валовых проб может достигать десятков тонн.** В пробу может поступать вся отбитая горная масса или её часть (каждая 3-я, 5-я, 10-я и т.д. бадья, вагонетка и др.).
- ❑ **Валовый способ применяется при взятии большеобъёмных проб для технологических испытаний**, для определения содержаний на месторождениях слюды, оптических минералов, драгоценных камней, алмазов и других, обладающих крайне изменчивым качеством, распределением, полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов, а также для контроля других способов опробования.
- ❑ **Положительная сторона** валового опробования - его **высокая точность.**
- ❑ **Отрицательная - необходимость отбора, транспортировки и переработки большого количества материала**, что усложняет и удорожает опробование.



Отбор валовой пробы в карьере

Продолжение «Объёмные и площадные пробы»

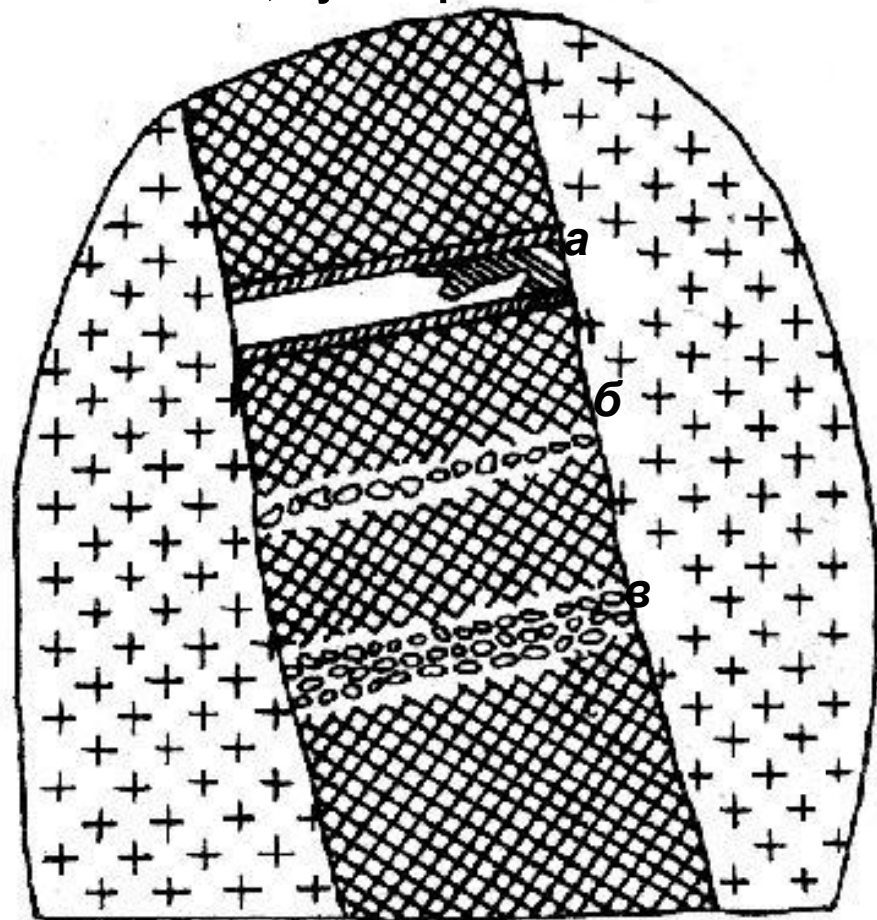
- **Задирковый способ** является представителем площадных способов и применяется:
 - - при опробовании рудных тел малой мощности (до 40 см);
 - - при очень неравномерном распределении ценных компонентов в руде.
- Задирковый способ представляет собой **отбойку (задирку) равного слоя полезного ископаемого мощностью 3-10 см по всей обнажённой части рудного тела в забое или стенке горной выработки**. В кровле или почве выработки зади́рковые пробы берутся в исключительных случаях (в частности, в почве канав).
- **Применение** очень трудоёмкого зади́ркового способа **целесообразно лишь** в тех случаях, **когда более простые и менее трудоёмкие** (например, бороздовый) **не обеспечивают надёжного определения качества**. Задирковый способ применяется как контрольный при выяснении относительной погрешности различных способов опробования.

Линейные пробы

□ **Бороздовый способ** опробования является наиболее распространенным в разведочной практике: при опробовании горных выработок более 70 % проб отбирается бороздовым способом. Существует несколько вариантов взятия бороздовых проб: борозда правильного прямоугольного сечения, пунктирная и объёмная борозда (рис. 8.1).

□ В большинстве случаев борозды имеют прямо-угольное сечение. Иногда применяют треугольные в поперечном сечении борозды, а также – линейно-точечный способ (так называемая «пунктирная борозда»).

Рис. 8.1. Бороздовая проба:
а – правильного сечений;
б – пунктирная;
в – объёмная



Продолжение «Линейные пробы»

- **Пунктирная борозда** имеет меньшую достоверность по сравнению с бороздой правильного сечения, но вполне достаточную для полезных ископаемых с равномерным распределением минералов. Материал в пробу берётся из отдельных точек на расстоянии 2-3 см кусочками размером 1-2 см. Масса материала с 1 м борозды чаще составляет 1-1,5 кг. При ручном отборе бороздовых проб из-за трещиноватости руд, различия свойств минералов (твёрдость, хрупкость) трудно сохранить правильное сечение борозды, что может привести к ошибкам в опробовании.
- **Бороздовые пробы** должны во всех случаях ориентироваться в направлении максимальной изменчивости свойств полезного ископаемого, которые часто совпадают с мощностью залежей.

Продолжение «Линейные пробы»

- **Объёмная борозда** не имеет строго определенного сечения название её связано с тем, что **с каждой единицы длины пробы берётся равный объём материала**, например с каждых 10 см берется 100-300 см³ руды. **Принятый объём строго соблюдается мерным сосудом с водой.** Способ обладает высокой производительностью, но не пригоден в случае растворимых руд или руд с глинистыми минералами.
- Рекомендуемые поперечные сечения прямоугольных борозд в зависимости от степени неравномерности оруденения и мощности рудных тел приведены в таблице (см. следующий слайд).
- Правильно расположенные и качественно отобранные бороздовые пробы дают вполне достоверные результаты.



Поперечные сечения прямоугольных борозд

Распределение компонентов	Мощность рудных тел, м		
	больше 2,5-2,0	от 2,5-2,0 до 0,8-0,5	меньше 0,5
Равномерное	5×2	6×2	10×2
Неравномерное	8×2,5	9×2,5	10×2,5
Очень неравномерное и крайне неравномерное	8×3	10×3	12×3

- Бороздовый способ отбора проб приемлем почти для всех коренных, а также многих россыпных месторождений, но **неприемлем для опробования руд, имеющих брекчиевидные, шлировые, пятнистые текстуры, на месторождениях драгоценных камней и др.** К недостаткам бороздового способа относится низкая **производительность** (ручной способ отбора проб).
- При равномерном распределении содержаний полезных компонентов в руде (коэффициент вариации до 100 %), опробование может проводиться не сплошной бороздой, а линейно-точечным способом ("пунктирной бороздой").

Продолжение «Линейные пробы»

- На практике **крутопадающие залежи** (рудные тела) **опробуются горизонтальными бороздами**, а **пологопадающие – вертикальными** (рис. 31).
- Порядок опробования, длина проб (секций) регламентируется "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений".

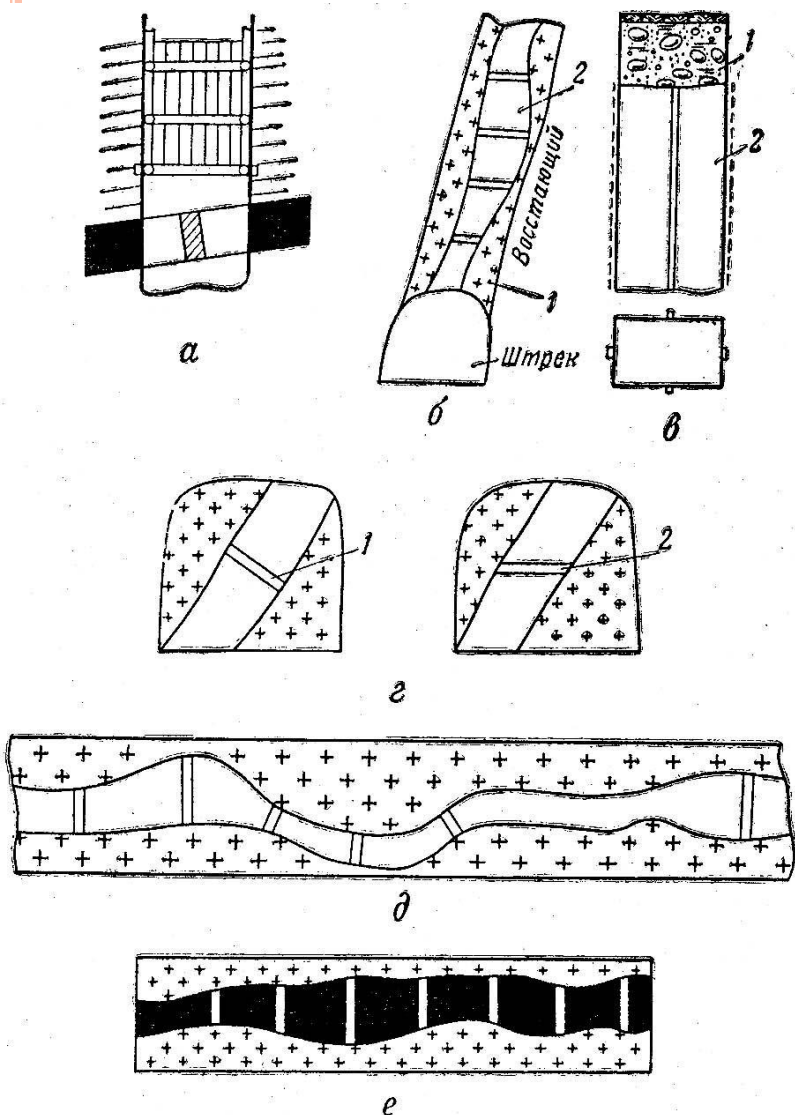


Рис. 31. Схемы расположения борозд в различных горных выработках:

a — бороздовая проба на стенке шурфа при опробовании пологопадающего пласта; *б* — расположение борозд в восстающем; 1 — вмещающие породы, 2 — рудная залежь; *в* — схема расположения вертикальных борозд по стенкам шурфа: 1 — наносы, 2 — бокситы; *г* — схемы расположения борозд в забое; 1 — нормальное, перпендикулярное зальбандам рудного тела, 2 — горизонтальное; *д* — расположение борозд по кровле горизонтальной выработки, пройденной по простиранию рудного тела; *е* — расположение борозд по дну канавы, пройденной по простиранию рудного тела

Продолжение «Линейные пробы»

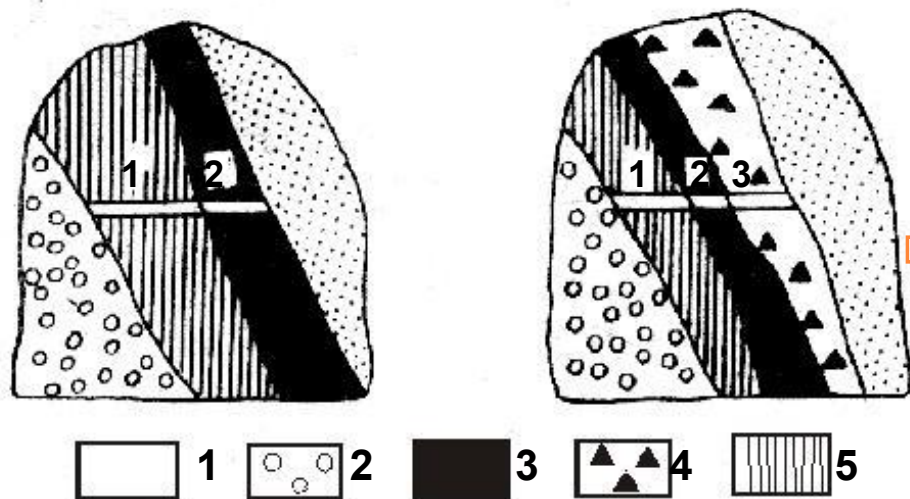


Рис. 8.3. Секционное опробование на месторождении никель-кобальтовых руд:
1 – песчаники; 2 – полиметаллические скарны;
3 – сплошные сульфидные никель-кобальтовые руды; 4 – брекчированные руды; 5 – карбонатная метасоматическая порода с вкрапленностью и прожилками сульфидов.

На месторождениях, содержащих руды с полосчатой, слоистой текстурами, когда целесообразна селективная выемка частей рудного тела, и когда рудные тела имеют значительную мощность, производится секционное опробование (рис. 8.3, 8.4).

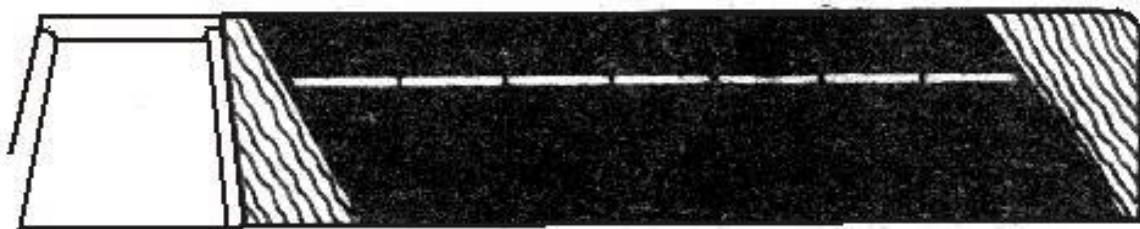


Рис. 8.4. Расположение секционной борозды на стенке орта, пересекающего мощное рудное тело

Примеры бороздowego опробования



Отбор бороздовой пробы вручную



Сплошная борозда по дну канавы



Сплошная борозда в коренных породах



Отбор бороздовой пробы
механизированным способом

Продолжение «Линейные пробы»

- ▣ **Шпуровой способ**. При шпуровом способе опробования материалом пробы служит **буровая пыль**, получаемая при бурении шпуров с продувкой, или **шлам** – при бурении с промывкой. Шпуровой способ **наиболее эффективен для взятия проб в рудных телах большой мощности**, которые не вскрываются полностью горными выработками.



Бурение шпуров перфоратором

- ▣ Шпуры, как и борозды, располагают в направлении наибольшей изменчивости оруденения. Глубина шпуров при бурении обычными перфораторами **7-8 м**, колонковыми перфораторами – **50 м** и более метров.

Продолжение «Линейные пробы»

- **Достоинства шпурового способа** заключаются в том, что пробы отбираются попутно с бурением шпуров для проходки выработок и **не требуется дополнительных затрат на отбор проб.**
- **Основной недостаток** шпурового способа состоит в том, что по материалу трудно, а иногда **невозможно:**
 - - **определить границы рудного тела;**
 - - **его строение;**
 - - **контуры природных типов и промышленных сортов руд.**
- Нельзя применять шпуровой способ для опробования рудных тел малой мощности из-за сильного искажения результатов.

Отбор проб при колонковом бурении

- Данный вид опробования является одним из наиболее распространенных. **Материалом пробы служит керн, керн и шлам или только шлам.** Наиболее достоверные результаты получают при взятии проб из керна.
- **Достоверность опробования** по керну зависит от полноты его выхода и степени неравномерности минералов в руде. Особенно влияет на точность результатов **избирательное истирание керна**, когда хрупкие или мягкие рудные минералы, особенно слагающие прожилки или цемент брекчий, разрушаются и выносятся в виде буровой мути, что резко искажает состав руды и керновой пробы. **Избирательно истирание керна происходит на месторождениях молибдена, ртути, сурьмы, углей, вызывая систематические погрешности опробования.** Пробы из керна отбирают при выходе его более 70%.

Продолжение «Отбор проб при колонковом бурении»

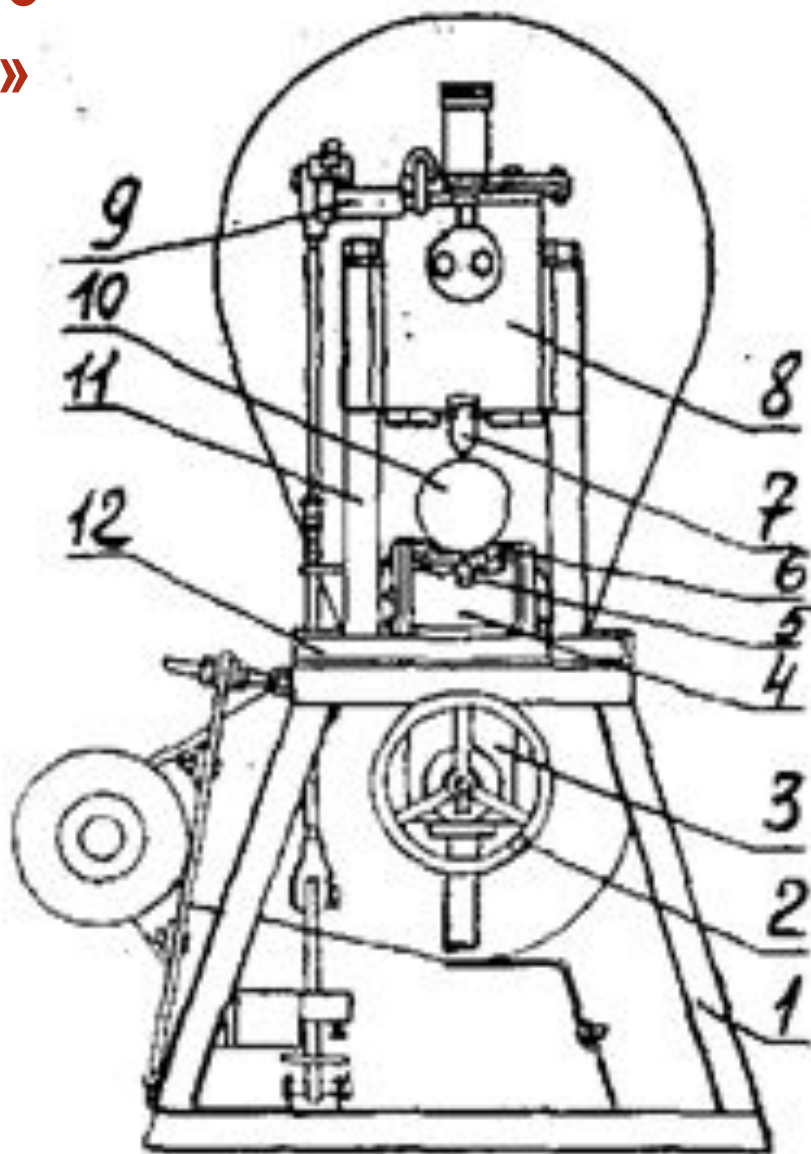
- Керна может использоваться для *химического, геохимического, минералогического и технологического опробования.*



Пример полевой документации керна скважины

Продолжение «Отбор проб при колонковом бурении»

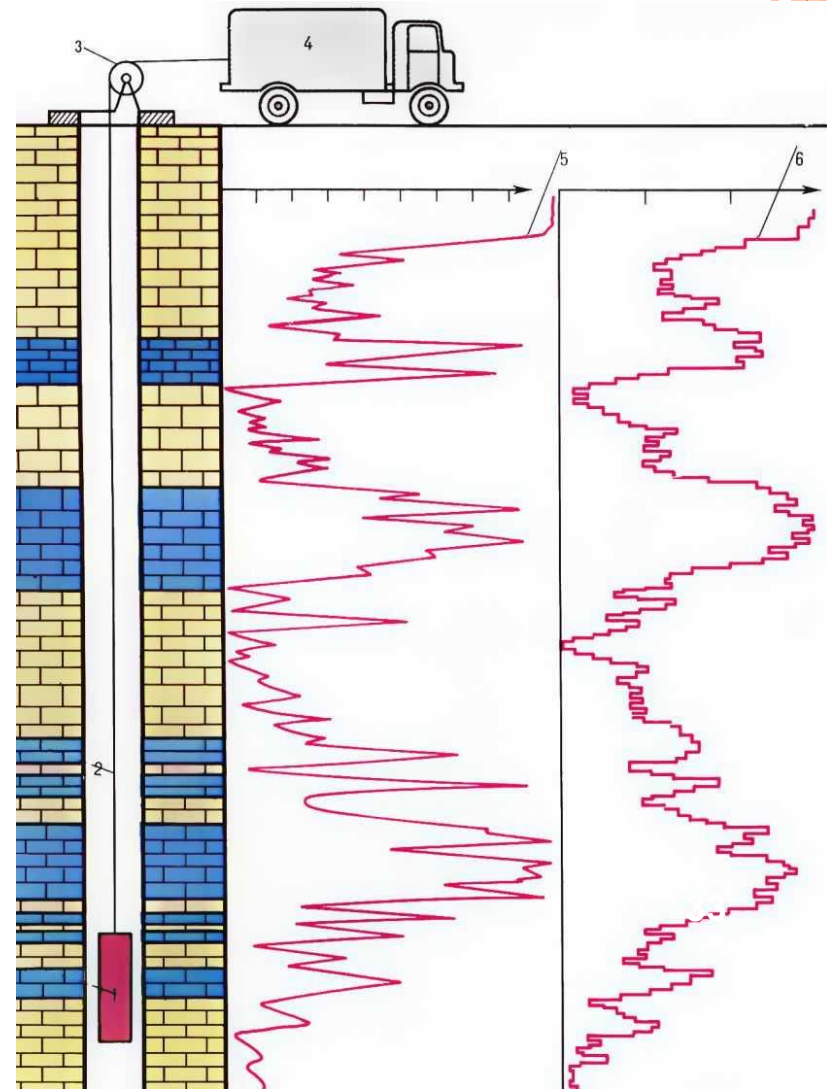
- В рядовую (секционную) пробу берётся половина, реже четвертая часть или весь керн.
- Половинки керна **получают раскалыванием его не керноколе (или распиловкой) вдоль оси.** Оставшаяся от химического опробования часть керна используется для минералогического изучения руд и сохраняется как дубликат.



Кернокол

Продолжение «Отбор проб при колонковом бурении»

- К взятию проб из шлама при колонковом бурении прибегают редко – при низком выходе или потере керна. В этом случае принимают меры к полному улавливанию шлама.
- Иногда для опробования используют и керна, и шлам одновременно. При этом в пределах интервала **кern и шлам собирают в отдельные пробы** и анализируют.
- Для повышения достоверности опробования при низком выходе керна применяются геофизические методы (каротаж скважин), которые позволяют уточнить:
 - - *положение и контакты рудного тела;*
 - - *состав руды.*



8.4. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб

- Выбор способа отбора проб зависит:
 - - от задач опробования;
 - - особенностей строения тел полезных ископаемых;
 - - физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород.
- Во всех случаях он должен обеспечивать:
- - надёжность результатов опробования;
- - оперативность пробоотбора.
- Для рядового опробования этим условиям отвечают **линейные** способы пробоотбора.
- Ведущим способом пробоотбора в горных выработках является бороздовый, а при опробовании скважин колонкового бурения отбираются керновые пробы.

Продолжение «8.4. Факторы, определяющие выбор способа отбора проб

- Для различных целей отбираются разные виды проб. Например:
 - ▣ - для изучения *технических свойств пород и ПИ* часто отбираются штупфные пробы;
 - ▣ - для контроля рядового опробования – задирковые;
 - ▣ - для технологических свойств - валовые пробы.
- Главными параметрами пробоотбора являются:
 - ▣ - **геометрия проб** - их поперечные сечения, длины интервалов (или секций), а **в некоторых случаях - массы исходных проб**;
 - ▣ - **расстояния между пробами** (шаг опробования);
 - ▣ - **оптимальное число проб на оцениваемый объём недр.**