

**Федеральное агентство по образованию**  
**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**Ухтинский государственный технический университет**

## **ОПРОБОВАНИЕ ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Методические указания к лабораторным занятиям  
по дисциплине «Методы поисков  
и разведки месторождений полезных ископаемых»  
для студентов специальностей 130304 и 130306

Издание 2-е, дополненное

УХТА 2009

УДК 550.85  
П 40

Плякин, А.М.

Опробование твёрдых полезных ископаемых [Текст] : метод. указания. – Ухта: УГТУ, 2009. – 23 с.

В методических указаниях рассматриваются основные методы опробования полезных ископаемых, которые относятся к твёрдым веществам и составляют большинство руд металлов, драгоценных камней, строительного и химического сырья. Кроме методических приёмов отбора проб предлагается методика составления схем обработки проб при различных коэффициентах неравномерности распределения оруденения (полезных компонентов) и контроля опробования и обработки проб.

Методические указания предназначены для студентов геологических специальностей вузов (130304 и 130306) и могут быть также использованы при планировании и производстве опробовательских работ на месторождениях твёрдых полезных ископаемых в научно-исследовательских и производственных геологических организациях.

Содержание указаний соответствует типовой и рабочей программам.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой МиГГ, протокол №6 от 3.02.2009 г. и рекомендованы для издания.

Рецензент: доцент, кандидат геол.-мин. наук Л.П. Бакулина

Редактор: профессор, доктор геол.-мин. наук О.С. Кочетков

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора.

План 2009 г., позиция 128.

Подписано в печать 25.02.2009 г. Компьютерный набор.

Объём 23 с. Тираж 50 экз. Заказ № 228.

© Ухтинский государственный технический университет, 2009

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

Отдел оперативной полиграфии УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, Октябрьская, 13.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
1. СПОСОБЫ ОТБОРА ПРОБ .....	4
2. ХИМИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ .....	6
2.1. Бороздовый способ.....	6
2.2. Задирковый способ.....	10
2.3. Опробование керна скважин .....	11
2.4. Шпуровой способ .....	13
2.5. Точечный способ .....	13
2.6. Спосод вычерпывания .....	14
2.7. Штуфной способ.....	14
Валовое опробование .....	14
3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ.....	15
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ .....	15
5. ОБРАБОТКА ПРОБ .....	17
5.1. Схема обработки проб .....	18
5.2. Техника обработки проб.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	22
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23

## ***ПРЕДИСЛОВИЕ***

Для изучения качества полезного ископаемого и установления размеров месторождений или рудных тел (то есть для оконтуривания рудных тел), а также для определения способов обогащения руды и разработки технологической схемы извлечения из неё полезных компонентов и освобождения от вредных примесей необходимо уже в процессе проведения поисково-разведочных работ провести опробование выявленных рудных тел. По отобранным пробам определяются химический и минеральный состав руды, устанавливаются её физические свойства (твёрдость, хрупкость и проч.).

Для того чтобы полученные по пробам данные были достоверными, то есть определяли истинный состав и свойства руды, необходимо выполнять надёжное, то есть представительное опробование. В методических указаниях рассматриваются разные типы и способы отбора проб в зависимости от характера рудного тела, условий его залегания и типа выработки. Эти данные должны давать достоверную характеристику всей рудной массы изучаемого рудного тела или месторождения.

Настоящие методические указания предназначены для студентов геологических специальностей университета, занимающихся изучением месторождений твёрдых полезных ископаемых. Они могут быть также полезны геологам и геофизикам, которые в процессе производственной деятельности могут оказаться перед необходимостью дать оценку обнаруженным при изучении нефтегазовых месторождений рудных месторождений или месторождений строительных материалов, химического и другого минерального сырья в районах своей производственной деятельности.

В процессе создания методических указаний автор пользовался консультациями профессора, доктора геолого-минералогических наук О.С. Кочеткова и геологов-производственников ОАО «УГРЭ».

### **1. СПОСОБЫ ОТБОРА ПРОБ**

В зависимости от стадии геологоразведочных работ, типа месторождения полезного ископаемого и характера рудных тел, а также характера рельефа и характера распределения полезных компонентов в рудных телах и технических средств поисков и разведки могут применяться разные типы и способы опробования рудных тел.

Для определения химического и минерального состава руды применяют соответственно отбор химических и минералогических проб. Целью такого опробования является выяснение химического и (или) минерального состава руды изучаемого полезного ископаемого. При этом устанавливается содержание полезных и вредных компонентов или минералов. Как правило, такой тип опробования применяется при производстве поисково-разведочных работ на рудные полезные ископаемые (свинец, цинк, олово, золото, медь, алюминий, марганец и др.).

При поисково-разведочных работах на месторождениях строительных материалов проводится как основной тип опробования техническое опробование. Его главной целью является выяснение свойств пород, благодаря которым они могут использоваться в строительном деле или каком-либо другом производстве. Например, для прочного камня определяется его морозостойкость, сопротивление давлению, износу, ударному воздействию и т. д. Для слюдястых минералов основными являются исследования на размеры кристаллов, включения других минералов. Карбонатное сырьё (известняки) исследуются химическим способом для установления содержания в нём  $\text{CaCO}_3$  и вредных примесей и т. д. Сам тип химического опробования связан с изучением технических свойств, о которых сказано выше.

Изучение технологических свойств полезного ископаемого производится по специальным технологическим пробам, которые подразделяются, в зависимости от стадии поисково-разведочных работ и масштаба месторождения на лабораторные, полужаводские и заводские (промышленные).

Лабораторные пробы отбираются обычно на стадии детальных поисков или оценочных работ и имеют целью изучить на лабораторном оборудовании и в лабораторных условиях возможность обогащения естественных руд путём удаления вредных компонентов, получения промышленного концентрата и извлечения из него полезных компонентов. Обычно геологи говорят об этой стадии испытаний так: надо определить, «руда это или ерунда», то есть установить ценность полезного ископаемого и его возможную применимость в промышленном, сельскохозяйственном или ином производстве.

Полужаводские пробы обычно отвечают стадии предварительной разведки месторождения полезного ископаемого. Материал проб исследуется в условиях горно-обогажительного и (или) металлургического завода с учётом, как правило, результатов и выработанной схемы работы по лабораторным пробам.

Заводские пробы характеризуют руду на стадии детальной разведки месторождения полезного ископаемого, когда сомнений в том, что месторождение

готовится или подготовлено к промышленному освоению, не остаётся. По этим пробам, вес которых исчисляется десятками и сотнями тонн руды, проводятся исследования полного обогатительно-металлургического процесса. Это даёт возможность получить надёжные данные не только по фактическому извлечению полезных компонентов, но по экономике обогащения и металлургического передела изучаемой руды с получением конечного продукта (металла или соединений металлов).

## **2. ХИМИЧЕСКОЕ (МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ) ОПРОБОВАНИЕ**

Пробы полезного ископаемого, отбираемые в процессе проведения поисково-разведочных работ, называют рядовыми. Целью их отбора является как можно более точное определение содержаний полезных компонентов, образующих руду, и вредных, затрудняющих извлечение этих полезных компонентов из руды. Эти данные необходимы для точного оконтуривания рудных тел, то есть для определения его размеров по всем направлениям и количества содержащихся в нём полезных компонентов. Надёжность рядового опробования контролируется постоянно отбором контрольных проб и взвешиванием отобранных проб известного сечения и известного объёмного веса.

В практике геологоразведочных работ применяется несколько способов отбора рядовых проб: бороздовый, задирковый, керновый, шпуровой, точечный и способ вычерпывания. Каждый из них применяется в конкретных условиях изучаемого месторождения и зависит как от типа и размеров рудных тел, так и от методов поисков и разведки этого месторождения.

**2.1. Бороздовый способ.** Этот способ наиболее широко применяется при опробовании рудных тел в естественных обнажениях и горных выработках (канавках, шурфах, шахтах, штольнях и т. д.) на всех стадиях поисково-разведочных и эксплуатационных работ. Целью бороздового способа является выяснение минерального и химического состава руд. Большую роль играет при этом способе опробования выбор направления борозды. Оно должно обязательно совпадать с направлением максимальной изменчивости (невыдержанности) распределения оруденения в рудном теле. Таким направлением в большинстве случаев является направление истинной мощности рудного тела или, как говорят, вкрест простиранья рудного тела. При отборе бороздовой пробы (борозды очень важно производить равномерный отбор материала по всей длине пробы, независимо от твёрдости горных пород, слагающих рудное тело.

При однородности рудного тела, то есть при отсутствии на отдельных его участках визуально наблюдаемой различной окраски, изменения характера вкрапленности рудных минералов, зон трещиноватости и других отличительных особенностей вся его мощность характеризуется простыми борздовыми пробами. Если в строении рудного тела визуально выделяются разные по строению или (или) по составу участки, опробование производится секционными борздами, причём в самостоятельную пробу (борзду) отбирается однородный материал, отличающийся от материала других частей рудного тела по линии опробования. Например, если рудное тело образовано тремя разновидностями руды, то по каждой разновидности необходимо взять самостоятельную пробу, а все три пробы будут характеризовать рудное тело на всю вскрытую по этой линии его мощность (рис. 1).

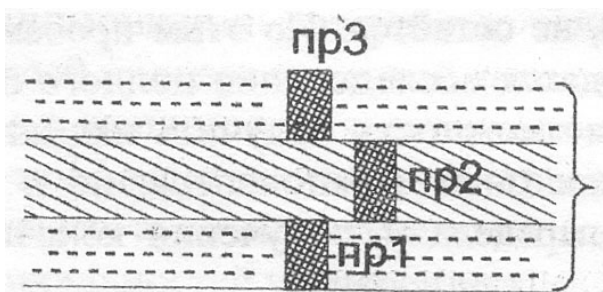


Рис. 1. Схема расположения борздовых проб при опробовании рудной зоны (пр. 2) и вмещающих горных пород (пр. 1, 3)

Во многих случаях оруденение распространяется за пределы непосредственных, макроскопически видимых его границ, перемещаясь во вмещающие породы. Содержание полезных компонентов в этих случаях во вмещающих породах может быть значительно выше минимально промышленного. Поэтому необходимо проводить отбор борздовых и любых других проб и по вмещающим породам, обеспечивая полное оконтуривание изучаемого рудного тела. Только в таком случае будет возможно определить истинные размеры и соответственно – истинный объём рудной массы в этом рудном теле.

Так, на редкометальных месторождениях Среднего Тимана для ограничения (оконтуривания) рудных тел применялась следующая методика, полностью себя оправдавшая при подсчёте запасов руды. Согласно этой методике породы висячего и лежачего боков рудного тела опробовались с каждой стороны тремя борздовыми пробами. Непосредственно на контакте с рудной жилой отбирались последовательно две борздовые пробы длиной по  $\frac{1}{2}$  от длины прилегающей пробы по рудной жиле. Третья проба по длине равнялась длине этой прилегающей к зоне контакта пробе. В случае если длина борзды по рудной жиле составляла 80 см, по вмещающим породам с этой стороны жилы отбирались последовательно две пробы длиной по 40 см, а последующая борздовая

проба (завершающая схему) имела длину основной пробы по жиле, то есть 80 см. Таким способом практически во всех случаях удавалось выполнить оконтуривание рудных тел (рис. 2) при первичной документации и опробовании.

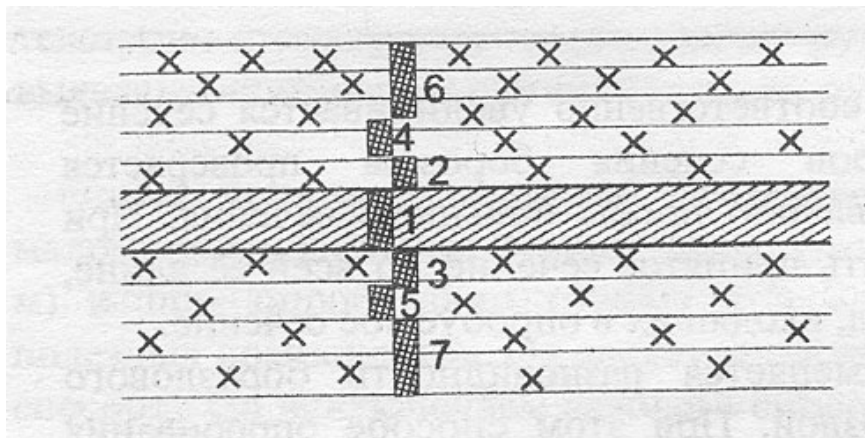


Рис. 2. Схема оконтуривания рудной зоны (1) и оруденелых вмещающих горных пород (2-7) при борздовом опробовании

При этом надо иметь в виду, что в каждом конкретном случае схема опробования рудных тел выбирается исходя из конкретных условий их залегания и с учётом результатов первичного опробования. В таком случае не возникает необходимости повторного проведения трудоёмкого процесса рядового опробования после получения результатов химических анализов. Часто это к тому же бывает технически невыполнимо, так как горные выработки после проходки, геологической документации и опробования в соответствии с требованиями техники безопасности подлежат засыпке (ликвидации).

Длина борздовой пробы определяется мощностью рудного тела или опробуемого интервала и его однородностью. Она изменяется в пределах от 0,3-0,4 м до 3-4 м. При неоднородном строении рудного тела отбираются секционные пробы при длине секции не менее 0,2-0,3 м по каждой разновидности руды. При мощности рудной зоны менее 0,2 м борздовые пробы считаются не представительными и заменяются другим способом опробования (задирковым). Борздовые пробы длиной свыше 1 м отбираются по мощным рудным телам однородного строения и состава.

Сечение борзды чаще всего принимается прямоугольным, реже – треугольным. Ширина борзды принимается, как правило, больше глубины. Сечение борздовой пробы напрямую зависит от мощности рудной зоны и характера распределения в ней рудных компонентов.

Г.Д. Ажгирей и др. (1954) рекомендуют для борздовых проб прямоугольной формы следующие сечения:



Характер оруденения	Сечение борозды в сантиметрах при мощности рудных тел		
	>2,5 м	2,5-0,8 м	0,8-0,5 м
1. Весьма равномерный и равномерный	5 x 2 см	6 x 2 см	10 x 2 см
2. Относительно равномерный и неравномерный	8 x 2,5 см	10 x 2,5 см	12 x 2,5 см
3. Весьма и крайне неравномерный	10 x 3 см	12 x 3 см	15 x 3 см

При меньшей мощности рудных тел соответственно увеличивается сечение борозды. Правильность выбора размеров сечения борозды проверяется контрольным отбором по этому же направлению пробы большего сечения. При отборе проб очень важно строго выдерживать принятое сечение по всей длине пробы, независимо от крепости горных пород, входящих в опробуемое сечение.

На некоторых месторождениях применяется разновидность бороздового опробования, называемая пунктирной бороздой. При этом способе опробования отбирается не сплошная борозда (или секционная) по всей мощности рудного тела, а с перерывами. Как правило, пунктирное опробование требует контрольной проверки нормальным бороздовым опробованием. Пунктирные бороздовые пробы отбираются при большой мощности рудных тел и весьма равномерном характере распределения оруденения в рудной зоне.

При секционном опробовании и очень крепких опробуемых породах сечение борозды необходимо увеличивать, что повышает достоверность опробования.

Для россыпей золота, платины, редкометальных и некоторых других минералов сечение борозды также необходимо увеличивать до 20 x 10 см.

В горных выработках бороздовое опробование производится в зависимости от условий залегания рудных тел и вмещающих горных пород. Так, при крутопадающих рудных телах (например, жилах) в канавах и других горизонтальных горных выработках (штольни, штреки и др.) они опробуются по забою, кровле или подошве выработок. В вертикальных горных выработках (шурфы, шахты, восстающие и др.) чаще опробуются их забои и стенки (рис. 3, 4).

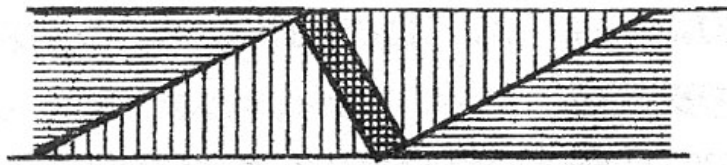
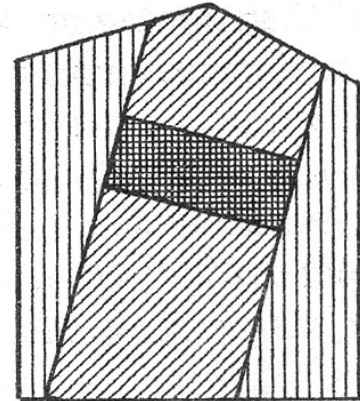


Рис. 3. Расположение бороздочной пробы по рудной зоне в забое (дне) канавы

Рис. 4. Расположение бороздочной пробы в забое горизонтальной горной выработки (штольни, штрека)



Отбор бороздочных проб производится вручную с помощью твёрдосплавного зубила и молотка (кувалды) по предварительно намеченному контуру пробы. Правильность отбора выбранного сечения контролируется взвешиванием материала отобранной пробы и сравнением полученного значения веса с расчётным для принятого сечения борозды по формуле:

$$P = a \times b \times c \times V,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – линейные размеры борозды (длина, ширина, глубина);

$V$  – объёмный вес руды;

$P$  – вес пробы.

Опробование тщательно документируется: место отбора точно показывается на карте или плане опробования, на зарисовке горной выработки в полевом дневнике или журнале опробования в более крупном масштабе. При этом детально описываются все текстурно-структурные особенности рудного материала, отмечаются визуально выявленные минеральные особенности руды и вмещающих горных пород.

**2.2. Задирковый способ.** Применяется при поисково-разведочных работах на маломощных жильных рудных телах (если мощность их не превышает, как правило, 30 см) и при опробовании рудных тел крайне неравномерным распределением полезных компонентов. Он является также способом контроля бороз-

дового и других способов (за исключением валового). Такое опробование проводится только по рудной зоне. Вмещающие горные породы опробуются при этом бороздовым или валовым способом. В пробу обычно отбирается из выбранного сечения вся рудная масса из забоя, подошвы или стенки горной выработки, а также из естественного обнажения. Длина задирковой пробы обычно не превышает 2 м, а глубина её значительно больше, чем глубина борозды и чаще всего составляет 5-10 см. Она находится в прямой зависимости от мощности рудного тела.

При отборе задирковых проб особое внимание следует уделять выравниванию поверхности, с которой будет отобрана проба. Как и при отборе бороздовой пробы, необходимо строго следить за соблюдением правильного сечения пробы и полным выбором материала задирковой пробы. Контроль пробоотбора и в этом случае осуществляется взвешиванием собранного в пробу материала и сравнения его с расчётным весом пробы, который получается таким же способом, что и при бороздовом опробовании.

Места отбора проб с указанием особенностей материала пробы, особенно в случае наличия гнёзд богатых руд или крупнокристаллических рудных минералов, струйчатого или полосчатого распределения рудных или каких-либо других минералов тщательно зарисовывается. Параллельно производится детальное описание всех установленных особенностей рудного тела.

**2.3. Опробование керна скважин** производится по рудным зонам и окружающим их вмещающим горным породам как висячего, так и лежачего боков.

Длина пробы зависит от мощности рудного тела и составляет в среднем 1,0-1,5 м. При меньшей мощности рудного тела (рудной зоны) длина пробы будет соответственно меньше. При больших мощностях рудных тел и однородности руды она может быть увеличена до 2-3 м, в редких случаях – до 5 м. Увеличение длины керновой пробы должно быть обосновано предварительным опробованием более короткими интервалами (до 1 м). Минимальная длина пробы по керну обычно не бывает менее 25 см.

При возможности выделения в составе рудного тела (рудной зоны) разных сортов руды опробование производится по интервалам, соответствующим участкам рудного тела, сложенным рудой разных сортов, то есть секционными пробами, описанными выше.

Вмещающие породы лежачего и висячего боков опробуются самостоятельными пробами длиной, обеспечивающей ограничение контура (оконтуривание) рудного тела. Непосредственно на контакте с визуальной выделенной

рудой отбираются пробы длиной по 0,25-0,5 м, а далее могут быть отобраны более удлинённые пробы (до 1 м). Схема отбора проб вырабатывается на основании визуального изучения разреза и результатов минералого-химических исследований по ранее опробованным интервалам этого рудного тела или аналогичных рудных тел изучаемого рудного поля (месторождения).

В пробу по керну отбирается половина столбика керна, раскалываемого пополам вдоль длинной оси с таким расчётом, чтобы в неё вошла зеркальная половина керна (рис. 5). Это особенно важно при наклонном положении рудных жил и прожилков или при наклонном залегании вмещающих горных пород.

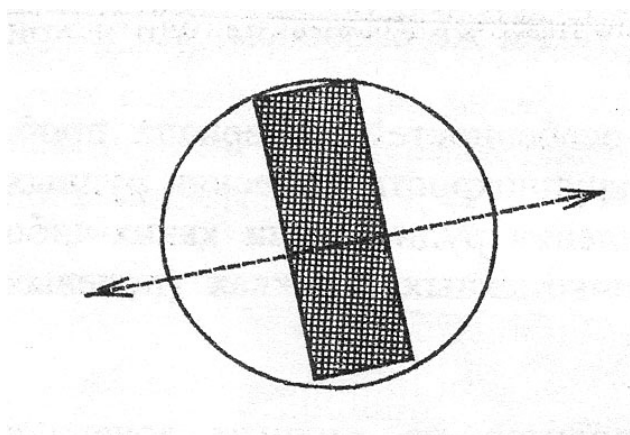


Рис. 5. Направление раскалывание керна с рудной зоной (заштрихована) показано стрелкой

Раскалывание керна производится с помощью ручного или механического прибора, называемого керноколом. При крепких и очень крепких породах, если они не могут разубожиться при промывке водой, для разделения керна можно применять твёрдосплавные или алмазные пилы (диски). В таком случае необходимо провести контрольные анализы по расколотым и распиленным образцам руды и вмещающих её пород. В случае отсутствия разубоживания или, возможно, обогащения руды в процессе распиловки, этот наиболее производительный и современный способ является более предпочтительным.

Опробование Кена сопровождается детальной зарисовкой места отбора пробы и подробным описанием опробованного интервала с выделением секций проб по сортам или типам руд.

В процессе бурения часть рудной зоны разбуривается (разрушается буровым инструментом), истирается и превращается в шлам, выносимый из ствола скважины вместе с промывочной жидкостью. При выходе керна по рудным интервалам менее предусмотренного проектным заданием (обычно менее 70%) дополнением к материалу керновых проб может служить рудный шлам. Отбор проб шлама необходимо производить также в тех случаях, когда в процессе бурения происходит систематическое обогащение или разубоживание рудного керна за счёт его избирательного истирания. При низком выходе рудного керна применяется бурение без промывки или более короткими рейсами.

Отбор проб шлама производится с тех же интервалов, что и проб керна. Он (шлам) осаждается или улавливается специальными шламовыми трубами и устройствами в виде желобов с перегородками и чанов. После просушивания и взвешивания шлам дробится, истирается и отправляется на исследование химическим, минералогическим, спектральным или каким-либо другим методом.

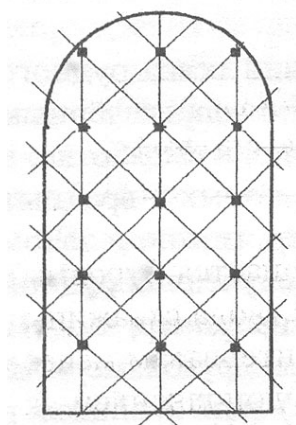
**2.4. Шпуровой способ** может применяться по шпурам, пробуренным при проходке горных выработок взрывным методом, как по рудным интервалам, так по вмещающим горным породам, либо по специальным «опробовательским» шпурам. Бурение шпуров осуществляется с промывкой, поэтому истёртая горная порода превращается в шлам, аналогичный образованному при бурении скважин.

Сбор шлама производится в специальных отстойниках, в которые он поступает через патрубок пробного шпура. Шпуровые пробы при равномерном распределении оруденения могут отбираться по всему забою. Чаще одну пробу составляют шпуры одной проходки.

При неоднородности рудного тела, сложенного разными сортами (типами) руды, в одну пробу объединяется шлам по одному сорту руды. В этом случае пробу может составить шлам из нескольких проходок (с нескольких забоев горной выработки).

**2.5. Точечный способ** применяется при опробовании рудных тел на месторождениях с равномерным распределением полезных компонентов и значительной мощностью рудных тел. Он может также применяться и при эксплуатации месторождений открытым (карьерным) способом.

Точечная проба отбирается из забоя, стенок или кровли горной выработки путём откалывания штуфов (образцов) в точках, расположенных по правильной квадратной или ромбической сетке на опробуемой поверхности.



Все отобранные штуфы (сколки) должны иметь примерно одинаковый размер и объединяться в одну точечную пробу. При этом способе опробования порции в точках отбора (частные пробы) должны располагаться в точках пересечения линий (рис. 6).

Рис. 6. Схема составления точечной пробы из серии частных (штуфных), полученных в точках пересечения линий (обозначены точками)

**2.6. Способ вычерпывания.** Этим методом чаще опробуются рудные тела при проходке горных выработок с применением взрывчатых веществ. После отпалки (взрыва) около забоя образуется навал горной породы (если проходка осуществляется по рудной зоне – руды). На выровненной поверхности навала намечается сетка опробования квадратной или ромбической формы (по аналогии с точечным опробованием). В отличие от точечного способа при вычерпывании частные пробы «вычерпываются» из середины квадратов или ромбов. Объём всех частных проб, составляющих рядовую пробу, должен быть примерно одинаков, что обеспечивает представительность не только по весу (или объёму), но и по качеству исследуемого материала. Если кусковатость материала неравномерная и в центре фигуры (квадрата, ромба) в частную пробу попадает слишком крупный материал (кусочек породы), от него откалывается осколок, соизмеримый с размерами обломков, взятых из других точек (квадратов, ромбов). Методом вычерпывания обычно опробуется каждая проходка по рудной зоне горной выработки.

**2.7. Штуфной способ** может применяться при обнаружении одиночных обломков оруденелых горных пород или их свалов, а также обломков руды на поверхности Земли, развалов, скоплений в аллювии, среди других типов горных пород или рыхлых отложений. Он применяется также при изучении коренных (дочетвертичных) отложений с неустановленным оруденением, при отборе образцов горных пород для изучения их химического, минерального и другого состава, а также образцов горных пород для геологических музеев по любым разновидностям горных пород любого генезиса, образцов с органическими остатками и в других случаях.

**2.8. Валовое опробование.** Этот способ опробования применяется в тех случаях, когда любой другой способ не обеспечивает надёжных, достоверных сведений о полезном ископаемом (потенциальном полезном ископаемом) в отношении его минерального или химического состава, включая полезные и вредные компоненты. Его используют довольно часто в качестве контрольного способа опробования при применении любого рядового способа опробования, особенно при маломощных рудных телах и неравномерном и весьма неравномерном распределении полезных компонентов рудной массы на месторождениях.

Заключается валовое опробование в отборе для исследований всего рудного материала, который получается при проведении горных выработок по определённым интервалам. В случае чрезвычайно большой массы руды,

полученной в выработке, и при относительной равномерности распределения оруденения (полезных и вредных компонентов) при отборе применяется метод кратности. Например, можно в таком случае отбирать в валовую пробу  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{20}$  и т. д. часть полученной рудной массы. В таком случае при ручном пробоотборе в пробу берётся каждая вторая. Пятая, десятая или двадцатая лопата руды, ведро или другой мерный сосуд. При необходимости отбора больших объёмов руды в пробу может отбираться соответственно каждая вторая, пятая, десятая, двадцатая вагонетка руды. Остальная масса руды хранится или используется по прямому назначению для извлечения полезных компонентов.

### **3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ**

Применяется техническое опробование, как правило, для изучения механических свойств горных пород, используемых в качестве строительных материалов или химического сырья. С этой целью из исследуемых горных пород отбираются монолиты (штучные пробы определённого сечения) для получения из горной породы кубиков или прямоугольников размерами 25 x 25 x 40 см или 20 x 20 x 20 см. По техническим пробам определяются влагоёмкость, коэффициенты пористости, объёмный вес, петрографический состав и прочие свойства. В зависимости от предполагаемого направления применения этих горных пород они испытываются на специальных установках на истираемость (материал для мощения тротуаров и мостовых), изнашиваемость (для отсыпки полотна дорог), на сжатие, морозостойкость и другие специфические свойства, благодаря которым эти горные породы могут найти себе практическое применение в конкретном случае.

В некоторых строительных материалах и химическом сырье в обычном порядке определяется минеральный или химический состав исследуемых горных пород. Поэтому одним из основных требований к такого рода пробам является достаточность материала и его достаточная крупность.

Каждый вид сырья в зависимости от своего предполагаемого назначения подвергается техническим испытаниям в соответствии с требованиями промышленности для его полноценного использования на практике.

### **4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ**

Технологические пробы предназначаются для изучения руды на обогатимость, то есть возможность искусственного повышения в руде содержания по-

лезных компонентов и понижения вредных за счёт частичного или полного удаления последних из руды. В результате обогащения получается концентрат, из которого в последующем извлекается полезный компонент. На основании технологического опробования и исследования полученных проб разрабатывается схема промышленного обогащения руды, а также схема металлургического передела этого концентрата.

Первая стадия технологических испытаний проводится в лабораторных условиях, чаще всего в научно-исследовательских институтах, на стадии детальных поисковых или оценочных работ. Полученные положительные результаты лабораторных технологических исследований способствуют ускорению и интенсификации геологоразведочных работ на месторождении. Ко времени проведения лабораторных технологических испытаний обычно ориентировочные размеры месторождения бывают установлены (площадь месторождения обычно оконтурена с детальностью в соответствии с существующими требованиями).

Вес пробы для лабораторных технологических испытаний составляет, как правило, 50-100 кг. В отдельных случаях, например, при выявлении новых типов руд с неразработанной технологией их обогащения и металлургического передела, начальный вес пробы может быть увеличен до 300-500 кг.

Полузаводские технологические пробы имеют вес значительно больший, чем лабораторные. Он обычно составляет несколько тонн руды (до 20-30 тонн). Вес технологических проб для заводских испытаний достигает сотен. Иногда тысяч тонн руды, в зависимости от производительности обогатительного оборудования завода, на котором будут проводиться эти испытания, и состояния изученности исследуемого типа руды. Для совершенно новых разновидностей (особенно новых минеральных типов) руд вес может быть значительно увеличен. Этот вопрос предварительно согласовывается с заводом, на котором предполагается провести эти испытания.

При отборе материала технологических проб учитывается физическое состояние руды (крепкие, рыхлые, землистые руды и т. д.). Принимается во внимание содержание полезных компонентов; примесей, благоприятствующих обогатительному процессу; примесей, усложняющих обогатительный процесс; минеральный состав руд; характер распределения рудных минералов; размеры рудных минералов; наличие и характер сростков минералов; состав вмещающих горных пород, загрязняющих руду и т. д.

В случае если на месторождении или его участке выделяется несколько сортов руд (по минеральному и химическому составу, крепости руд, крупности размеров минералов и т. д.), по каждому из них производится отбор отдельных



технологических проб. Например, на полиметаллических месторождениях могут самостоятельными технологическим пробами характеризоваться свинцовые, свинцово-цинковые и цинковые руды, а также свинцово-цинковые руды с серебром и т. д.

По составу технологическая проба должна соответствовать составу руды, которая будет поставляться с горнодобывающего предприятия (карьер, шахта, штольня и т.д.) на горно-обоганительную фабрику или завод.

Крупность материала пробы, её влажность предварительно оговаривается с лабораторией или фабрикой (заводом). При этом возможны два варианта: в первом случае в пробу отбирается материал такой крупности (кусковатости), которая получается при добыче полезного ископаемого; во втором случае возможно предварительное измельчение (дробление) руды до размерности, оговорённой предварительно с испытателем.

Технологические пробы могут отбираться из горных выработок и по керну буровых скважин, в более редких случаях – по отвалам горных выработок, но такие пробы не всегда отражают средний состав руды месторождения. Участка или рудного тела.

## **5. ОБРАБОТКА ПРОБ**

Рядовые пробы, а тем более – валовые технологические пробы имеют вес, измеряемый килограммами или тоннами. Для определения химического, спектрального или минералогического состава и производства других видов аналитических работ требуются лишь небольшие навески материала, не превышающие в большинстве случаев десятков граммов вещества, чаще всего до 100 г. Кроме того, для проведения лабораторных исследований материал проб должен быть мелко раздроблен. Так, для производства минералогического анализа крупность обломков материала не должна превышать 1 мм, для химического или спектрального анализа максимальный размер обломочного материала должен представлять собою пудру (0.07 мм). Поэтому отобранные пробы подлежат предварительному просушиванию, дроблению и сокращению по специально разработанным схемам. Главной задачей обработки проб является такое дробление и сокращение, при котором остаточный (конечный) продукт – лабораторная проба, будет отвечать по содержанию полезных компонентов и вредных примесей содержанию их в исходной руде.

Чтобы достичь этой цели, разрабатываются в каждом конкретном случае схемы обработки проб. Для этого используют разные формулы, из которых в

практике геологоразведочных работ в нашей стране одной из самых надёжных и чаще употребляемой является формула Г.О. Чечета:

$$Q = k \times d^2,$$

где Q – надёжный вес сокращённой пробы; k – коэффициент неравномерности распределения оруденения; d – диаметр наиболее крупных частиц (кусков) пробы в мм.

Категория руды	Краткая характеристика руды	Величина коэффициента k	Мах. крупность обломков
1	Весьма равномерные	0,10	-
2	Равномерные	0,30	8-10
3	Относительно равномерные и неравномерные, включая руды с мелким Au (от дисперсного до тысячных долей мм)	0,4-0,6 (для товарных руд золота – 1,8)	10-12
4	Весьма неравномерные, в т. ч. золотые со средней крупностью золота	0,7-1,0 (для товарных руд золота – 1,8)	8-10
5	Крайне неравномерные руды золота	1,0-1,5 (для товарных руд Au – 3,6)	8

### 5.1. Схема обработки проб (пример)

В качестве примера рассмотрим редкометальную руду с коэффициентом неравномерности распределения оруденения 0,5. Пробы по такой рудной зоне обобраны бороздовым способом. Средняя длина борозды составляет 1,0 м, её сечение (ширина x глубину) – 10 x 5 см, начальный вес пробы составит при объёмном весе  $V = 2,8 \text{ кг/дм}^3$ :

$$Q = a \times b \times h \times V, \text{ то есть:}$$

$$10 \text{ (дм)} \times 1 \text{ (дм)} \times 0,5 \text{ (дм)} \times 2,8 \text{ (кг/дм}^3\text{)} = 14,0 \text{ кг}$$

Коэффициент k выбираем из таблицы (стр. 19) равным 0,5 (при относительно неравномерном и неравномерном оруденении).

После двойного сокращения вес пробы должен быть сокращён до  $14:2 = 7:2 = 3,5 \text{ кг}$ . Тогда по формуле Г.О. Чечета размер максимальных обломков должен составить:  $3,5 \text{ (кг)} = 0,5 \times d^2 \text{ (мм)}$ , то есть  $d = \sqrt{3,5/0,5} = 2,65 \text{ (мм)}$ .

Таким образом, 1-я стадия обработки пробы заключается в её дроблении до размера мах частиц 2,65 мм и двойном квартовании (перемешивании и делении на 4 части) и сокращении до навески 3,5 кг.

2-я стадия обработки рассчитывается аналогичным образом. Необходимо учитывать, что между двумя дроблениями сокращение можно производить не

более 3 раз. Принимая для схемы двукратное сокращение во 2-й стадии, считываем максимальный размер частиц в этой навеске (0,875 г):

$$d = \sqrt{0.875/0.5} \times d^2 = 1.9 \text{ (мм)}.$$

Так как для минералогического анализа проб необходима крупность частиц пробы около 1 мм, а химико-аналитических проб – 0,1-0,07 мм, полученную навеску после 2-й стадии обработки необходимо додробить без сокращения до размера частиц 1 мм. Из материала такой пробы следует отквартовать навеску 0,437 кг на минералогический анализ. Вторая половина навески стирается на стирателе до крупности частиц не более 0,07 мм и из неё половина (218 г) направляется на химический анализ, а вторая половина сохраняется в качестве дубликата пробы и может использоваться для контрольных определений (внутренний или внешний контроль).

В общем виде схема обработки приводится ниже, на рис. 7.

Неравномерность оруденения часто зависит от крупности рудных минералов: чем кристаллы крупнее, тем неравномерность выше. При высоком содержании полезных компонентов крупность рудных минералов на равномерность оруденения влияет мало.

При рудных пробах с обломками до 8-10 меш (2,4-1,65 мм) дальнейшее измельчение необходимо производить без сокращения материала проб.

Обработка проб производится в две-три, иногда более (четыре-пять стадий). Каждая стадия содержит одно или несколько сокращений путём квартования и отбрасывания после каждого квартования в отвал половины пробы, составленной из двух противоположных квадрантов. При этом для каждой стадии обработки устанавливается (рассчитывается) оптимальный вес в соответствии с формулой Г.О. Чечётта.

Надёжный вес пробы тем меньше, чем мельче частицы пробы, чем однороднее её материал. Погрешностью сокращения называется разница между истинным содержанием полезного компонента в исходной пробе и его содержанием в навеске, полученной после сокращения пробы при её обработке.

**5.2. Техника обработки проб.** Обработка проб производится с последовательным дроблением материала, рядового и контрольного просеивания, перемешивания и сокращения материала.

Эти процессы могут быть выполнены механическим или ручным способом в зависимости от условий производства и места работ (полевые, стационарные партии, экспедиционные дробилки и т. д.) и имеющихся при этом возможностей.

При проведении поисково-разведочных работ обработка массового количества проб производится в механических дробильных цехах или мастерских.

*Измельчение материала проб* производится в 3-4 стадии: крупное (до 100-30 мм), среднее (12-5 мм), мелкое (до 0,7 мм) и тонкое (до 0,15-0,07 мм).

Крупное и среднее измельчение производится на щековых дробилках, в которые поступает исходный материал с максимальным размером обломков до 8 см. Среднее измельчение может также производиться вручную в чугунных ступах. Мелкое измельчение производится на валках (валковых мельницах), в которые загружается материал с максимальным размером обломков 10-15 мм, но может осуществляться вручную в ступах мелких и средних размеров (высота 25-30 см, диаметр 15-20 см) пестиком весом от 2 до 5 кг.

Тонкое измельчение производится на дисковых истирателях, шаровых и стержневых мельницах. В эти агрегаты загрузка материала осуществляется с максимальным размером частиц не более 6 мм. Истирание выполняют также на фрикционных столах с максимальной крупностью измельчения 0,83 мм.

Как и при других видах измельчения возможен ручной способ, при котором материал измельчается на чугунных плитах массивным башмаком или валком.

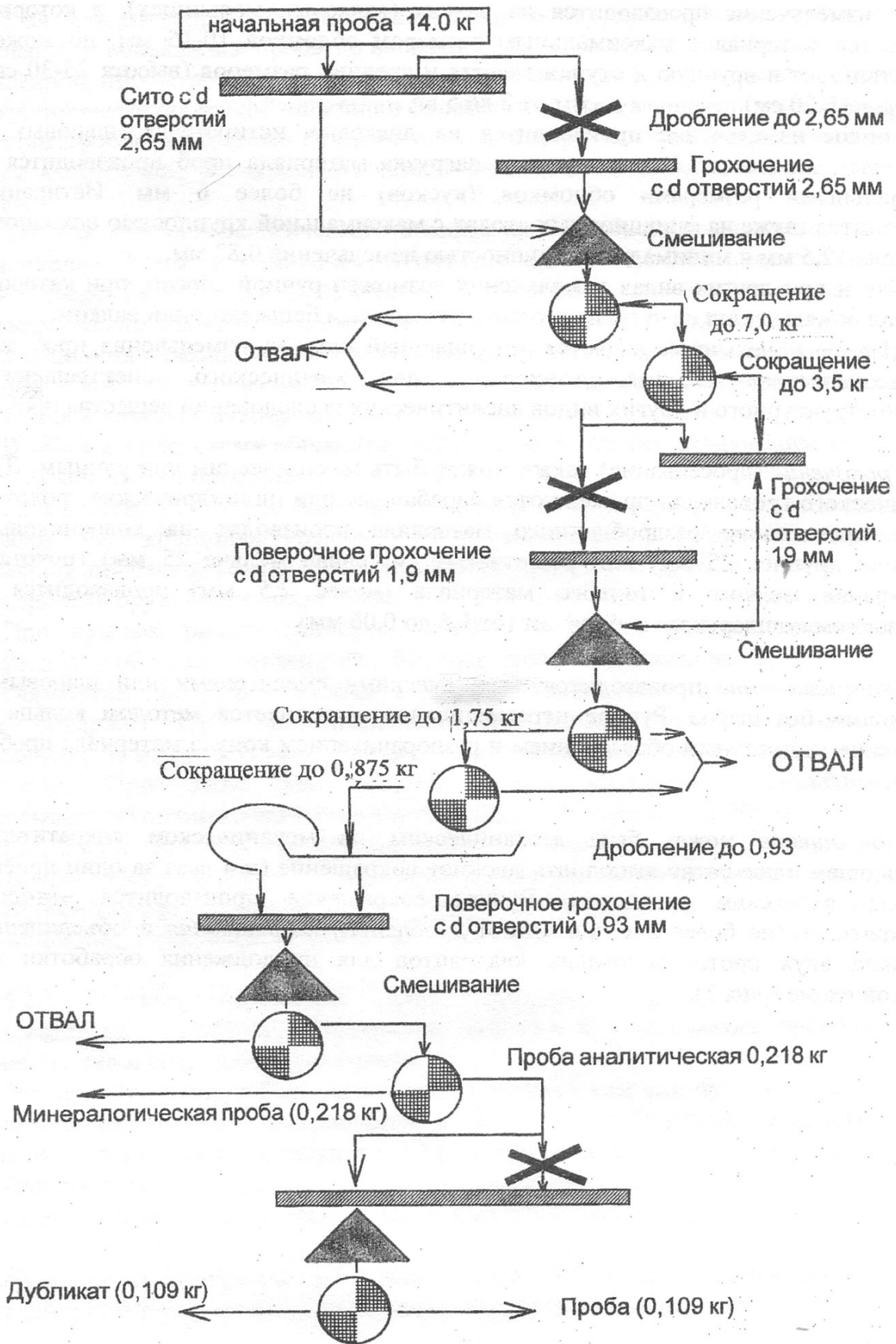
Мелкое измельчение является завершающей стадией измельчения проб для минералогического анализа, тонкое – для химических, спектральных, рентгеноструктурных и других видов аналитических исследований вещества проб.

*Грохочение (просеивание)* выполняется механическими смесителями или ручным способом. Для механического грохочения используют барабанные или цилиндрические грохоты. Ручное просеивание раздробленного материала производят на колосниковых (материал крупнее 25 мм) или решётчатых (материал мельче 25 мм) грохотах. Просеивание мелкого и тонкого материала (менее 2,5 мм) производится с применением стандартного набора сит (от 1,5 до 0,06 мм).

*Перемешивание* производится механическими смесителями или шаровыми мельницами без шаров. Ручное перемешивание выполняется методом кольца и конуса с неоднократным образованием и разворачиванием конуса материала проб в кольцо.

*Сокращение* может быть механическим на механическом сократителе, позволяющем однократно выполнять двойное сокращение (в 4 раза за один приём) или автоматическим делителем. Ручное сокращение производят методом многократного (не более 3-х при одном дроблении) квартования и объединения материала двух противоположных квадрантов для продолжения обработки по принятой схеме (рис. 7).

Рис. 7. Схема обработки проб



## ***ЗАКЛЮЧЕНИЕ***

Таким образом, опробование является одной из главнейших операций, производимых непосредственно в полевых условиях на рудных и других месторождениях твёрдых полезных ископаемых. Этот вид работ позволяет достоверно оконтурить рудные тела и оценить качество исследуемых руд, позволяет выбрать после соответствующих испытаний объективную методику обогащения руд и проводить рациональный металлургический передел минерального сырья или концентрата.

Опробование является основным методом выявления истинных размеров выявленного месторождения полезного ископаемого, особенностей распределения в рудах полезных и вредных компонентов.

Благодаря правильно выбранной методике опробования и обработки проб (рядовых и валовых) в пределах площади месторождения выделяются различные сорта руд, для каждого из которых в отдельных случаях разрабатывается своя технологическая схема обогатительного процесса и способа металлургического передела.

Каждый вид и составная часть опробовательского процесса, включая исследование минерального и химического состава руд, играют важнейшую роль в определении качества и количества рудной массы (руды). Поэтому каждому из них должны сопутствовать контрольные процессы: контроль процесса пробоотбора – весовым способом или более надёжным способом опробования (например, бороздвое опробование можно проконтролировать валовым опробованием); таким же способам контроля подлежат способы обработки проб, способы химического, минералогического и любых других видов аналитических методов исследования минерального вещества.

Каждый исследователь должен быть убеждён в том, что выполняемый им процесс исследования минерального сырья, особенно на вновь открытых месторождениях или месторождений нового вида минерального сырья должен быть проконтролирован всеми имеющимися и доступными методами.

## Библиографический список

1. Альбов, М.Н. Опробование при разведке и добыче металлических руд и россыпей [Текст] / М.Н. Альбов. – М.: Metallurgizdat, 1932. – №7-8.
2. Каллистов, П.Л. Методы экспериментального определения рациональных схем обработки проб [Текст] / П.Л. Каллистов. – Советская геология, 1938. – №10.
3. Методы поисков и разведки полезных ископаемых [Текст] / под ред. Г.Д. Ажгирея. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 463 с.
4. Пожарицкий, К.Л. Основные вопросы опробования месторождений редких металлов [Текст] / К.Л. Пожарицкий. – М.: Metallurgizdat, 1938.
5. Смирнов, В.И. Подсчёт запасов минерального сырья [Текст] / В.И. Смирнов. – М.: Госгеолиздат, 1950.
6. Чечет, Г.О. Опробование и испытание полезных ископаемых [Текст] / Г.О. Чечет – М.: ГОНТИ, 1932.