Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXVI, вып. 2, 1959 г.

ОПРОБОВАНИЕ ПО ТИПАМ РУД

Н. В. Иванов

Метод опробования по типам руд, разработанный автором в 1938—1940 гг., внедрен в производство в 1941 г. на Карабашском колчеданном месторождении [9, 10, 14]. В настоящей статье кратко изложены результаты экспериментальных работ по применению данного метода, кроме Карабашского, и на Урупском колчеданном месторождении [1].

Широко распространенные методы опробования, опирающиеся на химический анализ руд, имеют существенные недостатки. Они, как неоднократно указывал Н. В. Барышев, трудоемки и неоперативны. При недостаточно четкой геологической документации рудных тел, не сопровождающейся выделением типов руд, в ряде случаев производится механическое размещение проб, часто по аналогии с другими месторождениями.

Опробование по типам руд опирается на закономерную связь между содержанием полезных компонентов в руде и минеральным составом (качественным и количественным), текстурными и структурными особенностями руд, а также строением рудных тел. Опробованию по типам руд должно предшествовать целеустремленное изучение месторождений. Успех такого изучения прежде всего зависит от возможности расчленения рудных тел на слагающие их природные типы и разновидности типов руд. В этом отношении опробование по типам руд можно поставить в один ряд с минералогическим опробованием и рассматривать его как дальнейшее развитие минералогических методов опробования. Минералогические методы опробования в комбинации с химическими, а нередко и самостоятельно (при опробовании по типам руд или определении содержаний полезных и вредных компонентов другими минералогическими методами опробования) являются основой правильной оценки месторождений полезных ископаемых. Большое значение минералогическому опробованию как самостоятельному виду опробования придавали В. А. Глазковский [6], П. М. Замятин [8] и В. С. Домарев [7].

При классификации руд в основу были положены следующие критерии: 1) качественный и количественный минеральный состав; 2) текстурные и структурные особенности [2].

[1] Этому же вопросу посвящены помещенные ниже статьи Н. И. Руденко и З. Ф. Булановой.

[2] Вспомогательную роль при классификации и изучении природных типов руд могут играть и другие признаки: окраска, физико-механические свойства (плотность и т. д.) и пр.

Выделенные типы руд должны легко макроскопически распознаваться в тех условиях, в которых производится документация разведочных, горноподготовительных и очистных выработок. В каждой разновидности типов устанавливается среднее содержание и пределы колебаний в содержаниях полезных компонентов. Желательно, чтобы эти колебания не превышали погрешности принятых методов опробования. Определяется качественный и количественный минеральный состав руд каждого типа и разновидности, а также удельный или объемный веса руд. Геологическая документация рудных тел с учетом выделенных типов позволяет выявить закономерности в их пространственном размещении и тем установить особенности строения рудных тел.

Благоприятными условиями для опробования по типам руд являются: относительная устойчивость содержания полезных компонентов в каждой разновидности и легкость макроскопического определения этих разновидностей при разведке или отработке того или иного месторождения.

Опробование по типам руд заключается в детальной геологической документации естественных и искусственных обнажений рудных тел.

В процессе документации выделяются типы и разновидности типов руд, фиксируются границы между ними, т. е. определяются их мощности и пространственное размещение в рудном теле. Геологическая документация оформляется в виде зарисовок с нанесением типов и разновидностей типов руд. При наличии указанной документации непосредственно в горной выработке можно определить содержание полезных компонентов в пределах задокументированной части рудного тела. Среднее содержание полезных компонентов в любой части рудной залежи вычисляется как средневзвешенное

$$C_{ср} = \frac{C_1m_1 + C_2m_2 + C_3m_3 + \ldots + C_nm_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n}; \qquad (1)$$

$$C_{ср} = \frac{C_1S_1 + C_2S_2 + C_3S_3 + \ldots + C_nS_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \ldots + S_n}, \qquad (2)$$

где $C_{ср}$ — среднее содержание полезного компонента в задокументированной части рудной залежи;

$C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n$ — средние содержания полезного компонента в рудах первой, второй и т. д. разновидностей (устанавливаются предварительным изучением);

$m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n$ — мощности первой, второй и т. д. разновидностей типов руд (устанавливаются в процессе опробования);

$S_1, S_2, S_3, \ldots, S_n$ — площади распространения руд каждого типа или разновидности (устанавливаются в процессе опробования).

Формула (1) предлагается для рудных тел с относительно прямолинейными границами между типами и разновидностями типов руд, а (2) — для рудных тел со сложными, криволинейными границами между типами и разновидностями типов.

Таким образом, метод опробования по типам руд очень прост, оперативен и высокопроизводителен, весь процесс опробования сводится к детальной геологической документации, при этом отпадает необходимость брать материал в пробу, обрабатывать его и анализировать. В этом отношении с опробованием по типам руд не может конкурировать ни один из ныне известных методов опробования. Исключением

может быть радиометрический метод опробования при определении содержания радиоактивных элементов в рудах непосредственно в забое горных выработок. Следует иметь в виду, что при обычных методах опробования руда, представляющая собой пробы, обычно для промышленности теряется, что в общесоюзном масштабе ежегодно составляет большие потери металлов. Немаловажное значение имеет также расход огромного (по всей стране) количества химических реактивов, применяемых при обычных методах опробования, необходимость устройства и оборудования дробильных и химических лабораторий, задолженность высококвалифицированных кадров химиков-аналитиков.

Естественно, что при опробовании по типам руд отпадают и погрешности, связанные с общепринятыми методами опробования [1], но возникают свои специфические, вызванные следующими причинами: 1) неправильным отнесением руд к тому или иному типу или разновидности; 2) неточным установлением границ между типами и разновидностями руд, что сопровождается неправильным определением их мощности; 3) колебаниями содержаний полезных компонентов в типах и разновидностях руд.

Рассмотрим вероятность возникновения погрешностей опробования от перечисленных причин.

1. Метод опробования по типам руд применим, если руды резко отличаются друг от друга по типам. В таких случаях, как показало производственное освоение метода опробования на Карабашском колчеданном месторождении, руды разных типов и разновидностей легко устанавливаются лицами, не имеющими специального геологического образования. Опыт по определению типов руд приобретается очень быстро. Это полностью подтвердилось и при проведении экспериментальных работ на других месторождениях. Если в отдельных случаях все же возникает сомнение в правильности отнесения руды к той или иной разновидности, то при геологической документации сомнительный участок рудного тела выделяют особо и с него берут 1—2 штуфа, которые на поверхности сравниваются с эталонами руд разных типов и разновидностей. В результате такого сравнения сомнения, как правило, отпадают. Кроме того, хорошим и надежным контролем является увязка задокументированного сечения с предыдущими сечениями по простиранию и падению рудного тела. В условиях хорошей выдержанности руд всех разновидностей разрезы соседних участков легко увязываются. При неувязке ошибка в документации обнаруживается и устраняется. Таким образом, неправильное отнесение руд к той или иной разновидности почти исключается.

2. Границы между типами руд и их разновидностями проявлены четко, а переходы между разновидностями, как правило, имеют очень узкие пределы, чаще не превышающие первые сантиметры. Когда же встречаются постепенные переходы от одной разновидности руды к другой (на протяжении 0,3—1,0 *м*), то содержание полезных компонентов в переходных участках соответствует среднеарифметическому значению из содержаний, установленных в соседних разновидностях руд. В таких случаях в процессе геологической документации особо выделяются переходные участки, мощность которых делят пополам и относят к рудам соответствующих разновидностей. Однако не всегда удается абсолютно правильно определить середину переходного участка.

[1] Погрешности отдельных химических анализов в основном взаимно уничтожаются при определении средних содержаний полезных компонентов в рудах выделенных разновидностей. В каждой разновидности руд природная дисперсия распределения полезных компонентов резко ограничена.

Возникающая при этом погрешность лежит в пределах первых сантиметров, причем ошибка имеет разные знаки. Таким образом, рассматриваемая погрешность не может оказать существенного влияния на результаты опробования даже отдельного сечения рудного тела.

3. При опробовании по типам руд отдельного сечения рудного тела выделенные в этом сечении типы руд и их разновидности имеют содержания полезных компонентов, несколько отличные от средних значений (установленных ранее для руд этих типов и разновидностей). Эти отклонения обычно имеют различные знаки. Они в основном взаимно уничтожаются и не оказывают существенного влияния на точность определения среднего содержания полезных компонентов по отдельному сечению рудного тела. Все сказанное справедливо, если колебания содержаний полезных компонентов в руде каждой разновидности не превышают погрешности общепринятого метода опробования. При этом условии результаты опробования по типам руд характеризуются большой достоверностью, а погрешность опробования обычно бывает меньше погрешности общепринятого метода опробования.[1]

Участки рудных тел, представленные нетипичными рудами, могут опробоваться обычными методами. На изученных нами месторождениях такие случаи не встречались.

Достоверность опробования по типам руд периодически проверяется данными контрольных проб, которые систематически отбираются для месторождений со значительным колебанием содержаний полезных компонентов. Число контрольных проб зависит от сложности строения рудных тел, их мощности и от устойчивости средних содержаний полезных компонентов в рудах выделенных разновидностей.

Рассмотрим результаты экспериментальных исследований, связанных с разработкой и освоением метода опробования по типам руд.

Урупское (Северный Кавказ) медно-колчеданное месторождение приурочено к осадочно-вулканогенной толще пород среднепалеозойского возраста. Осадочно-вулканогенная толща собрана в складки (герцинская складчатость). Месторождение расположено на южном крыле антиклинальной складки. Простирание складки широтное, падение крыльев на юг и север под углом 30—45°. Толщи осадочно-вулканогенных пород и руды месторождения в период складчатости подверглись региональному метаморфизму. К породам Урупского месторождения относятся филлиты, диабазовые порфириты и их туфы, кварцевые альбитофиры и их туфы, кремнистые сланцы сургучно-красного цвета и кремнистые туффиты. Вулканогенные породы местами, особенно вблизи рудных тел, заметно изменены: диабазовые порфириты и их туфы превращены в хлоритовые сланцы, а кварцевые альбитофиры и их туфы рассланцованы, окварцованы, серицитизированы и хлоритизированы. Вмещающими рудные тела породами являются кварцевые альбитофиры и продукты их изменения (обычно лежачий бок рудных тел), диабазовые порфириты и продукты их изменения, а также кремнистые сланцы и реже кремнистые туффиты (обычно висячий бок рудных тел). Для рудных тел месторождения характерна приуроченность к контактам различных по составу пород. Рудные тела залегают согласно с вмещающими породами, простирание их почти широтное, падение 35—45° на юг. Форма рудных тел жильная и линзообразная. Длина рудных тел по простиранию колеблется от 165 до 850 *м* и более при мощности от 0,37 до 16,0 *м*.

[1] Следует учесть, что при опробовании обычными методами имеем дело с погрешностью отдельного определения, а при опробовании по типам руд — с усредненной погрешностью.

На Урупском месторождении, так же как и на Карабашском, нами установлены 4 типа руд[1], из которых два (I и II) представлены вкрапленными сульфидными рудами и два (III и IV) сплошными существенно пиритными.

Вкрапленные сульфидные руды типа I, как правило, не имеют промышленного значения, а руды типа II являются медьсодержащими и представляют промышленный интерес. Сплошные существенно пиритные руды обычно имеют промышленное значение: например, руды типа III используются как сернокислотное сырье, а руды типа IV как медьсодержащие (в некоторых разновидностях типов руд цинксодержащие).

Вкрапленные сульфидные руды типов I и II на рассматриваемых месторождениях представляют собой сильно измененные окварцованные и пиритизированные вмещающие породы. Эти породы с обильной вкрапленностью пирита, нередко и других сульфидов, являются как бы чехлом для рудных тел. На Карабашском месторождении вкрапленные сульфидные руды (обычно руды типа II) нередко встречаются и внутри сплошных сульфидных руд. Участки вкрапленных руд по простиранию и падению прослеживаются до 100 *м*, а мощность их колеблется от 0,1 до 3,7 *м*. По отношению к рудному телу вкрапленные сульфидные руды обычно располагаются асимметрично. Так, в лежачем боку рудных тел Карабашского месторождения и рудного тела собственно Урупского месторождения наблюдается максимальное развитие убогих вкрапленных сульфидных руд, приуроченных к кварцево-серицитовым сланцам или кварцевым альбитофирам. Во вмещающих породах висячего бока, особенно в кварцево-хлоритовых или кремнистых сланцах, установлены самые богатые по содержанию меди (с халькопиритом и теннантитом) вкрапленные сульфидные руды. Эта особенность объясняется условиями образования колчеданных месторождений и, в частности, разным составом вмещающих пород [14] висячего и лежачего боков рудных тел.

Рассматриваемые ниже вкрапленные сульфидные руды относятся к рудам типов I и II, причем руды типа I, за исключением разновидности I-2, установленной на Урупском месторождении (рудное тело Власничиха), не имеют промышленного значения.

Вкрапленные сульфидные руды типа II по содержанию меди имеют промышленное значение, а разновидность руды II-2 характеризуется даже высоким содержанием меди. Запасы меди во вкрапленных сульфидных рудах по главным рудным телам (без учета самостоятельных рудных залежей, целиком сложенных вкрапленными рудами) на Карабашском месторождении составляют около 16% от общего запаса меди, связанной с медьсодержащими рудами, а на Урупском месторождении (Урупское рудное тело) — 23%.

Наибольший промышленный интерес представляют сплошные существенно-пиритные руды, которые, как указывалось выше, представлены серноколчеданными (тип III) и медьсодержащими колчеданными рудами (тип IV). Если всю массу сплошных сульфидных руд принять за 100%, то на Карабашском месторождении медьсодержащие руды составят 86,4%, а серноколчеданные — 13,6%; в Урупском рудном теле соответственно — 78,6 и 21,4%, во Власничихинском рудном теле — 74.5 и 25,5%. Следовательно, количественные соотношения медьсодержащего и серного колчедана на этих месторождениях очень близки, особенно на разных рудных телах Урупского месторождения.

[1] В ранних работах типы руд назывались группами, а разновидности типов — типами руд [9, 10].

На Карабашском месторождении серноколчеданные руды слагают полностью рудные тела на южных флангах, а на других участках встречаются в лежачем боку рудных тел. На западном фланге Урупского рудного тела серноколчеданные руды иногда преобладают над медьсодержащими, на других же участках встречаются только в лежачем боку. Власничихинское рудное тело пока изучено недостаточно. Вероятно, значительная часть его сброшена и в период наших исследований не была обнаружена. Серноколчеданные руды и здесь, однако, тяготеют к лежачему боку рудного тела.

Выделенные и ниже рассмотренные разновидности типов III и IV по простиранию и падению рудных тел прослеживаются на большом протяжении. На Карабашском месторождении, например, наименьшая протяженность отдельных разновидностей в указанных направлениях превышает 100 *м*, наиболее же распространенные разновидности медьсодержащих руд (IV-7 и IV-8) часто развиты на всем протяжении рудных тел.

Для серноколчеданных руд наиболее характерны массивная текстура и грубозернистая структура, а для медьсодержащих колчеданных руд — полосчатые и неяснополосчатые текстуры, тонко- и мелкозернистые структуры. В первых макроскопически наблюдается из рудных минералов только пирит, а во вторых, кроме пирита, халькопирит, сфалерит, часто теннантит, а иногда гипогенный борнит.

Вещественный состав и структурно-текстурные особенности карабашских и урупских руд очень близки, что выражается в наличии на том и другом месторождении руд одних и тех же типов и разновидностей. Все особенности руд Урупского и особенно Карабашского месторождения относительно устойчивы по простиранию и падению рудных тел и довольно резко (скачкообразно) меняются по мощности. Это указывает на общность условий формирования данных месторождений. Вместе с тем имеются и отчетливо проявленные различия. На Карабашском месторождении, в отличие от Урупского, все разновидности руд характеризуются более высоким содержанием пирита, теннантита и, как правило, сфалерита, меньшим количеством халькопирита и присутствием арсенопирита. На Урупском месторождении, в отличие от Карабашского, широко проявлен гипогенный борнит, встречается (иногда в значительном количестве) гематит и магнетит[1]. В рудах Урупского месторождения установлено более высокое содержание нерудных минералов, в частности, кварца, кальцита и хлорита. Для медьсодержащих руд Карабашского месторождения характерно широкое развитие барита, который на Урупском месторождении отсутствует.

Характеристика типов руд Карабашского месторождения изложена ранее [9] и здесь не рассматривается.

Типы руд Урупского месторождения в литературе не освещены, поэтому приводим их краткую характеристику. Рассмотрим два наиболее крупных тела — Урупское и Власничихинское.

Урупское рудное тело

Тип I — вкрапленные непромышленные сульфидные руды. Разновидность I-1 — бедные пиритовые вкрапленные руды лежачего бока. Широко распространены и преобладают над всеми остальными рудами, взятыми вместе. Они являются оруденелыми вмещающими породами

[1] В одном из рудных тел Карабашского месторождения установлен гипогенный борнит, но это рудное тело слабо изучено. На месторождении очень редко в виде отдельных зерен отмечался и магнетит.

лежачего бока рудного тела. Характерна бедная неравномернозернистая вкрапленность пирита. Минеральный состав: пирит 21,8%, кварц 52,4%, серицит 3,3%, хлорит 2,9%, реликты основной массы кварцевых альбитофиров 10,6% и серицито-кварцевой массы 7,6%, второстепенные минералы: халькопирит 0,5%, сфалерит 0,2%, теннантит 0,1%, галенит, кальцит 0,6%.

Разновидность I-1а — бедные пиритные вкрапленные руды висячего бока. Распространены слабо. Они являются оруденелыми вмещающими породами рудного тела (кремнистые сланцы). Характерно отчетливо выраженное гнейсовидно-полосчатое строение, которое подчеркивается неравномерно распределенной вкрапленностью пирита. Минеральный состав: пирит 20,6%, кварц 65,9%, кальцит 11,2%; второстепенные минералы: халькопирит 0,9%, сфалерит 0,1%, галенит, хлорит 0,7%, серицит 0,3% и не поддающиеся раздельному учету кварц и гематит в агрегате 0,2%.

Разновидность I-2 — полосчатые вкрапленные пиритовые руды лежачего бока. Широко распространены. Являются сильно измененными окварцованными и пиритизированными кварцевыми альбитофирами или серицито-кварцевыми сланцами. Непосредственно контактируют с лежачим боком рудного тела. Характерны грубо- и неравномернозернистая вкрапленность пирита и полосчатое строение руды. Минеральный состав: пирит 33,5%, кварц 39,5%, реликты основной массы кварцевых альбитофиров 7,0%, хлорит 5,9%, кальцит 2,6% и серицит 2,2%; второстепенные минералы: халькопирит 0,9%, сфалерит 0,2%, теннантит 0,1%, галенит и гипогенный борнит.

Тип II — вкрапленные промышленные медьсодержащие сульфидные руды (образовались за счет вмещающих пород висячего и лежачего боков рудного тела).

Разновидность II-1 — бедные медьсодержащие вкрапленные сульфидные руды, распространены слабо. Они образовались за счет рассланцованных и сильно окварцованных кварцевых альбитофиров, серицито-кварцевых сланцев (лежачий бок рудного тела) и кремнистых сланцев (висячий бок рудного тела). Руды аналогичны разновидностям I-1 и I-1 а. Отличаются макроскопически отчетливо наблюдаемой вкрапленностью халькопирита, реже теннантита и сфалерита в виде полос, струй, цепочек, а также линзовидных и гнездообразных скоплений. Минеральный состав: пирит 19,8%, халькопирит 5,9%, кварц 54,7%, кальцит 6,2%, хлорит 2,9%, серицит 1,9% и не поддающаяся раздельному подсчету тонкозернистая кварцево-серицитовая масса 7,3%; второстепенные минералы — сфалерит 0,9%, теннантит 0,4%, галенит, гематит, гипергенный борнит 0,1% и халькозин.

Разновидность II-2 — богатые медьсодержащие вкрапленные сульфидные руды. Значительно распространены и, как правило, расположены в висячем, реже лежачем боку рудного тела. Характерно наличие отчетливо выраженной вкрапленности халькопирита и пирита в виде изогнутых полос, струй и других обособлений (отношение пирита к халькопириту близко 1 : 1). Минеральный состав: пирит 17,3%, халькопирит 16,4%, кварц 42,0%, кальцит 4,6%, хлорит 3,1%; второстепенные минералы — сфалерит 0,8%, теннантит 0,4%, галенит, отдельные мелкие зерна аргентита и самородного золота, гипергенный борнит, серицит 0,8%.

Тип III — сплошные пиритные серноколчеданные промышленные на серу руды (обычно лежачий бок рудного тела).

Разновидность III-1 — полосчатые серноколчеданные руды. Распространены значительно. Расположены в лежачем боку рудного тела

в непосредственном контакте с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Характерно наличие неравномернозернистого пирита и большое количество нерудных минералов, а также отчетливая полосчатость. Минеральный состав: пирит 52,3%, хлорит 26,0%, кварц 18,9% и кальцит 2,0%; второстепенные минералы — халькопирит 0,6%, теннантит 0,1%, сфалерит 0,1%, галенит и редко отдельные зерна гематита.

Разновидность III-3 — массивные профировидные серноколчеданные руды[1]. Распространены значительно. Расположены, как правило, в лежачем боку рудного тела, часто в непосредственном контакте с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Характерно среднезернистое и неравномернозернистое порфировидное строение. Минеральный состав: пирит 66,2%, хлорит 12,7%, кварц 12,0%, кальцит 7,6%; второстепенные минералы — халькопирит 0,7%, сфалерит 0,7%, теннантит, изредка отдельные зерна галенита и гематита.

Тип IV — сплошные существенно пиритные медьсодержащие промышленные руды.

Разновидность IV-4 — полосчатые среднезернистые и неравномернозернистые медьсодержащие руды, обогащенные халькопиритом. Распространены незначительно. Расположены в лежачем боку рудного тела, часто находятся в непосредственном контакте с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Эта разновидность обычно встречается в тех участках рудного тела, где отсутствуют серноколчеданные руды. Характерно средне- и неравномернозернистое строение пирита с большим количеством халькопирита и нерудных минералов и отчетливо выраженное полосчатое строение. Полосы, сложенные среднезернистым пиритом и нерудными минералами, чередуются с полосами более мелкозернистого пирита, обогащенными халькопиритом. Минеральный состав: пирит 52,5%, халькопирит 8,7%, кварц 18,2%, хлорит 11,7% и кальцит 8,4%; второстепенные минералы — сфалерит 0,3%, теннантит 0,1%, галенит, гипергенный борнит и отдельные чешуйки серицита.

Разновидность IV-5 — полосчатые медьсодержащие руды, значительно обогащенные халькопиритом и сфалеритом. Широко распространены. Расположены в центральной части рудного тела. Отличаются тонко-, мелко- и неравномернозернистым строением с большим количеством халькопирита и особенно сфалерита, а также отчетливо выраженной полосчатостью. Полоски латунно-желтого цвета, сложенные в основном пиритом и халькопиритом, чередуются с полосками черного цвета, сложенными сфалеритом, пиритом и нерудными минералами. Минеральный состав: пирит 56,9%, халькопирит 12,0%, сфалерит 11,4%, кварц 8,1%, хлорит 7,3% и кальцит 2,5%, второстепенные минералы — теннантит 0,7%, гипогенный борнит 0,2%, галенит 0,1%, отдельные зерна гематита и гипергенного ковеллина.

Разновидность IV-6 — полосчатые руды, значительно обогащенные гипогенным борнитом. Распространены значительно. Расположены в висячем боку рудного тела и непосредственно контактируют с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Отличаются наличием большого количества легко макроскопически наблюдаемого гипогенного борнита. Строение тонко- и мелкозернистое с нечетко проявленной полосчатостью. Руда имеет отчетливо выраженную латунно-желтую с сиреневым оттенком окраску. Минеральный состав: пирит 51,5%,

[1] Классификация типов и разновидностей типов руд для Урупского и Карабашского месторождений общая, поэтому, естественно, часть типов и разновидностей на том и другом месторождении отсутствует.

борнит 10,1%, халькопирит 9,5%, сфалерит 1,4%, кварц 16,6% и кальцит 9,0%; второстепенные минералы — теннантит 0,9%, галенит 0,3%, гипогенный халькозин, редко гематит, иногда встречается самородное золото, серицит 0,6% и хлорит 0,2%.

Разновидность IV-7 — тонкополосчатые и тонкозернистые медьсодержащие руды, сильно обогащенные халькопиритом. Распространены значительно. Расположены в висячем боку рудного тела, нередко в непосредственном контакте с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Отличаются большим количеством отчетливо макроскопически наблюдаемого халькопирита. Строение тонко- и мелкозернистое с нечетко проявленной полосчатостью. Минеральный состав: пирит 56,5%, халькопирит 22,1%, сфалерит 1,7%, хлорит 9,9%, кальцит 5,5% и кварц 3,2%; второстепенные минералы — теннантит 0,8%, галенит, гипергенный борнит 0,1% и ковеллин, из нерудных серицит 0,1%.

Разновидность IV-8 — полосчатые, тонко- и неравномернозернистые медьсодержащие руды. Распространены значительно. Находятся в висячем боку рудного тела, непосредственно контактируют с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами. Встречаются в участках рудных тел, характерных широким развитием серноколчеданных руд. Отличаются тонко- и мелкозернистым строением с большим количеством нерудных минералов и значительным халькопирита. Отчетливо проявлена полосчатость. Минеральный состав: пирит 47,7%, халькопирит 8,0%, кварц 24,9%, хлорит 8,4%, кальцит 8,0% и серицит 1,9%; второстепенные минералы — теннантит 0,7%, сфалерит 0,2%, галенит, встречено самородное золото. Кроме того, установлены гипергенные минералы — борнит 0,1%, халькозин и ковеллин.

Власничихинское рудное тело

Тип I — вкрапленные непромышленные сульфидные руды.

Разновидность I-1а — бедные пиритные вкрапленные руды висячего бока. Распространены значительно. Образовались за счет окварцевания, карбонатизации и пиритизации туфов кварцевых альбитофиров висячего бока рудного тела. Отличаются грубо- и неравномернозернистой вкрапленностью пирита, представленной в виде струй и тонких полосок. Минеральный состав: пирит 24,6%, нерудные минералы 75,1% (кварц, кальцит и серицит); второстепенные минералы — сфалерит 0,2%, теннантит и халькопирит.

Разновидность I-2 — полосчатые вкрапленные пиритные руды лежачего бока. Распространены значительно. Образовались за счет интенсивной пиритизации кварцево-хлоритовых сланцев лежачего бока рудного тела. Отличаются полосчатым строением, грубо-и неравномернозернистой вкрапленностью пирита. Минеральный состав: пирит 40,4%, халькопирит 2,1%, нерудные минералы 57,4% (хлорит, кварц, кальцит и серицит); второстепенные минералы — сфалерит 0,1% и теннантит.

Тип III — сплошные пиритовые серно-колчеданные промышленные на серу руды.

Разновидность III-3 — массивные порфировидные серноколчеданные руды. Широко распространены, в основном все руды серного колчедана представлены этой разновидностью. Расположены, как правило, в лежачем боку, часто в центральной части и в единичных случаях смещаются к висячему боку рудного тела. Характерно неравномернозернистое строение, на фоне тонко- и среднезернистого строения резко выделяются отдельные крупные порфировидные зерна пирита размером до 10 *мм*. Минеральный состав: пирит 63,4%, нерудные минералы 34,4% (кварц,

кальцит, хлорит и серицит); второстепенные минералы: халькопирит 0,8%, сфалерит 0,1%, гематит 0,1% и теннантит.

Тип IV — сплошные существенно пиритовые медьсодержащие промышленные руды.

Разновидность IV-3. Неяснополосчатые мелко- и среднезернистые медьсодержащие руды. Широко распространены. Расположены в центральной части рудного тела — ближе к висячему боку, иногда встречаются и в лежачем боку. Отличаются неравномернозернистым строением,

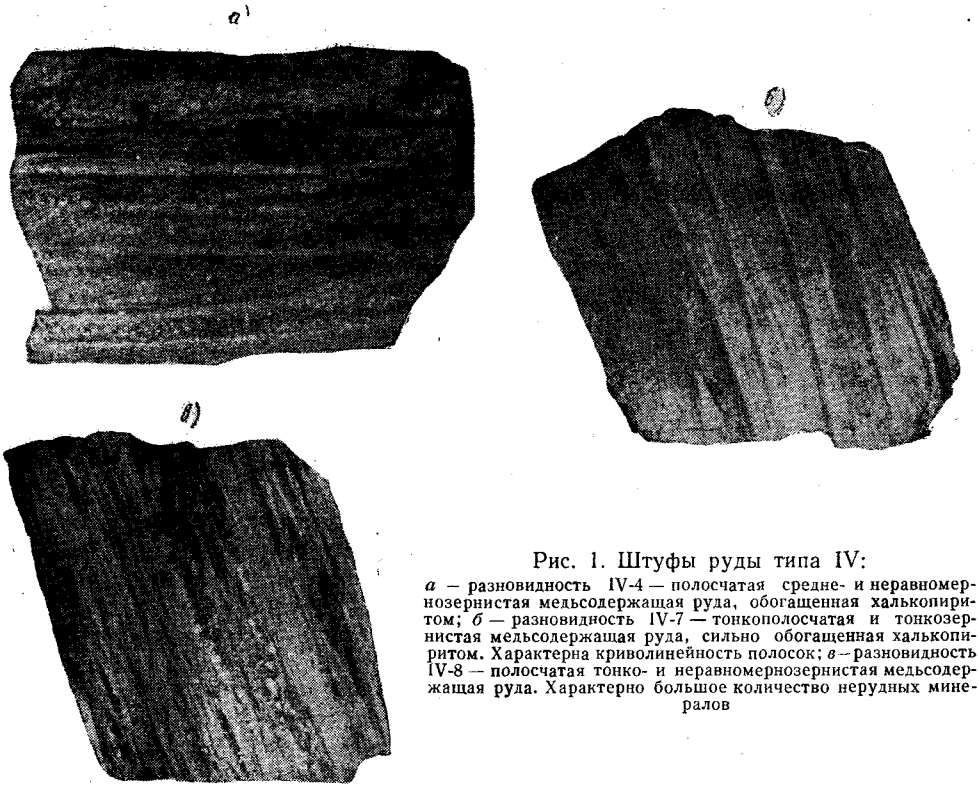


Рис. 1. Штуфы руды типа IV:

а — разновидность IV-4 — полосчатая средне- и неравномернозернистая медьсодержащая руда, обогащенная халькопиритом; *б* — разновидность IV-7 — тонкополосчатая и тонкозернистая медьсодержащая руда, сильно обогащенная халькопиритом. Характерна криволинейность полосок; *в* — разновидность IV-8 — полосчатая тонко- и неравномернозернистая медьсодержащая руда. Характерно большое количество нерудных минералов

неясно выраженной полосчатостью, отчетливо макроскопически наблюдаемым халькопиритом. Халькопирит обычно представлен в виде неясных линзовидных полосок, струйчато-ветвящихся прожилков и обособлений неправильной формы. Халькопирит явно тяготеет к крупнозернистому пириту. Минеральный состав: пирит 68,4%, халькопирит 6,8%, нерудные минералы 24,2% (кварц и кальцит); второстепенные минералы — сфалерит 0,3%, теннантит, галенит, магнетит, гематит и гипергенные (борнит, халькозин), серицит, хлорит.

Разновидность IV-8 — полосчатые, тонко- и неравномернозернистые медьсодержащие руды. Значительно распространены. Расположены в висячем боку рудного тела и обычно непосредственно контактируют с вмещающими «породами» — вкрапленными рудами, изредка встречаются в центральной части, а иногда и в лежачем боку. Отличаются тонко- и мелкозернистым строением, отчетливо проявленной полосчатостью и постоянным присутствием халькопирита. Халькопирит тяготеет к тонкозернистым полоскам пирита, а нерудные минералы — к среднезер-

нистым полоскам пирита. Минеральный состав: пирит 57,6%, халькопирит 8,8% и нерудные минералы 32,8% (кварц, серицит и в небольшом количестве хлорит); второстепенные минералы — сфалерит 0,5%, тенантит 0,1%, галенит и гематит.

Как видно из краткого описания, не только типы руд, но и их разновидности макроскопически хорошо различаются. На рис. 1 приведены фотографии штуфов, представляющих наиболее близкие по составу и структурно-текстурным особенностям разновидности руд Урупского рудного тела. Несмотря на то, что двухцветная фотография не может передать всех особеностей руды, все же на снимках отчетливо видны различия, которые отражены и при описании разновидностей руд.

В руде каждой разновидности на Карабашском и Урупском месторождениях установлены средние содержания меди, цинка и серы, удельные и объемные веса (табл. 1), т. е. получены все необходимые данные для опробования по типам руд.

Об относительной погрешности опробования по типам руд

Погрешность опробования по типам руд прежде всего обусловлена колебаниями содержания полезных компонентов в разновидностях руд. Величина таких колебаний для меди приведена в табл. 2. Для сопоставления приведены также значения погрешностей химического анализа, установленные для разных содержаний меди в руде по данным внешнего контроля, и «действительные» погрешности опробования при взятии проб бороздой правильного сечения (контрольные пробы) по Урупскому месторождению и при взятии основных и контрольных проб пунктирной бороздой по Карабашскому месторождению.

С практической точки зрения очень важно, чтобы колебания содержания меди в руде каждой разновидности существенно не превышали или были близки к «действительной» погрешности принятых до сих пор методов опробования. Если сравнить отклонения за счет колебания содержания меди в каждой разновидности руд с «действительными» погрешностями опробования (см. табл. 2), то можно легко убедиться, что их значения близки между собой. Однако такое сравнение не совсем точно отражает величину вероятных отклонений содержаний меди в рудах. Кажущаяся величина колебаний содержания меди отражает суммарный эффект из колебания содержаний указанного компонента и из погрешности опробования, так как содержания меди в каждой разновидности установлены принятым методом опробования. Зная «действительную» погрешность опробования при определении содержания меди в рудах, можно приближенно вычислить действительные колебания содержаний меди в руде каждой разновидности

$$m\%_{кол} = \sqrt{m\%^2 - m^0{}_0{}^2{}_{п.\,о}},$$

где $m\%$ — сумма из колебаний содержания меди в руде данной разновидности и „действительной“ погрешности опробования;

$m\%_{п.\,о}$ — „действительная“ погрешность опробования (2,6%);

$m\%_{кол}$ — исправленные значения колебаний содержания меди в руде той же разновидности.

Принимая минимальную «действительную» погрешность опробования, установленную на Урупском месторождении по данным опробования бороздой правильного сечения и пунктирной бороздой, равной 2,6%, вычислим для руд наиболее распространенных медьсодержащих разновидностей действительные колебания содержания меди (табл. 3).

Таблица 1

СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ЗНАЧЕНИЯ УДЕЛЬНОГО (ОБЪЕМНОГО) ВЕСА В РАЗНОВИДНОСТЯХ РУД КАРАБАШСКОГО И УРУПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тип и разновидность руды	Карабашское месторождение						Урупское месторождение									
								Урупское рудное тело					Власничихинское рудное тело			
	число проб	содержание, вес. %			число определений	удельный вес	число проб	содержание, вес. %			число определений	объемный вес	содержание, вес. %			объемный вес
		Cu	Zn	S				Cu	Zn	S			Cu	Zn	S	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Тип I — вкрапленные непромышленные сульфидные руды																
I-1	Разновидность не установлена						10	0,20	0,25	8,56	9	2,73	Разновидность отсутствует			
I-1а	То же						7	0,36	Не определялось	10,68	12	3,01	0,34*	0,13*	20,67*	3,28
I-2	40	0,23	0,47	30,10	48	3,97	51	0,22	0,51	15,39	22	3,22	0,81*	0,04*	30,44*	3,59
Тип II — вкрапленные промышленные медьсодержащие руды																
II-1	12	1,65	2,22	26,62	25	3,81	16	1,61	Не определялось	20,54	19	3,25	Разновидность отсутствует			
II-2	11	6,66	2,33	22,72	17	4,28	2	3,26	То же	35,57	14	2,95	То же			
Тип III — существенно пиритовые серноколчеданные промышленные на серу руды																
III-1	9	0,35	0,67	46,75	12	4,48	3	0,60	Не определялось	44,12	14	3,69	Разновидность не установлена			
III-2	13	0,52	0,76	50,83	24	4,88	Разновидность отсутствует						То же			
III-3	12	0,39	0,63	50,60	13	4,84	20	0,29	0,30	37,04	23	3,97	0,29*	0,05*	40,92*	3,84
Тип IV — существенно пиритовые медьсодержащие промышленные руды																
IV-1	11	1,75	2,24	49,68	19	4,76	Разновидность отсутствует						Разновидность отсутствует			
IV-2	9	1,86	2,44	45,72	9	4,79	То же						То же			
IV-3	25	2,18	2,42	46,20	47	4,81							2,32	0,42	45,35	4,21
IV-4	Разновидность отсутствует						30	2,46	1,15	42,98	19	3,86	Разновидность отсутствует			
IV-5	39	3,55	3,11	41,90	51	4,71	37	5,10	4,51	44,10	47	4,09	То же			
IV-6	Разновидность отсутствует						13	8,90	1,72	41,74	17	4,28	"			
IV-7	То же						9	4,65	2,22	44,16	24	4,30				
IV-8							14	4,21	0,52	33,70	23	3,82	3,22	0,32	37,82	3,68
IV-9	23	2,25	2,33	33,53	42	4,20	Разновидность отсутствует									

Примечание. Среднее содержание цинка в разновидностях руд Урупского месторождения установлено по очень малому числу проб.

* Содержание полезных компонентов установлено по данным количественного минерального состава.

Таблица 2

СРЕДНИЕ КВАДРАТИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ, ОТРАЖАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ СРЕДНИХ СОДЕРЖАНИЙ В УСТАНОВЛЕННЫХ РАЗНОВИДНОСТЯХ РУД

Природа погрешности и отклонения	Тип и разновидность руды	Карабашское месторождение: Число вариантов	Среднее содержание Cu	Среднее квадратическое отклонение при определении содержания меди, %: σ	m	m %	при n=25: m	m %	V	Урупское месторождение: Число вариантов	Среднее содержание Cu	Среднее квадратическое отклонение при определении содержания меди, %: σ	m	m %	при n=25: m	m %	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Погрешности химических анализов при содержании меди	—	312	0,30	0,1079	0,0061	2,0	0,021	7,0	36,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	241	1,34	0,1421	0,0094	0,7	0,030	2,2	10,6	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	162	4,50	0,3585	0,0232	0,5	0,080	1,8	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—
„Действительные" погрешности опробования	—	107	2,45	0,7326	0,0708	2,9	0,1465	6,0	30,0	108	2,42	0,319	0,031	1,3	0,064	2,6	13,2
Отклонение содержаний меди от средних значений в разновидностях руд	Тип I — вкрапленные непромышленные сульфидные руды																
	I-1	Разновидность отсутствует								10	0,20	0,197	0,0625	31,3	0,0395	19,7	98,8
	I-1a	То же								7	0,34	0,260	0,098	28,9	0,052	15,3	76,4
	I-2	40	0,23	0,1612	0,025	10,9	0,032	13,0	70,1	51	0,22	0,177	0,025	11,7	0,035	15,9	80,5
	Тип II — вкрапленные промышленные медьсодержащие руды																
	II-1	12	1,65	0,3840	0,111	6,7	0,077	4,7	23,3	16	1,61	0,765	0,191	11,9	0,153	9,5	47,5
	II-2	11	6,66	1,2695	0,382	5,7	0,254	3,8	19,1	—	—	—	—	—	—	—	—
	Тип III — существенно пиритовые серноколчеданные промышленные на серу руды																
	III-2	13	0,52	0,1777	0,049	9,4	0,036	6,9	34,2	Разновидность отсутствует							
	III-3	12	0,39	0,2190	0,063	16,2	0,044	11,3	66,2	23*	0,33	0,226	0,047	14,3	0,045	13,6	68,6
	Тип IV — существенно пиритовые медьсодержащие промышленные руды																
	IV-3	25	2,18	0,5185	0,104	4,8	0,104	4,8	23,8	Разновидность отсутствует							
	IV-4	Разновидность отсутствует								30	2,46	0,945	0,172	7,0	0,189	7,7	38,4
	IV-5	39	3,55	0,8291	0,133	3,8	0,166	4,7	23,4	37	5,10	1,560	0,256	5,1	0,312	6,1	30,6
	IV-6	Разновидность отсутствует								13	8,90	2,184	0,606	6,8	0,437	4,9	24,5
	IV-7	То же								9	4,65	1,152	0,384	8,3	0,231	5,0	24,8
	IV-8	»								14	4,21	1,761	0,471	11,2	0,352	8,4	41,8

Примечание. Коэффициенты вариации, характеризующие погрешности химанализов, названы ложными [11], так как они возникли в основном за счет случайных отклонений, вызванных погрешностью химанализов и погрешностью опробования.

* Данные приведены совместно по двум разновидностям руды: III-1 (3 пробы) и III-3 (20 проб).

Таблица 3

ИСПРАВЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В РАЗНОВИДНОСТЯХ РУД[1]

Тип и разновидность руды	Карабашское месторождение			Урупское месторождение		
	среднее содержание меди, %	отклонение содержания, %		среднее содержание меди, %	отклонение содержания, %	
		неисправленное, m %	исправленное, $m\,\%_{кол}$		неисправленное, m%	исправленное $m\,\%_{кол}$
1	2	3	4	5	6	7
II-1	1,65	4,7	3,9	1,61	9,5	9,1
II-2	6,66	3,8	2,8	—	—	—
IV-3	2,18	4,8	4,0	Разновидность отсутствует		
IV-4	—	—	—	2,46	7,7	7,2
IV-5	3,55	4,7	3,9	5,10	6,1	5,5
IV-6	Разновидность отсутствует			8,90	4,9	4,2
IV-7	То же			4,65	5,0	4,3
IV-8	»			4,21	8,4	8,0

[1] Исправленные относительные квадратические отклонения ($m\,\%_{кол}$) вычислены для 25 вариантов.

Исправленные значения относительных квадратических отклонений ($m\,\%_{кол}$), характеризующие колебания содержания меди в медьсодержащих разновидностях руд рассматриваемых месторождений, как правило, меньше «действительной» погрешности опробования, установленной для пунктирной борозды на Карабашском месторождении ($m\% = \pm 6{,}0\%$) и выше «действительной» погрешности опробования, установленной для борозды правильного сечения и пунктирной борозды Урупского месторождения. Таким образом, судя по величине колебаний содержания меди в разновидностях руд, можно ожидать, что погрешность опробования по типам руд не будет превышать погрешности химического опробования при взятии проб пунктирной бороздой.

Выясним относительную погрешность опробования по типам руд и представительность этого опробования путем сопоставления с данными контрольного опробования. На Карабашском и Урупском месторождениях было произведено опробование по типам руд тех же участков рудного тела, которые опробовались принятыми на этих месторождениях методами (рис. 2, 3). Результаты соответствующих расчетов приведены в табл. 4.

Средние содержания меди, серы и цинка, полученные опробованием по типам руд, почти равны средним содержаниям, установленным по контрольному химическому опробованию (при бороздовом способе взятия проб): различие в их значениях не превышает среднего абсолютного отклонения, характеризующего погрешность определения среднего содержания указанных компонентов по данным контрольного опробования.

Величина средних квадратических отклонений, характеризующих погрешность опробования по типам руд, равновелика отклонениям, характеризующим контрольное химическое опробование. Следовательно, опробование по типам руд равноточно принятым методам опробования (см. табл. 4).

[1] В разновидностях руд типов. I и III исправленные значения колебаний не установлены, так как руды типа I не имеют промышленного значения, а руды типа III используются только как сернокислотное сырье.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ОПРОБОВАНИЯ ПО ТИПАМ РУД ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ОПРОБОВАНИЯ

Таблица 4

Погрешность и представительность опробования по типам руд	При определении средних содержаний												
	меди							цинка		серы			
	по данным опробования												
	химического		по типам руд	химического			по типам руд	химического	по типам руд	химического			по типам руд
	основные пробы	контрольные пробы		основные пробы	контрольные пробы	контрольные пробы*		контрольные пробы*		основные пробы	контрольные пробы	контрольные пробы*	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Карабашское месторождение			Урупское месторождение									
Число вариантов n	107	107	107	46	46	236	236	72	72	46	46	236	236
Среднее содержание $C_{ср}$, %	2,63	2,45	2,38	2,87	2,80	2,46	2,44	2,48	2,61	30,66	30,51	31,78	31,96
Среднее абсолютное квадратическое отклонение σ	1,521	1,444	1,048	2,794	2,789	2,575	2,344	2,785	1,604	13,410	13,345	14,158	12,774
Коэффициент вариации V	57,8	58,9	44,0	94,0	99,7	104,7	96,1	112,3	61,4	43,7	43,7	44,6	40,0
Среднее абсолютное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m	0,147	0,140	0,102	0,412	0,411	0,167	0,153	0,326	0,189	1,977	1,968	0,922	0,831
Среднее относительное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m %	5,6	5,7	4,3	14,4	14,7	6,8	6,3	13,1	7,2	6,4	6,4	2,9	2,6
То же, при $n = 25$													
m'	0,304	0,289	0,209	0,559	0,558	0,515	0,469	0,557	0,321	2,682	2,669	2,832	2,555
m' %	11,5	11,8	8,8	19,5	20,0	20,9	19,2	22,5	12,3	8,7	8,7	8,9	8,0
Коэффициент корреляции r	+0,75	+0,76		+0,98		+0,91		+0,49		+0,99		+0,92	
Погрешность коэффициента корреляции m_r	0,042	0,040		0,006		0,011		0,09		0,003		0,010	
Реальность корреляционной связи [16, 17]**	7,7	7,8		6,6		13,9		4,1		7,7		14,1	
Отсутствие систематической ошибки [16, 17]***	1,8	0,78		0,85		0,30		0,46		0,53		0,50	

Примечания. 1. На Карабашском месторождении основные и контрольные пробы взяты пунктирной бороздой, а на Урупском основные — пунктирной бороздой, а контрольные — бороздой правильного сечения.

2. На Урупском месторождении опробование по типам руд контролировалось пробами, взятыми бороздой правильного сечения и пунктирной.

* Брались для определения представительности опробования по типам руд.

** Реальность корреляционной связи считается доказанной, если $r\sqrt{n-1} > 3$

*** Отсутствие систематической ошибки считается доказанным, если $\frac{C_{ср.\,к} - C_{ср.\,о}}{\sqrt{m^2_к + m^2_о - 2m_к m_о r}} \leqslant 1$, где $m_к$ — данные по контрольным пробам; $m_о$ — данные по основным пробам или по типам руд.

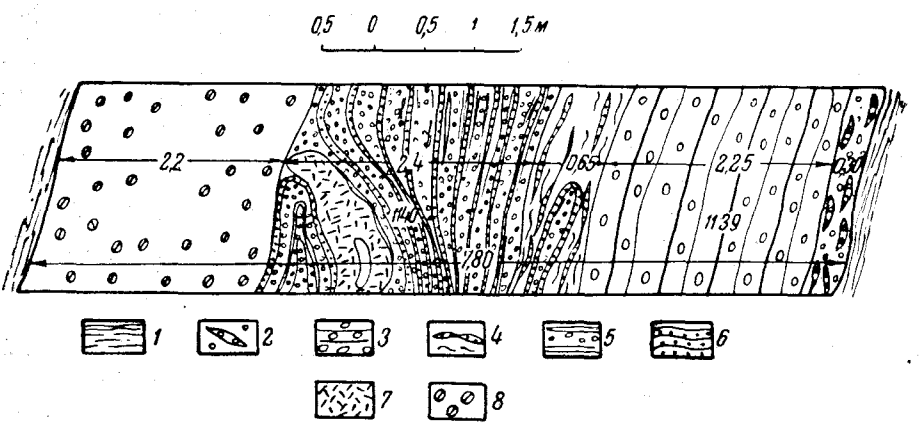


Рис. 2. Очистной забой рудного тела, опробованный по типам руд и контрольными пробами (Ворошиловский рудник, Западная жила, XI этаж, блок 30, расстояние от восстающего 13 на юг 20 *м*, высота от X этажа 7,5 *м*):

1 — кварцево-хлоритовые сланцы; *2* — неяснополосчатые и неравномернозернистые медьсодержащие руды (IV-3); *3* — полосчатые медьсодержащие руды, значительно обогащенные халькопиритом и сфалеритом (IV-5); *4* — богатые медьсодержащие вкрапленные сульфидные руды (II-2); *5* — бедные медьсодержащие вкрапленные сульфидные руды (II-1); *6* — полосчатые вкрапленные пиритовые руды лежачего бока (I-1); *7* — кварцевая линза; *8* — мелкозернистые и равномернозернистые медьсодержащие руды с большим количеством кальцита

Результаты опробования

Номер пробы	Содержание меди, %	Среднее содержание меди, %		Относительная ошибка, %
		по пробам	по типам руд	
1139	3,76	2,77	2,67	— 3,6
1140	0,56			

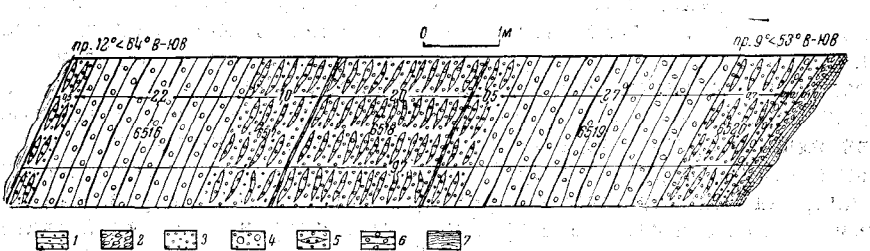


Рис. 3. Очистной забой рудного тела, опробованный по типам руд и основными пробами (Ворошиловский рудник, Западная жила, XII этаж, блок 18, высота 5 *м*):

1 — полосчатые вкрапленные пиритовые руды лежачего бока (I-2); *2* — сланцеватые серно-колчеданные руды (III-1); *3* — массивные среднезернистые и равномернозернистые серно-колчеданные руды (III-2); *4* — массивные порфировидные серно-колчеданные руды (III-3); *5* — неяснополосчатые и неравномернозернистые медьсодержащие руды (IV-3); *6* — полосчатые медьсодержащие руды, значительно обогащенные халькопиритом и сфалеритом (IV-5); *7* — кварцево-серицитовые сланцы

Результаты опробования

Номер пробы	Содержание меди, %	Среднее содержание меди, %		Относительная ошибка, %
		по пробам	по типам руд	
6516	2,91	3,06	2,87	— 6,2
6517	1,63			
6518	2,29			
6519	5,65			
6520	2,59			

Большая величина надежно установленных коэффициентов корреляции (со знаком плюс)[1] указывает на то, что опробование по типам руд вполне представительно и с успехом может заменить обычно принятое химическое опробование, тем более, что при опробовании по типам руд систематическая погрешность отсутствует (см. табл. 4).

Относительная погрешность опробования по типам руд надежнее всего может быть установлена при определении «действительной» погрешности. Если «действительные» погрешности опробования по типам руд окажутся близкими к соответствующим погрешностям химического опробования, то указанные методы опробования можно считать равноточными. «Действительные» погрешности опробования по типам руд могут быть установлены сравнением данных опробования по типам руд с данными контрольного опробования (при взятии проб бороздой правильного сечения и пунктирной бороздой с последующим химическим анализом). Такие погрешности установлены как для частей сечений рудного тела (в пределах отдельной пробы), так и для полных сечений. Колебания содержаний полезных компонентов в разновидностях руд, слагающих каждое сечение рудного тела, вероятно, имеют различные знаки, поэтому «действительные» погрешности в целых сечениях будут иметь меньшее значение, чем в частях сечений (табл. 5).

«Действительные» погрешности опробования по типам руд на Карабашском и Урупском месторождениях равновелики аналогичным погрешностям, характеризующим химическое опробование при взятии проб пунктирной бороздой. Таким образом, опробование по типам руд по достоверности не уступает химическому опробованию при взятии проб пунктирной бороздой, особенно если уточнить содержание полезных компонентов в разновидностях руд, в которых иногда среднее содержание компонентов установлено при малом числе вариантов (см. табл. 2). Опробование по типам руд керна скважин сопровождается такой же по величине погрешностью, как и опробование горных выработок. Однако «действительная» погрешность опробования по типам руд несколько больше «действительной» погрешности химического опробования, установленной для Урупского месторождения при взятии проб бороздой правильного сечения. Более низкое значение «действительной» погрешности химического опробования на Урупском месторождении по сравнению с Карабашским объясняется в основном не различием в способах взятия контрольных проб (на Урупском — бороздой правильного сечения, на Карабашском — пунктирной бороздой), а разными условиями исследования. На Карабашском месторождении «действительная» погрешность химического опробования установлена в производственных условиях, на Урупском — в условиях исследовательских работ. Заметное влияние оказывает и способ взятия проб: на Урупском месторождении при определении содержания меди «действительная» погрешность опробования по типам руд (25 вариантов) при сравнении с химическим опробованием оказалась равной $m'\% = \pm 6{,}0\%$ (контрольные пробы взяты бороздой правильного сечения, среднее содержание меди 2,71%) и $m'\% = \pm 6{,}7\%$ (контрольные пробы взяты пунктирной бороздой, среднее содержание меди 2,24%).

«Действительная» погрешность опробования как химического, так и по типам руд заметно уменьшается при определении содержания по-

[1] Относительно небольшой коэффициент корреляции получен лишь при определении по типам руд содержания цинка. Это, вероятно, объясняется тем, что средние содержания цинка в разновидностях руд установлены ненадежно и, кроме того, погрешность химического анализа при определении цинка значительно выше погрешности при определении меди и серы.

лезных компонентов в полном сечении рудного тела по сравнению с частью сечения (см. табл. 5). Наименьшие «действительные» погрешности опробования химического и по типам руд отмечаются при определении содержания в руде серы (особенно в сплошных сульфидных рудах), а наибольшие — цинка. Это, вероятно, обусловлено существенным различием содержаний указанных компонентов в рудах, характером их распределения и меньшей точностью химических анализов при определении содержания цинка.

Величина «действительных» погрешностей опробования по типам руд как для частей сечений, так и для полных сечений рудного тела, даже при малом числе вариантов (25), не является препятствием для подсчета запасов высоких категорий, вплоть до категории A_1, так как значение этих погрешностей колеблется от 2 до 5% определяемой величины (при определении содержания полезных компонентов для целых сечений рудного тела) [18, 19].

На Урупском месторождении по штольням 3 и 8 нами были подсчитаны линейные запасы (в толще 1 *м* «слоя» рудного тела) по данным химического опробования и типам руд. Подсчет произведен по рудному телу на протяжении 179,6 *м*. Для подсчета использовано 159 проб (химического опробования). Всего опробовано 50 сечений рудного тела при расстоянии между сечениями 3,6 *м*. При подсчете запасов по типам руд не использовалось ни одной контрольной пробы, содержание установлено только по типам руд. По данным химического опробования, при среднем содержании меди 3,32% линейные запасы меди оказались равными 48,53 *т*, а по данным опробования по типам руд, при среднем содержании меди 3,30% запасы меди составили 48,25 *т*. Относительная погрешность подсчитанных запасов по типам руд достигает 0,6% определяемой величины. Таким образом, приведенный выше вывод о возможности подсчета запасов высоких категорий с использованием данных опробования по типам руд подтвердился.

Результаты промышленного освоения опробования по типам руд на Карабашском колчеданном месторождении

Метод опробования по типам руд был освоен на Карабашском месторождении в 1941 г. Нами была составлена инструкция по освоению метода, предусматривающая первую и вторую стадии его освоения. Первую стадию предлагалось освоить на сложных по геологическому строению участках рудного тела, отрабатывающихся горизонтальными слоями, а вторую стадию — на относительно простых, отрабатывающихся наклонными слоями с закладкой выработанного пространства. Различие между первой и второй стадиями заключается только в системе контроля. При первой стадии освоения применялся более строгий контроль и, естественно, бралось большее число контрольных проб. При полном освоении метода опробования по типам руд контрольное опробование может стать эпизодическим.

Результаты первого периода производственного освоения метода опробования по типам руд на Карабашском медно-колчеданном месторождении отражены в акте, составленном руководством Северо-Карабашского рудоуправления. Приводим отдельные пункты этого акта.

«§ 2. Сравнивая полученные результаты опробования по типам руд со старым методом [1], устанавливаем следующее:

[1] Под «старым методом» подразумевается взятие проб пунктирной бороздой с последующим химическим анализом.

А. В частях сечений, пред

Погрешности опробования по типам руд	При определении средних ме			
	сплошным		вкрапленным	
1	2	3	4	5
				Карабашское
Число вариантов n	81	81	26	26
Среднее содержание $C_{ср}$, %	2,76	2,68	1,68	1,61
Среднее абсолютное квадратическое отклонение σ	0,785	0,720	0,540	0,507
Ложный коэффициент вариации $V_л$	28,4	26,9	32,1	31,5
Среднее абсолютное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m	0,087	0,079	0,106	0,100
Среднее относительное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m %	3,1	2,9	6,3	6,2
То же, при $n = 25$				
m'	0,157	0,144	0,108	0,101
m' %	5,7	5,4	6,4	6,3

Б. В полных сечениях рудного тела,

Погрешности опробования по типам руд	При определении меди сплошным и вкрапленным		
1	2	3	4
			Карабашское
Число вариантов n	28	28	183
Среднее содержание $C_{ср}$, %	2,54	2,40	2,67
Среднее абсолютное квадратическое отклонение σ	0,476	0,467	0,518
Ложный коэффициент вариации $V_л$	18,7	19,5	19,4
Среднее абсолютное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m	0,090	0,088	0,038
Среднее относительное квадратическое отклонение при определении среднего содержания m %	3,5	3,7	1,4
То же, при $n = 25$			
m'	0,095	0,093	0,104
m' %	3,7	3,9	3,8

Примечания. 1. В графах 2, 4, 6, 8 и 11 табл. 5,А приведены данные, характеризующие „действи получены сопоставлением химического опробования по основным и контрольным пробам. На Карабашском ные — пунктирной бороздой, а контрольные — бороздой правильного сечения.

Данные остальных граф характеризуют „действительную" погрешность опробования по типам руд и Опробование проводилось в подземных выработках и по керну скважин. Данные, характеризующие ведены в графе 10.

2. В графе 2 табл. 5,Б приведены данные, характеризующие „действительную" погрешность применяе Данные остальных граф характеризуют „действительные" погрешности опробования по типам руд и

Таблица 5

ОПРОБОВАНИЯ ПО ТИПАМ РУД

ставленных одной пробой

содержаний по сульфидным рудам								
ди					серы			
сплошным и вкрапленным					сплошным и вкрапленным	сплошным	вкрапленным	сплошным и вкрапленным
6	7	8	9	10	11	12	13	14
месторождение		Урупское месторождение						
107	107	108	235	76	107	101	93	235
2,54	2,42	2,42	2,44	1,65	25,52	40,32	14,44	31,96
0,733	0,674	0,319	0,746	0,474	1,616	2,709	4,701	4,164
28,6	27,9	13,2	30,6	28,7	6,3	6,7	32,6	13,0
0,071	0,065	0,031	0,049	0,054	0,156	0,271	0,487	0,272
2,8	2,7	1,3	2,0	3,3	0,6	0,7	3,4	0,8
0,146	0,135	0,064	0,149	0,095	0,323	0,542	0,940	0,833
5,7	5,6	2,6	6,1	5,7	1,3	1,3	6,5	2,6

представленных несколькими пробами

содержаний по сульфидным рудам				
цинка	серы		меди	серы
	сплошным	вкрапленным	сплошным и вкрапленным	
5	6	7	8	9
месторождение			Урупское месторождение	
66	68	25	46	46
2,25	44,07	31,44	2,17	30,16
0,588	1,765	4,191	0,382	2,844
26,1	4,0	13,3	17,6	9,43
0,072	0,214	0,838	0,056	0,307
3,2	0,5	2,7	2,6	1,0
0,118	0,353	0,838	0,076	0,569
5,2	0,8	2,7	3,5	1,9

тельные" погрешности применяемых на рассматриваемых месторождениях методов опробования. Данные месторождении основные и контрольные пробы взяты пунктирной бороздой, а на Урупском основ-

контрольного химического опробования.
„действительную" погрешность опробования по типам руд и химического опробования керна скважин, при-

мого на Карабашском месторождении метода опробования.
контрольного химического метода опробования при взятии проб бороздой правильного сечения и пунктирной.

1. Опробование по типам руд при полном его освоении совершенно исключает необходимость взятия проб и производства химанализов. В первый период внедрения этого метода минимальное сокращение числа проб выразилось в 7,2 раза. В период освоения этого метода число проб сократится минимум в 15 раз.

2. На одну пробу при опробовании участков рудного тела малой мощности старым методом приходится 82 *т* добытой руды. При опробовании по типам руд в первую стадию освоения в тех же условиях на одну пробу приходится 329 *т* добытой руды, во вторую стадию — 986 *т*.

3. В участках рудного тела средней мощности при старом методе опробования на одну пробу приходится 183 *т* добытой руды. При опробовании по типам руд в первую стадию освоения в этих участках на одну пробу приходится 392 *т* добытой руды, во вторую стадию — 4702 *т*.

В первый период освоения опробования по типам руд среднее содержание меди в добытой руде за март 1941 г. по всему руднику по типам руд установлено 2,42%, а по данным контрольного химического опробования 2,39%. «Действительная» погрешность определения среднего содержания меди по типам руд составила $m\% = \pm 2{,}3\%$. Эта погрешность меньше «действительных» погрешностей, установленных для отдельных сечений рудного тела по данным химического опробования ($m\% = \pm 3{,}7\%$) и по данным опробования по типам руд в период проведения экспериментальных исследований ($m\% = \pm 3{,}8\%$).

§ 5. Введение опробования по типам руд обеспечивает оперативное руководство при отработке очистных выработок и дает возможность вести селективную добычу руд.

§ 6. Как показывает опыт, переход на метод опробования по типам руд не вызывает никаких трудностей. Коллекторы, прежде занятые на опробовании, очень быстро овладевают этим методом и дают хорошие результаты.

§ 7. Полученные результаты показывают, что опробование по типам руд имеет большую практическую ценность, создает все необходимые условия для резкого повышения производительности труда в этой области и в несколько раз сокращает расход средств, связанных с опробованием месторождений полезных ископаемых.

Учитывая особенно ярко выраженные положительные стороны метода опробования по типам руд в сравнении со старым методом, необходимо рекомендовать этот метод для всех колчеданных месторождений Урала».

Выводы

Опробование по типам руд, в отличие от общеизвестных и принятых методов опробования, использует закономерную связь между минеральным составом и структурно-текстурными особенностями руд, с одной стороны, и химическим составом их, с другой.

Изученные месторождения имеют сложное, но закономерное строение. Отдельные рудные тела, как правило, сложены рудами разных типов и разновидностей, занимающих определенное положение в пространстве. Разновидности руд легко макроскопически отличаются друг от друга, имеют отчетливые границы. Применение опробования по типам руд исключает взятие материала в пробу, его обработку и производство химических анализов. Точность данного опробования достаточно высокая. Опробование по типам руд обеспечивает большую оперативность, так как непосредственно в подземных горных выработках решается ряд задач, интересующих промышленность: а) устанавливается среднее содержание полезных компонентов в исследуемой части рудного тела; б) выясняется значение объемного или удельного веса руд; в) определяется минеральный состав и структурно-текстурные особенности руд; г) выделяются промышленные сорта руд и выясняется их положение в пространстве; д) устанавливается строение рудного тела.

Важнейшей особенностью опробования по типам руд является высокая производительность. Как показало исследование и освоение метода на Карабашском медно-колчеданном месторождении, производительность опробования возрастает в 10—15 раз.

Опробование по типам руд, в отличие от общепринятых методов опробования (исключая радиометрические методы и, возможно, люминесцентный), обеспечивает оперативное руководство очистной выемкой даже при селективной добыче руд. Кроме того, оно по сравнению с ука-

занными выше методами наиболее эффективно обеспечивает борьбу с потерями и разубоживанием руд в процессе очистной выемки, так как промышленные сорта руд достоверно устанавливаются и выделяются непосредственно в подземных горных выработках, чем достигается оперативность, полнота и чистота отработки рудных тел в установленных границах.

Опробование по типам руд, как правило, улучшает качество геологической документации, а последующий анализ накопленного материала может и должен привести к выявлению закономерностей более общего характера и использованию их как с точки зрения прогноза оруденения невскрытых участков рудного тела, так и с точки зрения упрощения метода разведки месторождения в целом. Однако метод опробования по типам руд может быть с успехом применен только на относительно хорошо изученных месторождениях. Он не может применяться в период поисков и предварительной разведки. Наиболее благоприятными условиями применения метода опробования по типам руд следует считать период детальной и эксплуатационной разведки, а также период очистной выемки руд (оперативное опробование). На крупных и хорошо изученных месторождениях метод опробования по типам руд может применяться и в период предварительной разведки.

Метод опробования по типам руд, как и другие методы опробования, не универсален и, вероятно, не может найти применения на месторождениях с весьма- и крайненеравномерным распределением полезных компонентов в рудных залежах.

Опробование по типам руд или опробование по типам разрезов могут [13] широко использоваться на многих месторождениях осадочного, метаморфогенного и магматогенного генезиса, а также при опробовании ряда месторождений стройматериалов различного происхождения.

Метод опробования по типам руд в основном вышел из стадии экспериментальных исследований и должен применяться на ряде месторождений полезных ископаемых. Широкое внедрение в производство методов опробования по типам руд и типам разрезов обеспечит государству большую экономию народных средств.

Использованная литература

1. Альбов М. Н. Опробование при разведке и добыче металлических руд и россыпей. Металлургиздат, 1943.
2. Барышев Н. В. и Громов Л. В. К вопросу методики опробования. МГРИ, 1936, вып. 1.
3. Барышев Н. В. Об определении потерь и разубоживания руд при разработке месторождений цветных, редких металлов и золота. «Сов. геология», 1941, № 5.
4. Барышев Н. В. Плотность проб в очистных выработках на месторождениях цветных, редких металлов и золота. «Сов. геология», 1945, № 6.
5. Барышев Н. В. О производстве экспериментального опробования на месторождениях рассеянных руд в осадочных породах. Госгеолиздат, 1946.
6. Глазковский В. А. Техническое опробование месторождений полезных ископаемых. Геолразведиздат, 1932.
7. Домарев В. С. О минералогическом опробовании. «Цветные металлы», 1937, № 8.
8. Замятин П. М. Рудничное опробование при системе разработки Raise Stoping и ее видоизменениях в практике Красногвардейского рудника. «Цветные металлы», 1935, № 7.
9. Иванов Н. В. Методика опробования Карабашских колчеданных месторождений по типам руд. «Сов. геология», 1941, № 4.
10. Иванов Н. В. Новая методика опробования по типам руд. «Разведка недр», 1946, № 6.
11. Иванов Н. В. Некоторые данные, уточняющие коэффициент вариации. Зап. ЛГИ, 1951, т. XXV, вып. 2.
12. Иванов Н. В. О сокращении числа проб. Зап. ЛГИ, 1955, т. XXX, вып. 2.

13. Иванов Н. В. Новый метод опробования по типам разрезов. Зап. ЛГИ, 1958, т. XXXIII, вып. 2.
14. Иванов Н. В. О генезисе колчеданного месторождения на Северном Кавказе. Зап. Всесоюзн. Минералогич. общ-ва, 1953, ч. 82, № 2.
15. Малий С. П. Геологическое обслуживание рудников Карабашских колчеданных месторождений на Урале. Сб. Рудничная геология. Госгеолиздат, 1946.
16. Поморский Ю. Л. Методы статистического анализа экспериментальных данных. Методич. руковод. для научн. работников и аспирантов. ГУУЗ Наркомлеса СССР, 1940.
17. Романовский В. И. Применение математической статистики в опытном деле. ОГИЗ, 1947.
18. Смирнов В. И. Подсчет запасов минерального сырья. Госгеолиздат, 1950.
19. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Изд. МГУ, 1954.