Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института, т. XXX, вып. 2, 1955

О СОКРАЩЕНИИ ЧИСЛА ПРОБ

Доц. Н. В. Иванов

В процессе изучения месторождений полезных ископаемых видное место по объему работ и затратам средств занимает опробование. Опробование месторождений полезных ископаемых начинается в период поисков и продолжается в период разведки и эксплуатации, вплоть до полной отработки месторождений.

Опробованием решается целый ряд задач, основными из которых являются следующие:

1. Определение средних содержаний полезных и вредных компонентов в пределах контура тела полезного ископаемого, а в некоторых случаях установление и самого контура.

2. Выявление изменчивости состава и закономерностей распределения полезных и вредных компонентов в различных направлениях тела полезного ископаемого (по мощности, простиранию и падению).

3. Установление природных разновидностей полезного ископаемого и определение их пространственного положения.

4. Определение корреляционной связи между полезными, а также между полезными и вредными компонентами.

5. Выяснение технологических свойств и установление промышленных сортов и областей использования полезных ископаемых.

6. Изучение процессов рудоотложения и условий образования месторождений.

7. Определение потерь и разубоживания.

8. Осуществление оперативного руководства очистной выемкой полезного ископаемого, играющее большую роль при разработке рудных тел, не имеющих четко выраженных геологических границ или при раздельной выемке различных промышленных сортов руды.

9. Контроль за качеством добываемой рудной массы, концентратов и хвостов, металлов и шлаков и выявление основных показателей горнорудных предприятий.

Данные опробования должны быть достоверными, так как они используются для решения очень важных промышленных и научных вопросов:

1) определения промышленной ценности месторождений;

2) определения закономерностей образования месторождений полезных ископаемых и выяснения возможности использования выявленных закономерностей при решении практических задач;

3) установления кондиций полезных ископаемых;

4) выбора рациональной схемы технологического процесса переработки полезных ископаемых и выяснения возможности комплексного использования ряда полезных компонентов;

5) проведения генерального и оперативного подсчета запасов полезного ископаемого.

В процессе поисков, разведки и отработки месторождений полезных ископаемых, как правило, различные задачи опробования возникают и отпадают в определенной последовательности, что приводит к существенному изменению объема материальных затрат, связанных с решением задач опробования. Изменение затрат определяется: а) появлением или сокращением тех или иных задач опробования в процессе изучения месторождения; б) практическим использованием выявленных природных закономерностей, определяющих характер распределения полезных и вредных компонентов и строение тел полезных ископаемых.

Однако не всегда в достаточной степени учитывается изменение задач опробования, особенно установленных в процессе изучения природных закономерностей, существенно влияющих на выбор методики опробования. На это обстоятельство должны обратить внимание не только геологи-разведчики, но и соответствующие руководящие органы.

В статье невозможно рассмотреть во всех деталях последовательность изучения месторождений полезных ископаемых, а также пути вскрытия и практического использования природных закономерностей, и, как следствие, изменение задач, стоящих перед опробованием. В общем случае можно допустить, что к моменту проведения эксплуатационной разведки или эксплуатации месторождение обычно изучено наиболее полно, по сравнению с предшествующими этапами. К этому времени при целеустремленном изучении может быть вскрыт ряд геологических закономерностей и решен вопрос об их использовании. Кроме того, к этому периоду изучения месторождения может отпасть ряд задач, которые решались на ранних этапах. В результате со всей остротой должен встать вопрос об изменении принятой ранее методики опробования месторождения, так как она при этих условиях, как правило, оказывается уже нерациональной.

В процессе изучения месторождения методика опробования должна упрощаться от ранних к более поздним этапам разведки. Учитывая изменения, которые произошли в процессе изучения, и накопленный опыт по опробованию того или иного месторождения, можно выбрать и надежно обосновать методику опробования, которая должна отвечать данному этапу изучения месторождения. Для этого необходимо пересмотреть: 1) способы взятия проб, стремясь перейти к более производительным; 2) расположение проб в контуре рудного тела, чтобы уменьшить их число без существенного снижения достоверности опробования (например, путем увеличения расстояния между сечениями, подлежащими опробованию, путем объединения проб или путем сокращения числа проб по мощности рудных тел); 3) номенклатуру анализируемых компонентов, стремясь отказаться от анализа второстепенных компонентов, не оказывающих существенного влияния на ценность руд или определение технологических свойств руд. Кроме того, необходимо использовать для определения содержания указанных компонентов прямую или обратную корреляционную зависимость между различными компонентами.

Ниже рассматривается вопрос о сокращении числа проб по мощности рудных тел на примерах колчеданного месторождения и месторождения редких металлов. Оба месторождения к моменту проведения

исследовательских работ находились в эксплуатации. Как обычно, одновременно с отработкой месторождений систематически проводилась эксплуатационная разведка.

1. Результаты экспериментальных исследований, проведенных на колчеданном месторождении

Исследованное колчеданное месторождение представлено крупными рудными телами жилообразной и линзообразной формы. Рудные тела имеют большую протяженность по простиранию и падению, мощность их колеблется от 0,5 до 18 *м*. Средняя мощность наиболее крупных рудных тел колеблется от 4 до 6 *м*.

Месторождение представлено сплошными и вкрапленными сульфидными рудами. Рудные тела, сложенные сплошными сульфидными рудами, имеют резкие контакты с вмещающими породами. Среди сплошных руд установлены два промышленных сорта: медьсодержащие колчеданные руды и серноколчеданные руды (используются как серноколчеданное сырье). Первые, при достаточно высоком содержании меди и пирита, идут без обогащения в пиритовую плавку, а при относительно низком содержании меди и увеличении содержания жильных минералов подвергаются предварительному обогащению.

Медьсодержащие колчеданные руды имеют широкое распространение. Они слагают северную и центральную части ориентированных в меридиональном направлении рудных тел. С глубиной количество этих руд нередко возрастает за счет уменьшения руд серного колчедана. Серноколчеданные руды в основном встречаются в южных флангах рудных тел и на верхних горизонтах. В последнем случае появление серноколчеданных руд обусловлено выщелачиванием и выносом меди супергенными процессами. Медьсодержащие руды обычно слагают всю мощность рудного тела, а при появлении серноколчеданных руд наблюдается закономерное их размещение. В этом случае пиритовые руды располагаются в лежачем боку, а медьсодержащие — постепенно смещаются в сторону висячего бока рудного тела.

Основным объектом добычи являются медьсодержащие колчеданные руды. Серноколчеданные руды имеют подчиненное значение, но также являются самостоятельным объектом добычи. В пределах каждого очистного блока добыча руды производится валовым способом.

Во вмещающих породах, как правило, имеются вкрапленные сульфидные руды, которые являются как бы чехлом, включающим указанные выше рудные тела. В ряде случаев вкрапленные руды в виде слабо минерализованных ксенолитов вмещающих пород встречаются и внутри рудных тел. Мощность ксенолитов колеблется от 0,1 до 3—4 *м*. Размеры их по простиранию и падению достигают 90—100 *м*. Как правило, отдельные участки вкрапленных сульфидных руд имеют промышленное содержание меди, особенно те, которые расположены в висячем боку и внутри рудных тел.

Вмещающие породы сложены кварцево-серицитовыми и кварцево-хлоритовыми сланцами и их переходными разностями. В лежачем боку рудных тел вмещающие породы представлены в основном кварцево-серицитовыми сланцами, тогда как в висячем боку и внутри рудных тел, наряду с кварцево-серицитовыми, очень часто встречаются и кварцево-хлоритовые сланцы.

Большая часть вкрапленных руд (особенно в лежачем боку основных рудных тел) промышленной ценности не представляет, но местами среди них (чаще в висячем боку) удается выделить целые блоки или

даже оконтурить отдельные относительно крупные «рудные тела» с промышленным содержанием меди. При большом скоплении вкрапленных медьсодержащих сульфидных руд они разрабатываются самостоятельно и подвергаются обогащению.

В процессе эксплуатационной разведки перед опробованием такого типа месторождений стоят следующие задачи: а) уточнение границ, мощности и пространственного положения указанных выше промышленных сортов руд; б) определение средних содержаний полезных компонентов в пределах каждого подготовленного к выемке эксплуатационного блока и по каждому промышленному сорту руды; в) определение степени изменчивости распределения полезных компонентов по простиранию и падению рудных тел.

Определение изменчивости распределения полезных компонентов по мощности рудных тел на рассматриваемом этапе разведки месторождения не будет являться ведущей задачей опробования. Этот вопрос в достаточно надежной степени уже решен в процессе предшествующих этапов разведки месторождения. Обычно к данному этапу изучения месторождения отпадают и другие задачи, стоящие перед опробованием на ранних этапах, или решение их сильно упрощается, так как опирается в основном на ранее полученные данные.

Данные опробования, полученные при решении поставленных задач, используются для следующих целей: а) подсчета запасов на разведанных участках рудных тел; б) уточнения кондиционных содержаний по разведанным рудам; в) определения последовательности и условий отработки подготовленных к выемке руд (отнесение руд к тому или иному промышленному сорту, определение неизбежных потерь и разубоживания и др.); г) планирования очистных работ с учетом государственных заданий по тоннажу и качеству добываемых руд (обеспечение заданных кондиций в добытой рудной массе).

В процессе проведения очистных работ задачи опробования в основном сводятся к определению средних содержаний полезных компонентов в пределах очистного пространства по каждой очистной выработке. Кроме того, опробованием уточняются границы рудного тела, мощности и пространственные положения общего контура промышленных руд. Как правило, в пределах отдельной очистной выработки соотношение промышленных сортов руд не претерпевает существенных изменений, руды отрабатываются как односортные, в зависимости от того, какие из них явно преобладают. Таким образом, раздельной добычи в пределах отдельной очистной выработки, как правило, не производится.

Задачи оперативного опробования при очистной выемке сводятся к определению руд (какими представлено то или иное сечение рудного тела в целом) и среднего содержания меди и серы в отдельном сечении рудного тела в целом. [1]

Полученные данные опробования используются для оперативного руководства очистными работами, подсчета запасов по очистным выработкам, находящимся в отработке, определения потерь и разубоживания и пр.

Задачи опробования на колчеданных месторождениях в настоящее время решаются при помощи следующей методики.

1. При внешне однородном строении того или иного участка рудного тела и большой мощности его пробы, как правило, берутся с интервалами. Длина борозды отдельной пробы по мощности рудного тела принята равной 2 *м*. При резком различии руд, особенно при опробовании

[1] Опробование добытой рудной массы в настоящей статье не рассматривается.

вкрапленных сульфидных руд, берут секционные пробы. В этом случае длина борозды по мощности рудного тела колеблется от 0,3 до 3 *м*.

2. При расстоянии между опробованными сечениями как по падению, так и по простиранию вначале принимается 3 *м*, затем на отдельных рудниках — 5 *м*.

3. При взятии проб способом пунктирной борозды, при условии, что вес взятой руды в пробу должен быть не меньше 1,5—2 *кг* с одного погонного метра с учетом крутого падения рудного тела, пробы берутся по горизонтальной мощности.

Если придерживаться приведенной методики опробования, то из одного эксплуатационного блока размером 30 (длина) × 45 (высота) × × 6 *м* (мощность) будет взято 162—450 проб. В действительности же количество проб по отдельному блоку превышало 800.

Приведенные данные показывают, что принятая система опробования является чрезвычайно громоздкой и дорогостоящей. Взятие большого числа проб приводит к перегрузке химических лабораторий, в результате чего анализы часто задерживаются, а опробование утрачивает оперативность. Нередко получают анализы по участку рудного тела, руда которого уже добыта и переработана заводом. В этом случае полученные данные почти полностью утрачивают свою ценность.

Проведенные исследования крупного колчеданного месторождения позволили установить следующее сложное и закономерное строение рудных залежей.

1. Серноколчеданные руды, как правило, имеют крупнозернистое строение и массивное сложение. Они расположены обычно в лежачем боку рудного тела, т. е. со стороны тех вмещающих пород, которые легче подвергались метасоматозу.

2. Серноколчеданные руды с промышленным содержанием меди, как правило, имеют мелкозернистое строение, неясно или отчетливо выраженные полосчатые текстуры руд. Эти руды расположены в центре или смещены к висячему боку рудных тел, а нередко слагают всю мощность рудных тел. Они тяготеют к вмещающим породам, менее поддающимся метасоматозу.

3. Среди вкрапленных сульфидных руд выделяются руды с промышленным содержанием меди, они отличаются наличием макроскопически видимых в них зерен и обособлений халькопирита, сфалерита или теннантита.

Установлено, что все перечисленные выше разновидности руд очень устойчивы в направлении простирания и падения рудных залежей. Минимальная протяженность их выше 100 *м*, а наибольшая — определяется длиной рудных залежей.

Отмеченные выше закономерности в строении рудных залежей, постоянство и устойчивость вещественного состава руд позволяют в процессе геологической документации решить ряд основных задач опробования, т. е. с большей надежностью установить и определить положение в пространстве следующих разновидностей руд:

а) сплошных серноколчеданных;

б) сплошных колчеданных с промышленным содержанием меди;

в) вкрапленных сульфидных с промышленным содержанием меди;

г) непромышленных вкрапленных сульфидных.

В этом случае, в период эксплуатационной разведки опробованием руд в подготовительных выработках должно быть определено среднее содержание полезных компонентов по каждому промышленному сорту руды и выяснен характер распределения полезных компонентов в направлении простирания и падения рудных залежей.

Учитывая поставленные задачи, отбор материала в пробу можно организовать следующим образом:

а) отбор проб производить секционно;

б) длина пунктирной борозды[1] отдельной пробы должна ограничиваться лишь мощностью промышленного сорта руды, и, как показали наши исследования, может колебаться в больших пределах (от 2,8 до 19,6 *м*);

в) расстояние между пробами или, вернее, опробованными сечениями, исходя из устойчивости содержаний полезных компонентов в рудах, принять вместо 3—5 *м*.

Все взятые пробы должны анализироваться на Cu, Zn, S. Объединенная проба, составленная по материалам массовых проб, должна анализироваться на Cu, Zn, S, Pb, Co, As, Sb, Se, Fe, Mo, Ag и Au, причем материал в объединенную пробу берется пропорционально длинам массовых проб. Одна объединенная проба должна представлять собой тот или иной эксплуатационный блок.

В этом случае, при резком сокращении числа проб (главным образом, по мощности рудного тела), будут решены все практические и научные вопросы изучения строения и вещественного состава руд, т. е. будут получены необходимые данные для подсчета запасов, выяснено строение рудных тел и пространственное положение промышленных сортов руд. Полученные таким образом исходные данные позволят уточнить кондиционные содержания полезных компонентов в рудах, составить пробно-сортовые планы, установить степень неизбежного разубоживания руд и т. д. Эти материалы, в свою очередь, позволят уточнить представления об условиях образования рудных залежей и, в случае выявления общей закономерности в изменении вещественного состава руд, сделать прогноз о поведении рудной залежи и характере вещественного состава руд на глубину и фланги месторождения.

Опробование в очистных выработках

Несмотря на то, что месторождение по блокам представлено различными промышленными сортами руд, отработка отдельных блоков обычно производится валовым способом — или как руда серного колчедана, или как сплошная медьсодержащая колчеданная, или же как вкрапленная сульфидная руда с промышленным содержанием меди. Обычно валовая отработка руд в пределах отдельного эксплуатационного блока определяет основные задачи опробования, которые сводятся к выяснению вопросов: а) какими рудами представлено то или иное сечение (забой) рудного тела в целом; б) каково среднее содержание основных полезных компонентов в пределах этого сечения.

Первая и наиболее важная задача для оперативного руководства добычей решается в результате систематической геологической документации. При решении второй задачи нас интересует не содержание полезных компонентов в каком-либо отдельном участке рудного тела, а содержание их в пределах очистного забоя. Поэтому отбор материала в пробу по очистным выработкам должен производиться с учетом применяемой системы отработки.

Учитывая строение рудной залежи, задачи, стоящие перед опробованием, и систему разработки, нами было предложено:

а) при отработке участка рудного тела горизонтальными слоями брать, как правило, одну пробу со всей вскрытой мощности рудного тела;

---

[1] Способ взятия проб сохраняется принятый на руднике — пунктирная борозда.

б) при отработке наклонными слоями с закладкой необходимо брать, как правило, одну пробу со всей вскрытой части рудного тела в пределах кровли эксплуатационного блока.

Во втором случае материал в пробу берется по мощности рудного тела пунктирной бороздой в пределах всех промышленных сортов руд. Расстояние между сечениями, с которых берется материал в пробу, остается равным 5 *м*, но проба будет представлена материалом не отдельного сечения, а всех сечений, расположенных в пределах кровли

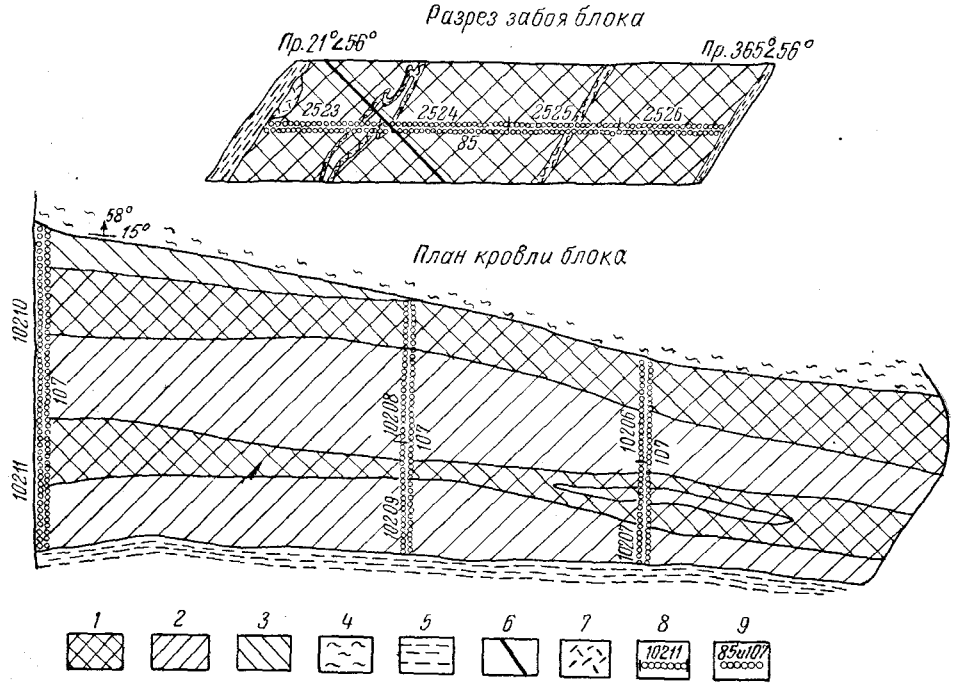


Рис. 1. Схема расположения проб:

1 — богатые сплошные колчеданные медьсодержащие руды; *2* — сплошные колчеданные медьсодержащие руды; *3* — богатые вкрапленные медьсодержащие руды; *4* — кварцево-хлоритовые сланцы; *5* — кварцево-серицитовые сланцы; *6* — зеркало скольжения; *7* — кварцевая линза; *8* — расположение и номер рудничных проб; *9* — расположение и номера проб по предложенной схеме

эксплуатационного блока. Например, длина блока 30 *м*, мощность (промышленного сорта) рудного тела 6 *м*. Количество сечений, по которым будет взят материал в пробу, будет 30 : 5 = 6. Суммарная длина пунктирной борозды, материал которой представляет пробу, 6 × 6 = 36 *пог. м* (рис. 1).

Пробы после их обработки должны анализироваться только на основные полезные компоненты Cu, Zn и S.

Если в первом случае сокращение количества проб происходит по мощности рудного тела, то во втором — по мощности и простиранию (путем объединения материала, взятого в отдельных сечениях по мощности рудного тела в пределах всего блока).

До сих пор считалось возможным объединение проб только по простиранию и падению рудных тел. Данное положение объясняется тем, что максимальное изменение вещественного состава руд наблюдается именно по мощности рудного тела. Эта особенность в строении место-

рождений полезных ископаемых и делает необходимым применение или секционного опробования или опробования интервалами. Известно, что последнее применяется при отсутствии четко выраженных геологических границ рудных залежей, и, как следствие, основной задачей его является определение границ рудных тел, исходя из учета минимальных содержаний полезных компонентов, выгодных для разработки в пределах этих границ. На колчеданных месторождениях границы сплошных руд определяются очень легко, но, кроме того, как отмечено выше, без особого труда устанавливается и граница вкрапленных руд, несущих промышленное содержание меди или цинка. Длина пробы при рекомендуемом секционном опробовании определяется мощностью того или иного типа руды, тогда как до сих пор обычно считалось, что длина пробы не должна провышать 2—3 *м*.

Среди геологов укоренилось представление, что резкое сокращение числа проб неизбежно приведет к увеличению погрешности опробования. В этом есть доля истины, так как по закону больших чисел при большом числе проб погрешности в определении среднего содержания должны взаимно уничтожаться и в общем случае они стремятся к нулю.

Известно, что погрешность опробования слагается из погрешности взятия материала в пробу, погрешности обработки его и погрешности производства химических анализов. При любом сокращении количества проб погрешность взятия материала в пробу не увеличится, если материал в пробу берется одним и тем же способом и из одних и тех же участков рудного тела. Увеличение же количества проб может сократить лишь погрешности, возникающие при обработке проб и производстве химических анализов. Но и здесь уменьшение погрешности будет ничтожно, если учесть, что сокращение количества проб путем их объединения на практике не сопровождается заметным увеличением погрешности опробования. Это и привело к относительно широкому распространению объединения проб.

Кроме того, необходимо учесть, что даже самая густая сеть опробования (если отдельные пробы не будут отражать каких-либо естественных условий формирования рудных тел) может привести к искусственному завышению природной дисперсии, что, в свою очередь, обусловит увеличение вычисленной погрешности. Уменьшение количества проб, хотя бы с приближенным учетом возможного формирования рудных тел, позволит уменьшить обычно эмпирически устанавливаемую на практике дисперсию распределения полезных компонентов и тем самым резко снизить увеличивающуюся погрешность опробования, которая в основном определяется природным рассеиванием полезных компонентов в пределах рудного тела [4].

Изложенное дает основание сделать вывод о том, что сокращение количества проб по мощности (а в некоторых случаях одновременно и по простиранию рудных тел), основанное на учете закономерностей в строении рудного тела и распределении полезных компонентов, а также задач, стоящих перед опробованием, не должно сопровождаться практически заметным увеличением погрешности опробования.

С целью проверки точности предложенного способа опробования было проведено экспериментальное исследование. В результате проведенных экспериментальных работ было опробовано 104 сечения рудного тела, из которых 85 сечений (табл. 1) опробованы по всей мощности рудных тел (разработка горизонтальными слоями), а 19 (табл. 2) — по всей вскрытой кровле эксплуатационных блоков (разработка наклонными слоями с закладкой). Каждое сечение подверглось опробованию

как по принятой на руднике, так и по предложенной нами методике. В том и другом случаях пробы брались пунктирной бороздой, обрабатывались и анализировались в совершенно одинаковых условиях одними и теми же лицами. Результаты опробования сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Метод опробования	Число проб	Длина борозды отдельной пробы, *м*			Среднее количество добытой руды на каждую пробу, *Т*	Среднее содержание меди по всем пробам в условных единицах
		минимальная	максимальная	средняя		
При опробовании рудничными пробами	252	0,40	3,5	1,57	108	15,10
При опробовании общими пробами	97	0,40	12,60	4,10	283	15,05

Таблица 2

Метод опробования	Число проб	Длина борозды отдельной пробы, *м*			Среднее количество добытой руды на каждую пробу, *Т*	Среднее содержание меди по всем пробам в условных единицах
		минимальная	максимальная	средняя		
При опробовании рудничными пробами	97	0,60	3,20	1,42	98	16,05
При опробовании общими пробами	22	3,45	16,90	6,25	432	15,55

Как видно из таблиц, предложенный способ опробования дал возможность сократить количество проб в 2,6—4,4 раза и соответственно увеличить количество добытой руды на одну пробу в тех же размерах (рис. 2). Предложенный способ, прежде всего, обеспечил резкое сокращение количества химических анализов и тем дал возможность удешевить стоимость опробования 1 *т* добытой руды. Одновременно предложенный способ опробования, опираясь на природные закономерности в строении рудных тел, увеличил оперативность опробования и производительность труда при взятии материала в пробу и особенно при его обработке.

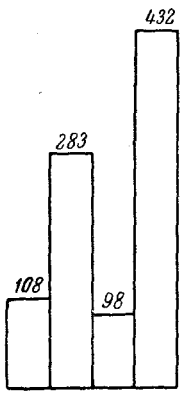


Рис. 2. Количество добытой руды в тоннах на одну пробу

Прежде чем рекомендовать предложенный способ опробования, необходимо выяснить его относительную точность. С этой целью все данные, полученные при проведении экспериментальных работ, нами были обработаны методом вариационной статистики. За «истинное» содержание меди принимали данные по рудничным пробам. Результаты обработки сведены в табл. 3, из которой видно, что величина средних относительных квадратических отклонений по общим пробам соответствует аналогичным отклонениям применяемого на руднике метода опробования. Следовательно, опробование общими пробами дает одинаковые результаты точности в сравнении с рудничными.

Для проверки сделанного вывода воспользуемся косвенным методом сравнения точности предложенного нами способа.

Д. А. Зенков указывает, что величина коэффициента вариации находится в некоторой зависимости от способа взятия проб [1]. Если взять пробы с одних и тех же участков рудного тела разными способами (что нами и было сделано), то в этом случае более высокий коэффициент вариации будет характеризовать собой менее точный способ опробования.

Таблица 3

Исследование отклонений	Погрешность химических анализов при содержании меди 11,50. По данным внешнего контроля	Для отдельных сечений рудного тела		
		по данным сопряженных проб — рудничных и контрольных	по общим пробам в сравнении с рудничными	
			по мощности (85 сечений)	по кровле блока (19 сечений)
Число вариант	162	28	85	19
Среднее содержание меди в условных единицах	22,50	12,05	15,10	16,05
Среднее квадратичное относительное отклонение среднего содержания меди, %	±0,88	±5,84	±2,89	∓4,17
То же, при 25 вариантах [1] . . .	∓2,44	+5,56	∓5,29	∓3,64

[1] Для сравнения $m\%$, величина которых зависит от числа вариант, условно было принято во всех случаях одинаковое число вариант; при $n=25$ соответственно были пересчитаны m %, при этом σ брались те, которые были получены при действительном числе вариант.

При опробовании 85 сечений рудного тела были определены коэффициенты вариации для рудничных проб $V_р = \mp 36{,}4\%$, для общих $V_{об} = \mp 33{,}9\%$. При опробовании 19 сечений рудного тела соответственно для рудничных проб $V_р = \mp 27{,}9\%$, для общих $V_{об} = \mp 28{,}2\%$.

Приведенные данные показывают, что предложенный метод опробования равноточен методу, применяемому на руднике.

2. Экспериментальные исследования, проведенные на одном редкометальном месторождении

«Руды» рассматриваемого месторождения представлены изверженными горными породами и продуктами их изменения, которые наблюдаются в эндо- и экзоконтактах интрузивного массива. Верхняя часть массива сложена продуктами древней коры выветривания, которая и представляет промышленный интерес. Эта часть месторождения сложена рыхлыми рудами, которые залегают почти горизонтально и находятся вблизи поверхности в виде плащеобразной формы залежи.

Проведенные коллективом НИС Ленинградского горного института детальные исследования показали, что, несмотря на рыхлое состояние, породы имеют отчетливо выраженные реликты структур и минерального состава, благодаря чему легко макроскопически отличаются друг от друга. В процессе исследования установлены пять разновидностей руд, которые отличаются друг от друга цветом, минеральным составом, количественным соотношением минералов, структурными и текстурными особенностями руд, а также содержанием и характером распределения полезных компонентов.

Установлено, что разрез рудных залежей, как правило, отражает их сложное строение и представлен неоднократным чередованием различных разновидностей руд, мощность которых колеблется от 0,17 до 26 *м*.

Рассматриваемое месторождение отрабатывается открытым способом. Высота эксплуатационного уступа колеблется от 7 до 13 *м*. На новых, неизученных участках месторождения проводятся поиски и все этапы разведки. Поиски, вплоть до детальной разведки, проводятся разведочной партией, а эксплуатационная разведка и эксплуатация — рудоуправлением. Пробы обеими организациями берутся бороздой правильного сечения, буровые скважины опробуются по керну. Рудная залежь опробуется интервалами почти без какого-либо учета разновидностей руд. Длина отдельной борозды (интервала опробования) в разведочной партии принята 1 *м*, а на руднике 2 *м*.

Очистные забои, т. е. борта карьеров, опробованию не подвергаются. Выемка руд — валовая, производится в пределах контура рудной залежи, установленного по данным эксплуатационной разведки.

Контур рудной залежи устанавливается с учетом следующих исходных данных:

1. В контур залежи могут быть включены все руды, если среднее содержание по ним компонента А не менее минимально-кондиционного, которое равно 1 (в условных единицах).

2. В контур залежи могут быть включены руды и с меньшим содержанием компонента А по сравнению с предусмотренной кондицией. Эти исключения допускаются в следующих случаях:

а) если некондиционные руды расположены среди кондиционных, а по условиям добычи они не могут быть оставлены на месте, причем разрешается включать в промышленный контур рудной залежи до 20% некондиционных руд (по объему от всех запасов);

б) если некондиционные руды расположены в верхней или нижней частях разреза, то они могут быть включены в промышленный контур залежи при условии содержания в них компонента А не менее 0,5 (условных единиц) для верхней части разреза и 0,75 для нижней.

Прежде чем перейти к критическому разбору метода отбора проб, необходимо выяснить, какова частота встречи некондиционных руд для каждой разновидности и каково участие этой разновидности в общем объеме запасов. Исходные данные для этого суждения приведены в табл. 4, на основании которой можно сделать следующие выводы:

1. Для каждой разновидности руды характерны свои средние содержания компонента А.

2. Наиболее низкое среднее содержание компонента А установлено для III разновидности руд (1,0), а более высокое — для II разновидности (2,08).

3. Каждая разновидность представлена промышленными и непромышленными рудами, но распространенность их различна. Среднее же содержание по каждой разновидности руд кондиционное. Наименьшее количество непромышленных руд установлено во II разновидности — 6,0% и наибольшее — в III — 71,4%.

4. Количество непромышленных руд I и II разновидностей не превышает 20% по объему (если считать мощности пропорционально объемам).

5. Среднее содержание компонента А в непромышленных рудах для всех разновидностей практически постоянно и превышает минимально заданное для верхней части разреза (0,53—0,62, рис. 3).

Таблица 4

Разновидность руд	Промышленные						Непромышленные						Средние			
	n	Σ_m	$l_{ср}$	C	m, %	v, %	n	Σ_m	$l_{ср}$	C	m, %	v, %	n	Σ_m	C	v, %
I	78	134,3	1,72	2,28	66,0	46,0	21	70,7	3,3	0,62	34,0	29,9	99	205,0	1,92	38,9
II	29	48,6	1,70	2,17	94,0	16,6	2	3,0	1,5	0,62	6,0	1,3	31	51,6	2,08	9,8
III	28	53,0	1,90	1,65	28,66	18,1	44	132,2	3,0	0,60	71,4	56,0	72	185,2	1,00	35,1
IV	19	30,0	1,60	1,90	76,0	10,0	6	9,5	1,6	0,60	24,0	4,0	25	39,5	1,60	7,4
V	21	26,9	1,10	1,95	56,3	9,5	10	20,8	2,0	0,53	43,0	8,8	34	47,7	1,52	9,0
Всего	178	292,8	—	—	—	100,2	83	236,2	—	—	—	100,0	261	559,0	—	100,2
Среднее	—	—	—	2,08	—	—	—	—	—	0,60	—	—	—	—	1,55	—

Примечание. n — число проб; $\sum_m$ — суммарная опробованная мощность рудной залежи, *м*; $l_{ср}$ — средняя длина участка той или иной разновидности, *м*; C — среднее содержание компонента А в условных единицах; m — выход мощностей той или иной разновидности руд по отношению к суммарной мощности данной разновидности, %; v — выход мощностей той или иной разновидности руд по отношению к суммарной мощности всех разновидностей руд, %.

Если производить валовую добычу, не обращая внимания на наличие некондиционных руд, то, как показывают данные табл. 4, среднее содержание компонента А все же будет в 1,55 раза выше кондиционного. При этом надо учесть, что в рудную массу будет вовлечено около 44,5% некондиционной руды, т. е. произойдет существенное разубоживание руд и соответственно может снизиться рентабельность предприятия. Наряду с разубоживанием руднику и обогатительной фабрике трудно будет орга-

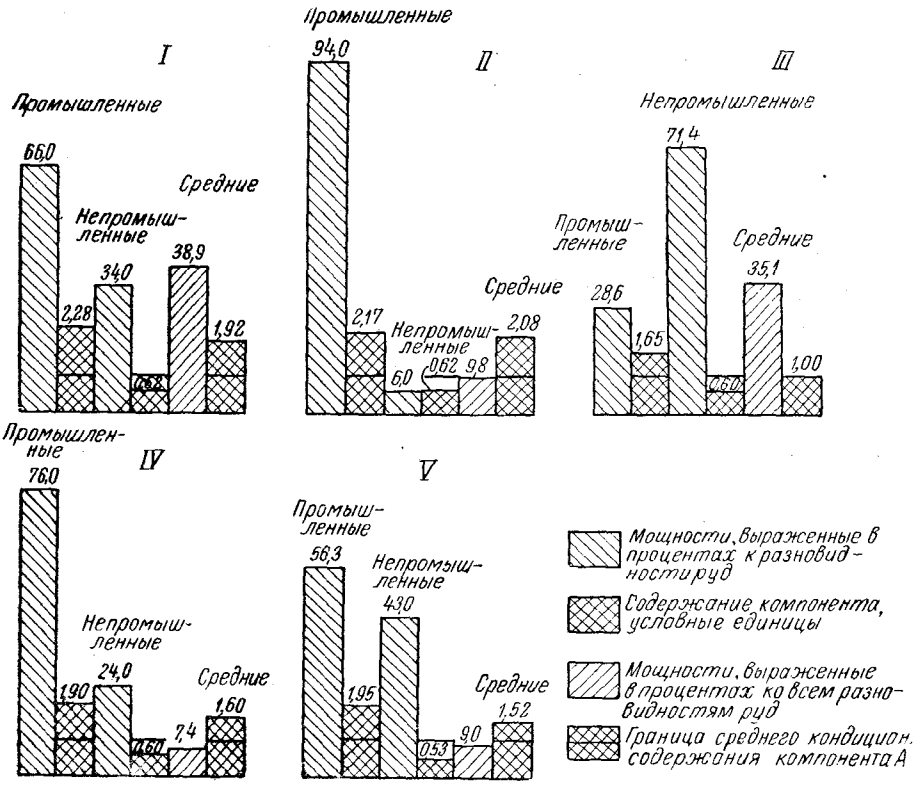


Рис. 3. Соотношение мощностей разновидностей руд (*I*—*V*) в рудной залежи и содержание в них компонента А

низовать ритмичную работу предприятия, обеспечивающего выполнение государственного плана по металлу, так как очень часто III разновидность бедных руд слагает крупные по объему участки. Таким образом, одна из основных задач предварительной и детальной разведок будет сводиться к исключению из промышленного контура руд крупных по объему участков, которые сложены рудами с непромышленным содержанием компонента А, и особенно руд III разновидности.

Прежде чем рассмотреть методику отбора проб, надо выяснить содержание компонента А в разных участках по мощности рудной залежи для каждой разновидности. Для этого установленные мощности всех разновидностей руд разбиты на следующие группы: свыше 2 *м*; 1—2 *м*; 0,5—1 *м* и 0—0,5 *м*. Для каждой группы установлена средняя мощность и среднее содержание компонента А (табл. 5).

Данные табл. 5 позволяют сделать следующие выводы:

1. С увеличением мощности разновидностей руд I, III, IV и V устанавливается общая тенденция уменьшения содержания компо-

нента А. Отклонение от этой тенденции наблюдается для I, IV и V разновидностей только при минимальной мощности. Возможно, это отклонение обусловлено недостаточным количеством вариант.

2. Во II разновидности руды наблюдается увеличение содержания компонента А с увеличением мощности разновидности.

Таблица 5

Мощность участков залежей, *м*	Характеристика разновидностей руд	Разновидность руд				
		I	II	III	IV	V
Свыше 2,0	Число вариант	32	6	25	6	5
	Суммарная мощность	158,5	20,8	159,6	20,8	26,9
	Средняя мощность	5,0	3,5	6,4	3,5	5,4
	Среднее содержание компонента А	1,81	2,70	0,85	1,14	1,01
От 1,0 до 2,0	Число вариант	18	9	13	10	9
	Суммарная мощность	30,1	15,9	23,4	14,0	13,6
	Средняя мощность	1,7	1,8	1,8	1,4	1,5
	Среднее содержание компонента А	2,18	1,70	0,88	2,06	1,87
От 0,5 до 1,0	Число вариант	6	6	6	3	7
	Суммарная мощность	5,3	5,6	5,4	2,3	5,2
	Средняя мощность	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7
	Среднее содержание компонента А	2,30	2,10	1,04	1,58	1,44
От 0 до 0,5	Число вариант	3	2	5	—	7
	Суммарная мощность	1,3	0,8	1,8	—	2,1
	Средняя мощность	0,4	0,4	0,4	—	0,3
	Среднее содержание компонента А	1,95	1,98	1,79	—	1,4

Примечание. Среднее содержание компонента А установлено как средневзвешенное по мощности.

3. Разновидности руд I, II, IV и V в пределах всех мощностей имеют кондиционное содержание. Наиболее высокое содержание характерно для I и II разновидностей руды.

4. В III разновидности руды кондиционное содержание компонента А устанавливается только в участках рудной залежи с малой мощностью (рис. 4).

Таким образом, с точки зрения выбора методики отбора проб, очень важным фактором является относительно высокое и всегда кондиционное содержание компонента А во всех разновидностях руд при малой их мощности. Приведенные данные показывают, что наиболее ответственной задачей опробования является определение содержания компонента А в участках большой мощности III разновидности руды, иногда особого внимания требует опробование V разновидности руды.

В период предварительной и детальной разведок на данном месторождении перед опробованием должны быть поставлены следующие задачи:

1) изучение природных разновидностей руд и определение в них средних содержаний компонента А;

2) выяснение изменчивости распределения компонента А по мощности разновидностей руд и рудной залежи, а также и по площади рудной залежи;

3) определение контура рудной залежи по площади и мощности, при этом имеется в виду исключение руд с непромышленным содержанием компонента А;

4) получение всех необходимых данных для подсчета запасов и оценки месторождения.

Поставленные задачи исключают применение отбора проб интервалами. Такой отбор проб не обеспечит изучение строения сложной рудной залежи. При опробовании интервалами даже, например, при длине отдельной борозды (пробы) 1,0 *м*, как показывают наши данные, не менее 33% проб представлено двумя разновидностями руд, а при длине интер-

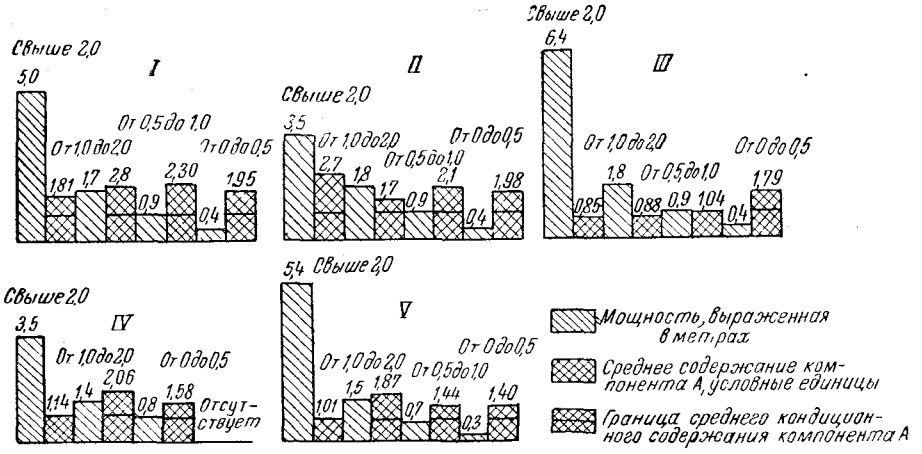


Рис. 4. Зависимость содержания компонента А от изменения мощности той или иной разновидности руды. *I*—*V* — разновидности руд

вала 2 *м* — 67% проб будет представлено двумя или даже тремя разновидностями руд. Кроме того, длина интервала пробы 1 *м* не обусловливается строением рудной залежи и не опирается на характер распределения компонента А, так как даже при опробовании самых бедных руд III разновидности в участках большой мощности среднее содержание компонента (А = 0,85) значительно выше, чем это установлено (0,50—0,75) для верхней и нижней частей разреза. Самые бедные руды III разновидности, расположенные в верхней и нижней частях разреза, как правило, будут включены в промышленный контур залежи. Они также будут взяты с другими рудами, если подстилаются и покрываются более богатыми рудами.

Таким образом, на аналогичных месторождениях в период предварительной и детальной разведок должна применяться комбинированная методика отбора проб, т. е. секционное опробование в комбинации с опробованием интервалами. При малой мощности разновидностей руд, не превышающей 2 *м*, пробы следует брать секционно по каждой разновидности руды. Если мощность той или иной разновидности руды свыше 2 *м*, то пробы следует брать комбинированно, т. е. каждая разновидность опробуется секционно, а внутри разновидности — интервалами, при том условии, что длина борозды интервала не будет превышать 2 *м* (рис. 5).

При таких условиях отбора проб будут решены поставленные выше задачи, что обеспечит целеустремленное изучение месторождения, а это, в свою очередь, в дальнейшем поможет еще рациональнее обосновать

методику опробования и даже методику разведки месторождения. При этом количество проб сократится.

По методу геологоразведочной партии (ГРП) на исследованной нами части месторождения должно быть взято 560 проб при средней длине их 0,97 *м*, а по нашим данным может быть взято 367 проб при колебании длины пробы от 0,17 до 2,0 *м* и средней длине — 1,47 *м*. Иначе говоря, количество проб и химических анализов сократится на 34,5%, что приведет к удешевлению опробования и разведки в целом (табл. 4, 7).

Основные задачи, стоящие перед опробованием в период эксплуатационой разведки, вытекают из степени изученности месторождения за предшествующий период разведки и сводятся к следующему:

1) изучение контура рудной залежи по площади и мощности;

2) уточнение среднего содержания компонента А в пределах промышленного контура рудной залежи;

3) уточнение запасов, подсчитанных в период проведения разведочных работ.

Учитывая эти задачи и особенности строения рудной залежи, характер распределения компонента А в различных разновидностях руд, исходные данные, положенные в основу оконтуривания рудных залежей, и условия отработки месторождения, целесообразно предложить следующую методику отбора проб:

1. Ввиду того, что при малой мощности все разновидности руд имеют высокое содержание компонента А (при мощности 0—0,5 *м* содержание компонента А выше кондиционного в 1,4—1,98 раза, а при мощности 0,5—1,0 *м* — в 1,04—2,30 раза), предлагаем с этих участков в одну пробу брать руды любых разновидностей и в любом соотношении, при условии, что длина борозды отдельной пробы не будет превышать 2 *м*.

2. Учитывая, что руды I и II разновидностей представляют основной объект добычи, предлагается опробовать их секционно, причем длина борозды отдельной пробы ограничивается только мощностью этих разновидностей или высотой эксплуатационного уступа.

3. Так как непромышленные руды III, IV и V разновидностей имеют среднее содержание компонента А, равное 0,53—0,62, т. е. выше, чем принято для руд верхней части разреза (0,50), предлагается их опробовать секционными пробами, причем длина борозды в этом случае определяется лишь вскрытой мощностью той или иной разновидности. Такой отбор проб производится в том случае, когда указанные разновидности подстилаются рудами I и II разновидностей, т. е. с промышленным содержанием полезного компонента.

4. Руды III, IV и V разновидностей, расположенные в средней части разреза (при условии, что они покрываются и подстилаются рудами I или II разновидностей, имеющими промышленное значение), подвергаются секционному опробованию. При этом длина борозды отдельной пробы определяется мощностью разновидности.

5. Руды III, IV и V разновидностей, расположенные в нижней части разреза, опробуются секционно, но при условии, что длина борозды отдельной пробы не должна превышать 2 *м*, т. е. методика отбора проб в этом случае комбинированная (секционно и интервалами). Такая методика целесообразна потому, что содержание компонента А для этой части принято 0,75, а непромышленные руды имеют лишь 0,53—0,62, а также потому, что руды в нижней части разреза легко могут быть оставлены.

6. Если руды III, IV и V разновидностей слагают весь разрез, то пробы должны отбираться аналогично тому, как было указано в пункте 5, так как очень часто руды, как показывает их пространственное положение, могут быть исключены из промышленного контура рудной залежи (рис. 5).

Так как в процессе проходки выработки неизвестно, будут ли III, IV и V разновидности руд слагать весь разрез или лишь перекрывать

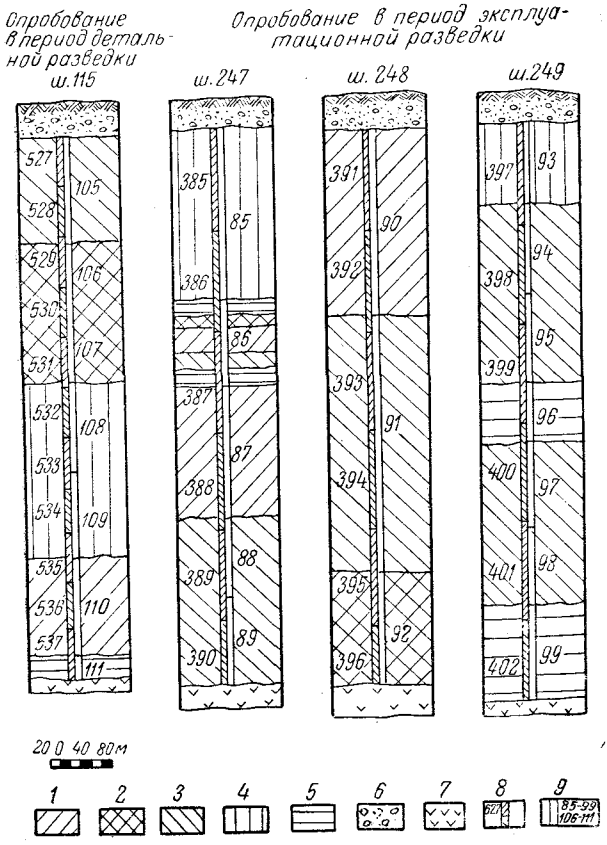


Рис 5 Схема расположения проб:

1, 2, 3, 4, 5 — разновидности руд соответственно *I, II, III, IV, V*; *6* — наносы; *7* — вмещающая порода; *8* — номера проб, взятых ГРП или рудником; *9* — номера проб, взятых по предложенной схеме

явно промышленные руды, то рекомендуется отбор проб всех разновидностей производить секционно, при условии, что длина отдельной борозды не будет превышать 2 *м*. В анализ эти пробы отдаваться не должны, пока выработка не вскроет весь разрез. После того как будет вскрыт весь разрез и установлены разновидности руд, взятые пробы соответствующим образом объединяются, в зависимости от характера строения рудной залежи. При объединении должны быть учтены все изложенные выше указания по методике опробования. После объединения пробы обрабатываются и отправляются на анализ.

На участке, который был подвергнут исследованию, всего опробовано 534,4 *м* рудной залежи. По методике отбора проб, принятой на руднике, должно быть взято 289 проб, по нашему методу 231, т. е. мень-

ше на 20%. При этом методика отбора проб на руднике — интервалами, а предложенная нами — секционная, за исключением разновидностей руд малой мощности. Лишь для подстилающих пород III, IV и V разновидностей и в случае, если весь разрез представлен этими разновидностями, опробование участков большой мощности в пределах каждой разновидности производится интервалами. Таким образом, отбор проб рекомендуется производить путем комбинации секционного опробования и опробования интервалами.

В результате проведенного опробования контур рудной залежи по рудничному опробованию и опробованию, принятому нами, устанавливается в одних и тех же границах за исключением некоторых деталей.

Из всех опробованных мощностей — 543,4 *м* — исключено из промышленного контура 127 *м*, т. е. 23,4%. Количество непромышленных руд, включенных в контур рудной залежи, 48,7 *м*, что составляет 13,5% к общему объему руд. По инструкции оконтуривания рудной залежи, утвержденной Министерством цветной металлургии СССР, в промышленный контур может быть включено до 20% руд с непромышленным содержанием компонента А (по отношению к общему объему запасов). Таким образом, предложенная нами методика отбора проб, при заметном сокращении количества проб, обеспечивает надежное оконтуривание рудных залежей, не нарушая кондиционных условий, принятых промышленностью.

Соотношение разновидностей руд, исключенных из промышленного контура рудной залежи, приведено в табл. 6, а табл. 7 в основном отражает соотношение разновидностей руд, расположенных в пределах промышленного контура залежи. Из приведенных таблиц видно, что основная часть руд с непромышленным содержанием компонента А по предложенной нами методике отбора проб может быть исключена из общего контура подсчета запасов. Характерно, что для I, III, IV и V разновидностей исключенные руды имеют большую среднюю мощность по сравнению с рудами, вошедшими в промышленный контур; только для II разновидности наблюдается обратная картина.

Таблица 6

Разновидности руд	Мощность непромышленных руд, *м*		Процент исключенной руды	Число проб из непромышленных участков	Средняя длина борозды пробы, *м*
	суммарная	средняя			
I	35	3,9	49,6	9	3,9
II	2	1,0	66,6	2	1,0
III	109,4	4,6	82,6	56	1,95
IV	14,6*	2,4	100,0	11	1,33
V	14,7	3,7	70,6	7	2,10
Всего .	175,7	—	—	85	—
Среднее .	—	3,9	72,2	—	2,34

* В число исключенных руд частично попали руды с промышленным содержанием компонента А. Это явление иногда имеет место, потому что на отдельных участках все сечения в среднем оказались непромышленными.

Приведенное положение согласуется с выводами, сделанными по данным табл. 5. Средняя длина пробы на промышленных участках больше, чем на непромышленных, т. е. 2,52 *м* вместо 2,34 *м*. Это также следует

из характера распределения компонента А в различных по мощности участках каждой разновидности. Длина отдельных проб, по принятой нами методике, колебалась от 0,5 до 12,5 *м* (по I разновидности руд).

Таблица 7

Разновидности руд	Мощность промышленных руд, *м*		Количество руды к общему объему промышленных руд, %	Число проб	Средняя длина борозды пробы, *м*
	суммарная	средняя			
Все разновидности руд с участков малой мощности . .	22,9	—	—	14	1,64
I	163,0	3,3	47,2	49	3,30
II	40,5	2,1	11,7	19	2,13
III	104,2	4,0	30,2	39	2,67
IV	16,8	1,9	4,9	11	1,53
V	20,4	1,6	5,9	14	1,46
Всего	367,8	—	99,9	146	2,52
Среднее	—	3,2	—	—	—

По данным экспериментальных исследований, проведенных ГРП, установлена погрешность опробования при длине борозды отдельной пробы 1—2 *м*, равная 2,6% определяемой величины. При этом по данным опробования интервалами 1 *м* установлено среднее содержание компонента А 1,15, а интервалами 2 *м* — 1,18.

Данные исследования, проведенного для определения погрешности опробования при переходе на предложенный метод отбора проб с большой длиной интервала отдельной пробы, сравнивались с опробованием ГРП. Отбор проб производился с одних и тех же участков рудной залежи. Суммарная опробованная мощность залежи 198,6 *м*. Число проб, взятых ГРП, 198 при длине интервала пробы 1 *м*. Нами взято 53 пробы, длина участка рудной залежи, представленного отдельной пробой, колебалась от 1 до 12 *м*, в среднем — 3,7 *м*.

Среднее содержание компонента А, установленное по данным опробования ГРП, 1,15, а по нашим данным — 1,22. Относительная квадратическая погрешность по данным предложенного нами опробования 3,3%, по данным опробования ГРП 2,6%, т. е. полученные погрешности практически можно считать равновеликими, а сравниваемые методы отбора проб равноточными.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что при изучении месторождений методика отбора проб часто не отвечает тем задачам, которые должны решаться на том или ином этапе разведки месторождения, и не опирается на изученность месторождений. Исследование также показывает на огромные возможности сокращения числа проб и химических анализов путем применения рациональной методики пробоотбора.

Заключение

Методика отбора проб в процессе разведки месторождения не остается неизменной. Изменение метода отбора проб определяется изменением задач, стоящих перед опробованием на разных этапах разведки (изучения месторождения), в зависимости от установленных

закономерностей в строении рудных тел и распределения полезных компонентов. Установленные закономерности к моменту проведения эксплуатационной разведки и особенно к периоду очистной выемки, как правило, позволяют резко сократить число проб и химических анализов.

Сокращение числа проб можно производить по мощности, простиранию и падению рудных тел, при этом погрешность опробования практически не меняется, а расход средств и объем работ при опробовании резко сокращаются.

Предложенная методика отбора проб, опирающаяся на закономерности строения рудных залежей, ведет также к существенным улучшениям геологического картирования рудных залежей. Выделение промышленных сортов и разновидностей руд облегчит и ускорит познание месторождений полезных ископаемых и в ряде случаев обеспечит возможность применения экономически наиболее выгодной методики опробования — опробования по типам руд [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенков Д. А. Руководство по методике рудничной геологии для золоторудных месторождений. Госгеолиздат, 1941.
2. Иванов Н. В. Методика опробования Карабашских колчеданных месторождений по типам руд «Советская геология», 1941, № 4.
3. Иванов Н. В. Новая методика опробования по типам руд. «Разведка недр», 1946, № 6.
4. Иванов Н. В. Некоторые данные, уточняющие коэффициент вариации. Записки Ленинградского горного института, 1951, т. XXV, вып. II.