Записки
Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова,
т. XXXIII, вып. 2, 1958 г.

НОВЫЙ МЕТОД ОПРОБОВАНИЯ ПО ТИПАМ РАЗРЕЗОВ

Н. В. Иванов

Предлагаемый метод опробования основан на закономерной зависимости между строением рудных залежей по мощности и содержанием ценного минерала.

Основным объектом исследования явилось месторождение, на котором наиболее крупные рудные залежи генетически и пространственно связаны с первично хорошо расслоенным комплексом пород. Основной причиной образования расслоенного комплекса пород и рудных залежей является кристаллизационная дифференциация, которая заключалась, по-видимому, в следующем: а) движении кристаллизующегося магматического расплава; б) гравитации; в) большом скоплении элементов, дающих легколетучие соединения; г) увеличении вязкости кристаллизующегося расплава; д) неравномерном (последовательном сверху — вниз) охлаждении интрузивного тела; е) двух периодах кристаллизации расплава: первом — медленной кристаллизации главным образом лейкократовых минералов, втором — более быстрой кристаллизации всех остальных минералов магматического происхождения.

Рудоносный комплекс (особенно его верхняя часть) представлен многократно чередующимися, пологопадающими (8—10°) к центру плутона слоями пород различного состава. Рудные залежи месторождения занимают строго закономерное положение в разрезе рудоносного комплекса (даже имеют маркирующие горизонты) и представлены согласно залегающими слоями тех же пород, которые слагают весь разрез комплекса. Породы, представляющие рудные залежи, в отличие от других пород комплекса, обогащены ценным минералом и называются рудными (если ценный минерал является одним из породообразующих) или рудосодержащими (если ценный минерал — второстепенный, однако имеющий промышленное значение). Мощность рудных и рудосодержащих пород, входящих в состав разреза главных рудных залежей, колеблется от 3—5 *см* до первых десятков сантиметров. Породы постепенно переходят друг в друга, причем переходы по мощности рудных залежей макроскопически наблюдаются легко, а по простиранию — с трудом, так как изменение происходит постепенно и на большом протяжении. Однако изменение строения по простиранию и падению рудных залежей легко устанавливается сопоставлением таких разрезов из разных участков плутона.

Наиболее высокое содержание ценного минерала приурочено к ле-

жачему боку рудных горизонтов, что, по-видимому, является результатом гравитации [1].

Строение рудных залежей рассматриваемого месторождения сложное и в разных частях плутона различное. Это позволило выделить несколько типов разрезов. Почти каждый тип разрезов имеет разновидности.

Детальным изучением вещественного состава рудных горизонтов установлено, что каждая рудная залежь представлена рудной породой, которая заключена в рудосодержащие породы. Рудосодержащие породы, а нередко и рудная порода по простиранию и падению очень плавно ме-

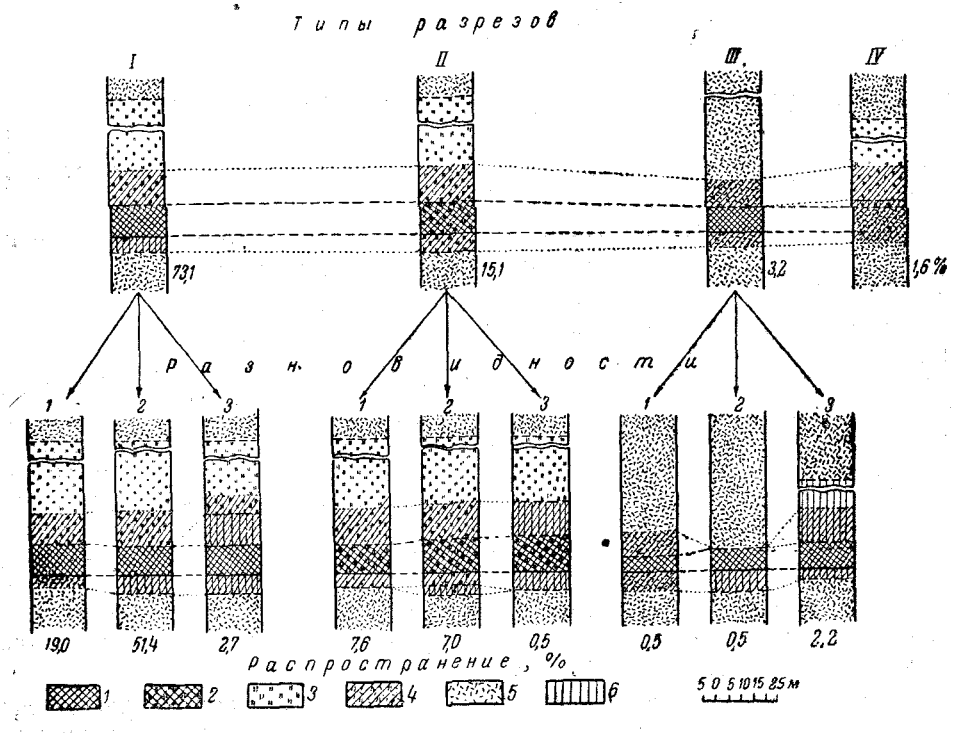


Рис. 1. Схема строения рудной залежи *А*. Типы разрезов:
I — очень часто встречающееся строение, характерное для западной половины плутона; *II* — редко встречающееся строение, характерное для западной половины плутона; *III* — очень редко встречающееся строение, характерное для восточной половины плутона; *IV* — исключительно редко встречающееся строение, характерное для восточной половины плутона. Породы: *1* — рудная *а*; *2* — рудная *б*; *3* — рудосодержащая *1*; *4* — рудная *в*; *5* — рудосодержащая *2*; *6* — переходная рудосодержащая 4. Косой штриховкой выделена рудная залежь

няют свой вещественный состав вплоть до того, что одна порода сменяется другой. Типы разрезов отличаются наличием в них разных рудосодержащих, а нередко и рудных пород. В каждом типе разрезов установлены разновидности типов, которые выделены по наличию и положению в разрезе переходной рудосодержащей породы. Переходная порода, как правило, располагается между рудной породой и какой-либо из рудосодержащих. В некоторых типах разрезов разновидности отсутствуют, но обычно каждый тип представлен разновидностями: в первой разновидности переходная рудосодержащая порода отсутствует; во второй—переходная по-

[1] Ценный минерал является магматическим, который по сравнению с другими магматическими минералами рассматриваемого комплекса пород характеризуется большим удельным весом.

рода всегда находится в лежачем боку рудной залежи и, как правило, подстилает рудную породу; в третьей — переходная порода встречается одновременно в лежачем и висячем боках рудной залежи: в лежачем боку она всегда подстилает рудную породу, а в висячем — покрывает рудную или рудосодержащую породу.

Рассмотрим типы и разновидности типов разрезов на примере двух хорошо изученных рудных залежей *А* и *Б*. В рудной залежи *А* установлены четыре типа разрезов, из которых первые три имеют по три разновидности (рис. 1). Первая разновидность первого типа, как правило, сложена двумя породами: рудной *а* и покрывающей ее рудосодержащей *1*. Вторая разновидность первого типа разрезов сложена тремя породами: рудной *а*, покрывающей ее рудосодержащей *1* и подстилающей рудосодержащей породой *4* (переходная порода). Третья разновидность первого типа разрезов сложена тремя породами: рудной *а*, подстилающей и покрывающей ее переходной рудосодержащей породой *4*, выше которой в висячем боку расположена рудосодержащая порода *1*.

Первая разновидность второго типа разрезов сложена двумя породами: рудной *б* и рудосодержащей *1*, которая подстилает и покрывает рудную породу. Вторая разновидность второго типа разрезов сложена тремя породами и отличается от первой разновидности наличием переходной рудосодержащей породы *4*, которая подстилает рудосодержащую породу *1* лежачего бока. Третья разновидность второго типа разрезов сложена тремя породами: рудной *б*, подстилающей ее рудосодержащей породой *1* и покрывающей переходной рудосодержащей породой *4*.

Первая разновидность третьего типа разрезов сложена двумя породами: рудной *а* и рудосодержащей *2*, подстилающей и покрывающей рудную залежь. Вторая разновидность третьего типа разрезов сложена двумя породами: рудной *а* и подстилающей ее переходной рудосодержащей породой *4*. Третья разновидность третьего типа разрезов сложена двумя породами: рудной *а* и переходной рудосодержащей *4*, которая подстилает и покрывает рудную породу.

Четвертый тип разрезов разновидностей не имеет и сложен четырьмя породами: рудной *в*, рудосодержащей *2*, подстилающей рудную породу, переходной рудосодержащей породой *4*, покрывающей рудную породу, и рудосодержащей породой *1* (выше переходной рудосодержащей породы *4*).

В рудной залежи *Б* установлены три типа разрезов (рис. 2). Первый тип разрезов представлен тремя разновидностями. Первая разновидность первого типа разрезов сложена тремя породами: рудной *б*, рудосодержащей *3*, которая подстилает рудную, и рудосодержащей породой *1*, которая покрывает рудную. Вторая разновидность первого типа разрезов представлена четырьмя породами: рудной *б*, переходной рудосодержащей породой *4*, рудосодержащей *3*, которая подстилает породу *4*, и рудосодержащей *1*, покрывающей рудную породу *б*. Третья разновидность первого типа разрезов сложена четырьмя породами: рудной *б*, переходной рудосодержащей *4*, которая установлена в лежачем и висячем боках рудной залежи (в первом случае она подстилает рудную породу *б*, а во втором — покрывает рудосодержащую породу *1*), рудосодержащей породой *3*, подстилающей переходную породу *4*, и рудосодержащей *1*, которая покрывает рудную породу.

Второй тип разрезов разновидностей не имеет и сложен двумя породами: рудной *б* и рудосодержащей *1*, которая как покрывает, так и подстилает рудную породу.

Третий тип разрезов представлен двумя разновидностями — первой и третьей (вторая разновидность не установлена). Первая разновидность

третьего типа сложена тремя породами: рудной *б*, перекрывающей ее рудосодержащей породой *3* и лежащей выше рудосодержащей породой *1*. Третья разновидность третьего типа разрезов сложена четырьмя породами: рудной *б*, переходной рудосодержащей породой *4*, которая установлена в лежачем и висячем боках (в первом случае подстилает рудную породу, во втором — покрывает рудосодержащие породы *3* и *1*), рудосо-

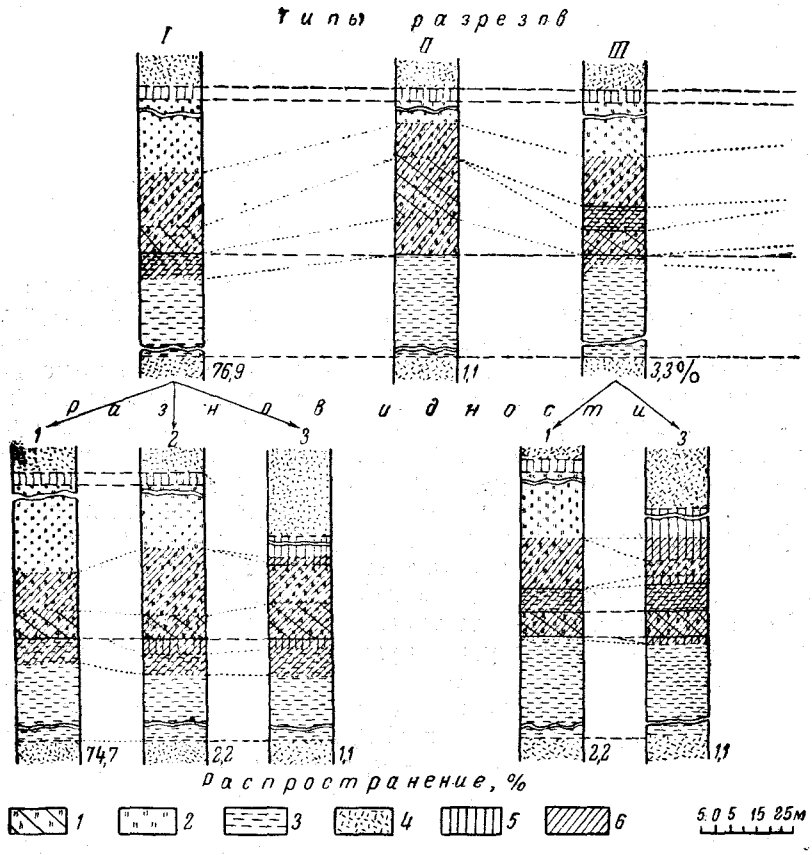


Рис. 2. Схема строения рудной залежи Б. Породы:
1 — рудная *б*; *2* — рудосодержащая *1*; *3* — рудосодержащая *3*; *4* — рудосодержащая *2*; *5* — переходная рудосодержащая *4*; *6* — с промышленным содержанием ценного минерала (рудная залежь)

держащей породой *3*, покрывающей рудную породу, и рудосодержащей породой *1*, которая лежит выше породы *3* и заключена в переходной породе *4*.

Даже из схематически краткой характеристики типов и разновидностей типов разрезов видно, что рудная залежь *А* имеет более сложное строение, чем залежь *Б*.

В рудной залежи *А* по простиранию и падению имеет место изменение минерального состава в рудном слое, благодаря чему этот слой представлен тремя рудными породами — *а*, *б*, и *в*. В этой рудной залежи меняют свой минеральный состав и рудосодержащие породы, которые представлены двумя переходящими друг в друга породами. Для рудной залежи *А* характерно отсутствие резких контактов между рудным слоем и вмещающими его рудосодержащими породами, в результате чего здесь

широко развита переходная рудосодержащая порода *4*. Таким образом, в рассматриваемой рудной залежи широко развиты вторые и третьи разновидности типов разрезов (70,9% от числа всех разрезов), в строении которых участвует переходная рудосодержащая порода *4*. Особенно характерно широкое развитие вторых разновидностей, которые составляют 63,9% от числа всех разрезов.

В рудной залежи *Б* рудный слой представлен везде одной и той же рудной породой, но ее положение в разрезе иногда меняется. Обычно рудная порода лежит на рудосодержащей породе *3*, с которой имеет отчетливый контакт. Иногда она расположена выше и находится среди рудосодержащей породы *1* (второй тип разрезов). Рудный слой покрывается и подстилается двумя рудосодержащими породами (*1* и *3*), которые по простиранию и падению переходят друг в друга. Для рудной залежи *Б* характерно слабое развитие переходной рудосодержащей породы и благодаря этому — широкое проявление первой разновидности типов разрезов, которая составляет 94,5% от числа всех разрезов.

Преобладающее развитие тех или иных типов разрезов связано с *региональным изменением состава пород рудных горизонтов*. Например, для рудной залежи *А* характерно широкое распространение первого типа разреза (реже второго) в западной части плутона, где третий и четвертый типы разрезов имеют явно подчиненное значение. В восточной части плутона наиболее широко развиты третий и четвертый типы.

Установлено, что чем больше рудосодержащих пород принимает участие в строении рудных залежей, тем выше содержание в них ценного минерала, т. е. чем полнее прошла кристаллизационная дифференциация на том или ином участке плутона, тем выше концентрация ценного минерала в рудных залежах.

Отмеченные взаимосвязи целесообразно использовать для практических целей — разработки метода опробования по типам разрезов и оценки рудных залежей. Как отмечено выше, метод опробования по типам разрезов основан на закономерной зависимости между строением рудной залежи и содержанием ценного минерала. Изменение строения рудной залежи в той или иной части плутона всегда сопровождается изменением содержания ценного минерала, что для данного месторождения обусловлено некоторым разнообразием в условиях, при которых протекала кристаллизационная дифференциация магматического расплава.

Прежде чем решать вопрос о возможности применения типов и разновидностей типов разрезов для опробования, необходимо убедиться в устойчивости содержания ценного минерала в пределах разновидностей типов разрезов. Колебания содержания ценного минерала в разновидностях типов разрезов не могут служить препятствием для применения их в опробовании, если величина этих колебаний не превышает допустимой погрешности опробования. Содержание ценного минерала в разновидностях типов разрезов для каждого сечения залежей надежно установлено нами штуфным оптико-геометрическим методом опробования [1]. Полученные данные использованы для соответствующей обработки с привлечением методов вариационной статистики (табл. 1).

Несмотря на ограниченное число вариантов, средние квадратические отклонения и, в частности, средняя относительная погрешность, возникшая при определении среднего содержания ценного минерала в разновидностях типов разрезов (m, %) при 25 вариантах, не превышает $\pm 5\%$ и колеблется от $\pm 3{,}2$ до 5%. Такая величина относительной погрешности, безусловно, позволяет использовать указанную зависимость для определения среднего содержания ценного минерала в любом сечении изученных рудных залежей, не применяя других методов опробования.

Таблица 1

Средние содержания ценного минерала (%) в главных разновидностях типов разрезов и средние квадратические отклонения, отражающие устойчивость средних содержаний в этих разновидностях

Разновидность типа разрезов	Число сечений, n[1]	Среднее содержание ценного минерала, %	Среднее квадратическое отклонение					
			$\sigma = \pm$	$V = \pm$	$m = \pm$	$m\,\% = \pm$	при $n = 25$	
							$m = \pm$	$m\,\% = \pm$
		По рудной залежи А						
I — 1	8	2,86	0,475	16,6	0,168	5,9	0,095	3,3
I — 2	48	3,42	0,746	21,8	0,108	3,2	0,149	4,4
I — 3	8	3,38	0,786	23,2	0,278	8,2	0,157	4,7
II — 1	9	3,99	0,663	16,6	0,221	5,5	0,133	3,2
II — 2	24	3,98	0,821	20,6	0,168	4,2	0,164	4,1
		По рудной залежи Б						
I — 1	70	2,96	0,742	25,1	0,088	3,0	0,149	5,0

[1] Каждое сечение представляет собой разрез рудной залежи по мощности.

Опробование по типам разрезов сводится к детальной геологической документации рудных залежей. В процессе документации в каждом сечении по мощности устанавливается строение рудной залежи. В результате полученный разрез относится к тому или иному типу и разновидности типа разрезов, что позволяет установить содержание ценного минерала в данном сечении рудной залежи. За содержание ценного минерала в данном сечении принимается его среднее содержание, установленное заранее в соответствующем типе и разновидности типа разрезов (штуфным оптико-геометрическим методом).

С целью проверки достоверности предложенного метода опробования были произведены расчеты по определению «действительной» погрешности [2] этого метода. В рудной залежи *А* штуфным оптико-геометрическим методом опробования было надежно установлено содержание ценного минерала в 100 сечениях, а в рудной залежи *Б* — в 75 сечениях. В этих же сечениях было установлено среднее содержание ценного минерала по типам разрезов.

Таблица 2

«Действительные» погрешности опробования

Наименование рудной залежи	Число сечений, n	Среднее содержание ценного минерала, %	Среднее квадратическое отклонение					
			$\sigma = \pm$	$V^*_л = \pm$	$m = \pm$	$m\,\% = \pm$	при $n = 25$	
							$m = \pm$	$m\,\% = \pm$
А	100	3,58	0,524	14,6	0,0524	1,5	0,105	2,9
Б	75	2,99	0,535	17,9	0,0617	2,1	0,107	3,6

* $V_л$ — ложный коэффициент вариации [2].

Как видно из табл. 2, «действительные» погрешности опробования по типам разрезов невелики и даже при малом числе вариантов (25) не превышают 3—4% определяемой величины. Таким образом, данный метод опробования можно рекомендовать для практики, так как погрешность, близкая к погрешности химического опробования, дает возможность применять метод при подсчете запасов по высоким категориям. Применение этого метода с периодическим контролем другими методами опробования позволит уточнить среднее содержание ценного минерала в разновидностях разрезов и, следовательно, уменьшить погрешность метода.

При освоении метода опробования по типам разрезов необходимо создать эталонную коллекцию рудных и рудосодержащих пород, входящих в разрезы рудных залежей с целью наиболее точного определения разновидностей разрезов.

Зависимость, которая легла в основу метода опробования по типам разрезов, безусловно существует и на других месторождениях полезных ископаемых. Особенно вероятно ее наличие в месторождениях осадочного генезиса, где изменение содержания полезных компонентов должно зависеть от изменения фациальных условий формирования рудных залежей.

Метод опробования по типам разрезов принципиально близок методу опробования по типам руд, так как оба они основаны на связи содержания полезных компонентов с минеральным составом и структурно-текстурными особенностями руд. Оба метода исключают взятие проб, их обработку и производство анализов [3, 4]. Однако они могут применяться на различных по условиям образования месторождениях. Типы и разновидности типов разрезов, как показали наши исследования, могут быть установлены на месторождениях с широким развитием постепенных переходов между разновидностями рудоносных пород по мощности, простиранию и падению рудных залежей. Мощности рудоносных пород на таких месторождениях устойчивы.

Типы руд характерны для месторождений, на которых, как правило, наблюдаются скачкообразные изменения вещественного состава руд по мощности, простиранию и падению рудных залежей. На таких месторождениях типы и разновидности типов руд выдерживаются по простиранию и падению на больших расстояниях без взаимных переходов. Мощности разновидностей типов колеблются в широких пределах.

Метод опробования по типам разрезов также позволяет без применения общепринятых методов анализа и по ограниченному числу сечений произвести перспективную оценку любой рудной залежи на том или ином участке плутона. Возможность такой оценки и ее достоверность определяются условиями образования рудных залежей, а особенно — плавным изменением их строения и, как следствие — изменением содержания ценного минерала. Отмеченные изменения обычно имеют региональный характер.

Итак, метод опробования по типам разрезов очень прост, обеспечивает высокую производительность труда (в десятки раз выше, чем общепринятые методы), так как по существу сводится к детальной геологической документации рудной залежи. В результате этого качество геологической документации улучшается и ускоряется процесс изучения месторождения в целом. Метод опробования по типам разрезов может найти широкое применение на ряде месторождений полезных ископаемых.

К недостаткам метода опробования по типам разрезов можно отнести: 1) необходимость предварительного изучения вещественного состава и строения рудных залежей, а также определения содержания ценных

минералов в типах и разновидностях типов разрезов; 2) невозможность его применения на вновь открытых и слабо изученных месторождениях.

Таким образом, как правило, метод опробования по типам разрезов не может быть применен в период детальных поисков, а в ряде случаев — и в период предварительной разведки. Однако на очень крупных месторождениях полезных ископаемых метод может применяться при поисках известных рудных тел в новых участках плутона и тем более — в период предварительной разведки. Наиболее широкое применение метод должен найти в период детальной и эксплуатационной разведки, особенно в период эксплуатации месторождений. Успешное применение метода опробования возможно только при систематическом контроле другими методами, выбранными с учетом особенностей руд каждого месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Н. В. Новый минералогический метод опробования. Зап. Всесоюзн. мин. об-ва, 1957, ч. 86, № 1.
2. Иванов Н. В. Некоторые данные, уточняющие коэффициент вариации. Зап. ЛГИ, 1951, т. 25, вып. 2.
3. Иванов Н. В. Методика опробования Карабашских колчеданных месторождений по типам руд. Сов. Геология, 1941, № 4.
4. Иванов Н. В. Новая методика опробования по типам руд. Разведка недр, 1946, № 6.