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

ОПРОБОВАНИЕ КУКИСВУМЧОРРСКОГО АПАТИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ТИПАМ РУД

З. Ф. Буланова

Кукисвумчоррское апатитовое месторождение представляет собой северо-западную часть Кукисвумчорр-Юкспорской линзообразной залежи длиной около 3,9 *км* и мощностью 130—150 *м*. На верхних разрабатываемых горизонтах залежь падает под углом 25—45°, с глубиной угол падения увеличивается до 64°. Рудное тело сложено однородными по составу породами, основными минералами которых являются апатит и нефелин. В зависимости от содержания апатита рудное тело подразделяется на две зоны: верхнюю — богатую и нижнюю — бедную. Мощность богатой зоны 50—60 *м*, бедной — 80—100 *м*.

Кукисвумчоррское месторождение разрабатывается системой сплошного магазинирования с минной отбойкой. Месторождение вскрыто рядом штолен на откаточных горизонтах +473, 446, 419, 392 *м*. Вертикальными разрезами вкрест простирания залежи через 64 *м* все горизонты разбиты на блоки. Размер блоков по простиранию 64 *м*, вкрест простирания 72 *м* и больше, высота 25—60 *м* в зависимости от положения висячего бока залежи.

Эксплуатационное опробование Кукисвумчоррского месторождения производится вертикальной бороздой треугольного сечения, шириной 4 *см*, глубиной 2 *см*. В течение ряда лет, до 1953 г., отбор проб производился по густой и не всегда равномерной сетке. При этом число проб по блоку колебалось в пределах 350—600 при среднем 500. В 1953 г. геологической службой было принято решение производить эксплуатационное опробование по равномерной и более разреженной сетке, что дало возможность сократить число отбираемых проб в 2,5—3 раза.

Принятая методика опробования трудоемка и отличается механическим подходом к отбору проб (без учета особенностей геологического строения рудного тела). От этих недостатков свободна и вообще наиболее рациональна методика опробования по типам руд, предложенная Н. В. Ивановым для медно-колчеданных месторождений Урала и разработанная для ряда других месторождений [2].

Сущность методики опробования по типам руд заключается в том, что предварительно, в результате специально поставленных исследований, выделяются природные типы (разновидности) руд, слагающие рудное тело, и определяется среднее содержание компонента в различных типах руд по большому числу проб. После этих предварительных работ сам процесс опробования по типам руд сводится к определению

процента распространенности того или иного типа на участке, будь то проба, выработка, горизонт или блок. Зная среднее содержание полезного (или вредного) компонента в типах руд и процент распространенности их, можно легко и с достаточной степенью точности определить среднее содержание полезного компонента на всем участке.

Применение этой методики возможно в тех случаях, когда рудное тело сложено типами руд с выдержанным средним содержанием компонентов в пределах типа по всему месторождению и с четкими границами между типами руд.

Рудное тело Кукисвумчоррского месторождения сложено несколькими типами руд. По качественному минералогическому составу типы однородны, но по количеству и характеру расположения отдельных минералов или их групп в пространстве они отличны. Внешнее различие типов руд и достаточно четкие границы между ними позволяют производить подземное геологическое картирование.

Выделяют следующие типы руд: пятнистый, полосчато-пятнистый, брекчиевидный, линзовидно-полосчатый, крупноблоковый, мелкоблоковый, полосчатый, сетчатый.

В строении богатой зоны принимают участие главным образом пятнистая и пятнисто-полосчатая руды, которые составляют примерно 85% всей богатой зоны, 10% занимает брекчиевидная руда, встречаются небольшие включения мелкоблоковой, сетчатой и других руд. Для бедной зоны наиболее характерными являются линзовидно-полосчатая, крупно- и мелкоблоковая, полосчатая и сетчатая руды; 75% всего объема разрабатываемой части рудной зоны приходится на долю линзовидно-полосчатой руды, 10—11% — крупноблоковой. Меньшее распространение имеют мелкоблоковая и полосчатая руды. Сетчатая руда залегает в нижней части рудного тела, где она постепенно переходит в подстилающие породы. В верхней части бедной зоны она встречается в виде тонких лент на границе с богатой зоной.

Химический состав руд качественно довольно однообразен. Типы руд отличаются главным образом по количеству основных компонентов P_2O_5 и Al_2O_3, входящих в состав апатита и нефелина. Из всех компонентов, входящих в состав апатито-нефелиновых руд, наибольший промышленный интерес в настоящее время представляет P_2O_5. Эксплуатационная разведка располагает многочисленными данными опробования на P_2O_5 по всем типам руд. Это дало возможность с достаточной точностью определить среднее содержание P_2O_5 в природных типах руд, для чего использовались только бороздовые пробы, не «загрязненные» другими рудами.

Выделение типов руд с целью применения методики опробования по типам руд имеет смысл только в том случае, если по содержанию полезного компонента они существенно отличаются друг от друга, если различие средних содержаний P_2O_5 в них не является случайным. Такая задача легко и быстро решается сравнением эмпирических распределений P_2O_5 в различных типах руд [1] и оценкой расхождения сравниваемых распределений с помощью критерия согласия А. Н. Колмогорова [4]. Критерий согласия А. Н. Колмогорова, или критерий λ, дает достаточно точную оценку при условии, что число наблюдений достаточно велико (не менее нескольких десятков) и распределение непрерывно.

---

[1] Эмпирическим распределением называется распределение частот (числа проб), соответствующих содержаний P_2O_5 в каждом выделенном типе руды.

Сущность оценки по критерию А. Н. Колмогорова заключается в следующем. При сравнении двух эмпирических распределений первоначально вычисляется

$$\lambda = D\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}},$$

где D — максимальное значение абсолютной разности между накопленными относительными частотами двух сравниваемых распределений;

n_1, n_2 — число проб, входящих в эти распределения.

Затем по аргументу λ в специальной таблице находится вероятность $P(\lambda)$ того, что случайное значение λ' будет не менее заданного значения λ при большом числе наблюдений. Согласно принципу практической возможности маловероятных событий, расхождение между распределениями можно считать не случайными, а существенными, если вероятность $P(\lambda)$ окажется малой (не более 0,05). Если же вероятность $P(\lambda)$ окажется более 0,05, то расхождение между распределениями можно считать случайным.

Оценка расхождения между распределениями содержания P_2O_5 в типах руд по критерию А. Н. Колмогорова показала, во-первых, что по содержанию P_2O_5 несущественно отличается брекчиевидная руда А от руд, в которых она расположена; во-вторых, расхождение между средними содержаниями P_2O_5 в крупноблоковой и мелкоблоковой рудах также случайно, что обусловлено большим петрографическим сходством этих руд.

Как показала математическая оценка, для подавляющего большинства выделяемых на практике разновидностей апатито-нефелиновых руд характерно свое определенное среднее содержание P_2O_5, отличное от среднего содержания P_2O_5 в других разновидностях. При практическом использовании этой особенности оруденения неизбежно возникает вопрос о величине возможных отклонений содержания P_2O_5 в пробах от средних содержаний в типах руд и об ошибках определения средних содержаний в них.

Известно, что одним из условий применения обычных формул математической статистики для обработки данных разведки является подчинение исследуемого показателя нормальному закону распределения. Только в том случае, когда эмпирическое распределение нормально или близко к нему, можно утверждать, что отклонение содержания в отдельных пробах от среднего содержания по абсолютному значению практически не превысит величину, равную 3σ. В связи с этим необходимо знать, подчиняются ли значения содержания P_2O_5 в отдельных типах руд нормальному закону распределения. Для оценки расхождения между эмпирическим и нормальным распределениями можно опять воспользоваться критерием согласия А. Н. Колмогорова. В этом случае

$$\lambda = D\sqrt{n},$$

где n — число проб в выборке;

D — максимальное значение абсолютной разности между накопленными относительными частотами эмпирического и теоретического распределения.

Вычисление теоретических частот нормального распределения производится по формуле

$$n' = \frac{n\Delta c}{\sigma} Z_t,$$

где n' — число теоретических частот;
σ — стандарт;
Δc — величина класса;

$Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$ — берется из таблицы по аргументу $t = \frac{C - \overline{C}}{\sigma}$.

Таблица 1

ОЦЕНКА РАСХОЖДЕНИЯ МЕЖДУ НОРМАЛЬНЫМИ И НАБЛЮДЕННЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ СОДЕРЖАНИЯ P_2O_5 В ТИПАХ РУД

Тип руды	n	D	λ	$P(\lambda)$
Пятнистый	939	0,039	1,19	Более 0,112
Полосчато-пятнистый . . .	264	0,066	1,08	Более 0,178
Брекчиевидный А	118	0,055	0,60	0,864
Брекчиевидный Б . . .	50	0,112	0,79	Более 0,544
Линзовидно-полосчатый . .	335	0,035	0,64	Более 0,792
Крупноблоковый	70	0,040	0,33	Более 0,9997
Мелкоблоковый	51	0,055	0,39	Более 0,997
Сетчатый	63	0,048	0,38	Более 0,997

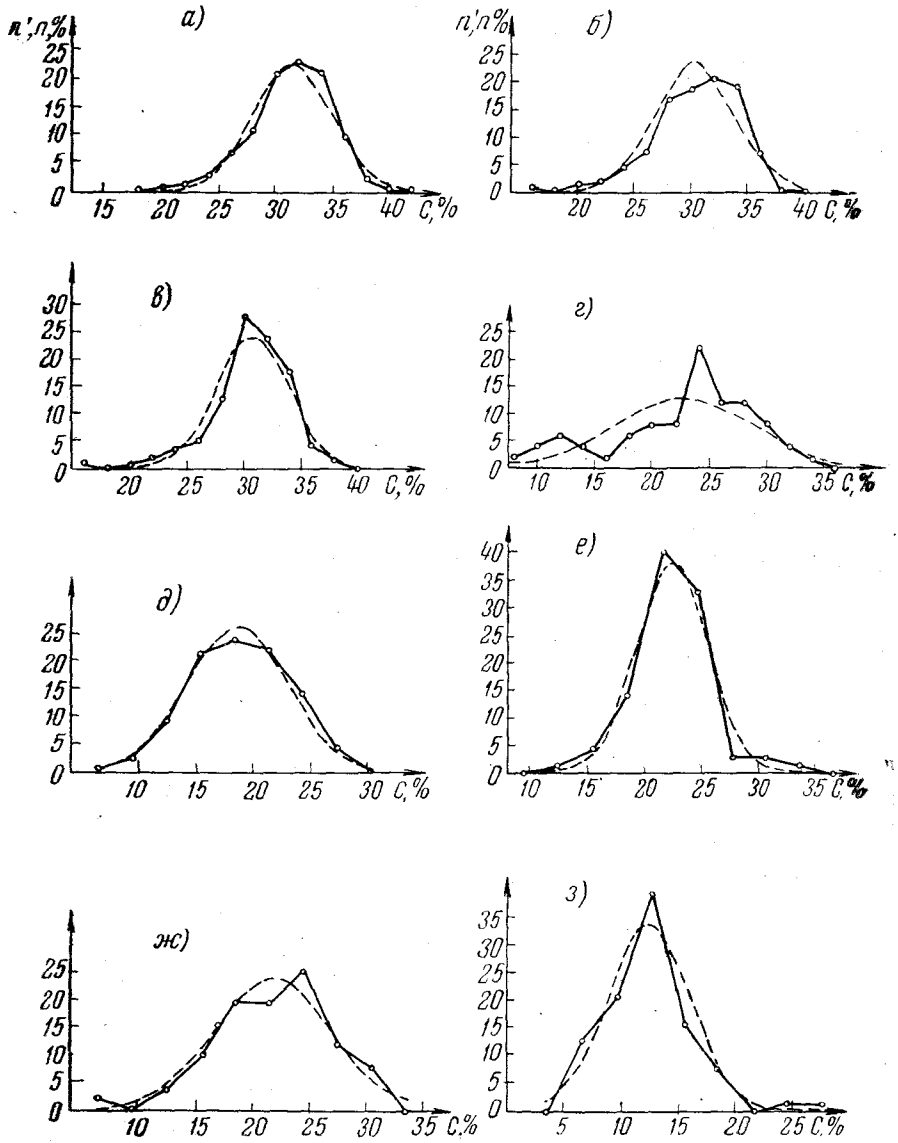
Примечание. Для всех типов руд степень расхождения несущественна.

Как видно из табл. 1 и графиков рис. 1, распределение значений содержания P_2O_5 во всех типах руд близко к нормальному. Из теории вероятности известно, что нормальному закону подчиняются случайные величины, на которые действует совокупность многих причин, не зависимых друг от друга. Такими величинами являются, например, случайные погрешности измерения, возникающие от несовершенства органов чувств наблюдателя и других причин. Показатели же месторождения, строго говоря, не являются случайными величинами. Отложение того или иного компонента полезного ископаемого происходило не хаотично, а было обусловлено определенными геологическими процессами, вызвавшими образование рудного тела. Однако показатели месторождения можно условно считать случайными величинами, если вероятность встречи какого-либо значения показателя постоянна для любого участка месторождения. В этом случае среднее значение показателя для любого участка рудного тела (частное среднее) должно быть равно среднему значению показателя для всего месторождения (общему среднему) или отличаться от него на величину, численно не превышающую предельной ошибки частного среднего, причиной возникновения которой являются случайные отклонения значений показателя в отдельных точках рудного тела от средней величины. Если же на каком-либо участке отклонение частного среднего от общего выходит за пределы этой ошибки, имеет место существенное понижение или повышение значений показателя на данном участке.

В нашем случае за элементарный участок принят блок, за частное среднее $\overline{c_i}$ — среднее содержание P_2O_5 в руде исследуемого типа по i-му блоку, за общее среднее $\overline{c}$ — среднее содержание P_2O_5 в руде этого же типа по всему месторождению. Тогда отклонение частного среднего от общего среднего $\Delta_i = \overline{c_i} - \overline{c}$, а предельная ошибка част-

ного среднего $m_{пр} = 3m$. В свою очередь, m — средняя ошибка частного среднего вычисляется по формуле

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$



Эмпирические и теоретические кривые распределения содержания P_2O_5 в типах руд:

а — пятнистой руде; *б* — полосчато-пятнистой; *в* — брекчиевидной *А*; *г* — брекчиевидной *Б*; *д* — линзовидно-полосчатой; *е* — крупноблоковой; *ж* — мелкоблоковой; *з* — сетчатой

где σ — дисперсия значений содержания P_2O_5 около общего среднего;
n — число проб, по которым вычислено частное среднее.

Как показали исследования, в пятнистой руде на участках блока 6/7 и блока 14/15 среднее содержание P_2O_5 отклонилось от общего

среднего содержания на величину, превышающую 3 m. Происхождение таких больших отклонений нельзя объяснить случайными причинами. Очевидно, при застывании магмы в пятнистой руде на участке блока 6/7 произошла концентрация P_2O_5, а на участке блока 14/15 — концентрация Al_2O_3. В качестве окончательного значения среднего содержания P_2O_5 в пятнистой руде может быть принято среднее содержание P_2O_5, вычисленное без учета проб блоков 6/7 и 14/15. В этом случае во всех учитываемых блоках отклонение частных средних содержаний от общего среднего не превышает величины, равной 3 m.

Исключив, таким образом, влияние локальных закономерностей на среднее содержание P_2O_5 в типах руд, можно вычислить также ошибки определения среднего содержания по обычным формулам математической статистики.

Таблица 2

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ P_2O_5 В ТИПАХ РУД И ОШИБКИ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Тип руды	Число проб n	Среднее содержание P_2O_5 $\bar{c}$	Стандарт σ	Абсолютная ошибка среднего m	Относительная ошибка среднего m %
Пятнистый	736	31,28	3,36	0,12	0,40
Полосчато-пятнистый	264	30,26	3,69	0,23	0,75
Брекчиевидный А (внутренний)	118	30,66	3,23	0,27	0,89
Брекчиевидный Б (контактовый)	50	22,70	6,29	0,89	3,90
Линзовидно-полосчатый	335	18,99	4,53	0,25	1,33
Крупноблоковый	70	22,23	3,11	0,37	1,67
Мелкоблоковый	51	21,84	5,13	0,72	3,29
Сетчатый	63	12,27	3,62	0,46	3,74

Как следует из табл. 2, ошибки определения средних содержаний в типах руд, слагающих бо́льшую часть рудного тела, невелики — относительная погрешность среднего не превышает 2%. Несколько менее точно, от 3 до 4%, определяются средние содержания в типах руд, имеющих небольшое распространение в разрабатываемой части рудного тела — в мелкоблоковой, сетчатой руде и в контактовой брекчии.

Особенности строения рудного тела и характер оруденения позволяют с успехом применить методику опробования по типам руд на апатитовом месторождении. При этом обеспечивается необходимая точность определения среднего содержания в блоке.

Все ошибки, которыми сопровождается опробование по типам руд, можно разделить на три вида: 1) неправильное определение типа руды; 2) ошибки подсчета объема или запаса типа руды; 3) ошибка определения среднего содержания полезного компонента в руде различных типов.

Рассмотрим эти ошибки, возможность появления и их величину.

1. При наличии квалифицированных кадров, ведущих геологическую документацию горных выработок, обеспечивается безошибочное определение типов руд, что подтверждается сопоставлением геологических планов по соседним блокам, составленных различными геологами.

2. Ошибка определения объема руды какого-либо типа складывается из графической ошибки, ошибки привязки контактов между типами руд, ошибки определения контактов, ошибки аналогии подсчета объема.

Графическая ошибка ничтожна по величине. Она может быть полностью исключена, если при определении распространенности руд по

выработкам использовать непосредственно данные геологической документации.

Привязка контактов по выработкам производится от маркшейдерских точек обычным способом, принятым при маркшейдерских замерах. При тщательном выполнении замера линейная ошибка не превысит $\frac{1}{200}$ длины прокладываемого полигона. Предположим наиболее неблагоприятные случаи, когда ошибка определения среднего содержания в блоке за счет неточной привязки контактов между типами руд достигает максимальной величины.

Пример 1. Возьмем блок размером 64 *м* по простиранию, 96 *м* вкрест простирания и 40 *м* по высоте. Объем этого блока равен примерно 250 000 $м^3$. Допустим, что на контакте между богатой и бедной зонами в блоке встретилась сетчатая руда, вскрытая всеми выработками, пройденными вкрест простирания рудного тела. Положим далее, что при привязке контакта допущена ошибка в одну сторону. Принимая во внимание, что маркшейдерские точки расположены на междублоковых ортах через 12 *м*, определим возможную ошибку привязки $12\frac{1}{200} = 0{,}06$ *м*. Вследствие неточной привязки контакта объем сетчатой и пятнистой руд определяется с ошибкой $64 \times 40 \times 0{,}06 = 154$ $м^3$, что составляет 0,0006 объема всего блока. Разность между средними содержаниями в пятнистой и сетчатой рудах 19%. Следовательно, в результате неточной привязки контакта между пятнистой и сетчатой рудами ошибка определения среднего содержания в блоке составит $19 \times 0{,}0006 = 0{,}01\%$ P_2O_5.

Пример 2. В богатой зоне на расстоянии 30 *м* от маркшейдерских точек, находящихся на междублоковых ортах, рядом штреков встречено включение сетчатой руды с размерами вкрест простирания 50 *м*, по высоте 40 *м*. В этом случае ошибка подсчета объема за счет ошибки привязки контакта между сетчатой и пятнистой рудами будет $50 \times 40 \times \frac{30}{200} = 300$ $м^3$, а ошибка определения среднего содержания в блоке составит $\frac{19 \times 300}{250\,000} = 0{,}02\%$ P_2O_5.

Если учесть, что разность между средними содержаниями в других типах руд меньше, чем в рассмотренных примерах, что равновозможны ошибки как в сторону завышения, так и занижения, то можно полагать, что ошибка определения среднего содержания в блоке за счет ошибки привязки контактов не превысит вычисленной 0,02% P_2O_5.

Точность определения объемов типов руд зависит также от степени резкости границы между соседними типами руд. Из всех разновидностей апатито-нефелиновых руд только между пятнистой и пятнисто-полосчатой, а также между линзовидно-полосчатой и сетчатой рудами наблюдается иногда постепенный переход. В остальных случаях контакт между типами руд устанавливается достаточно надежно, как правило, с ошибкой, не превышающей 1—2 *см*.

Найдем величину возможной ошибки подсчета среднего содержания в блоке за счет неточного определения границы между типами руд. Допустим, что переходная зона между линзовидно-полосчатой и сетчатой рудами имеет мощность 1 *м*. В этом случае ошибка определения положения контакта не превысит 0,5 *м*, а ошибка подсчета объемов этих типов руд будет равна $0{,}5 \times 64 \times 40 = 1280$ $м^3$, что составляет 0,005 объема блока. Разность между средними содержаниями P_2O_5 в линзовидно-полосчатой и сетчатой рудах 7,4% P_2O_5. Следовательно,

при определении среднего содержания в блоке за счет неточного выявления контакта между типами руд может возникнуть ошибка, равная $7{,}4 \times 0{,}005 = 0{,}04\%$ P_2O_5.

Чтобы выяснить величину ошибки определения среднего содержания P_2O_5 в блоке за счет ошибки аналогии подсчета объема, представим, что в богатой зоне оказалось не вскрытым горными выработками включение сетчатой руды с размерами по простиранию 60 *м*, вкрест простирания 10 *м*, по вертикали 5 *м*. Так как разность между средними содержаниями в пятнистой и сетчатой рудах 19% P_2O_5, то занижение среднего содержания в блоке за счет невскрытого включения сетчатой руды в богатой зоне составит 0,25% P_2O_5. Если учесть, что возможны ксенолиты не только бедных руд, но и, наоборот, могут оказаться не вскрытыми включения богатых руд в более бедных (например, включения мелкоблоковой руды в линзовидно-полосчатой) и произойдет частичная компенсация ошибок, то ошибку, равную 0,12% P_2O_5, можно принять за предел ошибки определения среднего содержания в блоке за счет ошибки аналогии подсчета объемов руд различных типов. Кстати сказать, величина ошибки подобного рода не зависит от метода опробования, а обусловлена густотой горных выработок.

3. Ошибки определения среднего содержания P_2O_5 в типах руд могут возникнуть, во-первых, в результате местного обогащения или обеднения какого-либо типа руды, во-вторых, вследствие рассеивания значений содержания P_2O_5 около среднего.

На среднее содержание компонента в блоке существенное влияние может оказать местное изменение содержания лишь в основных типах руд, занимающих более 40% объема данного блока.

Например, в блоке 6/7 горизонта +419 *м* обнаружено местное обогащение пятнистой руды на 1% P_2O_5. На долю пятнистой руды в данном блоке приходится около 50% всего объема блока. Следовательно, если бы в расчет было принято общее среднее содержание в пятнистой руде, то была бы допущена ошибка в 0,50% P_2O_5. Для руд, имеющих меньшее развитие, эта ошибка соответственно уменьшается. Так, например, местное изменение содержания на 1% P_2O_5 в крупноблоковой руде, составляющей примерно 8% всего объема блока, вызовет ошибку определения среднего содержания в 0,08% P_2O_5.

Рассмотренные ошибки нельзя отнести к разряду случайных. В процессе опробования необходимо выявлять участки с местным обогащением или обеднением типов руд. Как сказано выше, эта задача решается сравнением фактического отклонения частного среднего от общего среднего с теоретической предельной ошибкой среднего содержания компонента в данном блоке. Если окажется, что отклонение частного среднего от общего по абсолютному значению больше предельной ошибки, то для данного блока за среднее содержание P_2O_5 в исследуемом типе руд следует брать не общее среднее содержание, а частное среднее. Таким образом можно учесть наличие локального изменения содержания и исключить его влияние на величину среднего содержания P_2O_5 в блоке. Следовательно, для проверки постоянства среднего содержания из основных типов руд необходимо отбирать по 15—20 проб и производить их химический анализ.

Величина же ошибки, возникающей вследствие рассеивания значений содержания P_2O_5 около общего среднего, незначительна. Для ее определения воспользуемся формулой, известной из теории ошибок:

$$m_{\bar{c}} = \sqrt{\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 m_1^2 + \left(\frac{V_2}{V}\right)^2 m_2^2 + \ldots + \left(\frac{V_8}{V}\right)^2 m_8^2},$$

где $\frac{V_1}{V}$, $\frac{V_2}{V}$ ... — отношение объема руды данного типа к объему всего блока;

m_1, m_2 ... — ошибка определения среднего содержания P_2O_5 в типах руд.

По данным блоков 2—8 горизонта +419 *м*, пятнистая руда составляет в среднем 48,8%, пятнисто-полосчатая 4,3%, крупноблоковая 7,6%, мелкоблоковая 5,6%, сетчатая 3,7% объема блока. Подставим в формулу эти данные и значения ошибок определения среднего содержания в типах руд из табл. 2, найдем ошибку среднего содержания в блоке за счет рассеивания значений содержания P_2O_5 около среднего. Эта ошибка не превысит 0,10% P_2O_5.

Как следует из предрасчета возможных ошибок опробования по типам руд, рассматриваемая методика опробования может обеспечить необходимую точность получения среднего содержания в блоке.

Наличие комплекта горизонтальных и вертикальных разрезов Кукисвумчоррского апатитового месторождения позволило проверить методику опробования по типам руд на фактическом материале. В табл. 3 по шести блокам горизонта +419 сравниваются средние содержания P_2O_5, подсчитанные по типам руд, и средние содержания P_2O_5, полученные по данным бороздового опробования.

Таблица 3

ОЦЕНКА МЕТОДА ОПРОБОВАНИЯ ПО ТИПАМ РУД

Номер блока	Метод опробования	Среднее содержание P_2O_5, вес. %		
		в богатой зоне	в бедной зоне	в блоке
2 / 3	Бороздовое	30,07	20,20	25,44
	По типам руд	30,32	19,66	25,32
		+0,25	—0,54	—0,12
3 / 4	Бороздовое	29,80	19,57	24,68
	По типам руд	29,42	19,33	24,38
		—0,48	—0,24	—0,30
4 / 5	Бороздовое	30,66	19,25	25,18
	По типам руд	30,58	18,42	24,75
		—0,08	—0,83	—0,43
5 / 6	Бороздовое	30,87	17,95	27,35
	По типам руд	30,10	18,97	27,06
		—0,77	+0,98	—0,29
6 / 7	Бороздовое	29,90	18,97	28,03
	По типам руд	30,55	18,80	28,55
		+0,65	—0,17	+0,52
7 / 8	Бороздовое	29,60	20,80	27,83
	По типам руд	30,07	19,42	27,93
		+0,47	—1,38	+0,10
	Среднее абсолютное отклонение	0,45	0,69	0,29

Как видно из табл. 3, абсолютная разность между значениями среднего содержания в блоке, подсчитанного по типам руд, и данными бороздового опробования колеблется от 0,10 до 0,52, а в среднем составляет 0,29% P_2O_5, т. е. ошибка определения среднего содержания в блоке как в среднем, так и в частных случаях лежит в пределах допустимого, что вполне согласуется с произведенным выше предрасчетом ошибки опробования по типам руд. Больше того, опробование по типам руд по точности не уступает принятой методике опробования (табл. 4).

Таблица 4

ОШИБКИ ОПРОБОВАНИЯ

Метод опробования	Ошибка среднего содержания P_2O_5, %		
	в блоке	в богатой зоне	в бедной зоне
Бороздовое опробование по сетке $20 \times 12 \times 7$ *м*	0,22	0,26	0,42
Бороздовое опробование по сетке $40 \times 24 \times 7$ *м*	0 39	0,45	0,74
Опробование по типам руд	0,29	0,45	0,69

Будучи равноточной с применяемым способом опробования, методика опробования по типам руд по сравнению с применяемой методикой обладает рядом отмеченных выше преимуществ.

Остановимся на одном из них — экономическом эффекте, который дает методика опробования по типам руд на апатитовом месторождении. Значения среднего содержания по типам руд определены по большому числу проб и поэтому их можно считать надежными. Для гарантии при качественной оценке блока рекомендуется производить проверку среднего содержания в основных типах руд. При проверке среднего содержания можно ограничиться отбором 15—20 проб по каждому контролируемому типу руды. Следовательно, на весь блок достаточно отобрать, обработать и проанализировать 30—40 проб.

Никаких дополнительных работ по документации горных выработок производить не требуется, так как документация и геологическое картирование производятся и в настоящее время с целью изучения геологического строения рудного тела. Затрата времени на вычисление среднего содержания в блоке по готовым графическим материалам и известным средним содержаниям P_2O_5 увеличивается незначительно по сравнению с подсчетом среднего содержания по данным бороздового опробования. Таким образом, при прочих равных условиях, методика опробования по типам руд позволяет сократить число проб, приходящихся на отдельный блок, с 500—600 до 30—40, т. е. в 15—20 раз.

Следовательно, для Кукисвумчоррского апатитового месторождения наиболее рациональной методикой опробования является опробование по типам руд.

В соответствии с отмеченными особенностями геологического строения рудного тела и требованиями, предъявляемыми к эксплуатационному опробованию, можно предложить следующую организацию опробования по типам руд на апатитовом месторождении.

1. На основе тщательной геологической документации горных выработок составить горизонтальные и вертикальные геологические разрезы по блоку.

2. Определить относительные объемы всех типов руд, слагающих рудное тело на участке данного блока.

3. Из типов руд, занимающих более 40% объема блока, отобрать по 15—20 проб, обработать их и произвести химический анализ.

4. По полученным данным вычислить частное среднее содержание в этих типах руд $\bar{c}_i$ и отклонение Δ_i этого частного среднего от общего среднего $\bar{c}$. Сравнить отклонение Δ_i с предельной ошибкой $m_{пр}$. Если $\Delta_i < m_{пр}$, то за среднее содержание P_2O_5 в исследуемом типе руды для данного блока принять общее среднее содержание. Если же Δ_i окажется больше $m_{пр}$, то необходимо отобрать еще несколько проб из исследуемого типа руды и, убедившись, что $\Delta_i > m_{пр}$, принять за среднее содержание в типе руды для данного блока частное среднее.

5. По формуле общей математической середины, принимая за веса объемы типов руд, вычислить значение среднего содержания P_2O_5 в блоке.

Использованная литература

1. Антонов Л. Б. Апатитовые месторождения Хибинской тундры. Сб. «Хибинские апатиты», т. VII, изд. «Апатит», 1934.
2. Иванов Н. В. Методика опробования Карабашских колчеданных месторождений по типам руд. «Сов. геология», 1941; № 4.
3. Казаковский Д. А. К вопросу оценки ошибок аналогии при подсчете запасов месторождений. Исследования по вопросам маркшейдерского дела. Сб. ВНИМИ, 1951, т. XXIV.
4. Гнеденко Б. В. и Колмогоров А. Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. Гостехиздат, 1949.
5. Романовский В. В. Математическая статистика. ОНТИ, 1938.
6. Романовский В. В. Применение математической статистики в опытном деле. Гостехиздат, 1947.