

3. Бергер В.И., Натальин Н.А. Фациальная обстановка формирования ртутно-сурьмяного оруденения в Южном Тянь-Шане. // Рудоносность осадочных комплексов: Докл. сов. геол. на XXVIII сес. Междунар. геол. конгресса. - Л.: Недра., 1989. - С.176 – 185.
4. Бузмаков В.Н. Новые данные о структуре, минералого-геохимической зональности и стадийности гидротермальной сурьмяно-ртутной минерализации Чаувайского рудного поля // Известия УГГА. Сер: Геология и геофизика. Вып.8. - Екатеринбург, 1998. - С.104-107.
5. Волгин Ю.Ю., Баринкова Н.Ю., Иванов В.С. Распределение минеральных ассоциаций в пределах Чаувайского рудного поля // Минералого-геохимические особенности ртутных и сурьмяных месторождений. – М.: ИМГРЭ, 1985. - С. 62-69.
6. Зималина В.Я., Нехода Н.И., Тиляева Г.С. Достоверность разведки ртутно-сурьмяных месторождений согласного типа. – Ташкент: ФАН Уз. ССР, 1981. - 216 с.
7. Федорчук В.П. Геология ртути. - М.: Недра., 1983. – 270 с.
8. Угрюмов А.Н. Опыт формационного анализа золоторудных джаспероидных месторождений при крупномасштабном прогнозе и поисках // Формационный анализ как основа крупномасштабного прогноза и поисков цветных, редких и благородных металлов: Тр. ЦНИГРИ, Вып. 216. - М., 1987. - С.70-77.

УДК 553.43:622.142.1(470.5)

Ю.К. Панов

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ОПРОБОВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ НА ШАХТЕ ГАЙСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Метрологический аудит опробования рудных тел предусматривает экспериментальное определение точности (воспроизводимости) и правильности (верности) как самого метода опробования, так и отдельных проб. Именно требование к оценке отдельной пробы по точности и правильности отличает его от полного и неполного контроля опробования, применяемого для объектов опробования с пространственно независимыми и пространственно зависимыми свойствами [4, 5].

Метрологический аудит отбора линейно-точечных проб реализован нами при обработке данных экспериментального опробования, проведенного в 1969-70 гг. кафедрами поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и техники разведки Свердловского горного института (СГИ) на шахте Гайского меднорудного месторождения, руды которого являются типичными для медноколчеданных месторождений Урала [2].

Первичные руды сложены преимущественно пиритом и халькопиритом. В подчиненном количестве встречаются сфалерит, борнит, блеклые руды, галенит. Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, баритом, серицитом и хлоритом. Первичные руды подверглись глубокому изменению с образованием мощной зоны окисления с хорошо развитой зоной вторичного сульфидного обогащения. Наличие халькозина и ковеллина повышает содержание меди в разрабатываемых рудах до 25 %.

Все сульфидные руды по внешнему виду разделяются на сплошные и прожилково-вкрапленные, между которыми имеются переходные разности.

Сплошные сульфидные руды имеют массивную (однородную), брекчиевидную, полосчатую и гнездовидную текстуры. Массивные (однородные) текстуры характеризуются равномернозернистым сложением с размерами зерен сульфидов в диаметре не более 1,0-1,5 мм. Такие текстуры типичны для пиритовых и халькопиритовых руд.

Брекчиевидные текстуры сложены обломками мелкозернистого пирита, размером от 2 до 5 см, сцементированными более поздними минералами - халькопиритом и сфалеритом.

Широко развиты полосчатые текстуры, чаще всего приуроченные к приконтактовым частям рудных тел с боковыми породами. Особенно отчетливо видна полосчатость в рудах, богатых халькопиритом. В пиритовых рудах с повышенным содержанием серицита и хлорита наблюдается

сланцеватая текстура. Реже встречается гнездовая текстура с изометрическими обособлениями халькопирита среди однородного мелкозернистого пирита.

В прожилково-вкрапленных рудах наиболее часто встречается брекчиевидная текстура. Прожилки вторичных сульфидов (халькозин, ковеллин) выполняют трещины в первичных рудах. При этом прожилки чистого халькозина с содержанием меди до 80 % располагаются в брекчированном смятом порфирите, в котором содержание меди не достигает и 1 %. Это обстоятельство имеет особое важное значение при отборе проб, так как такие участки рудных тел отличаются весьма неравномерным распределением содержания меди.

По согласованию с рудоуправлением (РУ) была опробована стенка разведочного орта по 109 профилю на горизонте 320 м, вскрывающая зону вторичного сульфидного обогащения со сплошными и прожилково-вкрапленными рудами и промышленными сортами (рис. 1).

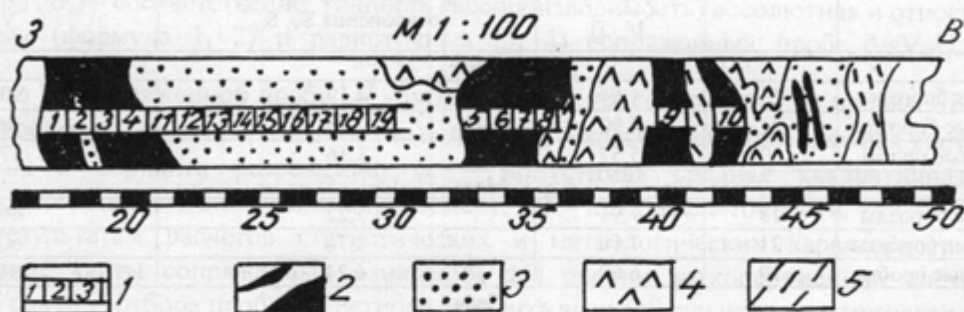


Рис. 1. Зарисовка северной стенки разведочного орта по 109 профилю, гор. 320 м:

1 – проба и ее номер; 2 – сплошная руда массивной, полосчатой, брекчиевидной и гнездовидной текстур (сумма первичных и вторичных сульфидов более 65 %); 3 – руда вкрапленная брекчиевидной текстуры (сумма первичных и вторичных сульфидов менее 65 %); 4 – диабаз; 5 – кварц-серицитовый сланец

Массивные сульфидные руды представляют мелкозернистый агрегат пирита с полосчатым расположением выделений халькопирита, борнита и сульфидов. Прожилково-вкрапленные руды представлены рассланцованными брекчиями вторичных кварцитов, сцементированных сульфидами, среди которых встречаются прожилки вторичных сульфидов с очень высоким содержанием меди.

Стенка орта опробована двумя способами: 1) ручным способом отбора – пробщиками РУ; 2) механизированным способом – пробоотборником СГИ-3м – сотрудниками СГИ. Эти способы отличаются степенью выдержанности геометрических баз проб.

Сотрудниками РУ отобрано 19 сплошных и 21 пунктирных борздовых проб. Сначала отбирались пунктирные борздовые пробы. При этом по линии борозды через каждые 5 см пробщик отбивал молотком или вырубал зубилом куски руды диаметром 2-4 см и ссыпал их в брезентовый пробный мешок. Начальная масса пробы составляла 1-2 кг на 1 пог. м опробованного материала. Затем отбивались или вырубались промежутки-целики между лунками, оставшиеся между пунктами отбора пунктирной борозды. После этого отбивались куски с краевых частей борозды и с её дна, чтобы получить сечение борздовой пробы 3x5 см. Весь материал ссыпался в мешок и составлял сплошную борздовую пробу массой от 2 до 4 кг с 1 пог. м. Фактические длины проб изменялись от 0,75 до 1,35 м, коэффициент вариации равен 21 %. Варьировало также число кусков в пробах. Интервалы отбора сплошных и пунктирных борздовых проб и эталонных проб СГИ частично не совпадали. Таким образом, пробы РУ характеризуются невыдержанностью геометрической базы и низкой степенью пространственной сопряженности друг с другом, а также пробами СГИ.

Математическая обработка химических анализов проб РУ велась только методами вариационного анализа. При этом из совокупности сплошных борздовых проб исключены 3 пробы в интервале 26,0 – 29,0 м и 1 проба в интервале 40,5–42,0 м соответственно с аномально высоким и низким содержаниями меди. Такие содержания обусловлены избирательным выкрашиванием сульфидов, а также серицита и хлорита при отборе сплошных проб в прожилково-вкрапленных рудах и на участках кварц-серицитовых сланцев.

Статистические характеристики по различным способам отбора проб приведены в табл. 1. Различия средних величин и дисперсий между содержанием элементов по разным способам

пробоотбора, проверенные критериями Стьюдента и Фишера при 5 % уровне, статистически незначимы, однако существенна разность средних по содержанию меди между пробами СГИ и сплошными пробами РУ (1,24 %), которая почти в 3 раза превышает разности средних по пробам СГИ и пунктирным бороздовым пробам. Следовательно, пунктирные бороздовые пробы предпочтительнее сплошных бороздовых проб. Повышение их правильности и точности возможно за счет уменьшения вариации их геометрической базы.

Таблица 1

Статистические характеристики различных способов отбора проб

Способы отбора проб	Число проб n	Статистические характеристики		
		средние \bar{V}, \bar{U}	средние квадратичные отклонения S_v, S_U	коэффициенты вариации V %
Цинк				
РУ-сплошные борозды	15	4,64	4,17	90,00
РУ-пунктирные борозды	21	4,90	2,85	58,00
СГИ-эталонные пробы	19	5,57	3,16	57,00
Медь				
РУ-сплошные борозды	15	7,91	5,22	66,00
РУ-пунктирные борозды	21	7,10	4,78	60,00
СГИ-эталонные пробы	19	6,67	4,24	64,00
Сера				
РУ-сплошные борозды	15	24,74	11,21	45,00
РУ-пунктирные борозды	21	25,55	11,75	46,00
СГИ-эталонные пробы	19	23,85	11,89	52,00

Способом СГИ по стенке орта были отобраны 19 примыкающих друг к другу проб с постоянными геометрическими характеристиками, позволяющими составить из них эталонные пробы. Каждая эталонная проба длиной 1 пог. м состоит из 30 разовых точечных проб (порций) постоянной геометрической базы – цилиндра диаметром 44 и высотой 30 мм. Точечные пробы располагаются по двум параллельным линиям с расстоянием между центрами порций в каждой линии 70 мм [1]. Тонкоизмельченный материал каждой точечной пробы анализировался в химической лаборатории на содержание меди, цинка и серы. Средние содержания \bar{U}_0 элементов из всех 30 проб эталонной пробы приняты за действительные, или истинные [6]. Такие эталонные пробы соответствуют принципам опробования [4] и позволяют реализовать вычислительный эксперимент по оценке статистических и метрологических характеристик линейно-точечных проб с различным числом порций (разовых проб). Более подробно планирование вычислительного эксперимента и составление из разовых проб 11 вариантов линейно-точечных проб рассмотрено нами ранее [3].

Графоаналитическая обработка вариантов вычислительного эксперимента проводилась по специально составленной программе CRR-M, реализованной на современных ПЭВМ в следующей последовательности.

По эталонным пробам и пробам вариантов разрежения вычислялись статистические характеристики: средние значения \bar{V}_i, \bar{U}_i ; средние квадратичные отклонения S_v, S_U ; коэффициенты корреляции $r_{u,v}$; уравнения регрессий; значения корней эллипса рассеяния сопряженных измерений; критерии Стьюдента t и Фишера F при 5 % уровне значимости α . По этим критериям делалось заключение о наличии – отсутствии классической систематической погрешности и равноточности вариантов разрежения относительно эталонных проб.

С учетом статистических характеристик и критериев согласия различия рассчитывалась воспроизводимость (точность) варианта разрежения, классическая точность и систематическая погрешность отдельных проб по следующим формулам:

$$S_{oi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

$$\delta_{oi} = \frac{2S_{oi}}{U + V} \times 100, \quad (2)$$

$$S'_{oi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

$$\delta'_{oi} = \frac{2S'_{oi}}{U+V} \times 100, \quad (4)$$

$$\Delta_c = \bar{d} = \bar{V} - \bar{U}, \quad (5)$$

$$ПТ = \frac{\delta_{oi}(\delta'_{oi})}{\delta_c}, \quad (6)$$

где S_{oi} , S'_{oi} , δ_{oi} , δ'_{oi} – соответственно точность (воспроизводимость) абсолютная и относительная для неравноточных (формула 1, 2) и равноточных (3, 4) сопряженных проб; $d_i = V_i - U_i$ – разность содержаний по i -й сопряженной пробе; \bar{d} – разность средних содержаний по пробам i -го варианта и эталонным пробам; n – число пар сопряженных проб; Δ_c – классическая абсолютная систематическая погрешность i -го варианта разрезания; δ_x – допустимая средняя квадратичная случайная относительная погрешность хим. анализа на элемент; ПТ – показатель точности.

По результатам расчетов статистических и метрологических характеристик строились метрологические карты сопряженных измерений для оценки знакопеременной систематической погрешности способа отбора проб конкретного варианта вычислительного эксперимента [3].

Классические точности и систематические погрешности для отдельных проб рассчитывались по следующим формулам:

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (V_{ki} - U_{ki})^2}{m-1}}, \quad (7)$$

$$\delta_k = \frac{S_k}{U_{ki}} \times 100, \quad (8)$$

$$\Delta_{ak} = V_{ki} - \bar{U}_{ki}, \quad (9)$$

$$\Delta_{ok} = \frac{\Delta_{ak}}{U_{ki}} \times 100, \quad (10)$$

$$ПТ_k = \frac{\delta_k}{\delta_x}, \quad (11)$$

где S_k , δ_k , Δ_{ak} , Δ_{ok} – соответственно точность (воспроизводимость) и классическая абсолютная и относительная систематические погрешности для отдельной k -й пробы; ПТ _{k} – показатель точности для k -й пробы; V_{ki} – содержание элемента в k -й пробе i -го варианта разложения с одним и тем же числом разовых проб; \bar{U}_{ki} – действительное содержание элемента в k -й пробе; m – количество вариантов разложения с одинаковым числом разовых проб (порций) в k -й пробе. В нашем вычислительном эксперименте $m=2,3,6$ соответственно для видов линейно-точечных проб, состоящих из 15, 10 и 5 разовых проб (порций).

Результаты графоаналитической обработки вычислительного эксперимента представлены в табл. 2, 3 и на рис. 2. Анализ табл. 2 свидетельствует, что между пробами из 15, 10 и 5 порций и эталонными пробами имеется очень тесная и тесная корреляционная связь, все линейно-точечные пробы равноточны, классическая систематическая погрешность, за исключением 1 случая, статистически незначима и практически отсутствует.

Наилучшие метрологические показатели характерны для содержаний серы. Для всех видов линейно-точечных проб знакопеременная систематическая погрешность отсутствует: пробы из 15 и 10 порций относятся по показателю ПТ к высокой категории точности, а проба из 5 порций – к высокой и средней категориям. Несколько хуже метрологические характеристики по меди. Так, в двух вариантах видов проб из 5 порций имеются знакопеременные систематические погрешности, а по показателю точности они относятся к средней категории. Наихудшие метрологические показатели отмечаются для содержаний цинка. Во всех вариантах видов проб из 5 порций установлена знакопеременная систематическая погрешность, а в одной – даже классическая систематическая погрешность. По показателям точности пробы относятся к категории неудовлетворительных. Пробы

из 15 порций в одном варианте имеют знакопеременную систематическую погрешность. Все пробы из 15 и 10 порций попадают только в среднюю категорию точности. Резюмируя результаты метрологических показателей табл.1, видим, что из всех видов линейно-точечных проб предпочтительнее пробы из 10 разовых проб (порций) как по точности (воспроизводимости), так и по правильности.

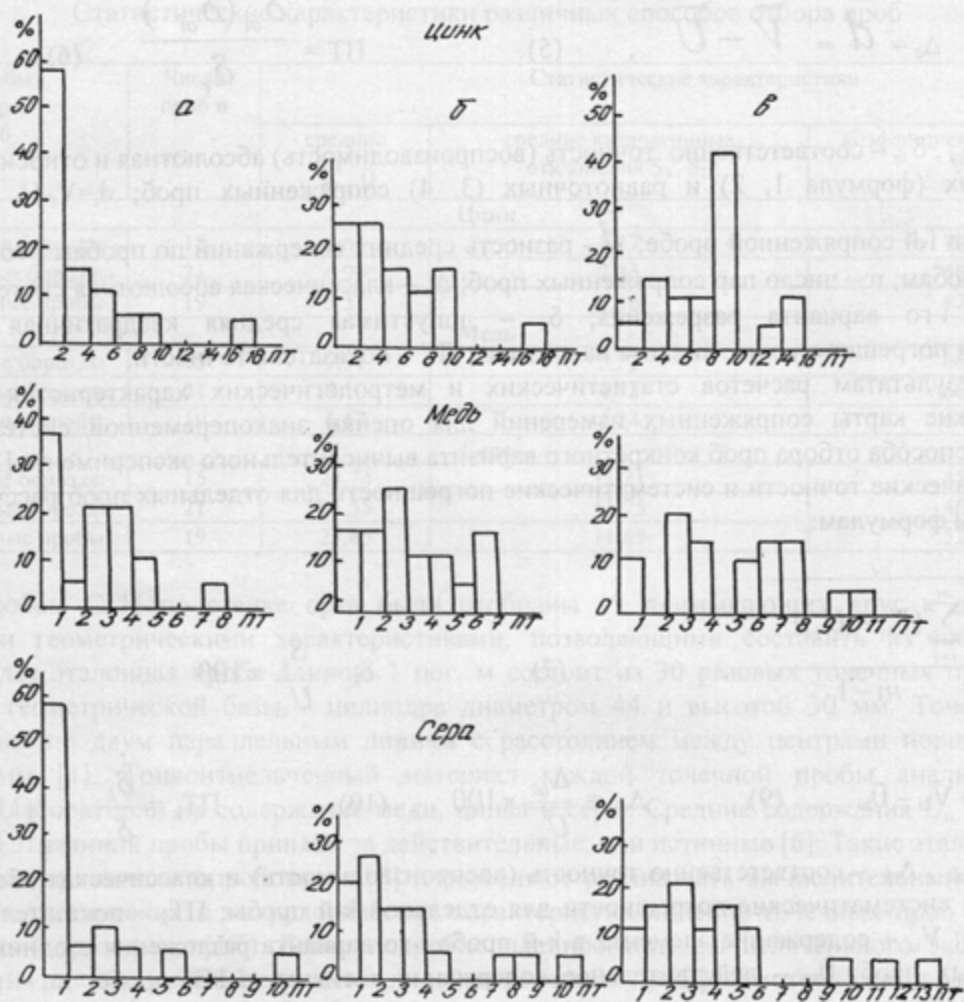


Рис. 2. Гистограммы распределения 19 проб по показателю точности:
а, б, в, - соответственно линейно-точечные пробы из 15, 10 и пяти разовых точечных проб

Анализ гистограммы на рис. 2 показывает, что наилучшие показатели по точности отдельных проб имеют содержания серы. Так, только 5-15 % всех проб относятся к категории неудовлетворительных, а в категорию высокоточных попадает от 26 до 74 % соответственно для проб из 5, 10 и 15 порций. Пробы с большими показателями точности приурочены к участкам прожилково-вкрапленных руд.

Наихудшие показатели точности для содержаний цинка: 32 и 68 % проб из 10 и 5 порций относятся к категории неудовлетворительных, в то время как по меди значительно меньше – 15 и 41 %. Для всех 3 элементов пробы из 15 порций хотя и снижают процент неудовлетворительных по точности проб до 5-15 %, но не устраняют проб с крайне высокими значениями показателей точности. Эффект существования высоких по показателю точности проб предопределяется полосчатыми текстурами в сплошных рудах и прожилками вторичных сульфидов в прожилково-вкрапленных рудах. Следовательно, пробы из 10 порций имеют лучшую воспроизводимость, чем пробы из 5 и 15 порций.

Статистические и метрологические характеристики сопряженных проб вычислительного эксперимента

Виды проб	Цинк				Медь				Сера			
	эталон- ные из 30 точек	из 15 разовых проб	из 10 разовых проб	из 5 разовых проб	эталон- ные из 30 точек	из 15 разовых проб	из 10 разовых проб	из 5 разовых проб	эталон- ные из 30 точек	из 15 разовых проб	из 10 разовых проб	из 5 разовых проб
Варианты эксперимента	0	1,2	3, 4, 5	6, 7, 8 9,10,11	0	1,2	3, 4, 5	6, 7, 8 9,10,11	0	1,2	3, 4, 5	6, 7, 8 9,10,11
Число проб в каждом варианте	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Средние значения \bar{V}_i ; $\bar{U}_0, \%$	5.57	5,70 5.45	5.45 5.42 5.33	5.48 5.64 5.40 5.27 5.49 5.17	6.67	6.94 4.42	6.85 6.40 6.57	7.23 6.72 6.87 6.29 6.48 6.43	22.85	23.00 22.71	22.95 22.75 22.82	23.65 22.71 22.58 22.58 22.30 22.94
Средние квадратичные отклонения $S_{Vi}; S_{U0}, \%$	3.16	3.52 3.01	3.17 3.16 3.46	3.28 4.05 3.87 3.22 3.24 3.18	4.24	4.42 4.12	4.32 4.12 4.29	4.50 4.41 4.64 4.06 4.35 4.26	11.99	12.08 11.92	11.77 12.35 11.96	11.51 12.24 12.80 12.10 12.21 11.78
Коэффициенты корреляции Γ_{ViU0}	-	0.97 0.96	0.95 0.97 0.96	0.86 0.96 0.87 0.87 0.89 0.87	-	0.96 0.94	0.99 0.99 0.99	0.97 0.99 0.97 0.97 0.96 0.97	-	1.00 1.00	0.99 1.00 0.99	0.99 1.00 0.99 0.99 0.99 0.98
Заключение о равно- точности проб по критерию Фишера	-	Равноточные			-	Равноточные			-	Равноточные		
Абсолютная точность $S'_{oi}, \%$	-	0.62 0.62	0.70 0.56 0.70	1.18 0.98 1.37 1.16 1.05 1.17	-	0.13 0.48	0.41 0.43 0.41	0.90 0.48 0.79 0.81 0.83 0.70	-	0.13 0.41	0.80 0.68 0.79	1.51 0.76 1.20 1.24 1.73 0.27
Относитель- ная точность $\delta_{oi}, \%$	-	10.72 11.57	12.80 10.14 12.86	21.28 17.57 25.00 21.41 18.94 21.83	-	6.22 7.13	6.25 6.56 6.25	12.92 7.17 11.52 12.57 12.65 10.74	-	1.81 1.81	3.49 2.86 3.47	6.45 3.34 5.30 5.42 7.75 1.00
Допустимая точность хим. анализа $\delta_k, \%$ относитель- ная	-	3.5	3.5	3.5	-	4.5	4.5	4.5	-	2.00	2.00	2.00
Показатель точности ПТ $\frac{\delta_{oi}}{\delta_k}$	-	3.12 3.31	3.66 2.90 3.67	6.08 4.96 7.14 6.12 5.41 6.24	-	1.38 1.58	1.39 1.45 1.38	2.76 1.60 2.56 2.79 2.81 2.39	-	0.90 0.90	1.74 1.48 1.73	3.24 1.67 2.65 2.71 3.88 0.50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заключения о систематической погрешности способа опробования	Классическая, по критерию Стьюдента	-	Статистически незначима	То же	Имеется в 11-м варианте	-	Значима во 2-м варианте	Отсутствует	Имеется в 6-м варианте	-	Отсутствует	
	Знакопеременная по метрологическим картам	-	Имеется отсутствует	Отсутствует	Имеется во всех вариантах	-	Отсутствует	Имеется в 6-м и 9-м вариантах	-	Отсутствует		

Таблица 3

Относительные систематические погрешности линейно-точечных борздовых проб

Виды проб	Число проб	Диапазон изменения погрешности, %		Процент встречаемости погрешностей в интервалах, %			Число проб		Средняя относительная систематическая погрешность на опробованном участке орта, %
				от	до	±5,00 %	±10,00 %	±15,00 %	
Цинк									
Из 15 разовых проб	38	-41,00	+41,00	58,00	74,00	87,00	19	19	+ 2,11
Из 10 разовых проб	57	-46,00	+64,00	42,00	63,00	71,00	29	28	- 2,78
Из 5 разовых проб	114	-73,00	+72,00	20,00	33,00	49,00	57	57	- 0,87
Медь									
Из 15 разовых проб	38	-25,00	+25,00	42,00	78,00	94,00	19	19	0,00
Из 10 разовых проб	57	-35,00	+31,00	44,00	54,00	66,00	29	28	- 2,21
Из 5 разовых проб	114	-61,00	+66,00	30,00	45,00	67,00	55	59	+ 0,77
Сера									
Из 15 разовых проб	38	-15,00	+15,00	84,00	95,00	100,00	19	19	0,00
Из 10 разовых проб	57	-32,00	+24,00	67,00	76,00	85,00	27	30	- 0,10
Из 5 разовых проб	114	-54,00	+51,00	57,00	71,00	83,00	51	63	+ 0,16

Из табл. 3 видно, что наибольший диапазон изменения относительных систематических погрешностей, наибольший процент неудовлетворительных по этому метрологическому показателю проб (более 15 %), более высокие средние относительные систематические погрешности для всех видов линейно-точечных проб характерны для содержаний цинка. При этом число неудовлетворительных проб из 5 порций больше 50 %. Эти же позиции несколько лучше для содержаний меди и на порядок выше для содержаний серы.

Число систематических погрешностей со знаком плюс и минус практически одинаково, а гистограммы распределения содержаний элементов симметричны и близки к кривой нормального распределения. Поэтому относительные систематические погрешности отдельных проб подчиняются действию закона больших чисел и при большом числе проб стремятся к нулю или к бесконечно малой величине. Табл. 3 подтверждает эту закономерность: все средние относительные систематические погрешности практически не существенны, так как $|\Delta_{ок}| < 3.00\%$, а для содержаний меди и серы по пробам из 15 порций равны нулю. Пробы из 10 порций выгодно отличаются от проб из 5 порций по преобладанию в них относительных систематических погрешностей с низкими значениями ($|\Delta_{ок}| < \pm 5.00\%$).

Проведенный метрологический аудит позволяет сделать следующие выводы:

Наилучшие показатели по точности (воспроизводимости) и правильности способа отбора имеет механизированный метод отбора линейно-точечных проб пробоотборником СГИ-3М.

Гораздо худшие метрологические показатели характерны для ручного метода отбора сплошных и пунктирных борозд. Они систематически завышают содержания меди как по отдельным пробам, так и по средним величинам относительно эталонных проб. На отдельных участках завышение содержаний по сплошным бороздовым пробам достигает аномальных значений.

Рекомендуется руды Гайского месторождения опробовать бороздовыми пробами длиной 1 пог. м. При механизированном отборе рациональна проба из 10 разовых проб (порций), при ручном отборе – пунктирная борозда.

Метрологический аудит подтверждает достоверность пунктирных бороздовых проб, широко применяемых при оценке качества медноколчеданных месторождений Урала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альбов М.Н., Челышев В.А., Панов Ю.К. Механизация отбора химических проб в горных выработках // Вопросы методики опробования месторождений полезных ископаемых при разведке и эксплуатации. – Свердловск, 1969. – С. 174-182.

2. Бородаевская М.Б., Вахрушев М.И., Контарь Е.С. и др. Геологическое строение Гайского рудного поля и условия локализации в нем медноколчеданного оруделения (Южный Урал): Труды ЦНИГРИ, Вып. 83. – М., 1968. – 327 с.

3. Панов Ю.К. Метрологическое обеспечение отбора проб методом пунктирной борозды при опробовании медноколчеданных месторождений Урала // Изв. Уральской государственной горно-геологической академии. Сер.: Геология и геофизика. – 1998. – Вып. 8. – С. 122-126.

4. Панов Ю.К. Опробование твердых полезных ископаемых: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. – 102 с.

5. Панов Ю.К. Современное состояние и задачи разработки теоретических основ опробования руд и техногенных продуктов // Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья: Труды Междунар. научно-техн. конф. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. – С. 49-51.

6. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 304 с.

УДК 622.143.001.57

С.Г. Фролов

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Современное состояние технологии и техники направленного бурения скважин позволяет успешно решать комплекс разнообразных геолого-технических задач. В то же время методики направленного бурения ориентированы на оптимизацию процесса проходки отдельных стволов скважин, то есть в качестве объекта управления принимается отдельный ствол (основной или