

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОБИРНОГО АНАЛИЗА

Д.А. Карапетян

Национальный политехнический университет Армении

Пробирный анализ с древних времен является неотъемлемой частью горнодобывающей промышленности. Результаты анализов определяют жизнеспособность горнодобывающих предприятий, а также способствуют принятию инвестиционных решений. Цель работы – повышение качества и надежности результатов анализов, что, в свою очередь, будет способствовать более точной прослеживаемости технологических процессов в горнодобывающей промышленности, расширению круга партнеров, экономическому росту и финансовой стабильности. Кроме того, целью исследования является получение в результате анализов показателя, который повысил бы актуальность ранее существовавших методов, используя новейшее оборудование, а также осуществляя систематический контроль с помощью инструментов отраслевых стандартов. Приверженность качеству пробирного анализа также является гарантией стабильности. Соблюдение всех требований к качеству повышает надежность результатов испытаний как для заказчика, так и для системы внутреннего контроля. Высококачественные испытания способствуют точному пониманию содержания минералов и принятию более эффективных стратегических решений. Каждое повышение точности анализа даёт компании экономический эффект за счёт оптимизации закупок, повышения извлечения и сокращения производственных потерь. Компании с сильным лабораторным контролем показывают инвесторам и государственным органам прозрачность и предсказуемость доходов. В свою очередь, результаты низкого уровня могут ввести в заблуждение заинтересованные стороны, что приведет к неустойчивым методам работы. На современном конкурентном мировом рынке наличие авторитетного анализа может дать компаниям преимущество в плане уверенности. Важно отметить, что развитие метода способствует не только повышению точности, но и формированию культуры ответственного ведения бизнеса. Внедрение инноваций в лабораторную практику позволяет компаниям снижать экологические риски, рационально использовать природные ресурсы и соответствовать международным стандартам устойчивого развития. Таким образом, пробирный метод становится не просто техническим инструментом, а стратегическим фактором долгосрочной конкурентоспособности, доверия клиентов и укрепления деловой репутации.

Ключевые слова: пробирный метод, арбитраж, межлабораторные сравнения, горнодобывающая промышленность, инвестиционные решения.

Введение. Настоящая статья посвящена методу количественного химического анализа горных пород - руд и продуктов их первичной переработки - для определения в них содержания золота и серебра в диапазоне от 0,1 г/т до 15,0 г/т пробирным методом. В итоге отклонения полученных значений сводятся к минимуму, а значит, результаты испытаний, проведенных пробирным методом, становятся надежными и доверительными.

Методика не распространяется на горные породы и руды, содержащие металлы платиновой группы.

Это профессиональное тестирование было разработано в соответствии с ISO 17043:2010 – Оценка соответствия - Общие требования к профессиональному тестированию [1]. Статистический анализ был проведен в соответствии с ISO 13528 - Статистические методы для использования при профессиональном тестировании путем межлабораторных сравнений [2] и ISO 5725-2 - Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений - Часть 2: Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерения [3]. Это профессиональное тестирование было составлено только для анализа золота (Au), проведенного в двух различных эталонных материалах золотой руды. В этом техническом отчете представлены оценка результатов и их интерпретация.

Подготовка тестовых образцов. Примечание: Стандартные образцы состава с аттестованным содержанием золота должны быть близкими по составу и содержанию золота к анализируемым пробам.

Подготовка эталонных материалов, используемых в этой проверке квалификации, проводилась в соответствии с требованиями ABNT ISO 17034 – Общие требования к компетентности производителей эталонных материалов [1].

Однородность эталонных материалов оценивалась с помощью дисперсионного анализа в соответствии с требованиями ISO Guide 35 [4]. Стабильность эталонных материалов оценивалась и контролируется в соответствии с ISO Guide 35 [4].

Тестовые образцы, используемые в этом тесте, являются продуктами, которые считаются стабильными, пока соблюдаются условия хранения и обращения.

Использовался статистический метод для оценки выбросов в соответствии с ISO 5725-2 - Точность (правильность и прецизионность)

методов и результатов измерений [3]. Оценка производительности проводилась по Z-баллу в соответствии с ISO 13528 - Статистические методы для использования при проверке квалификации путем межлабораторных сравнений [2].

Критерии интерпретации результатов

- **Оценка выбросов:** Использовались статистические методы для оценки выбросов в соответствии с ISO 5725-2 - Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений [3].
- **Оценка точности:** Оценка производительности проводилась по Z-баллу в соответствии с ISO 13528 — Статистические методы для использования при проверке квалификации путем межлабораторных сравнений [2].

Оцененный метод проверки квалификации

Пробирный анализ - определение золота (Au) путем плавления и купелирования / Гравиметрический метод.

Метод предоставляет пять результатов по каждому параметру.

Доверительный интервал для среднего значения нормально распределенных данных. Нормально распределенные данные образуют форму колокола при нанесении на график, при этом выборочное среднее значение находится посередине, а остальные данные распределены достаточно равномерно по обе стороны от среднего значения. Доверительный интервал для данных, которые следуют стандартному нормальному распределению, составляет

$$CI = x \pm z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где CI - доверительный интервал; X - среднее значение популяции;

Z - критическое значение z-распределения; σ - стандартное отклонение;

\sqrt{n} – квадратный корень размера популяции;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}},$$

где σ - стандартное отклонение генеральной совокупности; Σ - сумма всех значений; x_i - каждая отдельная точка данных в генеральной совокупности; μ - среднее значение генеральной совокупности; N - общее количество точек данных в генеральной совокупности.

Для z -статистики распространения значения показаны на рис.1 и в табл. 1



Рис.1. Стандартное нормальное распределение

Таблица 1

Доверительные интервалы для средней статистики распространения

Уровень уверенности	90	95	99
Z -статистика	1,64	1,96	2,57

Данная методика доказана результатами анализов, проведенных в течение восьми лет. Было исследовано несколько тысяч проб с составами, указанными в табл. 2. Представлены результаты проб, разделенные на 6 классов по содержаниям.

Таблица 2

Классификация проб

Класс	Содержание золота, г/т
Класс 1	0,1...0,5
Класс 2	0,5...1,0
Класс 3	1,0...2,0
Класс 4	2,0...3,0
Класс 5	3,0...4,0
Класс 6	4,0...15,0

Класс 1

N	Average, g/t Средний результат, g/m	Assigned value, g/t Назначенный результат, g/m	Robust standart deviation, g/t Надежное стандартное отклонение, g/m	Z score $Z \leq 2$
1	0.440	0.393	0.046	1.011
2	0.280	0.273	0.030	0.224
3	0.388	0.369	0.059	0.325
4	0.312	0.316	0.020	-0.195
5	0.420	0.380	0.045	0.889
6	0.272	0.267	0.012	0.389
7	0.312	0.336	0.023	-1.045
8	0.272	0.286	0.017	-0.805
9	0.332	0.307	0.023	1.064
10	0.388	0.417	0.038	-0.769
11	0.316	0.304	0.023	1.570
12	0.374	0.335	0.026	1.523
13	0.436	0.432	0.013	0.272
14	0.284	0.314	0.028	-1.098
15	0.300	0.316	0.028	-0.563
16	0.340	0.334	0.017	0.344
17	0.408	0.409	0.029	-0.042
18	0.508	0.483	0.039	0.645
19	0.496	0.451	0.045	1.020
20	0.388	0.437	0.031	-1.595
21	0.364	0.341	0.023	1.005
22	0.340	0.331	0.029	0.308
23	0.324	0.302	0.021	1.055
Среднее	0.361	0.354	0.029	0.241

Класс 2

Класс 2 (0,5 ... 1,0)

N	Average, g/t Средний результат, g/m	Assigned value, g/t Назначенный результат, g/m	Robust standart deviation, g/t Надежное стандартное отклонение, g/m	Z score $Z \leq 2$
1	2	3	4	5
1	0.996	1.013	0.110	-0.155
2	0.991	1.037	0.042	-1.096
3	0.834	0.900	0.051	-1.280

Продолжение табл.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
4	0.746	0.768	0.049	-0.454
5	0.976	0.985	0.057	-0.158
6	0.972	0.906	0.051	1.284
7	0.508	0.483	0.039	0.645
8	0.848	0.881	0.056	-0.593
9	0.812	0.751	0.063	0.965
10	0.704	0.729	0.044	-0.571
Среднее	0.839	0.845	0.056	-0.141

Класс 3

Класс 3 (1,0 ... 2,0)

<i>N</i>	Average, <i>g/t</i> Средний результат, <i>г/т</i>	Assigned value, <i>g/t</i> Назначенный результат, <i>г/т</i>	Robust standart deviation, <i>g/t</i> Надежное стандартное отклонение, <i>г/т</i>	Z score $Z \leq 2$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	1.504	1.432	0.13	0.575
2	1.952	1.831	0.17	0.725
3	1.224	1.138	0.1	0.836
4	1.652	1.661	0.09	-0.096
5	1.426	1.451	0.1	-0.244
6	1.212	1.167	0.072	0.63
7	1.164	1.121	0.08	0.544
8	1.134	1.119	0.061	0.246
9	1.444	1.452	0.11	-0.072
10	1.454	1.368	0.057	1.511
11	1.826	1.807	0.089	0.217
12	1.55	1.622	0.091	-0.792
13	1.12	1.12	0.061	-0.007
14	1.712	1.756	0.89	-0.492
15	1.128	1.17	0.61	-0.69
16	1.38	1.316	0.075	0.858
17	1.544	1.456	0.082	1.073
18	1.78	1.8	0.077	-0.26
19	1.752	1.818	0.096	-0.686
20	1.404	1.398	0.12	0.051
21	1.24	1.188	0.069	1.47

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
22	1.14	1.154	0.066	-0.207
23	1.684	1.724	0.088	-0.458
24	1.184	1.158	0.058	0.457
25	1.816	1.753	0.1	0.618
26	1.68	1.814	0.095	-1.411
27	1.136	1.091	0.063	0.715
28	1.468	1.473	0.08	-0.065
29	1.524	1.453	0.11	0.663
30	1.264	1.24	0.051	0.474
Среднее	1.450	1.435	0.131	0.206

Класс 4

Класс 4 (2,0 ... 3,0)

N	Average, g/t Средний результат, g/m	Assigned value, g/t Назначенный результат, g/m	Robust standart deviation, g/t Надежное стандартное отклонение, g/m	Z score $Z \leq 2$
1	2.488	2.464	0.13	0.187
2	2.454	2.417	0.1	0.387
3	2.388	2.482	0.078	-1.207
4	2.472	2.596	0.14	-0.881
5	2.502	2.42	0.12	0.688
6	2.484	2.495	0.13	-0.084
7	2.424	2.309	0.083	1.384
8	2.75	2.796	0.14	-0.331
9	2.15	2.001	0.1	1.438
10	2.45	2.455	0.11	-0.044
11	2.316	2.353	0.13	-0.285
12	2.688	2.78	0.089	-1.068
13	2.86	2.91	0.15	-0.328
14	2.316	2.384	0.16	-0.438
15	2.056	2.052	0.098	0.043
17	2.836	2.806	0.1	0.292
18	2.632	2.724	0.14	-0.674
Среднее	2.488	2.484	0.121	0.026

Класс 5

Класс 5 (3,0 ... 4,0)

N	Average, g/t Средний результат, g/m	Assigned value, g/t Назначенный результат, g/m	Robust standart deviation, g/t Надежное стандартное отклонение, g/m	Z score $Z \leq 2$
1	3.892	3.935	0.13	-0.342
2	3.728	3.836	0.16	-0.685
3	3.272	3.287	0.14	-0.11
4	3.244	3.19	0.16	0.343
5	3.168	3.374	0.78	-2.647
6	3.87	3.918	0.14	-0.346
7	3.076	3.054	0.1	0.213
8	3.402	3.53	0.16	-0.792
9	3.092	3.02	0.18	0.428
10	3.336	3.55	0.27	-0.764
11	3.248	2.93	0.17	1.854
12	3.328	3.27	0.24	0.26
13	3.716	3.8	0.19	-0.458
14	3.476	3.428	0.15	0.309
15	3.236	3.301	0.15	-0.439
16	3.616	3.462	0.15	1.026
Среднее	3.419	3.430	0.204	-0.134

Класс 6

Класс 6 (4,0 ... 15,0)

N	Average, g/t Средний результат, g/m	Assigned value, g/t Назначенный результат, g/m	Robust standart deviation, g/t Надежное стандартное отклонение, g/m	Z score $Z \leq 2$
1	2	3	4	5
1	4.536	4.378	0.16	0.989
2	5.708	5.582	0.26	0.494
3	15.66	15.03	0.76	0.839
4	5.368	5.466	0.15	-0.656
5	5.978	6.076	0.19	-0.519
6	5.12	5.171	0.25	-0.201
7	14.08	13.68	0.46	0.87
8	5.326	5.44	0.25	-0.457
9	13.39	13.49	0.42	-0.246

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
10	7.668	7.94	0.21	-1.287
11	14.548	15.27	0.37	-1.972
12	4.424	4.38	0.11	0.413
13	5.392	5.25	0.21	0.661
14	7.396	7.6	0.21	-0.967
15	6.408	6.7	0.3	-0.969
16	13.504	13.72	0.33	-0.424
17	4.496	4.51	0.12	-0.057
18	4.032	3.922	0.23	0.489
19	6.268	6.414	0.31	-0.475
20	4.184	4.473	0.26	-1.103
21	12.62	13.355	0.44	-1.654
22	9.224	9.344	0.24	-0.502
23	5.456	5.561	0.19	-0.566
24	4.244	4.41	0.15	-1.096
25	14.7	15.125	0.44	-0.964
Среднее	7.989	8.091	0.281	-0.374

Метод предназначен для кварцевых, силикатных, карбонатных, глинистых руд, содержащих сульфиды, арсениды, антимониты, углероды, для которых используется одинаковый состав шихты, так как не всегда возможно иметь информацию о полной характеристике руды. Поэтому в первую очередь делается предварительный анализ для определения примерного содержания золота в пробе. Первоначальная навеска (оптимальный вес) берется 25 г для содержания пробы 0,1 ... 15,0 г/т.

Состав шихты и навеску проб определяли при соблюдении точности пробоподготовки и поддержании жесткого режима контроля качества (табл. 3, 4).

Таблица 3

Состав шихты

Характеристика	Навеска, г	Первоначальное содержание золота, г/т	Реактивы, г				Крахмал
			Оксид свинца (глет)	Сода	Бура	Оксид кремния	
Кварцевые, карбонатные, глинистые и содержащие сульфиды, арсениды, антимониты, углероды	50	0,1...1,0	50	60	40	10	2-3
	25	1,0...5,0					
	25	5,0...10,0					
	10	10,0...100,0					
	2	200,0 и больше					

Таблица 4

Примеры характеристики исследованных проб

Результаты ICP анализируемых проб	Fe <i>ppm</i>	Ca <i>ppm</i>	Pb <i>ppm</i>	Cu <i>ppm</i>	As <i>ppm</i>	Mg <i>ppm</i>	Sb <i>ppm</i>	Te <i>ppm</i>	Na <i>ppm</i>	Ni <i>ppm</i>	Al <i>ppm</i>	Zn <i>ppm</i>
1	246417	29581	365	5991	11207	24266	609	112	2007	1132	9860	1581
2	41576	63798	11	304	54	36629	28	7	2976	113	39883	117
3	33581	66204	1	164	211	37495	11	5	4303	95	38296	59
Результаты Лесо			Содержание серы, %					Содержание углеродов, %				
1			0.0295					1.2				
2			8.76					0.916				
3			22.5					0.953				

Для определения размера частиц (гранулометрический состав) и однородности пробы (74 микрона) был использован метод лазерной дифракции MasterSizer.

Обжиг. Навеску тонкоизмельченной пробы (до 0,074 мм = 200 меш = 74 микрона) массой от 2 до 50 г, в зависимости от предполагаемого содержания золота, насыпают ровным слоем в фарфоровую прямоугольную лодочку, помещают в холодную муфельную печь, температуру которой постепенно поднимают до $450 \pm 30^\circ\text{C}$, чтобы исключить возможность потери связанного с мышьяком золота, и выдерживают при указанной температуре в течение 1,5...2 часов с доступом воздуха. Затем температуру повышают до $650...700^\circ\text{C}$ и выдерживают при ней еще 2...3 часа. В отсутствие мышьяка и при высоком содержании органического вещества можно сразу повысить температуру до $650...700^\circ\text{C}$ и обжигать пробу при этой температуре в течение 3...4 часов. В течение всего процесса перемешивают образец каждые 30 мин, чтобы обеспечить равномерное разложение и быстрое выделение сернистого газа, окисление мышьяка и сурьмы [5].

Шихта - расчет состава реагентов. Вопросы расчета, подбора шихты в пробирном анализе рассмотрены в литературе достаточно широко. В этой методике представлен базовый вариант, который использовался во многих экспериментах.

В качестве основного флюса используется сода (NaCO_3) - она образует относительно легкоплавкие соединения с кислотными оксидами, разлагает силикаты. В качестве кислого флюса применяется бора. Одним из важнейших реагентов является глет - он выполняет разнообразные функции при тигельной плавке, реагируя с кремнеземом и другими оксидами, образует

легкоплавкие соединения, окисляет сульфиды, продукт восстановления глета - металлический свинец, является коллектором для благородных металлов. Другие реагенты: восстановители - крахмал. Основные требования к шихте - она должна обеспечивать шлакование при минимально возможной температуре, образовывать легкоплавкий с малой вязкостью шлак, который не препятствовал бы свинцовому сплаву собраться на дне тигля. Применяемая шихта рассчитана на выход свинцового сплава в пределах 30...46 г.

Навеску анализируемой пробы тщательно перемешивают с шихтой до однородной массы, соответствующей предполагаемому составу пробы (породы), сверху помещают покрывку из смеси соды и буры в соотношении 3:1 в количестве 10...20 г.

С каждой партией ставится:

- пустая проба (холостой), без пробы для отслеживания заражений, для определения состава химических реагентов и точного содержания серебра;
- стандартный образец (в соответствии со стандартами и руководствами ISO 17034, ISO Guide 31, ISO Guide 35) с близким составом анализируемой пробы.

Тигельная плавка. Шихтованную навеску помещают в керамический или шамотный тигель и плавят в электропечи в течение 60 мин при температуре 1100...1150°C. При температуре 700...900°C содержимое тигля начинает плавиться, по всему объему происходит восстановление глета до металлического свинца. Расплав выливают в подогретые, смазанные медом чугунные изложницы. После охлаждения затвердевшую массу извлекают из изложницы, отделяют свинец от *шлака* и отковывают, придавая свинцовому сплаву форму куба, затем взвешивают. Хорошая ковкость свинца и масса в пределах 30...40 г (при максимальной навеске 50 г) указывают на то, что шихта подобрана правильно [6].

Купелирование. Купелирование выполняется для отделения благородных металлов от свинца. Пустые магнетитовые капли помещают в муфельную печь, нагретую до температуры 900°C, и прокалывают до полного покраснения. Откованный в форме куба свинцовый верблей помещается на нагретую каплю. Муфель закрывают. Температуру муфеля держат в пределах 900...950°C, дверцу приоткрывают, расплавленный свинец, взаимодействуя с кислородом воздуха, переходит в глет. Расплавленный глет окисляет до оксидов все металлы, находящиеся в свинцовом сплаве, кроме благородных, растворяет эти оксиды и впитывается вместе с ними в пористый материал капли. Небольшая часть глета испаряется. На купеляцию

затрачивается примерно 45...60 мин [7]. По окончании процесса купеляции на капели остается золотосеребряный расплав - округлой формы королек. Капель из муфеля извлекают медленно, чтобы охлаждение королька шло постепенно. Золотосеребряный королек должен иметь равномерно округлую форму и блестящую поверхность. Остывший королек очищают от материала капели, расковывают в тонкую пластинку. Во избежание потери серебра по окончании процесса купелирования нужно быть очень внимательным, чтобы не оставить купели в муфельной печи после выявления блеска на поверхности королька [7].

Разварка и взвешивание. Разваривание в азотной кислоте золотосеребряного королька производится для отделения золота от серебра. Раскованный королек помещают в фарфоровый тигель и заливают на 2/3 объема разбавленной азотной кислотой (1:3), подогретой до температуры 75°C. Тигель подогревают на электроплитке в течение 20...30 мин, не доводя до кипения. Большие корольки подвергают двукратной обработке в азотной кислоте, разбавленной в соотношении (1:1 и 2:1) [8]. Окончание растворения серебра фиксируется по прекращению выделения оксидов азота. Нерастворимый остаток золота - "корточку" - трижды промывают горячей дистиллированной водой. Промытую корточку сушат в тигле на электроплите, затем прокаливают в муфельной печи при температуре 600 °С в течение 2...3 мин пока она не становится золотисто-желтой. Остывшую корточку взвешивают. Взвешивание проводят согласно инструкции к микроаналитическим весам [9].

Гравиметрический метод

Содержание золота X , в г/т, вычисляется по формуле

$$x = m_1 * 1000 / H,$$

где x - содержание золота г/т; m_1 , - масса золотой корточки, мг; H - масса навески анализируемой пробы, г.

Содержание серебра X_1 , в г/т, вычисляется по формуле

$$x_1 = \frac{(m_2 - m_1 - m_0) * 1000}{H},$$

где x_1 - содержание серебра, г/т; m_1 - масса золотой корточки, мг; m_2 - масса королька после купеляции, мг; m_0 - масса холостой пробы, мг; H - масса навески анализируемой пробы, г.

Заключение

Тесты показали "удовлетворительную" производительность метода (Z-оценка и диаграммы Юдена, статистика Манделы k, h) и имеют доказательство по программе проверки квалификации вышеуказанным пробирным методом. Выполненный анализ воспроизводим и совместим с другими лабораториями, что делает их надежными. Отклонение остается минимальным во всех категориях содержаний (от 0,1 г/т до 15,0 г/т) (рис. 2).

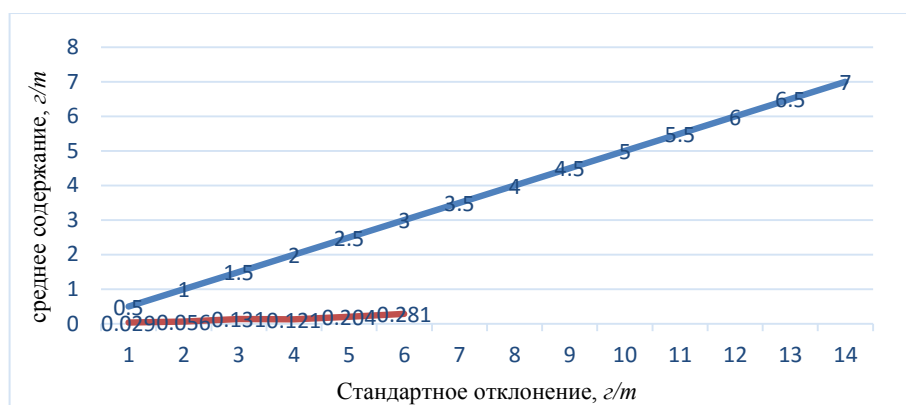


Рис. 2. Статистическая диаграмма

Это одно из основных сведений, которое следует извлечь и которое демонстрирует, что инструменты качества, используемые для анализа, являются правильными, чтобы лаборатория достигла состояния совершенства и была квалифицированной и достоверной для выполнения этого типа анализа.

Литература

1. **ISO/IEC 17043:2010.** Оценка соответствия - Общие требования к проверке квалификации.
2. **ISO 13528:2015.** Статистические методы для использования при проверке квалификации путем межлабораторных сравнений.
3. **ISO 5725-2:1994.** Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. - Часть 2.
4. **ISO GUIDE 35.** Справочные материалы - Руководство по характеристике и оценке однородности и стабильности.
5. **Мостович В.Я.** Пробирное искусство. – М.: ОНТИ НКТП, 1934.

6. **Барышников И.Ф.** Пробоотбирание и анализ благородных металлов – М.: Металлургия, 1978.
7. **Edward Everett Bugbee.** A Textbook of Fire Assaying, 1922.
8. **Плаксин И.Н.** Опробование и пробирный анализ. –М.: Металлургиздат, 1947.
9. **JOSEPH HAFFTY, RILEY L. B. and GOSS W. D.** A Manual on Fire Assaying and Determination of the Noble Metals in Geological Materials. – 1977.

*Поступила в редакцию 18.08.2025.
Принята к опубликованию 10.09.2025.*

ՀԱՐԳՈՐՈՇԻՉ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Դ.Ա. Կարապետյան

Հարգորոշիչ մեթոդը դեռևս հնագույն ժամանակներից հանդիսանում է հանքարդյունաբերության անբաժանելի մասը: Վերլուծությունների արդյունքներով որոշվում են հանքարդյունաբերական ձեռնարկությունների կենսունակությունը, ինչպես նաև դրանք նպաստում են ներդրումային որոշումների կայացմանը: Աշխատանքի նպատակը վերլուծությունների արդյունքների որակի և հուսալիության բարձրացումն է, ինչն իր հերթին կնպաստի հանքարդյունաբերության տեխնոլոգիական գործընթացների ավելի ճշգրիտ հետազոտությանը, գործընկերների շրջանակի ընդլայնմանը, տնտեսական աճին և ֆինանսական կայունությանը: Բացի այդ, հետազոտության նպատակն է վերլուծությունների արդյունքում ստանալ այնպիսի ցուցանիշ, որը կբարձրացնի նախկինում գոյություն ունեցած մեթոդների արդիականությունը՝ օգտագործելով նորագույն սարքավորումներ, ինչպես նաև իրականացնելով համակարգային վերահսկողություն ոլորտային ստանդարտների գործիքների միջոցով: Հարգորոշիչ մեթոդի որակի անխախտ պահպանումը նաև կայունության երաշխիք է: Որակի բոլոր պահանջների կատարումը բարձրացնում է փորձարկումների արդյունքների հուսալիությունը ինչպես պատվիրատուի, այնպես էլ ներքին վերահսկողության համակարգի համար: Բարձրորակ փորձարկումները նպաստում են հանքանյութերի պարունակության ճշգրիտ ըմբռնմանը և ավելի ռազմավարական արդյունավետ որոշումների կայացմանը: Վերլուծության ճշգրտության յուրաքանչյուր բարձրացումը ընկերությանը տալիս է տնտեսական արդյունք՝ գնումների օպտիմալացման, արդյունահանման բարձրացման և արտադրական կորուստների կրճատման հաշվին: Լաբորատոր ուժեղ վերահսկողություն ունեցող ընկերությունները ներդրողներին և պետական մարմիններին ցույց են տալիս եկամուտների թափանցիկություն և կանխատեսելիություն: Իսկ ցածր մակարդակի արդյունքները կարող են մոլորեցնել շահագրգիռ կողմերին, ինչը կհանգեցնի աշխատանքային ոչ կայուն մեթոդների: Ժամանակակից մրցակցային համաշխարհային շուկայում հեղինակավոր վերլուծության առկայությունը կարող է ընկերություններին տալ առավելություն վստահության տեսանկյունից: Կարևոր է նշել, որ մեթոդի զարգացումը նպաստում է ոչ միայն

ճշգրտության բարձրացմանը, այլև պատասխանատու բիզնես - վարքագծի մշակույթի ձևավորմանը: Լաբորատոր պրակտիկայում նորարարությունների ներդրումը թույլ է տալիս ընկերություններին նվազեցնել բնապահպանական ռիսկերը, խելամիտ օգտագործել բնական պաշարները և համապատասխանել միջազգային կայուն զարգացման ստանդարտներին: Այսպիսով, հարգորոշիչ մեթոդը դառնում է ոչ միայն տեխնիկական գործիք, այլ նաև երկարաժամկետ մրցունակության, հաճախորդների վստահության և գործարար համբավի ամրապնդման ռազմավարական գործոն:

Առանցքային բառեր. հարգորոշիչ մեթոդ, արբիտրաժ, միջլաբորատոր համեմատություններ, հանքարդյունաբերություն, ներդրումային որոշումներ:

IMPROVING THE FIRE ASSAY

D.A. Karapetyan

Fire assay has been an integral part of the mining industry since ancient times. The results of analyses determine the viability of mining enterprises, as well as contribute to investment decision-making. The purpose of the work is to improve the quality and reliability of the results of analyses, which, in turn, will contribute to more accurate traceability of technological processes in the mining industry, expansion of the circle of partners, economic growth, and financial stability. In addition, the aim of the research is to obtain, as a result of analyses, an indicator that would increase the relevance of previously existing methods, using the latest equipment, as well as carrying out systematic control with the help of industry standard tools. Commitment to the quality of fire assay is also a guarantee of stability. Compliance with all quality requirements increases the reliability of test results both for the customer and for the internal control system. High-quality tests contribute to an accurate understanding of the content of minerals and to the adoption of more effective strategic decisions. Each improvement in the accuracy of analysis gives the company an economic effect through optimization of procurement, increase in recovery, and reduction of production losses. Companies with strong laboratory control demonstrate to investors and government authorities the transparency and predictability of revenues. In turn, low-level results can mislead stakeholders, which will lead to unsustainable methods of work. In the modern competitive global market, the presence of an authoritative analysis can give companies an advantage in terms of confidence. It is important to note that the development of the method contributes not only to the improvement accuracy, but also to the formation of a culture of responsible business conduct. The introduction of innovations into laboratory practice allows companies to reduce environmental risks, rationally use natural resources, and comply with international standards of sustainable development. Thus, the fire assay method becomes not just a technical tool, but a strategic factor of long-term competitiveness, client trust, and strengthening of business reputation.

Keywords: fire assay, arbitration, interlaboratory comparisons, mining industry, investment decisions.