

<https://doi.org/10.30895/1991-2919-2025-15-4-444-450-annex>

Таблица 1. Открываемость элементов (Z_i) в испытуемых растворах

Table 1. Spike recovery of elements in tested solutions

Элемент <i>Analyte</i>	Показатели <i>Parameters</i>	Анализируемый раствор <i>Test solution</i>											
		A	A/10	A/20	B	B/10	B/20	C	C/10	C/20	D	D/10	D/20
Al	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	4,0	0,400	0,200	4,0	0,400	0,200	4,0	0,400	0,200	4,0	0,400	0,200
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	3,87± 0,12	0,394± 0,015	0,208± 0,009	4,10± 0,13	0,380±0,014	0,193± 0,008	1,32±0,05	0,367±0,010	0,195±0,007	1,18±0,04	0,404±0,012	0,193±0,008
	Z _i %	97	99	104	103	95	97	33	92	98	30	101	97
As	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	1,5	0,150	0,075	1,5	0,150	0,075	1,5	0,150	0,075	1,5	0,150	0,075
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	1,51± 0,06	0,152± 0,008	0,076± 0,004	1,59± 0,05	0,158± 0,006	0,076±0,005	1,28±0,06	0,148±0,009	0,073±0,006	1,31±0,04	0,152±0,008	0,076±0,003
	Z _i %	101	101	101	106	105	101	85	99	97	88	101	101
Cu	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	30,0	3,0	1,5	30,0	3,0	1,5	30,0	3,0	1,5	30,0	3,0	1,5
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	29,0± 0,6	2,87± 0,08	1,52± 0,06	31,1±0,5	2,91±0,12	1,56±0,06	20,7±0,7	2,57±0,09	1,37±0,05	20,4± 0,4	2,79± 0,10	1,34±0,06
	Z _i %	97	96	101	104	97	104	69	86	91	68	93	89
Fe	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	3,5	0,350	–	3,5	0,350	–	3,5	0,350	–	3,5	0,350	–
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	3,43± 0,13	0,363± 0,016	–	3,58± 0,12	0,364±0,017	–	2,91±0,10	0,320±0,014	–	2,95± 0,11	0,315±0,016	–
	Z _i %	98	104	–	102	104	–	83	91	–	84	90	–
Pb	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	0,500	0,050	0,025	0,500	0,050	0,025	0,500	0,050	0,025	0,500	0,050	0,025
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	0,460± 0,015	0,049± 0,002	0,024± 0,002	0,493±0,015	0,047±0,003	0,025±0,001	0,301± 0,011	0,057± 0,002	0,021±0,002	0,300± 0,009	0,048±0,003	0,021±0,002
	Z _i %	92	98	96	99	94	100	60	114	84	60	96	84
Zn	Введено, мг/л <i>Added, ppm</i>	6,0	0,600	0,300	6,0	0,600	0,300	6,0	0,600	0,300	6,0	0,600	0,300
	Найдено, мг/л <i>Found, ppm</i>	5,79± 0,13	0,627± 0,026	0,311± 0,011	6,54±0,10	0,631±0,016	0,310±0,009	4,05±0,12	0,560±0,021	0,287±0,013	3,98± 0,15	0,588±0,015	0,295±0,015
	Z _i %	97	105	104	109	105	103	67	93	96	66	98	98

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors

Примечание. «–» ниже ПКО.
Note. «–» lower than limit of quantitation.

Таблица 2. Результаты оценки линейности валидируемой методики
Table 2. Results of analytical method validation for linearity

Анализируемый элемент <i>Analyte</i>					
²⁷ Al		⁵⁷ Fe		⁶⁵ Cu	
С*, м.д. <i>C* (ppm)</i>	Отклик, имп./с <i>Response, cps</i>	С, м.д. <i>C (ppm)</i>	Отклик имп./с <i>Response, cps</i>	С, м.д. <i>C (ppm)</i>	Отклик имп./с <i>Response, cps</i>
0,10	1989066 (RSD=1,6%)	0,25	186565 (RSD=2,1%)	0,005	59273 (RSD=3,8%)
0,25	4679073	0,30	229363	0,010	125264
0,50	9353654	0,40	265149	0,025	315670
1,00	18188200	0,45	301350	0,050	594822
2,00	36408108 (RSD=1,3%)	0,50	318248 (RSD=2,3%)	0,100	1237258 (RSD=2,0%)
⁶⁶ Zn		⁷⁵ As		²⁰⁸ Pb	
0,10	324657 (RSD=0,9%)	0,10	356665 (RSD=1,4%)	0,025	616804 (RSD=1,5%)
0,25	752256	0,25	864938	0,050	1300150
0,50	1601932	0,50	1613444	0,100	2555765
1,00	3223396	1,00	3452677	0,250	6381535
2,00	6476362 (RSD=1,4%)	2,00	6818197 (RSD=0,8%)	0,500	12786677 (RSD=0,8)

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors

Примечание. «–» ниже ПКО.
Note. «–» lower than limit of quantitation.

Таблица 3. Результаты оценки правильности валидируемой методики

Table 3. Results of analytical method validation for accuracy

²⁷ Al			⁵⁷ Fe			⁶⁵ Cu			⁶⁶ Zn			⁷⁵ As			²⁰⁸ Pb		
Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %	Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %	Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %	Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %	Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %	Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>	Z, %
1,0	1,062	106,2	2,5	2,067	82,7	0,05	0,0437	87,3	1,0	0,971	97,1	1,0	1,140	114,0	0,25	0,228	91,2
	1,074	107,4		2,012	80,5		0,0439	87,8		0,985	98,5		1,150	115,0		0,232	92,8
	1,068	106,8		2,014	80,6		0,0440	88,1		0,989	98,9		1,148	114,8		0,234	93,6
2,5	2,473	98,9	3,0	2,825	94,2	0,10	0,0974	97,4	2,5	2,27	90,7	2,5	2,754	110,2	0,5	0,494	98,8
	2,524	101,0		2,852	95,1		0,0941	94,1		2,29	91,7		2,778	111,1		0,486	97,2
	2,559	102,4		2,867	95,6		0,0925	92,5		2,33	93,1		2,808	112,3		0,485	97,0
5,0	5,006	100,1	4,0	3,501	87,5	0,25	0,2414	96,6	5,0	4,85	97,0	5,0	5,311	106,2	1,0	0,963	96,3
	5,031	100,6		3,540	88,5		0,2389	95,5		4,87	97,5		5,094	101,9		0,954	95,4
	5,082	101,6		3,552	88,8		0,2429	97,2		5,00	99,9		5,156	103,1		0,963	96,3
10	9,614	96,1	4,5	4,169	92,6	0,5	0,4409	88,2	10	9,76	97,6	10	10,97	109,7	2,5	2,406	96,2
	9,888	98,9		4,237	94,2		0,4630	92,6		9,94	99,3		11,16	111,6		2,404	96,2
	9,909	99,1		4,260	94,7		0,4634	92,7		9,97	99,7		11,17	111,7		2,381	95,3
20	19,364	96,8	5,0	4,661	93,2	1,0	0,9478	94,8	20	19,60	98,0	20	21,62	108,1	5,0	4,829	96,6
	19,634	98,2		4,393	87,9		0,9695	96,9		19,90	99,5		21,93	109,6		4,801	96,0
	19,889	99,4		4,580	91,6		0,9324	93,2		19,94	99,7		22,22	111,1		4,781	95,6

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors

Таблица 4. Результаты оценки повторяемости и внутрилабораторной прецизионности валидируемой методики
Table 4. Results of analytical method validation for repeatability and intermediate precision

²⁷ Al			⁵⁷ Fe			⁶⁵ Cu			⁶⁶ Zn			⁷⁵ As			²⁰⁸ Pb		
С, мг/л		Z, %	С, мг/л		Z, %	С, мг/л		Z, %	С, мг/л		Z, %	С, мг/л		Z, %	С, мг/л		Z, %
Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>		Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>		Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>		Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>		Введено мкг/л <i>Added, ppb</i>	Найдено мкг/л <i>Found, ppb</i>				
Оператор I <i>Operator I</i>																	
1,0	1,062	106,2	2,5	2,067	82,7	0,05	0,0437	87,3	1,0	0,971	97,1	1,0	1,140	114,0	0,25	0,228	91,1
	1,074	107,4		2,012	80,5		0,0439	87,8		0,985	98,5		1,150	115,0		0,232	93,0
	1,068	106,8		2,014	80,6		0,0440	88,1		0,989	98,9		1,148	114,8		0,234	93,7
5,0	5,006	100,1	4,0	3,501	87,5	0,25	0,241	96,6	5,0	4,85	97,0	5,0	5,311	106,2	1,0	0,963	96,3
	5,031	100,6		3,540	88,5		0,239	95,5		4,87	97,5		5,094	101,9		0,954	95,4
	5,082	101,6		3,552	88,8		0,243	97,2		5,00	99,9		5,156	103,1		0,963	96,3
20	19,36	96,8	5,0	4,661	93,2	1,0	0,948	94,8	20	19,60	98,0	20	21,62	108,1	5,0	4,829	96,6
	19,63	98,2		4,393	87,9		0,969	96,9		19,90	99,5		21,93	109,6		4,801	96,0
	19,88	99,4		4,580	91,6		0,932	93,2		19,94	99,7		22,22	111,1		4,781	95,6
Оператор II <i>Operator II</i>																	
1,0	0,954	95,4	2,5	2,154	86,1	0,05	0,0443	88,5	1,0	0,962	96,2	1,0	1,093	109,3	0,25	0,241	96,4
	0,956	95,6		2,150	86,0		0,0450	90,0		0,984	98,4		1,115	111,5		0,249	99,6
	0,994	99,4		2,294	91,8		0,0452	90,5		0,976	97,6		1,140	114,0		0,237	94,8
5,0	5,290	105,8	4,0	3,749	93,7	0,25	0,233	93,2	5,0	4,980	99,6	5,0	5,140	102,8	1,0	0,945	94,5
	5,280	105,6		3,741	93,5		0,233	93,3		4,846	96,9		5,291	105,8		0,931	93,1
	5,260	105,2		3,578	89,4		0,239	95,6		4,843	96,9		5,180	103,6		0,925	92,5
20	19,27	96,3	5,0	4,255	85,1	1,0	0,977	97,7	20	19,37	96,8	20	18,17	90,8	5,0	4,727	94,5
	19,26	96,3		4,667	93,3		0,934	93,4		19,55	97,8		18,33	91,7		4,476	89,5
	19,00	95,0		4,425	88,5		0,984	98,4		19,39	96,9		18,48	92,4		4,547	90,9

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors

Таблица 5. Статистические характеристики повторяемости и внутрилабораторной прецизионности валидируемой методики

Table 5. Statistics of analytical method validation for repeatability and intermediate precision

Элемент <i>Element</i>	Al		Fe		Cu		Zn		As		Pb	
Оператор <i>Operator</i>	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Среднее ($\bar{Z}$), % <i>Average ($\bar{Z}$), %</i>	101,9	99,4	86,8	89,7	93,1	93,4	98,6	97,5	109,3	102,4	94,9	94,0
Стандартное отклонение (s), % <i>Standard deviation (s), %</i>	3,93	4,75	4,59	3,51	4,16	3,40	1,30	1,02	4,91	8,85	1,88	2,97
Относительное стандартное отклонение (RSD), % <i>Relative standard deviation (RSD), %</i>	3,9	4,8	5,3	3,9	4,5	3,6	1,3	1,0	4,5	8,6	2,0	3,2
Объединенное ($\bar{Z}$), % <i>Combined ($\bar{Z}$), %</i>	100,7		88,3		93,2		98,0		105,9		94,4	
Объединенное (s), % <i>Combined (s), %</i>	4,42		4,23		3,69		1,27		7,79		2,46	
Объединенный RSD, % <i>Combined RSD</i>	4,4		4,8		4,0		1,3		7,4		2,6	
F-критерий Фишера ($F_{\text{табл}}=3,44$) <i>Fisher's F-test</i>	1,47		1,73		1,50		1,34		3,25		2,50	
t-критерий Стьюдента ($t_{\text{табл}}=2,12$) <i>Student's t-test</i>	1,22		1,52		0,19		2,03		2,04		0,76	

Таблица составлена авторами / The table is prepared by the authors