

**Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии**  
**Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»**  
**Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева»**  
**(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)**

**СОГЛАСОВАНО**

**Директор УНИИМ – филиала**

**ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»**

**Е.П. Соби́на**

**23 " 12 2025 г.**



**«ГСИ. Комплексы аналитические на базе масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой QioMS.**

**Методика поверки»**

**МП 96-251-2025**

г. Екатеринбург

2025 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНА Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)
2. ИСПОЛНИТЕЛЬ – заместитель заведующего лабораторией 251, Вострокнутова Е.В.
3. СОГЛАСОВАНА директором УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	4
2	Нормативные ссылки.....	5
3	Перечень операций поверки средства измерений .....	5
4	Требования к условиям проведения поверки.....	6
5	Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....	6
6	Метрологические и технические требования к средствам поверки .....	6
7	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	8
8	Внешний осмотр средства измерений .....	8
9	Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....	8
10	Проверка программного обеспечения средства измерений .....	9
11	Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям .....	9
12	Оформление результатов поверки .....	11
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	12

## **1 Общие положения**

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплексы аналитические на базе масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой QioMS (далее – комплексы аналитические). Комплексы аналитические подлежат первичной и периодической поверке. Поверка комплексов аналитических должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки прослеживаемость комплексов аналитических обеспечивается

– к ГЭТ 176-2019 «Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии» в соответствии с приказом Росстандарта от 19.02.2021 г. № 148 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах»

и (или)

– к ГЭТ 217-2018 «Государственный первичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации неорганических компонентов в водных растворах на основе гравиметрического и спектрального методов» путем применения стандартных образцов утвержденных типов в соответствии с поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 г. № 2605 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в водных растворах»

и (или)

– ГЭТ 196-2023 «Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе спектральных методов» путем применения стандартных образцов утвержденных типов в соответствии с поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 07.08.2023 г. № 1569 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов, а также флуоресценции в жидких и твердых веществах и материалах на основе спектральных методов».

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методом прямых измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки комплексов аналитических, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон анализируемых масс, а.е.м.	от 2 до 300
Чувствительность*, (имп/с)/(мкг/дм <sup>3</sup> ), не менее:	
- Li ( <sup>7</sup> Li)	25·10 <sup>3</sup>
- Be ( <sup>9</sup> Be)	7·10 <sup>3</sup>
- Co ( <sup>59</sup> Co)	105·10 <sup>3</sup>
- Cd ( <sup>111</sup> Cd)	20·10 <sup>3</sup>
- In ( <sup>115</sup> In)	205·10 <sup>3</sup>
- Ba ( <sup>138</sup> Ba)	150·10 <sup>3</sup>
- Pb ( <sup>208</sup> Pb)	130·10 <sup>3</sup>
Предел обнаружения*, нг/дм <sup>3</sup> , не более:	
- Li ( <sup>7</sup> Li)	1,0
- Be ( <sup>9</sup> Be)	0,8
- Co ( <sup>59</sup> Co)	1,5
- Cd ( <sup>111</sup> Cd)	0,8
- In ( <sup>115</sup> In)	1,0
- Ba ( <sup>138</sup> Ba)	5,0
- Pb ( <sup>208</sup> Pb)	10,0
Предел допускаемого относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала, %	1,9
* В стандартном режиме	

## 2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

– Приказ Росстандарта от 19.02.2021 г. № 148 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах»;

– Приказ Росстандарта от 01.11.2019 г. № 2605 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в водных растворах»;

– Приказ Росстандарта от 07.08.2023 г. № 1569 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов, а также флуоресценции в жидких и твердых веществах и материалах на основе спектральных методов»;

– Приказ Министерства труда и Социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

– ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;

– ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия;

– ГОСТ 29227-91 Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1. Общие требования;

– ГОСТ Р 52501-2005 Вода для лабораторного анализа. Технические условия;

– ГОСТ 11125-84 Кислота азотная особой чистоты. Технические условия;

– ГОСТ 4461-77 Реактивы. Кислота азотная. Технические условия

## 3 Перечень операций поверки средства измерений

3.1 При поверке должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование	да	да	9
Проверка программного обеспечения	да	да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11
Проверка диапазона анализируемых масс	да	нет	11.1
Определение чувствительности	да	да	11.2
Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала	да	да	11.3
Определение предела обнаружения	да	да	11.4

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций, поверка комплекса аналитического прекращается, и выполняются операции по п. 12 настоящей методики поверки.

3.3 На основании письменного заявления владельца комплекса аналитического или лица, представившего комплекс аналитический на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается проведение периодической поверки для меньшего числа элементов (поверка в сокращенном объеме). В данном случае поверка выполняется не менее чем по трем элементам в соответствии с таблицей 1. Данную информацию приводят в сведениях о поверке.

#### 4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от +16 до +28
- относительная влажность, % от 30 до 80

#### 5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

5.1 К проведению работ по поверке комплексов аналитических допускаются лица, прошедшие обучение в качестве поверителя, изучившие руководство пользователя (далее – РП) на комплексы аналитические и настоящую методику поверки.

#### 6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки согласно таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 10 °С до плюс 30 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 % до 90 %, с абсолютной погрешностью не более ±3 %	Термогигрометры электронные «CENTER» моделей 310, 311, 313, 314, 315, 316 (рег. № 22129-09)
п.11 Определение метрологических характеристик средства измерений	Контрольный раствор, приготовленный в соответствии с Приложением А настоящей методики поверки; 1 % азотная кислота, приготовленная в соответствии с Приложением А настоящей методики поверки	
Приложение А	СО состава раствора (ионов) кобальта, интервал допускаемых значений массовой концентрации ионов кобальта от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 7784-2000 ГСО 10950-2017 ГСО 7787-2000
	СО состава раствора (ионов) лития, интервал допускаемых значений массовой концентрации лития от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 7780-2000 ГСО 11408-2019
	СО состава раствора (ионов) индия, СО состава раствора (ионов) лития, интервал допускаемых значений массовой концентрации индия от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 11123-2018 ГСО 12906-2025
	СО состава раствора (ионов) кадмия, интервал допускаемых значений массовой концентрации ионов кадмия от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95;	ГСО 7874-2000 ГСО 7773-2000 ГСО 11255-2018
	СО состава раствора (ионов) свинца, интервал аттестованных значений массовой концентрации ионов свинца от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 7252-96 ГСО 7778-2000 ГСО 11251-2018
	СО состава раствора (ионов) бериллия, интервал аттестованных значений массовой концентрации ионов бериллия от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 11857-2021 ГСО 7759-2000
	СО состава раствора (ионов) бария, интервал аттестованных значений массовой концентрации ионов бария от 800 до 1200 мг/дм <sup>3</sup> , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более ±1 % при P=0,95	ГСО 7760-2000 ГСО 12008-2022 ГСО 7107-94

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Весы специального класса точности по ГОСТ OIML R 76-1-2011, диапазон измерений массы от 0,1 до 1100 г	Весы электронные GX-1000 (рег. № 20325-06)
	Дозаторы механические одноканальные с варьируемым объемом дозирования от 20 до 1000 мм <sup>3</sup>	Дозатор механический одноканальный с варьируемым объемом дозирования ВЮНПТ рег. № 36152-12
	<p>Вода для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005;</p> <p>Кислота азотная особой чистоты по ГОСТ 11125-84 или кислота азотная нормы х.ч. по ГОСТ 4461-77, очищенная методом некипящей дистилляции;</p> <p>Полипропиленовые пробирки с крышками вместимостью от 30 до 50 см<sup>3</sup>;</p> <p>Бутыль из полимерного материала вместимостью 1000 см<sup>3</sup>.</p>	

## 7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования Приказа Министерства труда и Социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», требования ГОСТ 12.2.007.0, требования безопасности, изложенные в РП на комплексы аналитические.

## 8 Внешний осмотр средства измерений

8.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида комплекса аналитического сведениям, приведенным в описании типа;
- отсутствие видимых повреждений комплекса аналитического;
- соответствие комплектности, указанной в РП;
- наличие обозначения и серийного номера, четкость маркировки, а также отсутствие повреждений и дефектов, влияющих на работоспособность комплекса аналитического.

## 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с п.6.1 настоящей методики поверки.

9.2 Перед проведением поверки комплекс аналитический готовят к работе в соответствии с РП, проверяют работоспособность органов управления и регулировки комплекса аналитического, при включении комплекса аналитического должны отсутствовать сообщения об ошибках. Проводят оптимизацию настроек комплекса аналитического непосредственно перед началом поверки.

Остальные инструментальные параметры (в том числе положение горелки, напряжение на линзах ионной оптики, параметры работы детектора и т.д.) – стандартные, заданные в ходе пуско-наладочных работ или оптимизированные в ходе настройки комплекса аналитического.

9.3 Согласно приложению А к настоящей методике проверки готовят 1 % азотную кислоту и контрольный раствор, представляющий собой многоэлементный раствор (Li, Be, Co, Cd, In, Ba, Pb) с массовой концентрацией каждого элемента 1 мкг/дм<sup>3</sup>.

## 10 Проверка программного обеспечения средства измерений

10.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) комплекса аналитического: в строке команд выбирают пункт «Справка» («Help»); в открывшемся меню выбрать пункт «о ПО» («About») – откроется окно, содержащее номер версии ПО и идентификационное наименование ПО. Наименование и номер версии ПО комплекса аналитического должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО комплекса аналитического

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	iTrace
Номер версии ПО (идентификационный номер ПО)	3.х.х.х*
Цифровой идентификатор ПО	-

\* «х» - обозначение номера версии метрологически незначимой части ПО, может содержать буквенные и цифровые символы.

## 11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 11.1 Проверка диапазона анализируемых масс

11.1.1 Подают на вход комплекса аналитического контрольный раствор, приготовленный согласно приложению А.

11.1.2 В модуле ПО для настройки и проверки комплекса аналитического задают следующие массы: 2, 9, 59, 111, 208, 300.

11.1.3 Считают, что диапазон анализируемых масс комплекса аналитического соответствует данным таблицы 1, если при заданных массах присутствуют сигналы.

### 11.2 Определение чувствительности

11.2.1 Подают на вход комплекса аналитического контрольный раствор, приготовленный согласно приложению А.

11.2.2 В модуле ПО комплекса аналитического для проведения анализа проводят измерения интенсивности сигнала изотопов <sup>7</sup>Li, <sup>9</sup>Be, <sup>59</sup>Co, <sup>111</sup>Cd, <sup>115</sup>In, <sup>138</sup>Ba, <sup>208</sup>Pb в контрольном растворе не менее 10 раз.

11.2.3 По результатам измерений по п. 11.2.2 рассчитывают чувствительность комплекса аналитического к изотопам <sup>7</sup>Li, <sup>9</sup>Be, <sup>59</sup>Co, <sup>111</sup>Cd, <sup>115</sup>In, <sup>138</sup>Ba, <sup>208</sup>Pb,  $N_j$ , (имп/с)/(мкг/дм<sup>3</sup>), по формуле:

$$N_j = \frac{\bar{I}_j}{C_j}, \quad (1)$$

где  $C_j$  – массовая концентрация  $j$ -го элемента в контрольном растворе, мкг/дм<sup>3</sup>;  
 $\bar{I}_j$  – среднее арифметическое измерений интенсивности сигнала  $j$ -го изотопа в контрольном растворе, имп/с;

$$\bar{I}_j = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ij}}{n}, \quad (2)$$

где  $I_{ij}$  – результат  $i$ -го измерения интенсивности сигнала  $j$ -го изотопа в контрольном растворе, имп/с;

$n$  – число измерений.

11.2.4 Полученные значения чувствительности должны удовлетворять требованиям таблицы 1.

11.3. Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала

11.3.1 Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала проводится по результатам измерений интенсивности сигнала изотопов  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ ,  ${}^{111}\text{Cd}$ ,  ${}^{115}\text{In}$ ,  ${}^{138}\text{Ba}$ ,  ${}^{208}\text{Pb}$  в контрольном растворе по п. 11.2.

11.3.2 По результатам измерений по п. 11.2.2 рассчитывают относительное среднее квадратическое отклонение выходного сигнала для  $j$ -го изотопа  $S_{rj}$ , %, по формуле:

$$S_{rj} = \frac{S_j}{\bar{I}_j} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $S_j$  – среднее квадратическое отклонение выходного сигнала для  $j$ -го изотопа, имп/с, рассчитанное по формуле:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{ij} - \bar{I}_j)^2}{n - 1}}. \quad (4)$$

11.3.3 Полученные значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала должны удовлетворять требованиям таблицы 1.

11.4 Определение предела обнаружения

11.4.1 Подают на вход комплекса аналитического 1 % азотную кислоту, приготовленную согласно приложению А.

11.4.2 В модуле ПО комплекса аналитического для проведения анализа проводят измерения интенсивности сигнала изотопов  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ ,  ${}^{111}\text{Cd}$ ,  ${}^{115}\text{In}$ ,  ${}^{138}\text{Ba}$ ,  ${}^{208}\text{Pb}$  не менее 10 раз.

11.4.3 По данным п. 11.2.3 и п. 11.4.2 рассчитывают значения предела обнаружения для  $j$ -го изотопа  $l_{qj}$ , нг/дм<sup>3</sup> по формуле:

$$l_{qj} = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot S_{oj}}{N_j}, \quad (5)$$

где  $N_j$  – чувствительность комплекса аналитического к  $j$ -му изотопу, (имп/с)/(мкг/дм<sup>3</sup>);

$S_{oj}$  – среднее квадратическое отклонение выходного сигнала  $j$ -го изотопа в 1 % азотной кислоте, имп/с:

$$S_{oj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{oij} - \bar{I}_{oj})^2}{n - 1}}; \quad (6)$$

где  $I_{oij}$  – результат  $i$ -го измерения интенсивности сигнала  $j$ -го изотопа в 1 % азотной кислоте, имп/с;

$\bar{I}_{oj}$  – среднее арифметическое измерений интенсивности сигнала  $j$ -го изотопа в 1 % азотной кислоте, имп/с:

$$\bar{I}_{oj} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{oij}}{n}, \quad (7)$$

$n$  – число измерений.

11.4.4 Полученные значения пределов обнаружения должны удовлетворять требованиям таблицы 1.

## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом в произвольной форме.

12.2 При положительных результатах поверки комплекс аналитический признают пригодным к применению.

12.3 Нанесение знака поверки на комплекс аналитический не предусмотрено. Пломбирование комплекса аналитического не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки комплекс аналитический признают непригодным к применению.

12.5 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений, или в случае отрицательных результатов поверки выдает извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.6 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком. В сведениях о результатах поверки приводят данные об объеме проведенной поверки.

Заместитель заведующего  
лабораторией 251 УНИИМ – филиала  
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Е.В. Вострокнутова

## ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

### Процедура приготовления контрольного раствора

Для приготовления контрольного раствора используют следующее оборудование:

- полипропиленовые пробирки с крышками вместимостью от 30 до 50 см<sup>3</sup>;
- дозаторы механические одноканальные с варьируемым объемом дозирования от 20 до 1000 мм<sup>3</sup>;
- весы специального класса точности по ГОСТ OIML R 76-1-2011, диапазон измерений массы от 0,1 до 1100 г;
- бутылка из полимерного материала вместимостью 1000 см<sup>3</sup>;
- вода для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005;
- кислота азотная особой чистоты по ГОСТ 11125-84 или кислота азотная нормы х.ч. по ГОСТ 4461-77, очищенная методом некипящей дистилляции;
- стандартные образцы по п. 6.1 настоящей методики поверки.

#### А.1 Приготовление раствора азотной кислоты с массовой долей 1 %

В бутылку из полимерного материала вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, установленную на весы, поместить примерно 500 г воды для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005, внести (15,4 ± 0,1) г кислоты азотной, тщательно перемешать раствор. После охлаждения колбы довести массу раствора до (1000 ± 5) г водой, снова тщательно перемешать раствор.

А.2 Исходный раствор готовят из стандартных образцов утвержденного типа: ГСО 7780-2000 (литий), ГСО 10950-2017 (кобальт), ГСО 11255-2018 (кадмий), ГСО 11857-2021 (бериллий), ГСО 11123-2018 (индий), ГСО 7760-2000 (барий), ГСО 11251-2018 (свинец) методом последовательного разбавления.

Отбирают по (0,50 ± 0,01) г каждого стандартного образца, помещают в полипропиленовую пробирку и доводят массу раствора до (50,0 ± 0,1) г раствором азотной кислоты с массовой долей 1 %. Получают исходный раствор с номинальной массовой концентрацией ионов лития, бериллия, кобальта, кадмия, индия, бария и свинца 10 мг/дм<sup>3</sup>.

От исходного раствора отбирают (0,50 ± 0,01) г, помещают в полипропиленовую пробирку и доводят массу раствора до (50,0 ± 0,1) г раствором азотной кислоты с массовой долей 1 %. Получают промежуточный раствор с массовой концентрацией лития, бериллия, кобальта, кадмия, индия, бария и свинца 0,1 мг/дм<sup>3</sup> (100 мкг/дм<sup>3</sup>).

От промежуточного раствора отбирают (0,50 ± 0,01) г, помещают в полипропиленовую пробирку и доводят массу раствора до (50,0 ± 0,1) г раствором азотной кислоты с массовой долей 1 %. Получают контрольный раствор с массовой концентрацией лития, бериллия, кобальта, кадмия, индия, бария и свинца 1 мкг/дм<sup>3</sup>.

А.3 Действительное значение массовой концентрации элементов в приготовленных растворах рассчитывается по формулам:

$$C_1 = \frac{m_{a10}}{m_n} \cdot C_0, \quad (\text{A.1})$$

$$C_2 = \frac{m_{a11}}{m_n} \cdot C_1, \quad (\text{A.2})$$

$$C_3 = \frac{m_{al2}}{m_{п}} \cdot C_2, \quad (\text{A.3})$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – массовые концентрации элемента в исходном, промежуточном и контрольном растворах соответственно, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_0$  – массовая концентрация элемента в стандартном образце, мг/дм<sup>3</sup> (мкг/дм<sup>3</sup>);

$m_{al0}, m_{al1}, m_{al2}$  – массы аликвот стандартного образца, исходного, промежуточного (для приготовления контрольного раствора) растворов соответственно, г;

$m_{п}$  – масса раствора, г.

А.4 Границы относительной погрешности исходного раствора не превышают 2 %, промежуточного и контрольного растворов – 3 %.