

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Измерение массовой концентрации
химических веществ
люминесцентными методами
в объектах окружающей среды

Сборник методических указаний
МУК 4.1.1255—4.1.1274—03

Издание официальное

Минздрав России
МОСКВА • 2003

УТВЕРЖДАЮ

Главный государственный санитарный врач Российской Федерации, Первый заместитель Министра здравоохранения Российской Федерации

Г. Г. Онищенко

1 апреля 2003 г.

Дата введения: 1 сентября 2003 г.

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Измерение массовой концентрации алюминия

флуориметрическим методом в пробах питьевой воды и воды поверхностных и подземных источников водопользования

Методические указания

МУК 4.1.1255—03

1. Введение

1.1. Назначение и область применения

Настоящие методические указания устанавливают методику выполнения измерения массовой концентрации алюминия в пробах воды поверхностных и подземных источников водопользования, а также питьевой воды флуориметрическим методом.

Диапазон измеряемых концентраций алюминия в пробах природных и питьевых вод 0,01—5,0 мг/дм³. Допускается разбавление пробы при высоком содержании алюминия, но не более чем в 10 раз.

Допустимо присутствие до 1 г/дм³ аммония, щелочных, щелочно-земельных элементов, до 100 мг/дм³ фосфата, до 5 мг/дм³ фторида, до 10 мг/дм³ цинка, свинца, до 2 мг/дм³ железа, 0,5 мг/дм³ хрома, 0,1 мг/дм³ меди.

1.2. Физико-химические и токсикологические свойства алюминия

Алюминий – серебристый или светло-серый металл.

Физические характеристики: температура плавления технического Al (99,5 %) 658 °С, температура кипения 2 348...2 486 °С, плотность 2,7. Хорошо проводит тепло и электрический ток.

Химические свойства: растворяется в щелочах, соляной и серной кислотах. Покрыт тонкой пленкой оксида, защищающей от коррозии. Мелкая пыль в воздухе взрывоопасна.

Токсическое действие заключается, с одной стороны, в механическом раздражении легкой ткани, с другой — в осаждении белков и образовании необратимых белковых соединений в виде волоконистых субстанций без признаков воспаления.

Алюминий относится к веществам 3-го класса опасности.

Предельно допустимые концентрации алюминия в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляют 0,2 (0,5) мг/дм³ (Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1093—02).

Предельно допустимые концентрации алюминия в питьевой воде 0,5 мг/дм³ (Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074—01).

2. Характеристика погрешности измерений

Характеристика погрешности измерений (граница допускаемой относительной погрешности измерений для доверительной вероятности $P = 0,95$) приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика погрешности измерений для доверительной вероятности $P = 0,95$

Диапазон концентраций алюминия, мг/дм ³	Значения характеристики погрешности, $\pm \delta$, %
от 0,01 до 0,05 включительно	50
свыше 0,05 до 0,2 включительно	30
свыше 0,2 до 5,0 включительно	20

3. Метод измерений

Метод измерений основан на взаимодействии ионов алюминия с люмогаллионом в среде ацетатного буфера (рН 4,6—4,9) с образованием флуоресцирующего комплекса в присутствии маскирующего агента — аскорбиновой кислоты, с последующим измерением интенсивности флуоресценции.

4. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы

При выполнении измерений массовой концентрации алюминия применяются следующие средства измерения, реактивы, вспомогательные устройства и материалы.

4.1. Средства измерений

Анализатор жидкости «Флюорат-02» или другой люминесцентный анализатор, флуориметр или спектрофлуориметр, удовлетворяющий требованиям указанных ТУ

ТУ 4321-001-20506233—94

Весы лабораторные общего назначения с наибольшим пределом взвешивания 200 г и ценой деления 1,0 мг, любого типа
Колбы мерные 2-100-2, 2-25-2, 2-1 000-2, 2-200-2

ГОСТ 24104

ГОСТ 1770

Пипетки с одной отметкой

2-го класса точности, вместимостью 5, 10, 25 см³

ГОСТ 29169

Пипетки градуированные 2-го класса точности, вместимостью 1, 2, 5, 10 см³

ГОСТ 29227

Государственный стандартный образец состава раствора ионов алюминия (Ш): массовая концентрация 1 мг/см³, границы допускаемого значения относительной погрешности ± 1 %.

Допускается использование средств измерений с аналогичными или лучшими метрологическими характеристиками. Средства измерений должны быть поверены в установленные сроки.

4.2. Реактивы

Вода дистиллированная

ГОСТ 6709

Кислота соляная, ос. ч.

ГОСТ 14261

Натрий уксусно-кислый трехводный, ос. ч.

ТУ 6-09-1567—78

Уксусная кислота, ос. ч.

ГОСТ 18270

Люмогаллион, ч. д. а.

ТУ 6-09-3122—66

Аскорбиновая кислота, фарм.

Р.73.941.09

Допускается применение реактивов, изготовленных по иной нормативно-технической документации, с техническими характеристиками не хуже, чем у указанных.

4.3. Вспомогательные устройства и материалы

Бидистиллятор или аппарат для перегонки воды (кварцевый или стеклянный)
 Колбы плоскодонные, вместимостью 100, 500 и 1 000 см³
 Воронки лабораторные
 стакан лабораторный термостойкий,
 вместимостью 50 и 100—150 см³
 Электроплитка бытовая
 Фильтры обезоленные «синяя лента»
 Бумага индикаторная универсальная

Описание подготовки химической посуды к анализу приведено в прилож. А.

5. Подготовка к выполнению измерений

При подготовке к выполнению измерений должны быть проведены следующие работы: отбор и консервирование проб, а также приготовление вспомогательных и градуировочных растворов и градуировка анализатора.

5.1. Отбор и консервирование проб

Общие требования к отбору проб по ГОСТ Р 51592. Отбор проб питьевой воды производится по ГОСТ Р 51593, поверхностных вод — по ГОСТ 17.1.5.05. Для хранения и транспортирования проб используют сосуды из полиэтилена или фторопласта.

Объем отбираемой пробы составляет 100 см³.

При определении общего алюминия пробу консервируют добавлением концентрированной соляной кислоты из расчета 1 см³ на 1 дм³ пробы, выдерживают 8—12 ч и фильтруют через фильтр «синяя лента» или мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм, отбрасывая первые 25 см³ фильтрата.

Если проба фильтруется очень медленно, то фильтр предварительно промывают 25 см³ раствора соляной кислоты по п. 5.2.3, а затем фильтруют пробу.

При определении растворимых форм алюминия пробу сначала фильтруют, а затем консервируют соляной кислотой в том же соотношении. Время хранения пробы до фильтрования не должно превышать 4 ч.

Далее в тексте отфильтрованная и законсервированная проба будет называться «подготовленная проба».

5.2. Приготовление растворов

5.2.1. Получение бидистиллированной воды

Бидистиллированную воду получают путем повторной дистилляции воды, соответствующей ГОСТ 6709—72, в бидистилляторе или лабораторной установке для перегонки воды, выполненной из кварца или стекла. Все растворы готовят только на бидистиллированной воде.

5.2.2. Раствор соляной кислоты, объемная доля 1 %

В стакан из термостойкого стекла помещают 500 см³ бидистиллированной воды и медленно, при помешивании, добавляют 5 см³ концентрированной соляной кислоты. Срок хранения не ограничен.

5.2.3. Раствор соляной кислоты, объемная доля 0,1 %

В стакан из термостойкого стекла помещают 450 см³ бидистиллированной воды и добавляют 50 см³ раствора соляной кислоты по п. 5.2.2.

5.2.4. Раствор люмогаллиона, молярная концентрация 0,00025 моль/дм³

Навеску 17,2 мг люмогаллиона растворяют в 200 см³ бидистиллированной воды. Раствор устойчив при хранении в холодильнике в течение двух месяцев.

5.2.5. Раствор аскорбиновой кислоты, массовая концентрация 2 мг/см³

В 100 см³ бидистиллированной воды растворяют 200 мг аскорбиновой кислоты.

Срок хранения — не более 3 дней.

5.2.6. Ацетатный буферный раствор, рН 4,6—4,9

В 100—150 см³ бидистиллированной воды растворяют 13,6 г укусно-кислого натрия трехводного, переносят в мерную колбу вместимостью 1 000 см³, приливают 5,5 см³ концентрированной уксусной кислоты, осторожно перемешивают и разбавляют до метки водой. Раствор хранят в сосуде из полиэтилена.

Срок хранения — 3 месяца.

5.2.7. Раствор алюминия, массовая концентрация 100 мг/дм³

Для приготовления указанного раствора отбирают 5 см³ ГСО состава раствора ионов алюминия массовой концентрации 1 мг/см³ помещают в мерную колбу вместимостью 50 см³, добавляют 0,5 см³ раствора соляной кислоты по п. 5.2.2, доводят до метки бидистиллированной водой и тщательно перемешивают.

Срок хранения раствора — 3 месяца.

5.2.8. Раствор алюминия, массовая концентрация 10 мг/дм³

В мерную колбу вместимостью 100 см³ помещают 10 см³ раствора, приготовленного по п. 5.2.7, прибавляют 1 см³ раствора соляной кислоты (п. 5.2.2) и разбавляют до метки бидистиллированной водой.

Срок хранения раствора — 3 недели.

5.2.9. Раствор алюминия, массовая концентрация 0,1 мг/дм³

В мерную колбу вместимостью 100 см³ помещают 1 см³ раствора алюминия по п. 5.2.8, приливают 1 см³ раствора соляной кислоты по п. 5.2.2 и разбавляют до метки бидистиллированной водой.

Срок хранения раствора — 1 неделя.

5.3. Приготовление растворов для градуировки анализатора

В мерную колбу вместимостью 25 см³ помещают 10 см³ бидистиллированной воды (раствор № 1). Во вторую мерную колбу вместимостью 25 см³ вводят 10 см³ раствора алюминия (п. 5.2.9) с концентрацией 0,1 мг/дм³ (раствор № 2). Затем в обе колбы прибавляют по 2,5 см³ раствора аскорбиновой кислоты (п. 5.2.5), по 5 см³ раствора люмогаллона (п. 5.2.4) и 5 см³ ацетатного буферного раствора (п. 5.2.6). Содержимое колб доводят до метки бидистиллированной водой, перемешивают и выдерживают до начала измерений не менее 45 мин, защищая от прямых солнечных лучей.

5.4. Градуировка анализатора и контроль стабильности градуировочной характеристики

При градуировке прибора и всех измерениях в канале возбуждения используют светофильтр № 19, а в канале регистрации — светофильтр № 17.

Градуировку анализатора осуществляют путем измерения сигналов флуоресценции растворов, приготовленных по п. 5.3. Градуировочные растворы и растворы для контроля стабильности градуировочной характеристики необходимо готовить одновременно с приготовлением растворов анализируемых проб по п. 6.

Для модификаций «Флюорат-02-1» и «Флюорат-02-3»

Установку режима «Фон» производят при помощи раствора № 1, а установление параметра «А» в режиме «Градуировка» (нажатием клавиши «Г») — при помощи раствора № 2. Параметр «С» задается равным 0,100.

Для модификаций «Флюорат-02-2М» и «Флюорат-02-3М»

Входят в меню «Градуировка», устанавливают $S_0 = 0$ и $C_1 = 0,100$. Значение параметра «J0» устанавливают по раствору № 1, а «J1» — по раствору № 2. При этом значения параметров «C2» — «C6» и «J2» — «J6» должны быть равны нулю.

Диапазон измерений концентраций алюминия по градуировочной характеристике 0,01—1,0 мг/дм³.

Контроль стабильности градуировочной характеристики проводится при измерении алюминия в каждой серии проб. Он состоит в проведении не менее двух параллельных измерений концентрации алюминия в одной или нескольких смесях (табл. 2, смеси №№ 2—8).

Приготовление образца для измерения производится согласно п. 5.3. Градуировка признается стабильной, если расхождение между аттестованным и измеренным значениями концентрации алюминия в смесях не превышает 10 % в диапазоне 0,1—1,0 мг/дм³ и 20 % при меньших концентрациях. При несоответствии полученных результатов указанным нормативам процесс градуировки необходимо повторить.

На стадии освоения методики контроль стабильности градуировочной характеристики проводят ежедневно. В дальнейшем контроль градуировочной характеристики проводят не реже 1 раза в месяц, а также при смене реактивов.

Для приборов модификаций «Флюорат-02-1» и «Флюорат-02-3», не имеющих энергонезависимой памяти, контроль стабильности градуировочной характеристики проводят после каждой новой градуировки прибора.

Таблица 2
Смеси для контроля стабильности градуировочной характеристики анализатора

№ смеси	Компоненты	Объем, см ³	Концентрация алюминия, мг/дм ³	Относительная погрешность (P = 0,95), %
1	Раствор алюминия (п. 5.5.8)		10,0	1,4
2	Смесь № 1 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	10 1 до 100	1,0	1,6
3	Смесь № 2 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	50 1 до 100	0,5	1,8
4	Смесь № 2 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	20 1 до 100	0,2	1,8
5	Смесь № 2 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	10 1 до 100	0,1	1,8
6	Смесь № 5 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	50 1 до 100	0,05	2,0
7	Смесь № 5 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	20 1 до 100	0,02	2,0
8	Смесь № 5 Соляная кислота по п. 5.2.2 Бидистиллированная вода	10 1 до 100	0,01	2,0

При использовании иных люминесцентных анализаторов градуировку и измерение проб производят в соответствии с руководством по эксплуатации.

6. Выполнение измерений

Для каждой подготовленной пробы выполняют два параллельных определения концентрации алюминия.

При выполнении измерений должны быть выполнены следующие работы: переведение алюминия в реакционноспособную форму, приготовление рабочих растворов и определение концентрации алюминия.

Для выполнения измерений при концентрации алюминия выше 1,0 мг/дм³ подготовленную пробу разбавляют 0,1 %-ным раствором соляной кислоты по п. 5.2.3 таким образом, чтобы концентрация алюминия в разбавленной пробе составляла от 0,2 до 0,8 мг/дм³. Коэффициент разбавления (Q₁) равен соотношению объемов разбавленной пробы и аликвотной порции исходной подготовленной пробы.

Для проведения анализа отбирают в термостойкий стакан аликвотную порцию подготовленной пробы (объем аликвотной порции составляет 10 см³), кипятят в течение 15 мин. Одновременно готовят холостую пробу, для чего берут 10 см³ соляной кислоты по п. 5.2.3 и также кипятят в течение 15 мин.

Полученные растворы количественно переносят в мерные колбы вместимостью 25 см³, добавляют 2,5 см³ раствора аскорбиновой кислоты (п. 5.2.5), 5 см³ раствора люмогаллона (п. 5.2.4) и 5 см³ ацетатного буферного раствора (п. 5.2.6), доводят до метки бидистиллированной водой и перемешивают.

Через 45 мин производят определение концентрации алюминия на приборе «Флюорат-02», делая для каждого раствора по два последовательных отсчета и вычисляя среднее арифметическое.

Если измеренная концентрация алюминия в пробе превышает 1,0 мг/дм³, то пробу необходимо разбавить раствором соляной кислоты (п. 5.2.3) таким образом, чтобы концентрация алюминия в разбавленной пробе составляла от 0,2 до 0,8 мг/дм³, и повторить определение.

7. Обработка результатов измерений

Массовую концентрацию алюминия в пробе (X, мг/дм³) вычисляют по формуле:

$$X = (C_{изм} - C_0) \cdot Q_1, \text{ где} \quad (1)$$

C_{изм} — измеренная концентрация алюминия в рабочем растворе, мг/дм³;

C₀ — концентрация алюминия в холостой пробе, мг/дм³;

Q₁ — коэффициент разбавления пробы при содержании алюминия выше 1,0 мг/дм³, равный соотношению конечного объема пробы и аликвотной порции разбавляемой подготовленной пробы. Если пробу не разбавляют, то Q₁ = 1.

8. Оформление результатов измерений

За результат анализа (\bar{X}) принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений X_1 и X_2 ($\bar{X} = (X_1 + X_2)/2$), расхождение между которыми не превосходит значений норматива контроля сходимости d . Значения норматива контроля сходимости приведены в прилож. Б. Значение d выбирают для среднего арифметического \bar{X} .

Результат количественного анализа в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде:

- результат анализа \bar{X} (мг/дм³), δ (%), $P = 0,95$, где δ — характеристика погрешности (табл. 1), %;
- $\bar{X} \pm \Delta$, мг/дм³, $P = 0,95$, где

$$\Delta = \frac{\delta \cdot \bar{X}}{100} \quad (2)$$

Результат измерений должен оканчиваться тем же десятичным разрядом, что и погрешность. Результаты измерений регистрируют в протоколах, в которых указывают:

- ссылку на настоящий документ;
- описание пробы (номер, источник, дата отбора и анализа и т. п.);
- отклонения от текста методики при проведении измерений, если таковые имелись, и факторы, отрицательно влияющие на результаты анализа;
- результат измерения и его погрешность;
- фамилию исполнителя.

9. Контроль точности измерений

Контроль точности измерений (воспроизводимости и погрешности) проводят в соответствии с алгоритмом, изложенным в прилож. Б. Нормативы контроля также приведены в прилож. Б.

Подготовка химической посуды для выполнения измерений

При выполнении измерений массовой концентрации алюминия необходимо тщательно соблюдать чистоту химической посуды, руководствуясь следующими правилами.

1. Для мытья химической посуды разрешается использовать концентрированную серную кислоту или концентрированную азотную кислоту. **Категорически запрещается использовать для мытья соду, щелочи, все виды синтетических моющих средств, хромовую смесь.**

2. Посуда предварительно отмывается водопроводной водой, затем в нее наливают приблизительно на $\frac{1}{2}$ объема кислоту (п. 1) и тщательно обмывают ею всю внутреннюю поверхность, а затем выливают в специальный сосуд. Пипетки при помощи груши несколько раз заполняют кислотой выше метки. После промывания посуды дистиллированной водой (не менее 5 раз) ее окончательно споласкивают бидистиллированной водой (2—3 раза).

3. Для каждого раствора необходимо использовать свою пипетку. Раствор из колбы наливают в стаканчик и из него набирают в пипетку. **Запрещается погружать пипетку во весь объем раствора во избежание загрязнения.**

4. Рекомендуется иметь отдельный набор посуды, который используется только для определения алюминия.

Контроль точности измерений**1. Контроль воспроизводимости измерений**

Периодичность контроля воспроизводимости измерений зависит от количества рабочих измерений за контролируемый период и определяется планами контроля.

Образцами для контроля являются пробы природных и питьевых вод. Объем отобранной для контроля пробы должен соответствовать удвоенному объему, необходимому по методике для проведения анализа.

Отобранный объем делят на две равные части и анализируют в точном соответствии с прописью методики, максимально варьируя условия проведения анализа, т. е. измерения проводят либо в разных лабораториях, либо в одной лаборатории разными исполнителями или одним исполнителем, но в разное время. Результаты контроля признаются удовлетворительными, если выполняется условие:

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \leq 0,01 \cdot \bar{X} \cdot D, \text{ где} \quad (\text{Б.1})$$

\bar{X}_1 — результат анализа рабочей пробы, мг/дм³;

\bar{X}_2 — результат анализа этой же пробы, полученный другим аналитиком с использованием другого набора мерной посуды и других партий реактивов, мг/дм³;

\bar{X} — среднее арифметическое \bar{X}_1 и \bar{X}_2 , мг/дм³;

D — норматив контроля воспроизводимости измерений (табл. Б.1), %.

Значение D выбирают для среднего арифметического \bar{X} .

При превышении норматива контроля погрешности воспроизводимости процедуру контроля повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам контроля, и устраняют их.

Таблица Б.1

Нормативы контроля сходимости и воспроизводимости для доверительной вероятности $P = 0,95$

Диапазон измерений, мг/дм ³	Нормативы контроля	
	сходимости $d(n=2), \%$	воспроизводимости $D(m=2), \%$
Алюминий		
от 0,01 до 0,05 включительно	42	55
свыше 0,05 до 0,2 включительно	20	35
свыше 0,2 до 5,0 включительно	15	25
Цинк		
от 0,005 до 0,1 включительно	28	34
свыше 0,1 до 2,0 включительно	14	20
Бор		
от 0,05 до 0,1 включительно	35	60
свыше 0,1 до 0,5 включительно	20	40
свыше 0,5 до 2,5 включительно	10	20
свыше 2,5 до 5,0 включительно	5	12
Медь		
от 0,005 до 0,01 включительно	25	60
свыше 0,01 до 0,1 включительно	15	30
Железо общее		
от 0,05 до 1,0 включительно	18	25
свыше 1,0 до 5,0 включительно	14	20
Нитрит		
от 0,005 до 0,01 включительно	25	50
свыше 0,01 до 0,05 включительно	15	25
свыше 0,05 до 1,0 включительно	12	20
свыше 1,0 до 5,0 включительно	7	14
Фторид		
от 0,1 до 0,5 включительно	15	20
свыше 0,5 до 1,0 включительно	12	17
свыше 1,0 до 2,5 включительно	8	11
Фенолы		
от 0,0005 до 0,001 включительно	50	80
свыше 0,001 до 0,005 включительно	35	55
свыше 0,005 до 0,02 включительно	20	34

Продолжение таблицы Б.1

Диапазон измерений, мг/дм ³	Нормативы контроля	
	сходимости $d(n=2), \%$	воспроизводимости $D(m=2), \%$
свыше 0,02 до 25,0 включительно	10	14
Цинк		
от 0,005 до 0,1 включительно	28	34
свыше 0,1 до 2,0 включительно	14	20
АПAB		
от 0,025 до 0,1 включительно	50	65
свыше 0,1 до 1,0 включительно	25	40
свыше 1,0 до 2,0 включительно	15	25
Формальдегид		
от 0,02 до 0,5 включительно	24	34

2. Контроль погрешности измерений

Периодичность контроля погрешности измерений зависит от количества рабочих измерений за контролируемый период и определяется планами контроля.

Образцами для контроля являются пробы природных и питьевых вод. Объем отобранной пробы для контроля должен соответствовать удвоенному объему, необходимому для проведения анализа по методике.

Отобранный объем делят на две равные части, первую из которых анализируют в точном соответствии с прописью методики и получают результат анализа исходной рабочей пробы — X , а во вторую часть делают добавку определяемого компонента и анализируют в точном соответствии с прописью методики, получая результат анализа рабочей пробы с добавкой — X' .

Результаты анализа исходной рабочей пробы и рабочей пробы с добавкой получают по возможности в одинаковых условиях, т. е. их получает один аналитик с использованием одного набора мерной посуды, одной партии реактивов и т. д.

Величина добавки должна составлять от 50 до 150 % от содержания алюминия в исходной пробе. Если содержание алюминия в исходной пробе меньше нижней границы диапазона измерений (0,01 мг/дм³), то величина добавки должна в 2—3 раза превышать нижнюю границу диапазона измерений.

Величину добавки (C_0 , мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$C_0 = \frac{C_a \cdot V_a}{V} \quad (\text{Б.2})$$

C_0 — концентрация алюминия в стандартном образце (аттестованной смеси), использованном для внесения добавки, мг/дм³;

V_0 — объем стандартного образца (аттестованной смеси), внесенного в качестве добавки, см³;

V — объем пробы, см³.

Объем добавки не должен превышать 5% объема пробы. Решение об удовлетворительной погрешности принимают при выполнении условия:

$$|X' - X - C_0| \leq K_0, \text{ где} \quad (\text{Б.3})$$

X — результат анализа рабочей пробы, мг/дм³;

X' — результат анализа рабочей пробы с добавкой алюминия, мг/дм³;

C_0 — значение добавки алюминия, мг/дм³;

K_0 — норматив контроля погрешности измерений, мг/дм³.

При внешнем контроле ($P = 0,95$) норматив контроля вычисляют по формуле:

$$K_0 = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_{X'}^2}, \text{ где} \quad (\text{Б.4})$$

Δ_x , $\Delta_{X'}$ — характеристика погрешности измерения массовой концентрации алюминия в исходной пробе и пробе с добавкой алюминия соответственно, мг/дм³:

$$\Delta_x = 0,01 \cdot \delta_x \cdot X; \Delta_{X'} = 0,01 \cdot \delta_{X'} \cdot X', \text{ где} \quad (\text{Б.5})$$

δ_x , $\delta_{X'}$ — характеристика относительной погрешности измерения массовой концентрации алюминия в исходной пробе и пробе с добавкой алюминия соответственно (табл. 1), %.

Норматив контроля погрешности при внутрилабораторном контроле ($P = 0,90$) вычисляют по формуле:

$$K_0 = 0,84 \cdot \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_{X'}^2} \quad (\text{Б.6})$$

При превышении норматива контроля погрешности процедуру контроля повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам контроля, и устраняют их.