

ГОСТ 4011—72

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Й І С Т А Н Д А Р Т

ВОДА ПИТЬЕВАЯ

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА**

Издание официальное

**ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва**

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н И Й С Т А Н Д А Р Т**ВОДА ПИТЬЕВАЯ****Методы измерения массовой концентрации общего железа****ГОСТ
4011—72**

Drinking water. Methods for determination of total iron

МКС 13.060.20
ОКСТУ 9109**Дата введения 01.01.74**

Настоящий стандарт распространяется на питьевую воду и устанавливает колориметрические методы измерения массовой концентрации общего железа.

1. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

1.1. Пробы воды отбирают по ГОСТ 2874* и ГОСТ 24481**.

1.2. Объем пробы воды для измерения массовой концентрации железа должен быть не менее 200 см³.

1.3. Способы консервирования, сроки и условия хранения проб воды, предназначенных для измерения массовой концентрации общего железа, — по ГОСТ 24481.

1.2, 1.3. (Измененная редакция, Изм. № 2).

**2. ИЗМЕРЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА
С СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ****2.1. Сущность метода**

Метод основан на взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой с образованием окрашенного в желтый цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски, пропорциональную массовой концентрации железа, измеряют при длине волн 400—430 нм. Диапазон измерения массовой концентрации общего железа без разбавления пробы 0,10—2,00 мг/дм³. В этом интервале суммарная погрешность измерения с вероятностью $P = 0,95$ находится в пределах 0,01—0,03 мг/дм³.

2.2. Аппаратура, реактивы

Фотоколориметр любого типа с фиолетовым светофильтром ($\lambda = 400—430$ нм). Кюветы с толщиной рабочего слоя 2—5 см.

* На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51232—98.

** На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51593—2000.



Весы аналитические лабораторные, класс точности 1, 2 по ГОСТ 24104*.

Колбы мерные 2-го класса, вместимостью 50, 100, 1000 см³ по ГОСТ 1770.

Пипетки мерные без делений вместимостью 50 см³ и пипетки мерные с ценой наименьшего деления 0,1 — 0,05 см³, вместимостью 1, 5 и 10 см³, 2-го класса по ГОСТ 29169 и ГОСТ 29227.

Колбы стеклянные лабораторные конические номинальной вместимостью 100 см³, типа Кн по ГОСТ 25336.

Аммоний хлористый по ГОСТ 3773.

Аммиак водный по ГОСТ 3760, 25 %-ный раствор.

Квасцы железоаммонийные по нормативно-техническому документу.

Кислота соляная по ГОСТ 3118.

Кислота сульфосалициловая по ГОСТ 4478.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Все реактивы, используемые для анализа, должны быть квалификации химически чистые (х.ч.) или чистые для анализа (ч.д.а.).

2.3. Подготовка к анализу

2.3.1. Приготовление основного стандартного раствора железоаммонийных квасцов

0,8636 г железоаммонийных квасцов $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ взвешивают с точностью, не превышающей 0,0002 г по шкале весов, растворяют в мерной колбе вместимостью 1 дм³ в небольшом количестве дистиллированной воды, добавляют 2,00 см³ соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³ и доводят до метки дистиллированной водой. 1 см³ раствора содержит 0,1 мг железа.

Срок и условия хранения раствора — по ГОСТ 4212.

2.3.2. Приготовление рабочего стандартного раствора железоаммонийных квасцов

Рабочий раствор готовят в день проведения анализа разбавлением основного раствора в 20 раз. 1 см³ раствора содержит 0,005 мг железа.

2.3.3. Приготовление раствора сульфосалициловой кислоты

20 г сульфосалициловой кислоты растворяют в мерной колбе вместимостью 100 см³ в небольшом количестве дистиллированной воды и доводят этой водой до метки.

2.3.4. Приготовление раствора хлористого аммония молярной концентрации 2 моль/дм³

107 г NH_4Cl растворяют в мерной колбе вместимостью 1 дм³ в небольшом количестве дистиллированной воды и доводят этой водой до метки.

2.3.5. Приготовление раствора аммиака (1:1)

100 см³ 25 %-ного раствора аммиака приливают к 100 см³ дистиллированной воды и перемешивают.

2.4. Проведение анализа

При массовой концентрации общего железа не более 2,00 мг/дм³ отбирают 50 см³ исследуемой воды (при большей массовой концентрации железа пробу разбавляют дистиллированной водой) и помещают в коническую колбу вместимостью 100 см³. Если пробу при отборе не консервировали кислотой, то к 50 см³ добавляют 0,20 см³ соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³. Пробу воды нагревают до кипения и упаривают до объема 35—40 см³. Раствор охлаждают до комнатной температуры, переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³,

* С 1 июля 2002 г. введен в действие ГОСТ 24104—2001.

С. 3 ГОСТ 4011—72

ополаскивают 2—3 раза по 1 см³ дистиллированной водой, сливая эти порции в ту же мерную колбу. Затем к полученному раствору прибавляют 1,00 см³ хлористого аммония, 1,00 см³ сульфосалициловой кислоты, 1,00 см³ раствора амиака (1:1), тщательно перемешивая после добавления каждого реагента. По индикаторной бумаге определяют значение pH раствора, которое должно быть ≥ 9. Если pH менее 9, то прибавляют еще 1—2 капли раствора амиака (1:1) до pH ≥ 9.

Объем раствора в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой, оставляют стоять 5 мин для развития окраски. Измеряют оптическую плотность окрашенных растворов, используя фиолетовый светофильтр ($\lambda = 400 - 430$ нм) и кюветы с толщиной оптического слоя 2, 3 или 5 см, по отношению к 50 см³ дистиллированной воды, в которую добавлены те же реагенты. Массовую концентрацию общего железа находят по градуировочному графику.

Для построения градуировочного графика в ряд мерных колб вместимостью 50 см³ наливают 0,0; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 см³ рабочего стандартного раствора, доводят до метки дистиллированной водой, перемешивают и анализируют, как исследуемую воду. Получают шкалу растворов, соответствующих массовым концентрациям железа 0,0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мг/дм³.

Строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию железа, а по оси ординат — соответствующие значения оптической плотности. Построение градуировочного графика повторяют для каждой партии реагентов и не реже одного раза в квартал.

2.5. Обработка результатов

Массовую концентрацию железа (X) в анализируемой пробе, мг/дм³, с учетом разбавления вычисляют по формуле

$$X = \frac{c \cdot 50}{V},$$

где c — концентрация железа, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

V — объем воды, взятый для анализа, см³;

50 — объем, до которого разбавлена пробы, см³.

За окончательный результат анализа принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных измерений, допустимое расхождение между которыми не должно превышать 25 % при массовой концентрации железа на уровне предельно допустимой. Результат округляют до двух значащих цифр.

Сходимость результатов анализа (A) в процентах вычисляют по формуле

$$A = \frac{2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} \cdot 100,$$

где P_1 — больший результат из двух параллельных измерений;

P_2 — меньший результат из двух параллельных измерений.

Разд. 2. (Измененная редакция, Изм. № 2).

3. ИЗМЕРЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА С ОРТОФЕНАНТРОЛИНОМ

3.1. Сущность метода

Метод основан на реакции ортофенантролина с ионами двухвалентного железа в области pH 3 — 9 с образованием комплексного соединения, окрашен-

ного в оранжево-красный цвет. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Восстановление железа до двухвалентного проводится в кислой среде гидроксилином. Окраска развивается быстро при pH 3,0 — 3,5 в присутствии избытка фенантролина и устойчива в течение нескольких дней. Диапазон измерения массовой концентрации общего железа без разбавления пробы 0,05 — 2,0 мг/дм³. В этом интервале суммарная погрешность измерения с вероятностью $P = 0,95$ находится в пределах 0,01 — 0,02 мг/дм³.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

3.2. Аппаратура, материалы и реактивы

Фотоэлектроколориметр различных марок.

Кюветы с толщиной рабочего слоя 2 — 5 см.

Плитка электрическая.

Колбы мерные 2-го класса точности по ГОСТ 1770, вместимостью 50 и 1000 см³.

Пипетки мерные без делений вместимостью 10, 25 и 50 см³ и пипетки мерные с делениями 0,1—0,01 см³, вместимостью 1, 2 и 5 см³, 2-го класса точности по ГОСТ 29169 и ГОСТ 29227.

Колбы плоскодонные по ГОСТ 25336, вместимостью 150 — 200 см³.

Аммоний уксуснокислый по ГОСТ 3117.

Гидроксилимин солянокислый по ГОСТ 5456.

Квасцы железоаммонийные по нормативно-техническому документу.

Кислота соляная по ГОСТ 3118.

Кислота уксусная по ГОСТ 61.

Ортофенантролин.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Аммиак водный по ГОСТ 3760, 25 %-ный раствор.

Все реактивы, используемые для анализа, должны быть квалификации чистые для анализа (ч.д.а.).

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.3. Подготовка к анализу

3.3.1. Приготовление раствора ортофенантролина

0,1 г моногидрата ортофенантролина ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$), взвешенного с погрешностью не более 0,01 г, растворяют в 100 см³ дистиллированной воды, подкисленной 2—3 каплями концентрированной соляной кислоты. Реактив сохраняют на холоде в темной склянке с притертой пробкой. 1 см³ этого реактива связывает в комплекс 0,1 мг железа.

3.3.2. Приготовление 10 %-ного раствора солянокислого гидроксилиамина

10 г солянокислого гидроксилиамина ($NH_2OH \cdot HCl$), взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 100 см³.

3.3.1, 3.3.2. (Измененная редакция, Изм. № 1).

3.3.3. Приготовление буферного раствора

250 г уксуснокислого аммония ($NH_4C_2H_3O_2$), взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в 150 см³ дистиллированной воды. Добавляют 70 см³ уксусной кислоты и доводят объем до 1 дм³ дистиллированной водой.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

3.3.4. Приготовление основного стандартного раствора железоаммонийных квасцов — по п. 2.3.1.

3.3.5. Приготовление рабочего стандартного раствора железоаммонийных квасцов — по п. 2.3.2.

3.3.4, 3.3.5. (Измененная редакция, Изм. № 2).

3.4. Проведение анализа

Определению мешают цианиды, нитриты, полифосфаты; хром и цинк в концентрации, превышающей в 10 раз массовую концентрацию железа; кобальт и медь в концентрации более 5 мг/дм³ и никель в концентрации 2 мг/дм³. Предварительное кипячение воды с кислотой превращает полифосфаты в ортофосфаты, добавлением гидроксиламина устраняется мешающее влияние окислителей. Мешающее влияние меди уменьшается при pH 2,5 — 4.

При отсутствии полифосфатов исследуемую воду тщательно перемешивают и отбирают 25 см³ (или меньший объем, содержащий не более 0,1 мг железа, разбавленный до 25 см³ дистиллированной водой) в мерную колбу вместимостью 50 см³. Если при отборе пробы вода была подкислена, то ее нейтрализуют 25 %-ным раствором аммиака до pH 4 — 5, контролируя потенциометрически или по индикаторной бумаге. Затем добавляют 1 см³ солянокислого раствора гидроксиламина, 2,00 см³ ацетатного буферного раствора и 1 см³ раствора ортофенантролина. После прибавления каждого реагента раствор перемешивают, затем доводят объем до 50 см³ дистиллированной водой, тщательно перемешивают и оставляют на 15—20 мин для полного развития окраски.

Окрашенный раствор фотометрируют при сине-зеленом светофильтре ($\lambda = 490 - 500$ нм) в кюветах с толщиной оптического слоя 2, 3 или 5 см по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реагенты.

Массовую концентрацию железа находят по градуировочному графику.

В присутствии полифосфатов 25 см³ исследуемой пробы помещают в плоскодонную колбу вместимостью 100—150 см³, прибавляют 1 см³ концентрированной соляной кислоты, нагревают до кипения и упаривают до объема 15—20 см³. После охлаждения раствора его переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, добавляют дистиллированную воду до объема примерно 25 см³ и доводят 25 %-ным раствором аммиака до pH 4 — 5, контролируя потенциометрически или по индикаторной бумаге.

Далее прибавляют реагенты и проводят анализ, как указано выше (при отсутствии полифосфатов).

Для построения градуировочного графика в мерные колбы вместимостью 50 см³ вносят 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 10,0; 20,0 см³ рабочего стандартного раствора, содержащего в 1 см³ 0,005 мг железа, доводят объем дистиллированной водой приблизительно до 25 см³ и анализируют так же, как и исследуемую воду. Получают шкалу стандартных растворов с массовой концентрацией железа 0,0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0 и 2,0 мг/дм³. Фотометрируют в тех же условиях, что и пробу. Строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию общего железа в мг/дм³, а по оси ординат — соответствующие значения оптической плотности.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

3.5. Массовую концентрацию общего железа вычисляют по п. 2.5.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

4. ИЗМЕРЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА С 2,2-ДИПИРИДИЛОМ

4.1. Сущность метода

Метод основан на взаимодействии ионов двухвалентного железа с 2,2-дипиридилом в области pH 3,5 — 8,5 с образованием окрашенного в красный цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски пропорциональна массовой концентрации железа. Восстановление трехвалентного железа до двухвалентного проводится гидроксилиамином. Окраска развивается быстро и устойчива в течение нескольких дней. Диапазон измерения массовой концентрации общего железа без разбавления пробы 0,05 — 2,00 мг/дм³.

В этом интервале суммарная погрешность измерения с вероятностью $P = 0,95$ находится в пределах 0,01 — 0,03 мг/дм³.

4.2. Аппаратура, материалы, реактивы

Фотоэлектролориметр любой марки.

Кюветы с толщиной оптического слоя 2—5 см.

Колбы мерные 2-го класса точности по ГОСТ 1770, вместимостью 50, 100 и 1000 см³.

Пипетки мерные без делений, вместимостью 25 см³ и пипетки мерные с делениями 0,1—0,01 см³, вместимостью 1, 5 и 10 см³ 2-го класса точности по ГОСТ 29169 и ГОСТ 29227.

Аммоний уксуснокислый по ГОСТ 3117.

Гидроксилиамин солянокислый по ГОСТ 5456.

2,2-дипиридил (α , α' -дипиридил).

Квасцы железоаммонийные по нормативно-техническому документу.

Кислота уксусная по ГОСТ 61.

Спирт этиловый ректифицированный по ГОСТ 18300, высшего сорта.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Все реактивы, используемые для анализа, должны быть квалификации химически чистые (х.ч.) или чистые для анализа (ч.д.а.).

4.1, 4.2. (Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

4.3. Подготовка к анализу

4.3.1. Приготовление основного стандартного раствора железоаммонийных квасцов — по п. 2.3.1.

4.3.2. Приготовление рабочего стандартного раствора железоаммонийных квасцов — по п. 2.3.2.

4.3.1, 4.3.2. (Измененная редакция, Изм. № 2).

4.3.3. Приготовление 10 %-ного раствора солянокислого гидроксилиамина — по п. 3.2.2.

4.3.4. Приготовление ацетатного буферного раствора — по п. 3.3.3.

4.3.3, 4.3.4. (Измененная редакция, Изм. № 1).

4.3.5. Приготовление 0,1 %-ного раствора 2,2-дипиридила

0,1 г 2,2-дипиридила, взвешенного с погрешностью не более 0,01 г, растворяют в 5,00 см³ этилового спирта и разбавляют в 100 см³ дистиллированной воды.

4.4. Проведение анализа

Для определения массовой концентрации общего железа исследуемую воду тщательно перемешивают и отбирают 25 см³ (или меньший объем, содержащий не более 0,1 мг железа) в мерную колбу вместимостью 50 см³. Прибавляют 1 см³ раствора гидроксилиамина солянокислого, 2,00 см³ ацетатного буферного рас-

С. 7 ГОСТ 4011—72

твора, 1,00 см³ раствора 2,2-дипиридила и доводят до метки дистиллированной водой. После добавления каждого реагента содержимое колбы перемешивают. Раствор оставляют на 15—20 мин для полного развития окраски. Окрашенный раствор фотометрируют, применяя зеленый светофильтр ($\lambda = 540$ нм) и кюветы с толщиной оптического слоя 2—5 см, по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реагенты.

Массовую концентрацию железа находят по градуировочному графику.

Для построения градуировочного графика в мерные колбы вместимостью 50 см³ вносят 0,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 см³ рабочего стандартного раствора железоаммонийных квасцов. Добавляют дистиллированной воды до объема примерно 25 см³. Далее растворы проводят через весь ход анализа так же, как исследуемую воду. Получают шкалу стандартных растворов с массовой концентрацией железа 0,0; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мг/дм³. Оптическую плотность измеряют в тех же условиях, что и пробы. Строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию железа в мг/дм³, а по оси ординат — соответствующие значения оптической плотности.

4.5. Обработка результатов

Массовую концентрацию общего железа вычисляют по п. 2.5.

4.3.5, 4.4, 4.5. (Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 09.10.72 № 1855

2. ВЗАМЕН ГОСТ 4011—48

3. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение ИТД, на который дана ссылка	Номер пункта	Обозначение ИТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 61—75	3.2, 4.2	ГОСТ 5456—79	3.2, 4.2
ГОСТ 1770—74	2.2, 3.2, 4.2	ГОСТ 6709—72	2.2, 3.2, 4.2
ГОСТ 2874—82	1.1	ГОСТ 18300—87	4.2
ГОСТ 3117—78	3.2, 4.2	ГОСТ 24104—88	2.2
ГОСТ 3118—77	2.2, 3.2	ГОСТ 24481—80	1.1, 1.3
ГОСТ 3760—79	2.2, 3.2	ГОСТ 25336—82	2.2, 3.2
ГОСТ 3773—72	2.2	ГОСТ 29169—91	2.2; 3.2; 4.2
ГОСТ 4212—76	2.3.1	ГОСТ 29227—91	2.2, 3.2, 4.2
ГОСТ 4478—78	2.2		

4. Ограничение срока действия снято Постановлением Госстандарта СССР от 25.12.91 № 2120

5. ИЗДАНИЕ с Изменениями № 1, 2, утвержденными в сентябре 1981 г., январе 1987 г. (ИУС 11—81, 4—87)