

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Определение химических соединений  
в биологических средах**

Сборник методических указаний  
МУК 4.1.763—4.1.779—99

*Издание официальное*

**Минздрав России  
Москва • 2000**

#### **4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ**

### **Определение химических соединений в биологических средах**

**Сборник методических указаний**

**МУК 4.1.763—4.1.779—99**

**ББК 51.20+51.244**

**О60**

**О60    Определение химических соединений в биологических средах: Сборник методических указаний.—М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.—152 с.**

**ISBN 5—7508—0194—2**

1. Разработаны под редакцией академика РАЕН, д. м. н., проф. Зайцевой Н. В., к. б. н. Улановой Т. С., к. б. н. Нурисламовой Т. В., Карнажицкой Т. Д., Суетиной Г. Н., Поповой Н. В., Митрофановой В. М., Плаховой Л. В., Рудаковой Е. А. (ПНИКИ детской экопатологии).

2. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 6 июля 1999 г.

**ББК 51.20+51.244**

**Ответственный редактор Акопова Н. Е.**

**Верстка Юшкова Т. Г.**

**Технический редактор Смирнов В. В.**

**Подписано в печать 10.03.00**

**Формат 60х88/16**

**Тираж 3000 экз.**

**Печ. л. 9,5**

**Зак. 6705**

**ЛР № 021232 от 23.06.97 г.**

**Министерство здравоохранения Российской Федерации  
101431, Москва, Рахмановский пер., д. 3**

**Оригинал-макет подготовлен к печати Издательским отделом  
Федерального центра госсанэпиднадзора Минздрава РФ  
125167, Москва, проезд Аэропорта, 11.  
Отделение реализации, тел. 198-61-01**

**Отпечатано с готового оригинал-макета в филиале Государственного ордена  
Октябрьской революции, ордена Трудового Красного Знамени  
Московского предприятия "Первая Образцовая типография"  
Министерства Российской Федерации по делам печати,  
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.  
113114, Москва, Шлюзовая наб., 10  
Тел.: 235-20-30**

**© Федеральный центр госсанэпиднадзора  
Минздрава России, 2000**

## Содержание

Область применения .....	4
Газохроматографический метод количественного определения ацетона в биосредах (моча): МУК 4.1.763—99 .....	4
Газохроматографический метод количественного определения предельных (гексан, гептан) и ароматических (бензол, толуол, этилбензол, о-,м-,п-ксилол) углеводов в биосредах (моча): МУК 4.1.764—99 .....	4
Газохроматографический метод количественного определения ароматических (бензол, толуол, этилбензол, о-,м-,п-ксилол) углеводородов в биосредах (кровь): МУК 4.1.765—99 .....	4
Газохроматографический метод количественного определения ароматических аминсоединений (анилин, N-метиланилин, о- толуидин, N,N-диметиланилин, N-этиланилин, N,N-диэтиланилин) в биосредах (моча): МУК 4.1.766—99 .....	4
Газохроматографический метод количественного определения ароматических аминсоединений (анилин, N-метиланилин, о- толуидин, N,N-диметиланилин, N-этиланилин, N,N-диэтиланилин) в биосредах (кровь): МУК 4.1.767—99 .....	4
Методика количественного определения экзогенного фенола в биосредах (моча): МУК 4.1.768—99 .....	4
Количественное определение формальдегида в моче методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.769—99 .....	4
Количественное определение формальдегида в крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.770—99 .....	4
Газохроматографическое определение концентраций метилового, этилового, изопропилового, пропилового, изобутилового и бутилового спиртов в моче: МУК 4.1.771—99 .....	4
Газохроматографическое определение концентраций метилового, этилового, изопропилового, пропилового, изобутилового и бутилового спиртов в крови: МУК 4.1.772—99 .....	4
Количественное определение ионов фтора в моче с использованием ионселективного электрода: МУК 4.1.773—99 .....	4

## МУК 4.1.763—4.1.779—99

Определение содержания железа, цинка, никеля в моче методом атомной абсорбции: МУК 4.1.774—99 .....	106
Определение содержания железа, цинка, никеля в желчи методом атомной абсорбции: МУК 4.1.775—99 .....	113
Определение содержания железа, цинка, никеля, меди и хрома в волосах методом атомной абсорбции: МУК 4.1.776—99 .....	120
Определение содержания цинка, никеля, меди и хрома в крови методом атомной абсорбции: МУК 4.1.777—99 .....	128
Определение содержания цинка, никеля, меди и хрома в женском молоке методом атомной абсорбции: МУК 4.1.778—99 .....	136
Определение содержания марганца, свинца в моче методом атомной абсорбции: МУК 4.1.779—99 .....	144
Приложение А .....	151
Приложение Б .....	152
Приложение В .....	152

## УТВЕРЖДАЮ

Главный государственный санитарный  
врач Российской Федерации

Г. Г. Онищенко

6 июля 1999 г.

МУК 4.1.768—99

Дата введения: 6 сентября 1999 г.

## 4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Методика количественного определения  
экзогенного фенола в биосредах (моча)**

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ГОСТа 8.563—96 «Методики выполнения измерений» и ГОСТа Р1.5—92. Методика анализа метрологически аттестована и обеспечивает определение фенола в диапазоне концентраций 0,1—1,2 мкг/см<sup>3</sup>.

C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH

Мол. масса – 94,12

Фенол – бесцветные кристаллы с характерным запахом. T<sub>кип</sub> – 181,75 °С, T<sub>плавл</sub> – 40,9 °С. Фенол растворим в воде и органических растворителях. Фенол относится ко 2 классу опасности.

Методика обеспечивает выполнение измерений с суммарной погрешностью результата измерений 12,6 % при доверительной вероятности 0,95.

**Сущность метода**

Метод основан на перегонке фенола с водяным паром и фотометрическом определении по азокрасителю, образующемуся при взаимодействии фенола с диазотированным паранитроанилином.

Определению мешают крезолы.

Нижний предел измерения в объеме пробы – 0,05 мкг.

Длительность анализа – 30 мин.

---

Издание официальное

**Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы**

При выполнении применяют следующие средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы.

*Средства измерений*

Спектрофотометр СФ-26	
Весы лабораторные ВЛР-200 аналит.	ГОСТ 24104—80Е
Шкаф сушильный ШСС-80 П УХЛ 4.2	ТУ 16.531.743—83
Секундомер «Агат»	ГОСТ 5072—79Е
Термометр лабораторный шкальный ТЛ-2, предел измерения 0—100 °С, цена деления 1 °С	ГОСТ 215—73Е
Колбы мерные 2—100—2, 2—50—2, 2—25—2	ГОСТ 1770—74Е
Пипетки 4—2—1, 2—1—5, 6—2—10	ГОСТ 20292—74Е
Установка для перегонки с водяным паром (прилож. В)	

*Реактивы*

Фенол ч. д. а.	ГОСТ 6417—72
Натрия карбонат х. ч.	ГОСТ 83—79
Натрия нитрит х. ч.	ГОСТ 4197—74
Паранитроанилин х. ч.	ТУ 6—09—06—545—75
Соляная кислота х. ч.	ГОСТ 3118—77
Щавелевая кислота ч.	ГОСТ 22180—76
Вода дистиллированная	ГОСТ 6709—72

**Требования к безопасности**

Помещение для проведения измерений должно соответствовать требованиям «Пожарных норм проектирования зданий и сооружений» (СНиП ПА-5-700) и «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» (СН-245-71) и СН и П-74.

При выполнении работ должны быть соблюдены меры противопожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТа 12.1.004—85 и правила техники безопасности в соответствии с ГОСТом 12.1.007—76.

При работе необходимо соблюдать «Правила по технике безопасности и производственной санитарии при работе в химических лабораториях», утверждены МЗ СССР 20.12.82 (М., 1981), и «Прави-

ла устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утверждены Госгортехнадзором СССР 27.11.87 (М.: Недра, 1989).

При работе с реактивом соблюдают требования безопасности, установленные для работ с токсичными, едкими и легковоспламеняющимися веществами по ГОСТу 12.1.005—88.

При выполнении измерений с использованием спектрофотометра соблюдают правила электробезопасности в соответствии с ГОСТом 12.1.019—79 и инструкции по эксплуатации прибора.

### **Требования к квалификации оператора**

К выполнению измерений допускаются лица, имеющие квалификацию не ниже инженера-химика и опыт работы на спектрофотометре.

### **Условия измерений**

При проведении процессов приготовления растворов и подготовки проб к анализу соблюдают следующие условия:

- температура воздуха  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- атмосферное давление 630—800 мм рт. ст.;
- влажность воздуха — не более 80 % при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

Выполнение измерений на спектрофотометре проводят в условиях, рекомендуемых технической документацией по прибору.

### **Подготовка к выполнению измерений**

Перед выполнением измерений проводят следующие работы: приготовление растворов, установление градуировочной характеристики, отбор проб.

#### ***Приготовление растворов***

*Соляная кислота, 4 %-ный раствор.* 10,0 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты ( $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ ) добавляют к 100,0 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

*Нитрит натрия, 25 %-ный раствор.* 25 г нитрита натрия растворяют в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

*Паранитроанилин, 0,1 %-ный раствор.* 0,1 г паранитроанилина, предварительно высушенного при температуре  $60^\circ\text{C}$  в течение 2 ч, растворяют в 4 %-ном растворе соляной кислоты в мерной колбе вместимостью 100 см<sup>3</sup>. Перед употреблением раствор охлаждают до  $0\text{—}5^\circ\text{C}$ .



*Дiazотированный паранитроанилин.* 12,5 см<sup>3</sup> охлажденного раствора паранитроанилина приливают в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, прибавляют постепенно 2,5 см<sup>3</sup> раствора нитрита натрия и через несколько минут доводят объем до 50 см<sup>3</sup> дистиллированной водой. Diazотирование паранитроанилина следует проводить в вытяжном шкафу.

*Щавелевая кислота, 10 %-ный раствор.* 10 г щавелевой кислоты растворяют в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

*Исходный раствор для градуировочной характеристики, 1 мг/см<sup>3</sup>.* В мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> помещают 20—30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и точную навеску свежеперегнанного фенола 50 мг и доводят объем до 50 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

*Рабочий раствор для установления градуировочной характеристики с содержанием фенола 10 мкг/см<sup>3</sup>* готовится путем разбавления перед отгонкой.

#### *Установление градуировочной характеристики*

Градуировочную характеристику, выражающую зависимость оптической плотности от концентрации фенола в пробе, устанавливают по 3 сериям растворов.

Растворы для градуировки готовят в мерных колбах вместимостью 100 см<sup>3</sup>. Для этого в каждую колбу вносят раствор согласно таблице.

Таблица

**Стандартные смеси для установления градуировочной характеристики при определении концентрации фенола (фрагмент шкалы)**

Номер смеси для градуировки	1	2	3	4	5
Объем рабочего раствора (10,0 мкг/см <sup>3</sup> ), см <sup>3</sup>	1,6	2,0	4,0	8,0	16,0
Содержание фенола, мкг/см <sup>3</sup>	0,16	0,20	0,40	0,80	1,60

Для установления градуировочной характеристики в колбу для перегонки помещают 5 см<sup>3</sup> стандартного раствора, добавляют щавелевую кислоту до кислой реакции среды по лакмусовой бумаге и проводят перегонку с водяным паром. Отгоняют 10 см<sup>3</sup> пробы. К отгону объемом 5 см<sup>3</sup> добавляют 0,04 г карбоната натрия и тщательно перемешивают, затем добавляют 0,4 см<sup>3</sup> diaзотированного паранитроанилина и через 20 мин измеряют оптическую плотность на спектрофотометре в кюветах с расстоянием между рабочими гранями 10 мм при 494 нм.

### *Отбор проб*

Отбор проб мочи в объеме 100 см<sup>3</sup> производится в тщательно вымытый стеклянный сосуд с притертой пробкой. Анализ мочи проводить сразу или хранить в холодильнике не более 12 ч после отбора пробы.

### **Выполнение измерений**

Для анализа берут 5 см<sup>3</sup> мочи, наливают в колбу для перегонки, добавляют щавелевую кислоту до кислой реакции среды по лакмусовой бумаге и ведут перегонку с водяным паром. Из полученного отгона отбирают 5 см<sup>3</sup> пробы, добавляют 0,04 г карбоната натрия и тщательно перемешивают, затем добавляют 0,4 см<sup>3</sup> раствора диазотированного паранитроанилина. Содержимое пробирки вновь энергично встряхивают и через 20 мин измеряют оптическую плотность растворов в кюветах с расстоянием между рабочими гранями 10 мм при 494 нм.

### **Вычисление результатов измерений**

Концентрацию (C) фенола в моче (мкг/см<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$C = \frac{C_1 \cdot V_2}{V_1}, \text{ где}$$

$C_1$  – концентрация вещества по градуировочному графику, мкг/см<sup>3</sup>;

$V_1$  – объем мочи, взятой для перегонки, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – объем перегнанной пробы, см<sup>3</sup>.

### **Внутренний оперативный контроль**

Внутренний оперативный контроль качества результатов контрольного химического анализа (сходимость, воспроизводимость, точность) осуществляют с целью получения оперативной информации о качестве анализов и принятия при необходимости оперативных мер по его повышению (МИ 2335—95).

### *Оперативный контроль сходимости*

Периодичность контроля сходимости измерений зависит от количества рабочих измерений (2 параллельные пробы). Отбирают 2 пробы мочи и каждую из них анализируют в соответствии с прописью методики.

Результаты признаются удовлетворительными, если выполняется условие:

$$|C_1 - C_2| \leq 0,01 d \cdot C_{cp}, \text{ где}$$

$C_1$  и  $C_2$  — результаты анализа 1 и 2 проб;

$d$  — допустимое расхождение между двумя результатами одной и той же пробы ( $d = 35\%$ );

$C_{cp}$  — среднее значение между двумя определениями.

### *Оперативный контроль точности*

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

Образцами для контроля являются представительные пробы биосред, к которым делают добавки в виде раствора. Отбирают 2 пробы и к одной из них делают добавку в виде раствора таким образом, чтобы их содержание увеличилось по сравнению с исходным на 50—150 %. Каждую пробу анализируют в точном соответствии с прописью методики и получают результат анализа исходной рабочей пробы  $X$  и рабочей пробы с добавкой  $X'$ . Результаты анализа исходной рабочей пробы  $X$  и рабочей пробы с добавкой  $X'$  получают не по возможности, а в одинаковых условиях, т. е. их получает один аналитик с использованием одного набора мерной посуды, одной партии реактивов и т. д.

Результаты контроля признаются удовлетворительными, если выполняется условие:

$$|X' - X - C| < K_D, \text{ где}$$

$C$  — добавка к пробе в виде раствора с концентрацией, мкг/см<sup>3</sup>;

$K_D$  — норматив оперативного контроля погрешности, мкг/см<sup>3</sup>.

При внешнем контроле ( $P = 0,95$ ) принимают

$$K_D = \sqrt{\Delta_{x'}^2 + \Delta_x^2}, \text{ где}$$

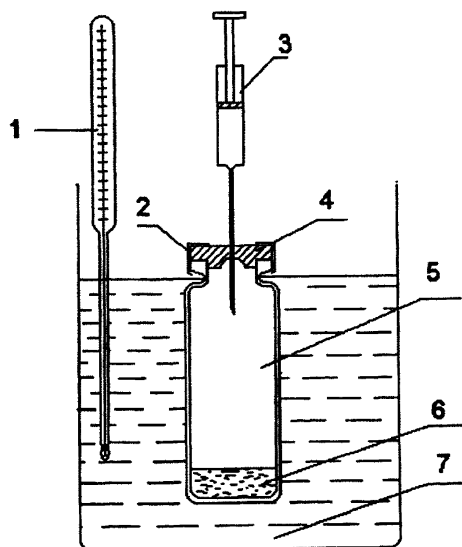
$\Delta_{x'}$  и  $\Delta_x$  — характеристики погрешностей для исходной пробы и пробы с добавкой, мкг/см<sup>3</sup>.

$$\Delta_{x'} = 0,165 \cdot X' \text{ и } \Delta_x = 0,165 \cdot X$$

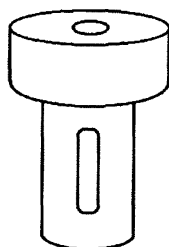
При внутрилабораторном контроле ( $P = 0,90$ ) принимают, что

$$K'_D = 0,84 \cdot K_D$$

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

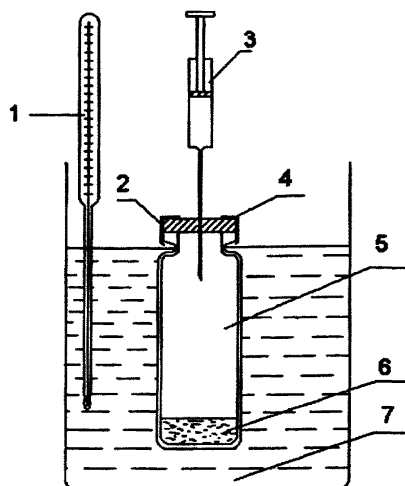


**Рис. 1.** Установка для создания равновесной паровой фазы.  
 1 – термометр; 2 – накидная гайка; 3 – шприц; 4 – резиновая мембрана;  
 5 – равновесный сосуд; 6 – проба; 7 – термостатируемая жидкостная баня.



**Рис. 2.** стакан с навинчивающейся крышкой для фиксации пробки на флаконе.

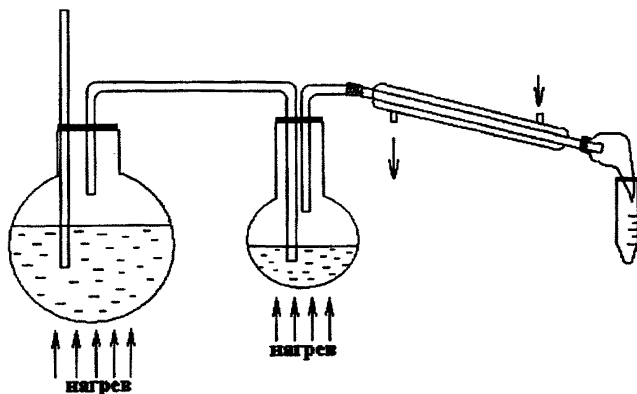
## Приложение Б



Прибор для анализа равновесной паровой фазы:

1 – термометр; 2 – накидная гайка; 3 – шприц; 4 – резиновая мембрана;  
5 – равновесный сосуд; 6 – проба; 7 – термостатируемая жидкостная баня

## Приложение В



Установка для перегонки с водяным паром