

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ

СОГЛАСОВАНО
Зам. директора БанГИМ



МЕТОДИКА
выполнения измерений концентраций галогенсодержащих алифатических
углеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения
методом газожидкостной хроматографии

МСИ.ЧН 1490-2001



Минск-2001

Учреждение-разработчик: Государственное учреждение научно-исследовательский институт санитарии и гигиены, отдел физико-химических исследований

Заведующий отделом:

Марусич Н.И.
(017) 284-13-73

Авторы:

Зав. лабораторией аналитического и спектрального анализа, к.х.н.

Кремко Л.М.

Младший научный сотрудник

Шекутнева Т.В.

Рецензенты:

Зав. лабораторией исследования вод ГорЦГЭ

Крицкая А.М.

Зав. лабораторией ФХМИ ГорЦГЭ

Гапанович Н.К.

Зав. лабораторией хроматографических исследований НИИ СиГ, к.х.н.

Новицкий В.Ф.

Старший научный сотрудник
РНПЦ по ЭОК и БПП, к.х.н.

Перцовский А.Л.

Отв. за выпуск:

Зав. лабораторией аналитического и спектрального анализа ГУ НИИ СиГ

Кремко Л.М.

АННОТАЦИЯ

Методика выполнения измерений концентраций галогенсодержащих алифатических углеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения методом газожидкостной хроматографии основана на экстракционном концентрировании изучаемых галогенуглеводородов из воды толуолом и анализе полученного толуольного экстракта на приборе, оснащенном детектором по захвату электронов, при использовании для разделения смеси насадочной колонки, заполненной инертоном AW, пропитанным силиконовым эластомером SE-30.

Методика предназначена для учреждений санэпиднадзора Министерства здравоохранения Республики Беларусь, научно-исследовательских работ, связанных с определением галогенсодержащих алифатических углеводородов в воде.

Методика утверждена Министерством здравоохранения Республики Беларусь в качестве официального документа.

Настоящая МВИ устанавливает методику выполнения измерений концентраций дихлорметана, хлороформа, тетрахлорметана, бромдихлорметана, дигромхлорметана, тетрахлорэтилена, бромоформа и тетрахлорэтана в воде централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения методом газожидкостной хроматографии в диапазоне концентраций, приведенных в таблице 2.

1. Характеристика вещества.

Физико-химические свойства изучаемых соединений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические свойства веществ.

№ п/п	Изучаемый ин- гредиент	Эмпири- ческая формула	Моле- куляр- ная масса	Т _{кип.} , °C	Плот- ность, г/см ³	Растворимость, г/дм ³		
						Вода	Этанол	Бензол
1.	Дихлорметан	CH ₂ Cl ₂	84,93	40,1	1,326	20,0	∞	-
2.	Хлороформ	CHCl ₃	119,38	61,2	1,488	10,0	∞	p.
3.	Тетрахлорметан	CCl ₄	153,82	76,8	1,595	0,8	∞	∞
4.	Бромдихлорметан	CHCl ₂ Br	163,83	88,5	1,980	-	-	-
5.	Дигромхлорметан	CHClBr ₂	208,28	118,5	2,450	-	-	-
6.	Тетрахлорэтилен	C ₂ Cl ₄	165,82	121,2	1,619	н.р.	∞	∞
8.	Бromoформ	CHBr ₃	252,75	149,5	2,885	3,19	∞	p.
9.	Тетрахлорэтан	C ₂ H ₂ Cl ₄	167,86	146,2	1,597	2,88	х.р.	х.р.

Примечание: ∞ - смешивается в любых соотношениях; р. – растворимо; х.р. – хорошо растворимо; н.р. – нерастворимо; - - данные отсутствуют.

Нормативы содержания изучаемых соединений в питьевой воде определены Сан-ПиН 10-124 РБ 99 и приведены в таблице 2.

2. Нормы погрешности измерений.

Настоящая МВИ обеспечивает выполнение измерений концентраций изучаемых галогенуглеводородов с суммарными погрешностями в заданных диапазонах концентраций, приведенными в таблице 2.

Таблица 2.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	ПДК в во- де	Диапазон определя- емых концентраций, мг/дм ³ **	Суммарная по- грешность из- мерения, %
1.	Дихлорметан	7,5	3,8 - 75,0	35
2.	Хлороформ	0,2	0,02 - 0,3	28
3.	Тетрахлорметан	0,006	0,002 - 0,02	31
4.	Бромдихлорметан	0,03	0,003 - 0,036	30
5.	Дигромхлорметан	0,03	0,006 - 0,045	31
6.	Тетрахлорэтилен	0,02*	0,005 - 0,1	37
7.	Бromoформ	0,1	0,03 - 0,25	27
8.	Тетрахлорэтан	0,2	0,05 - 1,0	33

Примечание: * - по СанПиН 4630-88; ** - без разбавления образца.

3. Средства измерений, вспомогательные устройства, реагенты и материалы.

При выполнении измерений применяют следующие средства измерений, вспомогательное оборудование, реагенты и материалы.

3.1. Средства измерений.

Хроматограф газовый «Газохром 1106 Э» нормального исполнения с записью результатов на электронном самопищущем потенциометре с детектором по захвату электронов с чувствительностью по γ -гексахлорциклогексану (линдану) не хуже 5×10^{-12} г/см³

Потенциометр КСП 4 с пределом измерений от $-0,1$ до $+0,9$ мкв, основной погрешностью записи, не превышающей $\pm 1\%$

Весы аналитические типа АДВ-200 2 класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г, погрешностью взвешивания $\pm 0,0002$ г,

Весы электронные «СКАУТ» Sc 2020 производства США с наибольшим пределом взвешивания 200 г, ценой деления 0,01 г, стандартным отклонением 0,01 г, погрешностью измерения $\pm 0,01$ г

Микрошприц МШ 1М с ценой деления 0,02 мкл

соответствует
ТУ 25.05.1353-77

ГОСТ 24104-88

Колбы мерные 2-25-2
2-50-2

соответствует
ТУ 2.833.105

ГОСТ 1770-74

Цилиндры мерные 3-1000-2

ГОСТ 1770-74

Пипетки 1-1-2-0,1
1-1-2-0,2

ГОСТ 20292-74

1-1-2-1

ГОСТ 20292-74

1-1-2-2

ГОСТ 29227-91

1-2-2-5

ГОСТ 29227-91

1-2-2-10

ГОСТ 29227-91

Пробирки П-2-20-14/23 ХС

ГОСТ 1770-74

Линейка измерительная с ценой деления 1 мм

ГОСТ 427-75

3.2. Вспомогательное оборудование.

Колонка хроматографическая стеклянная (300 x 0,3 см)

Аппарат из термостойкого стекла для перегонки жидкостей, состоящий из:

а) колба круглодонная с номинальной вместимостью 1000 см³ К-1-1000-29/32 ТС

ГОСТ 25336-82

б) насадка Н1 29/32-14/23 ТС

ГОСТ 25336-82

г) холодильник ХПТ 1-200-14/23 ХС

ГОСТ 25336-82

д) термометр КШ 14/23 с пределом измерения 0-200°C

ГОСТ 28498

в) алонж АИО 14/23-14/23-60 ТС

ГОСТ 25336-82

г) переход П1-1-29/32-14/23 ТС

ГОСТ 25336-82

е) колбы Кн -1-750-29/32 ТС, Кн -1-500-29/32 ТС

ГОСТ 25336-82

ж) электроплитка с закрытой спиралью

ГОСТ 14919-83

Шкаф сушильный электрический, обеспечивающий поддержание заданного температурного режима от 40 до 200 ⁰ С (для сушки посуды)	ТУ 64-1.1411-76
Штатив лабораторный	ТУ 64-1.707-76
Пробки массивные ПМ1 КШ 14/23	ГОСТ 19908-80
или пробки пустотельные ПП 1 КШ 14/23	ГОСТ 251138-84
Часы песочные 3 минуты	ГОСТ 25336-82
Колба коническая Кн-2-1000-42 ТХС	ТУ 64-1.2850-80
Баня водяная	ГОСТ 25336-82
Насос водоструйный	

3.3. Реактивы

Дихлорметан для ИК-спектроскопии, ≥ 99,5%	фирмы «Fluka»
Хлороформ для ИК-спектроскопии, ≥ 99,5%	фирмы «Fluka»
Тетрахлорметан для ИК-спектроскопии, ≥ 99,5%	фирмы «Fluka»
Бромдихлорметан чистый, ≥ 98,0%	фирмы «Fluka»
Дибромхлорметан чистый, ≥ 97,0%	фирмы «Fluka»
Тетрахлорэтилен для ИК-спектроскопии, ≥ 99,5%	фирмы «Fluka»
Бромоформ чистый, ≥ 99,0%	фирмы «Fluka»
Тетрахлорэтан чистый, ≥ 98,0%	фирмы «Fluka»
Спирт этиловый ректифицированный	ГОСТ 5962-67
Инертон AW (0,25-0,315 мм) с 10% SE-30	Lachema (Chemapol), Чехословакия
Толуол, чда (остаток после отгонки 2/3 объема)	ГОСТ 5789-78
Кислота серная, чда	ГОСТ 4204-77
Калий двухромовокислый, чда	ГОСТ 4220-75
Вода дистиллированная	ГОСТ 6709-72
Азот газообразный, ос.ч. в баллоне с редуктором	ГОСТ 9293-74

Могут быть использованы реактивы-эквиваленты, средства измерений и вспомогательные устройства, по точности и квалификации не уступающие указанным в методике.

4. Метод измерений.

Метод основан на экстракции галогенсодержащих алифатических углеводородов из воды толуолом при объемном соотношении вода:толуол, равном 20:1, и хроматографическом анализе полученного концентрата на приборе, оснащенном детектором по захвату электронов, при использовании хроматографической колонки (300 x 0,3 см), заполненной инертоном AW (0,25-0,315 мм) с 10% SE-30.

При проведении градуировки прибора пик дихлорметана выходит на «хвосте» пика этанола, так как градуировочные растворы вводят в воду в виде этанольных растворов. Аналогичная ситуация может возникнуть при анализе образцов в случае содержания этанола в водопроводной воде;

Времена выхода и, следовательно, пики на хроматограмме 1,1-дихлорэтана и тетрахлорметана совпадают. Учитывая, что ПДК 1,1-дихлорметана отсутствует, а ПДК тетрахлорметана составляет 0,006 мг/дм³, МВИ предусматривает определение этих соединений по тетрахлорметану;

Пик 1,2-дихлорэтана в интервале заданных концентраций от 0,002 до 0,2 мг/дм³ (ОДУ 0,02 мг/дм³) при использовании настоящей МВИ на хроматограмме не проявляется;

Пик дибромхлорметана выходит на «хвосте» пика толуола.

Других, мешающих определению изучаемых галогенуглеводородов, соединений не выявлено. Хроматограммы градуировочных растворов № 1 и № 5 прилагаются.

5. Требования безопасности.

При выполнении измерений концентраций галогенсодержащих алифатических углеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения методом газожидкостной хроматографии соблюдают требования безопасности, изложенные в Инструкции «Основные правила безопасной работы в химических лабораториях». М. «Химия», 1979, а также Инструкции по эксплуатации газового хроматографа.

Оператор должен быть подробно ознакомлен со свойствами изучаемых соединений и толуола и действием их на организм.

При выполнении измерений с использованием газового хроматографа следует соблюдать правила электробезопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.019.-79.

6. Требования к квалификации оператора.

К выполнению измерений могут быть допущены лица со специальным химическим образованием, имеющие опыт работы в химической лаборатории, на газовом хроматографе, изучившие настоящую методику.

7. Условия выполнения измерений.

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- 7.1. Процессы приготовления растворов и подготовки проб к анализу проводят при
 - температуре воздуха $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$
 - атмосферном давлении 84,0-106,7 кПа (630-800 мм. рт. ст.)
 - влажности воздуха не более 80% при температуре 25°C .
- 7.2. Выполнение измерений на газовом хроматографе проводят в условиях, рекомендуемых технической документацией к прибору.

8. Подготовка к выполнению измерений.

Перед выполнением измерений должны быть проведены следующие работы: подготовка посуды, измерительной и вспомогательной аппаратуры, реактивов, приготовление растворов, построение градуировочных графиков, подготовка проб к измерениям.

8.1. Подготовка лабораторной посуды.

Новую или используемую в лаборатории посуду моют в растворе любого моющего средства, промывают водопроводной водой, ополаскивают дистиллированной водой, сушат в сушильном шкафу при температуре не ниже 180°C . Сильно загрязненную посуду, использованную для работы с галогенсодержащими растворителями, сначала ополаскивают водопроводной водой, затем моют хромовой смесью, промывают водопроводной водой, ополаскивают дистиллированной водой, сушат при выше указанных условиях.

8.2. Подготовка хроматографа к работе.

Подготовку прибора к работе, его включение и выведение на рабочий режим осуществляют в соответствии с Инструкцией по эксплуатации.

8.3. Подготовка хроматографической колонки.

Перед заполнением насадочную стеклянную колонку ополаскивают водопроводной водой, моют хромовой смесью, промывают водопроводной водой, ополаскивают дистиллированной водой, высушивают в сушильном шкафу при температуре $105-110^{\circ}\text{C}$ до полного высыхания.

Готовой насадкой (Инертон AW (0,25-0,315 мм) с 10% SE-30 Lachema (Chemapol), Чехословакия) под вакуумом заполняют колонку, устанавливают ее в термостат хроматографа и, не подсоединяя к детектору, продувают ее азотом с расходом 20-30 см³/мин сначала при программировании температуры от 40 до 150⁰С со скоростью 2⁰С/мин, а затем в изотермическом режиме при 150⁰С в течение 8 часов. Подготовленную таким образом колонку подсоединяют к детектору, задают условия хроматографирования и после уменьшения дрейфа нулевой линии до 5% шкалы регистратора приступают к работе.

8.4. Приготовление растворов.

8.4.1. Раствор хромовой смеси.

Для приготовления 1 дм³ хромовой смеси в коническую колбу объемом 1 дм³ цилиндром вносят 1 дм³ концентрированной серной кислоты (d = 1,834-1,835), добавляют 92 г (около 5% от веса кислоты) калия двухромовокислого и осторожно нагревают на водяной бане (T = 70-80⁰С) до растворения реактива. Смесь имеет желто-коричневую окраску.

Смесь используют до приобретения ею зеленой окраски.

8.4.2. Подготовка толуола.

Учитывая, что продажный, а в большей степени хранящийся в лаборатории, толуол может быть загрязнен тетрахлорметаном, хлороформом и другими галогенсодержащими углеводородами, в настоящей МВИ используют для работы 1/3 часть, оставшуюся после отгонки 2/3 частей от взятого для перегонки объема.

Для получения 300 см³ толуола, пригодного для работы по настоящей МВИ, в перегонную колбу собранного для перегонки жидкости аппарата цилиндром вносят 900 см³ толуола, помещают центры кипения (битое стекло) и нагревают на электроплитке. В приемник (колба объемом 750 см³) собирают примерно 600 см³ отгона, плитку отключают от электросети, дают аппарату остыть до комнатной температуры, сливают остаток в колбу (500 см³), проверяют на полноту очистки путем хроматографирования при заданных в настоящей МВИ условиях. Отсутствие на хроматограмме пиков, соответствующих определяемым галогенуглеводородам, или снижение высоты пиков до значений, составляющих 0,1-1,0 см, позволяющих учитывать их при проведении анализа контрольной пробы, свидетельствует о возможности использования подготовленного толуола для выполнения измерений по настоящей МВИ.

8.4.3. Приготовление основных стандартных растворов.

Для приготовления основных стандартных растворов в мерные колбы с пришлифованными пробками объемом 25 см³ вносят примерно по 10 см³ этилового спирта, колбы взвешивают на аналитических весах, прибавляют в них определенные объемы изучаемых веществ; колбы повторно взвешивают; по разности находят навески введенных соединений; объемы растворов в колбах доводят до меток этиловым спиртом, рассчитывают концентрации изучаемого соединений в полученных растворах.

В таблице 3 приведены примерные объемы, навески и концентрации получаемых основных стандартных растворов. При производстве данной МВИ необходимо использовать рекомендации по объемам исходных веществ для получения основных стандартных растворов, точно определяя их навески и точно рассчитывая получаемые концентрации.

Таблица 3.
Приготовление основных стандартных растворов.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Плотность, d_4^{20} , г/см ³	Рекомендуемый объем вещества, для приготовления раствора, см ³	Примерная навеска вещества, г	Примерная концентрация вещества в основном стандартном растворе, мг/см ³
1.	Дихлорметан	1,326	0,7	0,93	37,2
2.	Хлороформ	1,488	0,2	0,30	12,0
3.	Тетрахлорметан	1,595	0,1	0,16	6,4
4.	Бромдихлорметан	1,980	0,1	0,20	8,0
5.	Дибромхлорметан	2,450	0,1	0,25	10,0
6.	Тетрахлорэтилен	1,619	0,1	0,16	6,4
7.	Бромоформ	2,885	0,1	0,29	11,6
8.	Тетрахлорэтан	1,597	0,1	0,16	6,4

Примечание: растворы хранят в холодильнике не более 6 месяцев.

8.4.4. Приготовление промежуточных стандартных растворов №1.

Из полученных основных растворов в мерных колбах объемом 25 см³ путем разбавления этиловым спиртом готовят промежуточные стандартные растворы №1.

В таблице 4 приведены заданные концентрации промежуточных стандартных растворов №1 и способ их приготовления.

Таблица 4.
Приготовление промежуточных стандартных растворов №1.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концентрация вещества в растворе, мкг/см ³	Мерная колба, см ³	Основной стандартный раствор, используемый для разбавления		
				Примерная концентрация вещества в растворе, мг/см ³	Примерный объем раствора, используемый для разбавления, см ³	Пипетка для отбора указанного объема, см ³
1.	Дихлорметан	10,0*	25	37,2	6,7	10
2.	Хлороформ	100,0	25	12,0	0,21	1
3.	Тетрахлорметан	100,0	25	6,4	0,38	1
4.	Бромдихлорметан	100,0	25	8,0	0,32	1
5.	Дибромхлорметан	100,0	25	10,0	0,26	1
6.	Тетрахлорэтилен	100,0	25	6,4	0,39	1
7.	Бромоформ	100,0	25	11,6	0,22	1
8.	Тетрахлорэтан	100,0	25	6,4	0,39	1

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; растворы хранят в холодильнике не более 3 месяцев.

8.4.5. Приготовление промежуточных стандартных растворов №2.

Из полученных промежуточных стандартных растворов №1 для некоторых соединений путем разбавления этиловым спиртом в мерных колбах объемом 25 см³ готовят промежуточные стандартные растворы №2.

В таблице 5 приведены заданные концентрации промежуточных стандартных растворов №2 и способ их приготовления.

Таблица 5.

Приготовление промежуточных стандартных растворов №2.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концентра- ция вещества в растворе, мкг/см ³	Мерная колба, см ³	Промежуточный стандартный раствор №1, используемый для разбавления		
				Концентра- ция веще- ства в раз- творе, мкг/см ³	Объем раствора, используе- мый для разбавле- ния, см ³	Пипетка для от- бора указан- ного объема, см ³
1.	Дихлорметан	-	-	10,0*	-	-
2.	Хлороформ	-	-	100,0	-	-
3.	Тетрахлорметан	10,0	25	100,0	2,5	5
4.	Бромдихлорметан	10,0	25	100,0	2,5	5
5.	Дибромхлорметан	10,0	25	100,0	2,5	5
6.	Тетрахлорэтилен	10,0	25	100,0	2,5	5
7.	Бромоформ	-	-	100,0	-	-
8.	Тетрахлорэтан	-	-	100,0	-	-

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; растворы хранят в холодильнике не более 3 месяцев.

8.4.6. Приготовление шкалы (серии) смешанных стандартных растворов в этаноле.

Путем смешивания в мерных колбах объемом 25 см³ промежуточных стандартных растворов № 1 или № 2 готовят серию смешанных стандартных растворов определяемых соединений, состоящую из 5 растворов. В таблицах 6-10 приведены заданные концентрации определяемых соединений в смешанном стандартном растворе и объемы промежуточных стандартных растворов, необходимые для его приготовления.

Таблица 6.

Приготовление смешанного стандартного раствора №1.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем колбы, см ³	Раствор, использованный для приготовле- ния смешанного стандартного раствора №1			
				№ проме- жуточно- го стан- дартного раствора	Концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем, использу- емый для разбавле- ния, см ³	Пипетка см ³
1.	Дихлорметан	0,076*	25	1	10,0*	0,19	0,2
2.	Хлороформ	0,4	25	1	100,0	0,1	0,1
3.	Тетрахлорметан	0,04	25	2	10,0	0,1	0,2
4.	Бромдихлорметан	0,06	25	2	10,0	0,15	0,2
5.	Дибромхлорметан	0,12	25	2	10,0	0,3	1,0
6.	Тетрахлорэтилен	0,1	25	2	10,0	0,25	1,0
7.	Бромоформ	0,6	25	1	100,0	0,15	0,2
8.	Тетрахлорэтан	1,0	25	1	100,0	0,25	1,0

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; раствор хранят в холодильнике не более 1 недели.

Таблица 7.

Приготовление смешанного стандартного раствора №2.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем колбы, см ³	Раствор, использованный для приготовле- ния смешанного стандартного раствора №1			
				№ проме- жуточно- го стан- дартного раствора	Концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем, использу- емый для разбавле- ния, см ³	Пипетка см ³
1.	Дихлорметан	0,16*	25	1	10,0*	0,40	1,0
2.	Хлороформ	1,0	25	1	100,0	0,25	1,0
3.	Тетрахлорметан	0,08	25	2	10,0	0,20	0,2
4.	Бромдихлорметан	0,12	25	2	10,0	0,30	1,0
5.	Дибромхлорметан	0,18	25	2	10,0	0,45	1,0
6.	Тетрахлорэтилен	0,2	25	2	10,0	0,50	1,0
7.	Бромоформ	1,0	25	1	100,0	0,25	1,0
8.	Тетрахлорэтан	2,0	25	1	100,0	0,50	1,0

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; раствор хранят в холодильнике не более 1 недели.

Таблица 8.

Приготовление смешанного стандартного раствора №3.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем колбы, см ³	Раствор, использованный для приготовле- ния смешанного стандартного раствора №1			
				№ проме- жуточно- го стан- дартного раствора	Концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем, использу- емый для разбавле- ния, см ³	Пипетка см ³
1.	Дихлорметан	0,3*	25	1	10,0*	0,75	1,0
2.	Хлороформ	2,0	25	1	100,0	0,5	1,0
3.	Тетрахлорметан	0,12	25	2	10,0	0,3	1,0
4.	Бромдихлорметан	0,3	25	2	10,0	0,75	1,0
5.	Дибромхлорметан	0,3	25	2	10,0	0,75	1,0
6.	Тетрахлорэтилен	0,4	25	2	10,0	1,0	1,0
7.	Бромоформ	2,0	25	1	100,0	0,5	0,2
8.	Тетрахлорэтан	4,0	25	1	100,0	1,0	1,0

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; раствор хранят в холодильнике не более 1 недели.

Таблица 9.

Приготовление смешанного стандартного раствора №4.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем колбы, см ³	Раствор, использованный для приготовле- ния смешанного стандартного раствора №1			
				№ проме- жуточно- го стан- дартного раствора	Концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем, использу- емый для разбавле- ния, см ³	Пипетка см ³
1.	Дихлорметан	0,6*	25	1	10,0*	1,5	2,0
2.	Хлороформ	4,0	25	1	100,0	1,0	1,0
3.	Тетрахлорметан	0,2	25	2	10,0	0,5	1,0
4.	Бромдихлорметан	0,6	25	2	10,0	1,5	2,0
5.	Дибромхлорметан	0,6	25	2	10,0	1,5	2,0
6.	Тетрахлорэтилен	1,0	25	2	10,0	2,5	5,0
7.	Бромоформ	3,0	25	1	100,0	0,75	1,0
8.	Тетрахлорэтан	10,0	25	1	100,0	2,5	5,0

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; раствор хранят в холодильнике не более 1 недели.

Таблица 10.

Приготовление смешанного стандартного раствора №5.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Заданная концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем колбы, см ³	Раствор, использованный для приготовле- ния смешанного стандартного раствора №1			
				№ проме- жуточно- го стан- дартного раствора	Концент- рация ве- щества в растворе, мкг/см ³	Объем, использу- емый для разбавле- ния, см ³	Пипетка см ³
1.	Дихлорметан	1,5*	25	1	10,0*	3,75	5,0
2.	Хлороформ	6,0	25	1	100,0	1,5	2,0
3.	Тетрахлорметан	0,4	25	2	10,0	1,0	1,0
4.	Бромдихлорметан	0,72	25	2	10,0	1,8	0,2
5.	Дибромхлорметан	0,9	25	2	10,0	2,25	5,0
6.	Тетрахлорэтилен	2,0	25	2	10,0	5,0	5,0
7.	Бромоформ	5,0	25	1	100,0	1,25	2,0
8.	Тетрахлорэтан	20,0	25	1	100,0	5,0	5,0

Примечание: * - концентрация выражена в мг/см³; раствор хранят в холодильнике не более 1 недели.

8.4.7. Приготовление серии градуировочных растворов.

Для приготовления серии градуировочных растворов в мерные пробирки объемом 20 см³ вносят по 10-15 см³ дистиллированной воды, пипеткой объемом 1 см³ прибавляют по 1 см³ полученных смешанных стандартных растворов, объем растворов доводят до 20 см³ дистиллированной водой, растворы перемешивают и выдерживают при комнатной температуре в течение 0,5 часа. Затем к полученным растворам пипеткой объемом 1 см³ прибавляют по 1 см³ толуола и экстрагируют содержащиеся в водном растворе галогенуглеводороды при интенсивном встряхивании в течение 3 минут. Приготовленная шкала (серия) состоит из 5 растворов.

Одновременно готовят контрольный раствор, содержащий 20 см³ дистиллированной воды, проэкстрагированной в одинаковых условиях с градуировочными растворами.

Аналогичным образом готовят еще 4 серии таких же растворов. Таким образом получают серию градуировочных растворов в 5-кратной повторности.

Концентрацию галогенуглеводородов выражают в мг/дм³ воды.

В таблице 11 приведены концентрации определяемых галогенуглеводородов в градуировочных растворах и номера смешанных стандартных растворов, используемых для их приготовления.

Таблица 11.

Шкала (серия) градуировочных растворов.

№ п/п	Изучаемый ингредиент	Номер раствора в серии									
		1		2		3		4			
		Кон- цент- ра- ция в во- де, мг/ дм ³	1 см ³ из сме- шан- ного стан- дарт- ного раст- вора №								
1.	Дихлорметан	3,8	1	8,0	2	15,0	3	30,0	4	75,0	5
2.	Хлороформ	0,02	1	0,05	2	0,1	3	0,2	4	0,3	5
3.	Тетрахлорметан	0,002	1	0,004	2	0,006	3	0,01	4	0,02	5
4.	Бромдихлорметан	0,003	1	0,006	2	0,015	3	0,03	4	0,036	5
5.	Дибромхлорметан	0,006	1	0,009	2	0,015	3	0,03	4	0,045	5
6.	Тетрахлорэтилен	0,005	1	0,01	2	0,02	3	0,05	4	0,1	5
7.	Бromoформ	0,03	1	0,05	2	0,1	3	0,15	4	0,25	5
8.	Тетрахлорэтан	0,05	1	0,1	2	0,2	3	0,5	4	1,0	5

Примечание: используют свежеприготовленные растворы.

8.5. Градуировка прибора.

Градуировку прибора проводят по 5 сериям (шкалам) градуировочных растворов путем их хроматографического анализа. Учитывая, что высота пика толуола в течение рабочего дня уменьшается и, следовательно, уменьшается его влияние на определение дибромхлорметана, рекомендуется следующий порядок проведения хроматографирования: контрольный раствор, градуировочные растворы №5, №4, №3, №2, №1.

Хроматографический анализ проводят при следующих условиях:

Температура термостата колонки	50 ⁰ С
Температура испарителя	100 ⁰ С
Температура детектора	150 ⁰ С
Скорость потока газа-носителя (азот ос.ч.)	12,5 –13,5 см ³ /мин (колеблется в течение рабочего дня)
Скорость движения диаграммной ленты	200 мм/час
Объем вводимой пробы	1 мкл
Шкала электрометра	30
Времена удерживания:	
дихлорметан	2 мин 24 сек - 2 мин 40 сек
хлороформ	4 мин - 4 мин 48 сек
тетрахлорметан	6 мин - 6 мин 45 сек
дихлорбромметан	7 мин - 8 мин 24 сек
дибромхлорметан	14 мин - 16 мин 30 сек
тетрахлорэтилен	17 мин 24 сек - 19 мин 39 сек
бromoформ	26 мин 24 сек - 29 мин 40 сек
тетрахлорэтан	31 мин 48 сек - 35 мин 40 сек

Хроматографирование одного градуировочного раствора проводят дважды, измеряют высоты пиков каждого, входящего в состав градуировочного раствора соединения, находят среднее значение высоты пика из двух измеренных значений. Из среднего значения высоты пика градуировочного раствора вычитают среднее значение высоты пика соответствующего соединения, полученную при анализе контрольного раствора.

Таким образом после хроматографического анализа 5 серий градуировочных растворов получают 5 значений высоты пика (средние значения из 2-х) для каждой концентрации вещества. Полученные значения усредняют.

При построении градуировочных графиков по оси абсцисс откладывают концентрацию вещества в градуировочном растворе в $\text{мг}/\text{дм}^3$, по оси ординат – соответствующее среднее значение высоты пика, найденное из 5 результатов (5 серий градуировочных растворов). Градуировочные графики для дихлорметана, хлороформа, тетрахлорметана, бромдихлорметана, тетрахлорэтилена, бромоформа и тетрахлорэтана подчиняются зависимости $y = ax$ и имеют линейную зависимость высоты пика от концентрации веществ в заданных диапазонах. Градуировочный график для дигидрохлорметана подчиняется зависимости $y = b + ax$ и имеет линейную зависимость высоты пика от концентрации дигидрохлорметана в воде.

Контроль погрешности градуировочных графиков проводят согласно п. 11.1 настоящей МВИ.

8.6. Отбор проб.

Для проведения анализа отбирают не менее 100 см^3 воды. Отбор проб проводят согласно ГОСТ 24481-80.

8.7. Подготовка проб к анализу.

В мерную пробирку с пришлифованной пробкой объемом 20 см^3 вносят 20 см^3 отобранного согласно п. 8.6. образца водопроводной воды, пипеткой объемом 1 см^3 прибавляют по 1 см^3 толуола и экстрагируют содержащиеся в воде галогенуглеводороды при интенсивном встряхивании в течение 3 минут.

Одновременно готовят контрольный раствор, содержащий 20 см^3 дистиллированной воды, обработанной аналогично пробам, а также градуировочные растворы №2 и №4.

Все образцы готовят в 2-кратной повторности.

9. Выполнение измерений.

Полученные по п. 8.7. толуольные экстракты подготовленных образцов анализируют хроматографически при следующих условиях:

Температура термостата колонки	50^0 C
Температура испарителя	100^0 C
Температура детектора	150^0 C
Скорость потока газа-носителя (азот ос. ч.)	$12,5 - 13,5 \text{ см}^3/\text{мин}$
Скорость движения диаграммной ленты	$200 \text{ мм}/\text{час}$
Объем вводимой пробы	1 мкл
Шкала электрометра	30

Каждый раствор хроматографируют не менее 2 раз. Полученные на хроматограмме пики идентифицируют по временам выхода соответствующих соединений в градуировочных растворах.

10. Обработка результатов измерений.

Измеряют высоты пиков на хроматограмме. Из среднего значения высоты пика обнаруженного соединения вычитают среднее значение высоты пика, полученного при анализе контрольного раствора.

По разности $h_{\text{пробы}} - h_{\text{контр.}} = h$, пользуясь градуировочным графиком, находят концентрацию соединения в воде в мг/дм³.

За окончательный результат измерений принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Гарантированный результат анализа представляют в следующем виде:

$$C = C_{\text{ср}} \pm \Delta \text{МВИ}, \text{ где } \Delta \text{МВИ} - \text{суммарная погрешность результатов измерения}$$

Для перевода $\Delta \text{МВИ}$ в абсолютные единицы применяют формулу:

$$\Delta = \frac{\Delta(\%) \times C_{\text{ср}}}{100}$$

Количественные характеристики показателей качества результатов измерения концентраций изучаемых галогенуглеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения приведены в таблице 12.

11. Контроль погрешности МВИ.

Внутренний оперативный контроль (ВОК) показателей качества результатов измерений концентраций галогенсодержащих алифатических углеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения методом газожидкостной хроматографии осуществляют с целью получения оперативной информации о качестве этих анализов и принятия при необходимости оперативных мер по его повышению.

ВОК осуществляют по критериям стабильности градуировочных графиков, показателям сходимости параллельных определений, воспроизводимости и точности результатов определения.

Нормативы оперативного контроля приведены в таблице 12.

Критерий стабильности построения градуировочных графиков, нормативы сходимости параллельных определений, воспроизводимости результатов и суммарные погрешности определения галогенуглеводородов по настоящей МВИ.

№ п/п	Изучаемый ин- гредиент	Критерий стабильнос- ти градуиро- вочных гра- фиков $2\delta(\Delta)_{\text{гр.гр.}}^0, \%$	Норматив сходимости, $d_{\text{сх}}, \%$	Норматив воспроиз- водимос- ти, $D, \%$	Относитель- ная суммар- ная погреш- ность резуль- тата КХА, (норматив точности K), $\Delta, \%$
1.	Дихлорметан	13	32	28	35
2.	Хлороформ	11	25	24	28
3.	Тетрахлорметан	17	28	29	31
4.	Бромдихлорметан	10	27	32	30
5.	Дибромхлорметан	15	16	27	31
6.	Тетрахлорэтилен	13	27	42	37
7.	Бromoформ	15	24	21	27
8.	Тетрахлорэтан	14	28	37	33

11.1. Контроль стабильности градуировочных графиков осуществляют одновременно с выполнением измерений концентраций галогенуглеводородов в воде, а также при использовании новых партий реагентов и после выполнения ремонтных работ прибора, могущих оказать влияние на его чувствительность. Средством контроля являются градуировочные растворы № 2 и №4, приготовленные по п.8.4.7. МВИ. По п.9 методики их анализируют хроматографически. Полученные высоты пиков ($h_{\text{изм.}}$) для каждого соединения сравнивают с высотами пиков для данной концентрации, найденных по градуировочным графикам ($h_{\text{граф.}}$). Отношение разности между высотами пиков $h_{\text{изм.}}$ и $h_{\text{граф.}}$ к $h_{\text{граф.}}$ не должно превышать критерия стабильности градуировочного графика, т.е. 2-х значений случайной составляющей погрешности (показателей воспроизводимости) его построения (таблица 12).

$$\frac{| h_{\text{изм.}} - h_{\text{граф.}} | \times 100}{h_{\text{граф.}}} \leq 2\delta(\Delta)_{\text{гр.гр.}}^0$$

В случае превышения этих значений готовят новые градуировочные растворы.

Операцию повторяют. При повторном отличии высот пиков более, чем на $2\delta(\Delta)_{\text{гр.гр.}}^0$, от градуировочных величин, повторяют градуировку прибора.

11.2. ВОК сходимости результатов параллельных определений галогенуглеводородов в воде проводят путем сравнения расхождения между двумя полученными результатами, выраженного в процентах по отношению к среднему значению, с нормативом ВОК сходимости – d (табл. 13).

$$(C_{\text{max}} - C_{\text{min}}) \times 100$$

$$d_k = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{C_{\text{cp}}} \leq d, \text{ где}$$

d - норматив сходимости, %;

C_{max} - максимальный результат, найденный по градуировочному графику, мг/дм³;

C_{min} - минимальный результат, найденный по градуировочному графику, мг/дм³;

C_{cp} - среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, мг/дм³.

Если $d_k \leq d$, то сходимость результатов параллельных определений признают удовлетворительной, и по ним может быть вычислен результат содержания соответствующего галогенуглеводорода в анализируемой пробе.

При превышении норматива ВОК сходимости результатов параллельных определений эксперимент повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам, и устраняют их. Допустимые расхождения между параллельными определениями должны соблюдаться для каждого измерения.

11.3. ВОК воспроизводимости результатов определения галогенсодержащих алифатических углеводородов в воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения проводят путем сравнения расхождения между двумя результатами, полученными разными операторами через 1 – 3 дня с применением разных наборов мерной посуды для одной и той же рабочей пробы, выраженного в процентах по отношению к среднему результату с нормативом ВОК воспроизводимости D (таблица 13).

$$D_k = \frac{(C_1 - C_2) \times 100}{C_{\text{cp}}} \leq D, \text{ где}$$

D - норматив воспроизводимости результатов измерения, %;

D_k - найденое расхождение между двумя результатами измерения, %;

C_1 - результат первичного измерения концентрации галогенуглеводорода в образце, мг/дм³;

C_2 - результат повторного измерения концентрации галогенуглеводорода в образце, мг/дм³;

C_{cp} - среднее значение результатов двух измерений концентрации углеводорода в образце, мг/дм³.

C_1 и C_2 - результаты, полученные с контролем допустимых расхождений между параллельными определениями.

Если $D_k \leq D$, то воспроизводимость результатов определения галогенуглеводорода в воде признают удовлетворительной.

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

11.4. ВОК точности (погрешности) осуществляют периодически с использованием метода добавок. Единичные контрольные измерения выполняют в одной серии с рабочими пробами воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. При соблюдении постоянства условий проведения КХА осуществляют 1 контрольную процедуру

на 20 образцов воды. Средством контроля является образец воды с добавкой и без добавки смешанного стандартного раствора галогенуглеводородов.

Анализ образцов проводят в двух повторностях с контролем допустимых расхождений между параллельными определениями.

Для осуществления контроля точности к образцу исследуемой воды объемом 20 см³, помещенному в пробирку с пришлифованной пробкой, с помощью пипетки 1-1-2-1 прибавляют 1 см³ смешанного стандартного раствора №3. Согласно п.8.6. МВИ проводят подготовку образца. Одновременно проводят подготовку образца без введения смешанного стандартного раствора, а затем согласно п. 9 – измерение содержания изучаемых углеводородов в полученных растворах. Концентрацию изучаемых галогенуглеводородов в образцах с добавкой и без добавки находят по градуировочным графикам. Таким образом получают значение концентрации соответствующего галогенпроизводного в образце без его введения С₁ и в образце с добавкой С₂. По разности между этими значениями находят добавленную концентрацию С_{добав}:

$$C_{\text{добав}}, \text{мг/дм}^3 = C_2 - C_1$$

Точность контрольного измерения, а также точность результатов определения галогенсодержащих алифатических углеводородов признают удовлетворительной, если $K_k < K$ ($K = \Delta$, табл. 13).

$$K_k = \frac{|C_{\text{добав}} - C_{\text{задан}}| \times 100}{C_{\text{задан}}} \leq K, \text{ где}$$

$C_{\text{добав}}$ – найденная добавленная концентрация галогенуглеводорода, мг/дм³;
 $C_{\text{задан}}$ – заданная концентрация галогенуглеводорода в образце, мг/дм³;
 K – норматив ВОК точности (табл. 13).