

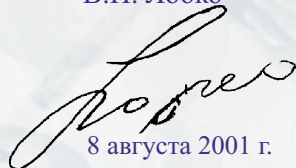
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора БелГИМ

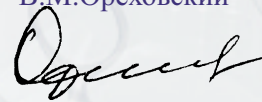
В.И. Лобко



8 августа 2001 г.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
министра здравоохранения
В.М.Ореховский



5 сентября 2001 г.

Регистрационный № 114-0801

**МЕТОДИКА
ФОТОИОНИЗАЦИОННОГО ГАЗОХРОМАТОГРА-ФИЧЕСКОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ СКИПИДАРА И П-ЦИМОЛА
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Минск 2001

[Перейти к оглавлению](#)

Учреждение-разработчик: Республиканский научно-практический центр по экспертной оценке качества и безопасности продуктов питания

Авторы: д-р хим. наук А.Л. Перцовский

Рецензенты: канд. хим. наук В.Ф. Новицкий, Н.А. Гапанович, А.А. Кузнецова

Методика выполнения измерений концентраций скипидара и п-цимола в атмосферном воздухе основана на отборе воздушной пробы на этиловый спирт, рекстракции определяемых веществ четыреххлористым углеродом из спиртового раствора в присутствии воды и анализе полученных экстрактов методом газожидкостной хроматографии с использованием фотоионизационного детектора

Методика предназначена для центров санэпиднадзора Министерства здравоохранения Республики Беларусь, санитарных лабораторий промышленных предприятий, научно-исследовательских учреждений экологического профиля.

Методика утверждена Министерством здравоохранения Республики Беларусь в качестве официального документа.

Оглавление

1. НОРМЫ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ	5
2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, РЕАКТИВЫ И МАТЕРИАЛЫ	6
2.1. Средства измерений	6
2.2. Вспомогательные устройства	7
2.3. Материалы	7
2.5. Реактивы	7
3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ.....	9
4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	10
5. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА	11
6. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	12
7. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ	13
7.2. Подготовка измерительной аппаратуры	13
7.3. Приготовление растворов	13
7.4. Отбор проб	15
8. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ	16
9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	19
10. КОНТРОЛЬ ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	20

Методика выполнения измерений (МВИ) предназначена для определения концентраций скипидара и п-цимола в атмосферном воздухе целлюлозно-бумажных производств.

Скипидар представляет собой светло-желтую жидкость с характерным запахом. Растворим в большинстве органических растворителей, трудно растворим в воде. Скипидар состоит из смеси терпеновых углеводородов. Физико-химические свойства основных из них представлены в Приложении 1. В воздухе находится в виде паров. Обладает умеренными раздражающими свойствами. Предельная допустимая концентрация (ПДК) скипидара в атмосферном воздухе составляет 2 мг/м^3 .

П-цимол (1-метил-4-изопропилбензол) — бесцветная жидкость с характерным запахом. Растворим в большинстве органических растворителей, нерастворим в воде. Обычно является составной частью скипидара. В воздухе находится в виде паров. Обладает умеренно раздражающими и выраженными резорбтивными свойствами. Ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) п-цимола в атмосферном воздухе составляет $0,03 \text{ мг/м}^3$.

Метод определения скипидара и п-цимола основан на концентрировании веществ из воздуха с использованием этилового спирта с дальнейшей рекстракцией в четыреххлористый углерод и хроматографическом анализе последнего на хроматографе с фотоионизационным детектором.

Нижний предел измерения составляет $2,5 \text{ нг}$ скипидара и $0,5 \text{ нг}$ п-цимола в анализируемом объеме пробы (5 мкл). Интервал определяемых концентраций для скипидара $0,05\text{--}20,0 \text{ мг/м}^3$, п-цимола — $0,01\text{--}4,0 \text{ мг/м}^3$. Сопутствующие вещества (спирты $\text{C}_1\text{--}\text{C}_5$, альдегиды, кетоны, фенолы, карбоновые кислоты) определению не мешают. Время выполнения одного измерения скипидара и п-цимола, включая отбор пробы воздуха, не превышает 60 мин .

1. НОРМЫ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Относительная суммарная погрешность измерений при принятой доверительной вероятности $p = 0,95$ составляет для скипидара $\pm 16,2\%$, п-цимола $\pm 18,5\%$. Случайная составляющая погрешности при определении скипидара $\pm 4,9\%$, п-цимола $\pm 6,8\%$.

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, РЕАКТИВЫ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Средства измерений

Хроматограф газовый с фотоионизационным детектором (лампа Кр РВ, энергия потока УФ-излучения 10,2 еВ) (Цвет-500 или др.).

Весы аналитические

ВЛР-200 ГОСТ 24104–80Е

Меры массы

ГОСТ 7928–82Е

Электроаспиратор модель

822 ТУ 64–1-862–77

Секундомер: класс 3, цена деления секундной шкалы 0,2 с

ТУ 25–1819.0–021–90

Микрошприц типа МШ-10

ТУ 2–833–106

Линейка измерительная с ценой деления 1 мм

ГОСТ 427–75

Лупа измерительная типа

ЛИ-3–10-Х, цена деления 0,1 мм

ГОСТ 25706–83

Колбы мерные 2–100–2

2–200–2

2–250–2

ГОСТ 1770–74Е

Пипетки вместимостью:

0,1 см³

ГОСТ 20292–74 8–2-0,1

0,2 см³

8–2-0,2

1 см³

ГОСТ 29227–91 1–1-2–1

2 см³

1–1-2–2

5 см³

1–2-2–5

10 см³

1–2-2–10

Пипетки пастеровские

Пробирки градуированные
с притертыми пробками
емкостью 25 см³

ГОСТ 1770–74Е 2–25–0,2

Термометр метеорологиче-
ский ТМ-1

ГОСТ 112–78Е

Барометр-анероид М-67

ТУ 2504–1797–75

2.2. Вспомогательные устройства

Колонка хроматографическая
стеклянная 200 × 0,3 см

Поглотительные приборы
с пористым стеклянным фильтром

ТУ 25 11–1136–75

Насос водоструйный
стеклянный

ГОСТ 25336–82Е

Груша резиновая

Могут быть использованы другие средства измерений и вспомогательные устройства, по точности не уступающие рекомендуемым в методике.

2.3. Материалы

Азот технический или о.с.ч.

ГОСТ 9293–74

Стекловата

Силиконовые шланги

2.5. Реактивы

Хроматон N-AW-DMCS с 15%

Методика фотоионизационного газохроматографического определения концентраций скипидара...

апиезона L (0,16–0,20 мм)

Натрия гидроксид очищенный

Эфир для наркоза фармакопейный

Этиловый спирт, ректификат

Углерод четыреххлористый, х.ч.

Кислота серная, х.ч.

Скипидар

п-цимол (1-метил-4-изопропилбензол), х.ч.

ТУ11078–78

ГОСТ 5964–82

ТУ 6–09–3219–84

ГОСТ 4204–77

ГОСТ 1571–82

ТУ 6–09–06–60575

3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

Для определения концентраций скипидара и п-цимола в атмосферном воздухе используется метод газожидкостной хроматографии, основанный на детектировании компонентов фотоионизационным детектором.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Отбор проб воздуха атмосферы должен производиться в соответствии с требованиями инструкций по технике безопасности, действующих на предприятии, Санитарных норм и правил 111–4-80.

Анализ по данной методике должен выполняться согласно инструкции «Основные правила безопасной работы в химических лабораториях» (1979) и инструкции по эксплуатации газового хроматографа.

5. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРА

К выполнению измерений могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее специальное образование, или лица со средним образованием, знакомые с основами газовой хроматографии, имеющие опыт работы в аналитической лаборатории не менее года и изучившие требования безопасности и настоящую методику.

6. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха $20 \pm 5^\circ \text{C}$;
- атмосферное давление $84,0\text{--}106,7$ кПа ($630\text{--}800$ мм рт. ст.);
- влажность воздуха не более 80% при температуре 25°C ;
- напряжение питающей сети — 220 ± 22 В;
- частота переменного тока — 50 ± 1 Гц.

7. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1. Перед выполнением измерений должны быть проведены следующие работы: подготовка измерительной аппаратуры, приготовление растворов, установление градуировочной характеристики, отбор проб.

7.2. Подготовка измерительной аппаратуры

Хроматографическую колонку длиной 2 м промывают с помощью водоструйного насоса хромовой смесью, горячим водным раствором гидроксида натрия, горячей водой, этиловым спиртом и диэтиловым эфиром, затем высушивают в токе воздуха. В колонку со стороны, подключаемой к детектору, вкладывают тампон стекловаты и присоединяют этот конец колонки к водоструйному насосу. Постукивая по колонке, заполняют ее через воронку готовой насадкой — Хроматоном N-AW-DMCS с 15% апиезона L. Насадку закрепляют в колонке вторым тампоном стекловаты.

Подготовленную колонку подключают к испарителю хроматографа и продувают азотом с расходом 20 см³/мин сначала при программировании температуры от 50° С до 230° С, со скоростью 2° С/мин, а затем в изотермическом режиме при 230° С в течение 8 ч, после чего колонку охлаждают, присоединяют к детектору и кондиционируют при температуре 110° С до тех пор, пока дрейф нулевой линии не уменьшится до 5% от длины шкалы регистратора за 1 ч при чувствительности, соответствующей минимально определяемой концентрации.

7.3. Приготовление растворов

1. Раствор гидроксида натрия 0,5%: 0,5 г гидроксида натрия растворяют в мерной колбе на 100 см³ дистиллированной воды.

2. Раствор серной кислоты: 50 см³ серной кислоты смешивают с 50 см³ дистиллированной воды.

3. Готовят основной стандартный раствор смеси скипидара приблизительной концентрацией $1,25 \text{ мг/см}^3$ и п-цимола приблизительной концентрацией $0,25 \text{ мг/см}^3$ взвешиванием $0,3 \text{ см}^3$ скипидара (пипетка на $1,0 \text{ см}^3$) и $0,06 \text{ см}^3$ п-цимола (пипетка на $0,1 \text{ см}^3$) и растворением навесок этиловым спиртом в мерной колбе на 200 см^3 . Раствор устойчив при хранении в холодильнике в течение двух недель.

Из основного стандартного раствора готовят рабочий стандартный раствор смеси скипидара приблизительной концентрацией $5,0 \text{ мкг/см}^3$ и п-цимола 1 мкг/см^3 , отбирая $1,0 \text{ см}^3$ основного стандартного раствора пипеткой на $1,0 \text{ см}^3$ и растворяя в мерной колбе на 250 см^3 этиловым спиртом. Раствор готовится перед использованием.

Стандартные растворы скипидара приблизительной концентрацией $0,5$ – $1,0$ – $2,0$ – $5,0$ – $10,0$ – $20,0 \text{ мкг/см}^3$ и п-цимола концентрацией $0,1$ – $0,2$ – $0,5$ – $1,0$ – $2,0$ – $4,0 \text{ мкг/см}^3$ в четыреххлористом углероде готовят, отбирая соответствующую аликвотную часть рабочего стандартного раствора смеси скипидара приблизительной концентрацией $5,0 \text{ мкг/см}^3$ и п-цимола $1,0 \text{ мкг/см}^3$ пипетками на $0,1 \text{ см}^3$ ($0,1 \text{ см}^3$ стандартного раствора), на $0,2 \text{ см}^3$ ($0,2 \text{ см}^3$), на $1,0 \text{ см}^3$ ($0,4 \text{ см}^3$), на $1,0 \text{ см}^3$ ($1,0 \text{ см}^3$), $2,0 \text{ см}^3$ (2 см^3), на 5 см^3 (4 см^3) и переносят в градуированные пробирки на 25 см^3 , добавляют этиловый спирт до объема 5 см^3 (например, вносили аликвоту $0,1 \text{ см}^3$, следовательно добавляют $4,9 \text{ см}^3$ спирта), 15 см^3 дистиллированной воды, 1–2 капли разбавленной (1:1) серной кислоты, 1 см^3 четыреххлористого углерода и энергично встряхивают в течении 3 мин.

Стандартные растворы готовят непосредственно перед использованием.

7.4. Отбор проб

Отбор проб атмосферного воздуха производят путем его аспирирования с объемным расходом 0,5 л/мин через поглотительный прибор с пористой пластинкой, заполненной 5 см³ этилового спирта, при охлаждении (вода со льдом). Время аспирирования — 20 мин. В каждой точке одновременно отбирают не менее двух параллельных проб.

По окончании аспирации растворы из поглотительных приборов переносят в градуировочную пробирку с притертой пробкой вместимостью 25 см³, смывая остатки 1,0–1,5 см³ этилового спирта и фиксируют общий объем раствора.

Срок хранения отобранных проб не более трех суток в холодильнике.

При отборе проб одновременно измеряют температуру в месте отбора метеорологическим термометром и атмосферное давление — барометром-анероидом. Время отбора проб измеряют секундомером.

8. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

К спиртовому раствору в пробирке добавляют трехкратное количество воды, 1 см³ четыреххлористого углерода, 1–2 капли разбавленной (1:1) серной кислоты и полученную смесь энергично встряхивают в течение 3 мин. После отстаивания слой четыреххлористого углерода отделяют и 5 мкл вводят в испаритель хроматографа.

Условия хроматографического анализа:

Объем вводимой в хроматограф пробы 5 мкл

Температура испарителя 200° С

Температура детектора 200° С

Температура термостата колонок 90° С

Расход газа-носителя (азота) 30 см³/мин

Скорость протяжки ленты самописца 200 мм/ч

Время удерживания:

α-пинена 3 мин 24 с

Δ³-карена 5 мин 54 с

п-цимола 6 мин 48 с

лимонена 7 мин 12 с

Измеряют на хроматограмме сумму площадей пиков соответствующих скипидару (α-пинена, Δ³-карена, лимонена,), площадь пика п-цимола и приводят их при необходимости к одной шкале измерителя тока.

Каждая проба хроматографируется не менее пяти раз.

После хроматографирования каждой пробы аналогично проводят анализ одного из двух градуировочных растворов по концентрации наиболее близкого к анализируемой пробе (т.е. градуировочного раствора с большей концентрацией, если концентрация раствора определяемой пробы больше среднего значения между величинами двух наиболее близких концентций градуировочных растворов или градуировочного раствора меньшей концентрации, если концентрация раствора определяемой пробы меньше вышеупомянутого среднего значения). Подготовку градуировочного раствора к анализу проводят точно так же, как и подготовку проб по описанной выше методике.

Массовую концентрацию скипидара и п-цимола рассчитывают по формуле:

$$C_i = \frac{C \times S \times V}{V_0 \times S_i},$$

где C_i — массовая концентрация скипидара или п-цимола в воздухе, мг/м³;

S — средняя площадь пика скипидара или п-цимола, полученная при пятикратном хроматографировании каждой пробы, мм²;

S_i — средняя площадь пика скипидара или п-цимола, полученная при пятикратном хроматографировании соответствующего стандартного раствора, мм²;

c — концентрация стандартного раствора скипидара или п-цимола, мкг/см³;

V — объем четыреххлористого углерода, взятого для экстракции, см³;

V_0 — объем газа, отобранный для анализа и приведенный к нормальным условиям (температуре 20° С и атмосферному давлению 101,3 кПа), м³.

При аспирационном отборе проб воздуха или газовых выбросов V_0 рассчитывается по формуле:

$$V_0 = \frac{293 \times V_t \times P}{101,3 \times (273 + t)}$$

где V_0 — объем воздуха или газовых выбросов, отобранный для анализа и приведенный к нормальным условиям, м^3 ;

V_1 — объем, воздуха или газовых выбросов, взятый для анализа, м^3

P — атмосферное давление, кПа .;

t — температура в месте отбора пробы, $^{\circ}\text{C}$.

За результат анализа принимают среднее арифметическое из двух концентраций скипидара или п-цимола, найденных по пяти параллельным определениям площадей хроматографических пиков.

Расхождение между параллельными измерениями не должно превышать для скипидара 10,3%, п-цимола 20,8%.

Гарантированный результат анализа представляют в следующем виде:

$$C = C + \Delta\text{МВИ}, \text{ где } C = \frac{C_1 + C_2}{2},$$

где C_1 — концентрация скипидара или п-цимола в первой пробе при анализе атмосферного воздуха, $\text{мг}/\text{м}^3$.

C_2 — концентрация скипидара или п-цимола во второй пробе при анализе атмосферного воздуха, $\text{мг}/\text{м}^3$;

C — средняя концентрация скипидара или п-цимола, найденная по результатам 5 параллельных анализов двух проб при анализе атмосферного воздуха, $\text{мг}/\text{м}^3$.

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты измерений оформляют записью в журнале по форме, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

*Форма рабочего журнала результатов измерений
концентраций загрязняющих веществ в воздухе
рабочей зоны и промышленных выбросах*

Дата	Наименование объекта исследования	t, °C	p кПа	Вещество		
				h, мм	V, дм ³	C _i , мг/м ³

t — температура в месте отбора пробы

p — атмосферное давление

h — высота пика на хроматограмме

V — объем воздуха, отобранный для анализа и приведенный к нормальным условиям

C_i — массовая концентрация вещества в воздухе.

10. КОНТРОЛЬ ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Внутренний оперативный контроль (ВОК) показателей качества результатов измерений концентраций скипидара и п-цимола осуществляют с целью получения оперативной информации о качестве этих анализов и принятия при необходимости оперативных мер по его повышению. ВОК осуществляют по показателям сходимости параллельных определений, воспроизводимости и точности результатов определения.

ВОК сходимости результатов параллельных определений концентраций скипидара и п-цимола проводят путем сравнения расхождения между результатами параллельных определений, выраженного в процентах по отношению к среднему значению, с нормативом ВОК сходимости d , равным для скипидара 10,3%, п-цимола — 20,8 (табл. 2).

$$d_k = \frac{(C_1 - C_2) \times 100}{C_{cp}} \leq d,$$

где d — норматив сходимости параллельных определений, %;

d_k — найденное расхождение между двумя результатами, %;

C_1 — максимальный результат определения, мкг/см³;

C_2 — минимальный результат определения, мкг/см³;

C_{cp} — среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, мкг/см³.

Если $d_k \leq d$, то сходимость результатов параллельных определений признают удовлетворительной, и по ним может быть вычислен результат содержания скипидара и пимолола в воздухе. При превышении норматива ВОК сходимости 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.

*Нормативы оперативного контроля для МВИ
концентраций скипидара и п-цимола
в атмосферном воздухе*

Норматив сходимости результатов параллельных определений, $d_{сх}$, %	Норматив воспроизводимости результатов КХА, D, %	Точность (погрешность) результатов КХА, %
Скипидар 10,3	13,6	16,2
п-цимол 20,8	18,8	18,5

ВОК воспроизводимости результатов определения концентраций скипидара и п-цимола 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 , равным для скипидара 13,6% и п-цимола — 18,8% (табл. 2).

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

где D — норматив воспроизводимости результатов измерения, %;

D_k — найденное расхождение между двумя результатами измерения концентраций скипидара и п-цимола, %;

C_1 — результат первичного измерения концентраций скипидара и п-цимола мкг/ см³;

C_2 — результат повторного измерения концентраций скипидара и п-цимола, мкг/ см³;

C_{cp} — среднее значение результатов двух измерений концентраций скипидара и п-цимола мкг/ см³.

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

Если $D_k \leq D$, то воспроизводимость результатов определения скипидара и п-цимола признают удовлетворительной.

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

ВОК точности (погрешности) осуществляют периодически с использованием метода добавок. Единичные контрольные измерения выполняют в одной серии с рабочими растворами отобранных проб. Средством контроля является образец отобранной пробы воздуха с добавкой и без добавки рабочего стандартного раствора скипидара и п-цимола.

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

Для осуществления контроля точности к спиртовому раствору отобранной воздушной пробы с помощью пипеток 1–1–2–1 или 1–2–2–5 прибавляют рабочий стандартный раствор скипидара и п-цимола, концентрацией соответственно 5 и 1 мкг/см³, в количестве от 0,2 до 5,0 см³, создавая добавочную концентрацию скипидара и п-цимола, лежащую в пределах 0,2–20,0 мкг/см³. Согласно п.7,3 МВИ проводят подготовку полученных проб с добавкой и без добавки скипидара и п-цимола, а затем согласно п. 8 — измерение концентрации скипидара и п-цимола в полученных растворах. Таким образом получают значение концентрации скипидара и п-цимола в образце без введения скипидара и п-цимола C_1 и в образце с добавкой этих веществ C_2 . По разности между этими значениями находят добавленную концентрацию $C_{\text{добав}}$:

$$C_{\text{добав}}, \text{ мкг/ см}^3 = C_2 - C_1$$

Точность контрольного измерения, а также точность результатов определения скипидара и п-цимола в пробе признают удовлетворительной, если $K_k < K$ ($K = 16,2\%$ для скипидара и $18,5\%$ для п-цимола, см. табл. 2).

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

Методика фотоионизационного газохроматогра-фического определения концентраций скипидара...

где $C_{\text{добав}}$ — найденная добавленная концентрация скипидара или п-цимола, мкг/см³;

C — заданная концентрация скипидара или п-цимола в пробе, мкг/ см³;

K — норматив ВОК точности (табл. 2).

Приложение 1
(справочное)

*Физико-химические свойства основных терпеновых
углеводородов, входящих в состав скипидара*

Название вещества	Формула	Молекулярная масса	Температура кипения, °С	Плотность при 20 °С
α -пинен	$C_{10}H_{16}$	136,2	155,9	0,8578
Δ^3 -карен	$C_{10}H_{16}$	136,2	170–171	0,8644
лимонен	$C_{10}H_{16}$	136,2	177,6–177,8	0,8419
п-цимол	$C_{10}H_{14}$	134,2	177,2	0,8666