

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

УДК 006.91:[543.544+543.613.3](612.393.1)

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-68-87>



Разработка методики измерений массовой концентрации летучих органических примесей в водках методом газовой хроматографии и установление ее метрологических характеристик

Н. В. Шелехова  

ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия
 4950360101@mail.ru

Аннотация: Современная пищевая промышленность предъявляет высокие требования к качеству и безопасности продуктов, что включает необходимость постоянного контроля присутствия вредных примесей и определение содержания вспомогательных веществ, среди которых важное место занимают носители ароматизаторов: триацетин (E1518), бензиловый спирт (E1519) и пропиленгликоль (E1520), которые могут присутствовать в продуктах питания и напитках, играя важную роль в стабилизации вкуса и запаха, либо выступая в роли эмульгаторов и консервантов. Содержание носителей ароматизаторов в составе алкогольной продукции должно соответствовать строгим требованиям нормативных документов, поскольку некоторые химические соединения могут оказывать негативное воздействие на здоровье потребителей при превышении допустимых концентраций. Анализ нормативной документации выявил недостаточную разработанность аналитических методик для определения компонентов-носителей ароматизаторов в алкогольных напитках. Создание газохроматографической методики селективного количественного и качественного определения состава летучих органических примесей, включая носители ароматизаторов в водках и водках особых, является своевременной, важной и актуальной задачей, что и предопределило цель настоящего исследования.

Разработку методики проводили на газовых хроматографах Agilent 6850, 7820, 7890A с пламенно-ионизационным детектором. Для подтверждения идентификации применяли метод хромато-масс-спектрометрии, использовали газовый хроматограф «Маэстро 7820» с масс селективным детектором. Разделение компонентов проводили на капиллярной колонке высокой полярности HP-FFAP. Для обработки измерений использовали программное обеспечение ChemStation A.10.02 и B.04.03. Объектами исследования служили модельные растворы и образцы водок.

В ходе работ изучено хроматографическое поведение целевых аналитов и подобраны оптимальные режимы хроматографирования, обеспечивающие наилучшее разделение 24 целевых аналитов. Приготовлены градуировочные растворы, соответствующие началу, середине и концу предполагаемого диапазона измеряемых массовых концентраций, рассчитаны метрологические характеристики, проведены исследования по валидации методики.

В результате проведенных исследований разработана, метрологически аттестована и внедрена в промышленность «Методика определения массовой концентрации летучих органических примесей

в водках». Проведенные исследования являются основой для разработки стандартных образцов летучих органических примесей в водках для обеспечения единства, точности и достоверности измерений и в целях реализации политики импортозамещения.

Ключевые слова: водки, водки особые, газовая хроматография, летучие органические примеси, носители ароматизаторов, методика измерений, контроль качества и безопасности

Для цитирования: Шелехова Н. В. Разработка методики измерений массовой концентрации летучих органических примесей в водках методом газовой хроматографии и установление ее метрологических характеристик // Эталоны. Стандартные образцы. 2026. Т. 22, № 3. С. 68–87. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-68-87>.

Статья поступила в редакцию 02.07.2026; одобрена после рецензирования 07.08.2026; принята к публикации 25.09.2026.

MODERN METHODS OF ANALYSIS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

Development of a Measurement Procedure for the Mass Concentration of Volatile Organic Impurities in Vodkas by Gas Chromatography and Establishment of Its Metrological Characteristics

Natalya V. Shelekhova  

Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology – Affiliated Branch of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

 4950360101@mail.ru

Abstract: Modern food industry imposes high requirements on product quality and safety, which includes the need for continuous monitoring of harmful impurities and determination of the content of auxiliary substances, among which flavor carriers play an important role: triacetin (E1518), benzyl alcohol (E1519), and propylene glycol (E1520). These substances may be present in food products and beverages, playing an important role in stabilizing taste and odor, or acting as emulsifiers and preservatives. The content of flavor carriers in alcoholic products must comply with the strict requirements of regulatory documents, since some chemical compounds can have a negative impact on consumer health when permissible concentrations are exceeded.

An analysis of the regulatory documentation revealed insufficient development of analytical procedures for the determination of flavor carrier components in alcoholic beverages. The development of a gas chromatographic procedure for the selective quantitative and qualitative determination of volatile organic impurities, including flavor carriers in vodkas and special vodkas, is a timely, important and relevant task, which determined the aim of this study.

The procedure was developed using Agilent 6850, 7820, 7890A gas chromatographs with flame ionization detectors. To confirm identification, chromatography-mass spectrometry was employed using a Maestro 7820 gas chromatograph with a mass-selective detector. Separation of components was performed

on a high-polarity HP-FFAP capillary column. ChemStation software A.10.02 and B.04.03 was used for data processing. The objects of the study were model solutions and vodka samples.

During the work, the chromatographic behavior of the target analytes was studied, and optimal chromatographic conditions were selected to ensure the best separation of 24 target analytes. Calibration solutions were prepared corresponding to the beginning, middle, and end of the intended measurement range of mass concentrations; metrological characteristics were calculated, and validation studies of the procedure were carried out.

As a result of the research, the «Procedure for the determination of the mass concentration of volatile organic impurities in vodkas» was developed, metrologically certified, and implemented in industry. The conducted studies provide a basis for the development of reference materials for volatile organic impurities in vodkas to ensure the uniformity, accuracy and reliability of measurements, and for the purpose of implementing import substitution policy.

Keywords: vodkas, special vodkas, gas chromatography, volatile organic impurities, flavor carriers, measurement procedure, quality and safety control

For citation: Shelekhova NV. Development of a measurement procedure for the mass concentration of volatile organic impurities in vodkas by gas chromatography and establishment of its metrological characteristics. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2026;22(3):68–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2026-22-3-68-87>.

The article was submitted 02.07.2026; approved after reviewing 07.08.2026; accepted for publication 25.09.2026.

Введение

Ароматизаторы играют важную роль в формировании вкусового восприятия человеком пищи и напитков [1–3]. Они позволяют производителям улучшать вкусовые характеристики продуктов питания и обеспечивать разнообразие выбора потребителю [4, 5]. Однако использование ароматизаторов должно соответствовать строгим требованиям нормативных документов, поскольку некоторые соединения могут оказывать негативное воздействие на здоровье потребителей при превышении допустимых концентраций [6].

В составе ароматизаторов содержатся функциональные компоненты, обеспечивающие стабильность, безопасность и технологичность, — носители ароматизаторов, применение которых обусловлено несколькими причинами: использование носителей обеспечивает равномерное распределения ароматизатора в матрице продукта, защиту активных компонентов от деградации, облегчает дозирование ароматизатора [7, 8]. При проектировании состава ароматизаторов особо востребованными являются такие носители ароматизаторов, как триацетин (E1518), бензиловый спирт (E1519) и пропиленгликоль (E1520) [9].

Использование ароматизаторов значительно расширяет возможности производителей алкогольной продукции, позволяя улучшить органолептические характеристики напитков путем формирования новых уникальных композиций вкусов и ароматов [10, 11].

В Российской Федерации применение ароматизаторов в водках регулирует ТР ЕАЭС 047/2018¹, который в пункте 16 раздела V «Требования безопасности к алкогольной продукции» допускает наличие в алкогольной продукции натуральных ароматизаторов, определенных ТР ТС 029/2012². Указанный ТР ТС 029/2012, действующий в Российской Федерации, Республике Беларусь, Республике Казахстан, Кыргызской Республике, Республике Армения, регламентирует содержание носителей ароматизаторов в напитках в количестве, не превышающем 1 г/л.

¹ ТР ЕАЭС 047/2018 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности алкогольной продукции».

² ТР ТС 029/2012 Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Одним из приоритетных направлений в области контроля качества и безопасности алкогольной продукции является разработка и валидация аналитических методик для селективного качественного и количественного определения химического состава сложных многокомпонентных сред [12–14], в том числе и спиртных напитков. Важно отметить, что данная задача приобретает особую актуальность в связи с расширением ассортимента выпускаемой продукции [15–17].

Известны исследования, направленные на создание методик определения носителей ароматизаторов в алкогольной продукции [18, 19], и разработанная нормативная документация:

- *ГОСТ Р 59632-2021 «Продукция винодельческая. Определение 1,2-пропиленгликоля методом высокоэффективной газовой хроматографии»*. Распространяется на винодельческую продукцию с объемной долей этилового спирта не более 22 % и устанавливает метод измерения массовой концентрации 1,2-пропиленгликоля с применением высокоэффективной газовой хроматографии. Диапазон измеряемых концентраций – от 5 до 500 мг/дм³.

- *МВИ МН 2914–2008 «Определение содержания триацетина (растворителя ароматизаторов) в винах и виноматериалах, напитках методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием»*. Утверждена РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в 2008 г. Диапазон измеряемых концентраций триацетина – от 0,10 до 20,00 мг/дм³.

- *ФР.1.31.2023.47062 «Методика измерений массовой концентрации компонентов ароматизаторов (1,2-пропиленгликоля, бензилового спирта и триацетина) в зерновых дистиллятах и спиртных напитках на их основе (в том числе виски) газохроматографическим методом»*. Свидетельство об аттестации № 205–13/RA.RU.311787/2023 от 12 сентября 2023 г. Предназначена для определения массовой концентрации 1,2-пропиленгликоля, бензилового спирта и триацетина в диапазоне от 4,0 до 1 000 мг/дм³ в зерновых дистиллятах и спиртных напитках на их основе (виски).

Проведенный анализ нормативной документации выявил существенные ограничения

области применения существующих методик, которая охватывает вина, виноматериалы, зерновые дистилляты и виски, исключая водки и водки особые. Кроме того, вышеперечисленные методики характеризуются узким диапазоном измеряемых концентраций и ориентированы исключительно на идентификацию компонентов-носителей ароматизаторов (1,2-пропиленгликоля, бензилового спирта, триацетина), при этом не позволяя определение других значимых аналитов: этилового эфира, уксусного альдегида, ацетона, метилацетата, этилацетата, метанола, 2-бутанона, 2-пропанола, изобутилацетата, 2-бутанола, 1-пропанола, этилбутирата, кротонового альдегида, изобутилового спирта, 1-бутанола, изоамилового спирта, 1-пентанола, этиллактата, 1-гексанола, бензальдегида и 2-фенилэтанола.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что разработка газохроматографической методики селективного качественного и количественного определения состава летучих органических примесей, включая компоненты-носители ароматизаторов в водках и водках особых, является своевременной, важной и актуальной задачей, решение которой будет способствовать изучению химического состава, формированию перечня новых критериев идентификации алкогольной продукции и расширению нормативной базы. Таким образом, недостаточная разработанность аналитических методик высокоточной и надежной идентификации носителей ароматизаторов в водках и водках особых послужила предпосылкой для проведения исследований в данном векторе.

Цель исследования – разработать, аттестовать и внедрить в практику промышленных предприятий газохроматографическую методику одновременного определения летучих органических примесей, в том числе носителей ароматизаторов в водках и водках особых.

Материалы и методы

Объект исследования

Объектами выступали образцы водок и водок особых, предоставленные предприятиями отрасли и приобретенные в розничной торговой сети, модельные растворы и градуировочные смеси. Приготовление растворов проводили в лабораторных условиях в вытяжном

шкафу при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Для приготовления модельных растворов использовали реактивы (Merck, Sigma-Aldrich, Fluka) с содержанием основного вещества $\geq 98-99\%$. Концентрации целевых аналитов варьировали в диапазоне, соответствующем предполагаемым диапазонам содержания в реальных объектах исследования.

В качестве растворителя использовали спирт этиловый ректификованный сорта «Люкс» по ГОСТ 5962–2013³. Для приготовления водно-спиртовых растворов использовали дистиллированную воду по ГОСТ Р 58144–2018⁴.

Оборудование для исследования

Для разработки методики использовали газовые хроматографы⁵ Agilent – модель 6850, модель 7820, модель 7890 (Agilent, США) с пламенно-ионизационным детектором с пределом детектирования не более $5 \cdot 10^{-12}$ гС/с.

Для подтверждения идентификации применяли метод хромато-масс-спектрометрии, использовали газовый хроматограф «Маэстро 7820» с масс-селективным детектором (Agilent Technologies – ООО Интерлаб, Россия-США). Разделение компонентов проводили на капиллярной колонке HP-FFAP кат. № 19091F-115 (Agilent, США).

Методология исследования

Исследования проводили согласно методологии, в основу которой положен системный подход. Обработку результатов измерений проводили с использованием программного обеспечения Agilent ChemStation для GC версии A.10.02 и B.04.02 (Agilent Technologies, США), входящего в комплект рабочей станции хроматографа.

Результаты измерений получали не менее чем в 2 параллельных определениях. За окончательный результат принимали

³ ГОСТ 5962–2013 Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия.

⁴ ГОСТ Р 58144–2018 Вода дистиллированная. Технические условия.

⁵ Используемые в исследовании хроматографы имели действующие на тот момент свидетельства о поверке.

среднеарифметическое значение ($C_{\text{ср}}$, мг/дм³) двух параллельных определений массовой концентрации целевого аналита, полученных в условиях повторяемости, если выполнялось условие приемлемости по формуле

$$\frac{2 \cdot |C_{i1} - C_{i2}| \cdot 100}{(C_{i1} + C_{i2})} \leq r_i, \quad (1)$$

где 2 – число параллельных определений; C_{i1} , C_{i2} – результаты параллельных определений содержания i -го вещества в анализируемой пробе, мг/дм³; r_i – значение относительного предела повторяемости i -го вещества, %; 100 – множитель для пересчета в проценты.

Использовали вспомогательное оборудование для газовой хроматографии (НПО «Химэлектроника», Россия). Генератор чистого азота – модель ГЧА 21 Д (марка получаемого азота по ГОСТ 9293–74⁶ о. ч., I сорт). Генератор нулевого воздуха – модель ГЧВ 1,2–3,5, обеспечивает выходную концентрацию углеводородов в получаемом воздухе не более 0,1 ppm. Генератор чистого водорода – модель ГВЧ 12А, обеспечивает чистоту получаемого водорода в пересчете на сухой газ 99,999 9 % об.

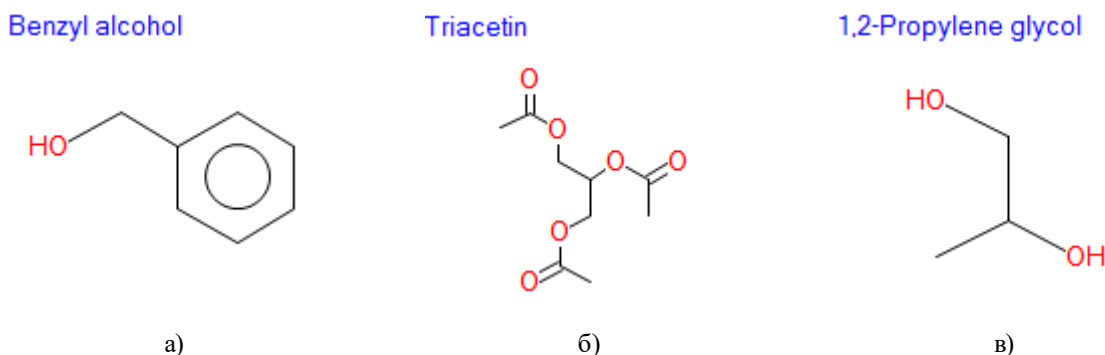
Результаты и обсуждение

Первый этап исследований

Первый этап был направлен на сбор, анализ и систематизацию научных данных по тематике разработки и валидации инструментальных методик анализа. В ходе работ изучены литературные и патентные источники, посвященные вопросам анализа летучих органических примесей, ароматизаторов и их носителей в спиртных напитках. В рамках исследования особое внимание уделяли изучению компонентов-носителей ароматизаторов. Установлено, что наиболее часто в качестве носителей ароматизаторов используют 1,2-пропиленгликоль, бензиловый спирт и триацетин. На рис. 1 представлены химические структуры целевых аналитов – носителей ароматизаторов.

Пропиленгликоль (E1520) относится к классу многоатомных спиртов и отличается своей высокой гигроскопичностью, способствуя

⁶ ГОСТ 9293–74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия.



Рисунки заимствованы из открытой библиотеки NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2011 (NIST11) / Figures are reproduced from the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2011 (NIST11)

Рис. 1. Химические структуры целевых аналитов: а) бензиловый спирт, б) триацетин, в) 1,2-пропиленгликоль

Fig. 1. Chemical structures of target analytes: a) benzyl alcohol; b) triacetin; c) 1,2-propylene glycol

поддержанию влажности и однородности продуктов. Широко применяется в производстве кондитерских изделий, безалкогольных напитков и фармацевтических препаратов [7, 9, 16]. Исследования показывают, что 1,2-пропиленгликоль хорошо переносится организмом человека, однако чрезмерное потребление может вызвать аллергические реакции и раздражение дыхательных путей.

Бензиловый спирт (E1519) – одноатомный спирт, используемый преимущественно в парфюмерии и косметологии благодаря своему мягкому запаху и антисептическим свойствам. В пищевой промышленности бензиловый спирт применяется достаточно редко, в небольших количествах, в сочетании с натуральными ароматическими веществами, придавая готовому продукту приятные фруктово-цветочные ноты. Несмотря на низкую токсичность, бензиловый спирт требует осторожного обращения ввиду потенциального риска раздражения кожи и слизистых оболочек при длительном контакте [7, 9, 16].

Триацетин (E1518) – сложный эфир глицерина и уксусной кислоты, характеризующийся хорошей комплиментарной совместимостью с различными пищевыми ароматическими ингредиентами. Благодаря высокой вязкости триацетин улучшает текстурные характеристики готовой продукции, содействует достижению оптимальной гомогенизации ингредиентов и формированию устойчивых гетерогенных смесей [7, 9, 16].

В результате проведенных теоретических исследований сформирован перечень компонентов-кандидатов на идентификацию: компоненты сивушного масла (2-бутанол, 1-пентанол, 1-гексанол), кротональдегид, кетоны (ацетон и 2-бутанон), ароматические спирты (бензиловый и 2-фенилэтанол), ароматический альдегид (бензальдегид), этиловый эфир, сложные эфиры (изобутилацетат, этилбутират, этиллактат), носители ароматизаторов (триацетин, 1,2-пропиленгликоль, бензиловый спирт (табл. 1) [1–10].

Для разработки методики выбран метод газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием. Газовая хроматография – мощный аналитический метод разделения и идентификации компонентов сложных смесей. Преимущества газохроматографического метода: высокая селективность и чувствительность, возможность автоматизации, перспективность использования для рутинных анализов. Кроме того, газовая хроматография является ключевым методом анализа химического состава алкогольной продукции, обеспечивая быстрое и точное установление присутствия различных химических соединений.

На основании литературных данных проведен сравнительный анализ способов детектирования, среди которых предпочтение было отдано пламенно-ионизационному детектированию, демонстрирующему хорошие показатели чувствительности и точности для рассматриваемых классов химических соединений.

Таблица 1. Перечень компонентов-кандидатов на идентификацию

Table 1. List of candidate components for identification

Наименование	Формула	Аромат
этиловый эфир	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$	своеобразный специфический
уксусный альдегид	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	резкий, напоминает запах прелых яблок
ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	резкий, характерный
метилацетат	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	фруктовый
этилацетат	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	сладковатый фруктовый
метанол	CH_4O	характерный, напоминает запах этилового спирта
2-бутанон	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	умеренно резкий, ароматный, напоминает ацетон и мяту
2-пропанол	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	резкий, с оттенком ацетона, спиртовой
изобутилацетат	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$	фруктовый, цветочный, напоминает ароматы малины, груши
2-бутанол	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	характерный спиртовой
1-пропанол	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	характерный спиртовой
этилбутират	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$	фруктовый, ананасовый
кротональдегид	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$	резкий, удушающий, раздражающий
изобутиловый спирт	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	характерный, сладкий, затхлый
1-бутанол	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	характерный запах сивушного масла
изоамиловый спирт	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	сладковатый, характерный, напоминающий запах бананов
1-пентанол	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	неприятный, удушливый
этиллактат	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3$	мягкий, маслянистый, сливочный, с нотками фруктов и кокоса
1-гексанол	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	приятный, фруктовый, травянистый
бензальдегид	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$	горького миндаля и яблочных косточек
1,2-пропиленгликоль	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	слабый характерный запах
бензиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$	слабый, напоминает запах цветов жасмина
2-фенилэтанол	$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$	мягкий цветочный, напоминает аромат розы и гиацинта
триацетин	$\text{C}_9\text{H}_{14}\text{O}_6$	легкий маслянистый и сладковатый

Таблица составлена автором на основании систематизации и обобщения данных источников [1–10] / The table was compiled by the author based on the systematization and generalization of data from sources [1–10]

Таким образом, в результате проведенных теоретических исследований составлен перечень целевых аналитов, выбран метод газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием, разработан дизайн исследования, обеспечивающий решение задачи по разработке методики идентификации

и определения летучих органических примесей с применением метода газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием.

Второй этап исследований

На основе ТР ТС 029/2012 и собственных исследований [1, 20] сформулированы

предполагаемые диапазоны измеряемых концентраций целевых аналитов:

1) от 0,5 до 100 мг/дм³ – для летучих органических примесей (кроме метанола, 1,2-пропиленгликоля, триацетина, бензилового спирта);

2) от 1,0 до 1 000 мг/дм³ – для 1,2-пропиленгликоля, триацетина, бензилового спирта;

3) от 0,000 1 до 0,05 % – для метилового спирта (объемных долей).

Для выбора режимных параметров хроматографирования приготовлено 5 уровней модельных смесей, содержащих этиловый эфир, уксусный альдегид, ацетон, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-бутанол, 2-пропанол, изобутилацетат, 2-бутанол, 1-пропанол, этилбутират, кротональдегид, изобутиловый спирт, 1-бутанол, изоамиловый спирт, 1-пентанол, этиллактат, 1-гексанол, бензальдегид, бензиловый спирт, 2-фенилэтанол, 1,2-пропиленгликоль, триацетин (рис. 2).

Третий этап исследований

Исследование по подбору режимных параметров хроматографирования позволило установить оптимальные условия для каждого целевого аналита, в том числе и исследуемых носителей ароматизаторов в водно-спиртовых растворах. Эффективность разделения целевых аналитов зависит от правильно выбранных режимов работы прибора, в том числе температуры испарителя, детектора, термостата, скорости потока газа-носителя и др. параметров.

Результаты наших предшествующих исследований стали основой для разработки аттестованной методики одновременного селективного определения летучих органических примесей и носителей ароматизаторов в целях обеспечения единства измерений [20]. В ходе настоящего исследования варьировали объем ввода пробы, температурные режимы, скорость потока газа носителя и другие параметры. Подобранные условия хроматографирования для одновременного определения массовой концентрации летучих органических примесей и носителей ароматизаторов представлены в табл. 2.

Хроматограмма модельной смеси летучих органических примесей, полученная в подобранных условиях (табл. 2), приведена на рис. 3.

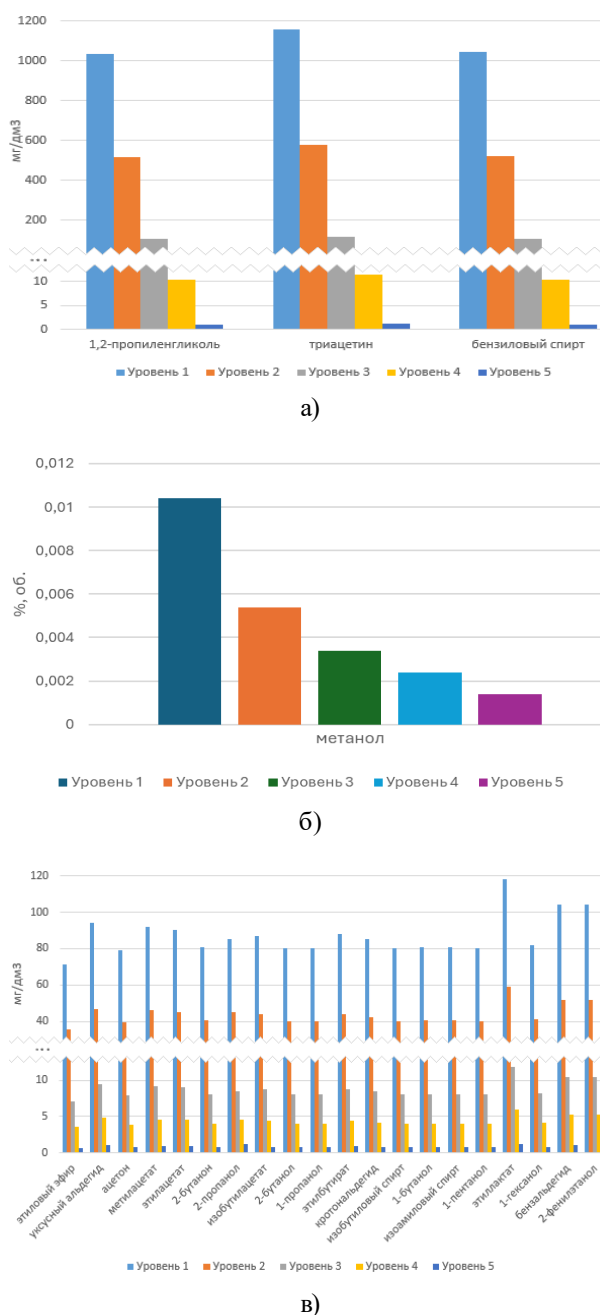


Рисунок подготовлен автором по собственным данным /
The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 2. Модельные смеси летучих органических примесей для выбора режимных параметров хроматографирования: а) триацетин, бензиловый спирт, 1,2-пропиленгликоль; б) метиловый спирт; в) остальные компоненты

Fig. 2. Model mixtures of volatile organic impurities for selection of chromatographic operating parameters: а) triacetin, benzyl alcohol, 1,2-propylene glycol; б) methyl alcohol; в) other components

Таблица 2. Условия хроматографирования

Table 2. Chromatographic conditions

Параметр	Подобранные значения
Объем ввода пробы, мкл	0,5–1,0
Коэффициент деления потока в испарителе, °C	20:1,25:1
Температура испарителя, °C	120–200
Температура детектора, °C	210–230
Скорость потока газа-носителя азота, мл/мин	1,3–3,0
Скорость потока водорода, мл/мин	20–30
Скорость потока воздуха, мл/мин	200–300
Начальная температура термостата колонок, °C	70–80
Программирование температуры термостата, °C	7–10 до 220
Время анализа, мин	25–30

Таблица составлена автором по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

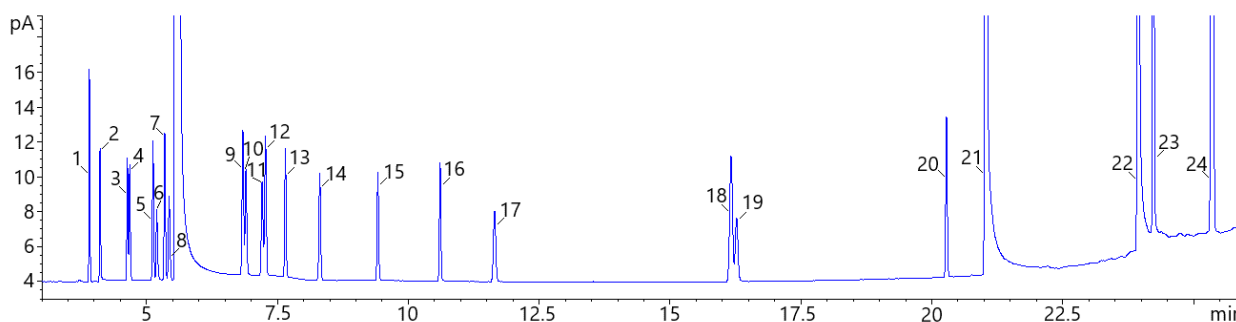


Рисунок подготовлен автором по собственным данным / The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 3. Хроматограмма модельной смеси МС-3 летучих органических примесей и носителей ароматизаторов: 1 – этиловый эфир; 2 – уксусный альдегид; 3 – ацетон; 4 – метилацетат; 5 – этилацетат; 6 – метанол; 7 – 2-бутанон; 8 – 2-пропанол; 9 – изобутилацетат; 10 – 2-бутанол; 11 – 1-пропанол; 12 – этилбутират; 13 – кротоновый альдегид; 14 – изобутиловый спирт; 15 – 1-бутанол; 16 – изоамиловый спирт; 17 – 1-пентанол; 18 – этиллактат; 19 – 1-гексанол; 20 – бензальдегид; 21 – 1,2-пропиленгликоль; 22 – бензиловый спирт; 23 – 2-фенилэтанол; 24 – триацетин

Fig. 3. Chromatogram of model mixture MS-3 of volatile organic impurities and flavor carriers: 1 – ethyl ether; 2 – acetaldehyde; 3 – acetone; 4 – methyl acetate; 5 – ethyl acetate; 6 – methanol; 7 – 2-butanone; 8 – 2-propanol; 9 – isobutyl acetate; 10 – 2-butanol; 11 – 1-propanol; 12 – ethyl butyrate; 13 – crotonaldehyde; 14 – isobutyl alcohol; 15 – 1-butanol; 16 – isoamyl alcohol; 17 – 1-pentanol; 18 – ethyl lactate; 19 – 1-hexanol; 20 – benzaldehyde; 21 – 1,2-propylene glycol; 22 – benzyl alcohol; 23 – 2-phenylethanol; 24 – triacetin

Для построения калибровочных графиков использовали модельные смеси (табл. 2). В ходе исследования проанализировано 5 уровней модельных смесей и построены градуировочные графики (рис. 4).

Для расчета коэффициента корреляции при построении градуировочной зависимости

использовали специализированное программное обеспечение, входящее в состав хроматографической системы. Коэффициент корреляции (R^2) при построении градуировочной зависимости оценивали как близость значений линии регрессионного графика к фактическим данным. Установлено, что значение

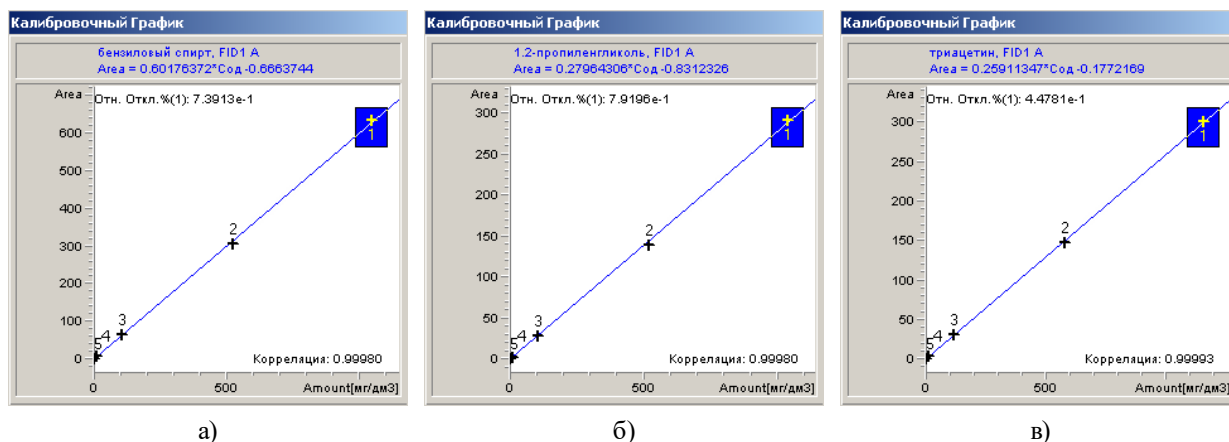


Рисунок подготовлен автором по собственным данным /The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 4. Градуировочные графики: а) для бензилового спирта; б) 1,2-пропиленгликоля; в) триацетина

Fig. 4. Calibration curves: a) for benzyl alcohol; b) 1,2-propylene glycol; c) triacetin

коэффициента корреляции для каждого целевого анализта составляло не менее 0,99, что свидетельствует о хорошем качестве градуировки.

В ходе работ выполнена серия исследований, направленных на выявление потенциального матричного эффекта. Проанализировано 10 образцов водок, содержащих носители ароматизаторов в 10 параллельных определениях. Затем проведено совмещение полученных хроматограмм между вводами и с хроматограммами модельных смесей в целях подтверждения возможности идентификации целевых компонентов по времени удерживания. Экспериментально подтверждено отсутствие хроматографических наложений, препятствующих качественному и количественному определению целевых анализтов.

В целях лучшей визуализации на рис. 5 отображены фрагменты совмещенных хроматограмм модельной смеси МС-3 и образца водки «Морозная клюква».

Показано, что каждый пик четко выделяется и не накладывается на другие, что позволяет уверенно селективно идентифицировать каждый анализт. Время удерживания целевых компонентов на хроматограммах модельной смеси и образца водки совпадает, что подтверждает корректную идентификацию целевых компонентов (рис. 5).

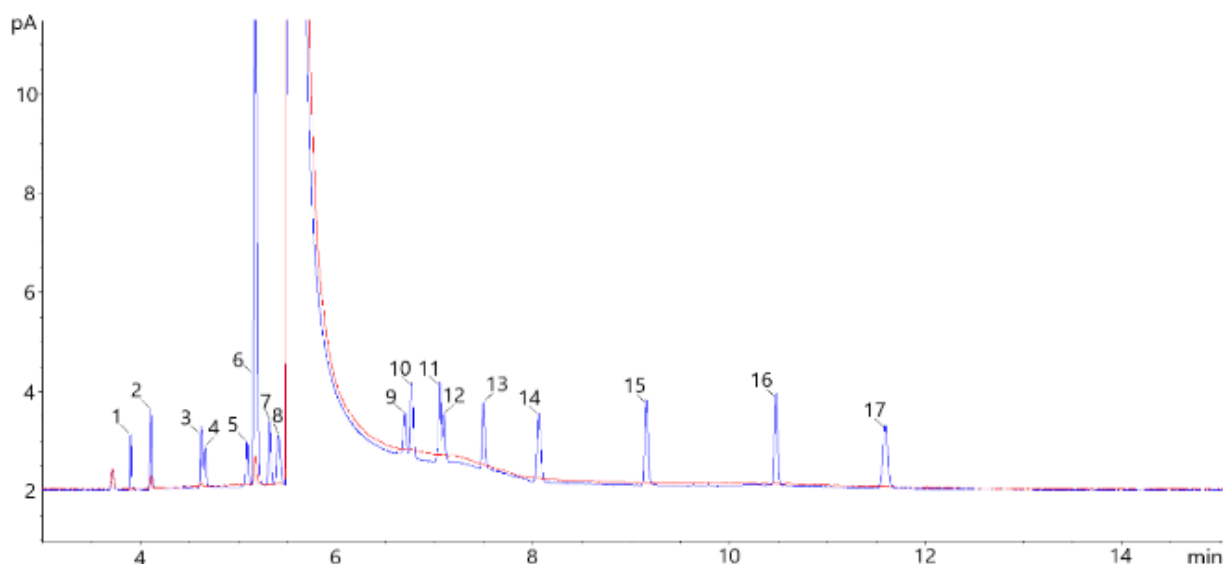
На рис. 6 представлены совмещенные хроматограммы 1-го и 10-го вводов образца водки «Ледяная клубника», содержащей ароматизатор

с носителями 1,2-пропиленгликоля и бензилового спирта.

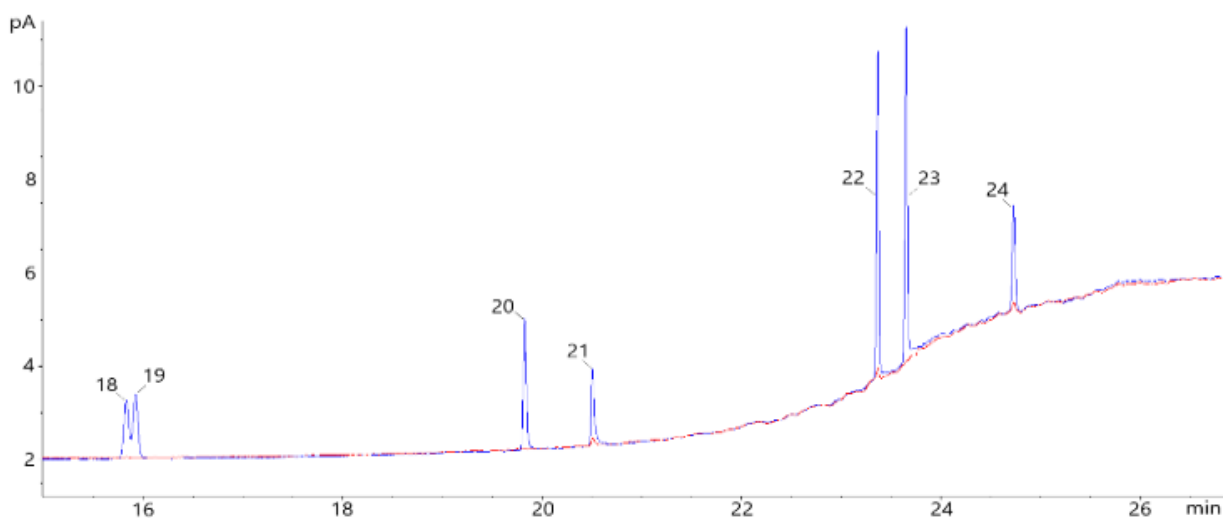
Установлено (рис. 6), что интенсивность, форма и ширина пиков в 1-м и 10-м вводах пробы идентичны, что указывает на стабильность работы хроматографической системы. Таким образом, анализ и интерпретация полученных хроматограмм модельных смесей и образца водки подтверждают, что выбранные режимы хроматографирования обеспечивают качественное разделение целевых компонентов и перспективны для количественного определения целевых анализтов.

В рамках научно-исследовательской работы проведена серия экспериментов с реальными образцами водок различных производителей, категорий и ценовых сегментов, приобретенных методом случайной выборки в сети розничной торговли. В ходе работы выполняли отбор и подготовку проб, измерения по методике, обработку результатов и оценку метрологических характеристик. Проведенные исследования подтвердили возможность ее применения при реализации аналитических процедур контроля качества и безопасности алкогольной продукции. Необходимо отметить, что важной особенностью разработанной методики является отсутствие необходимости в предварительной пробоподготовке.

Контроль стабильности результатов измерений при реализации методики в лаборатории осуществляют методом контроля стабильности стандартного отклонения промежуточной



а)



б)

Рисунок подготовлен автором по собственным данным / The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 5. Фрагменты совмещенных хроматограмм модельной смеси МС-3 (выделена синим цветом) и образца водки «Морозная клюква» (выделена красным цветом): а) фрагмент № 1 – время анализа с 3-й по 15-ю мин;

б) фрагмент № 2 – время анализа с 15-й по 28-ю мин. Пики: 1 – этиловый эфир; 2 – уксусный альдегид; 3 – ацетон; 4 – метилацетат; 5 – этилацетат; 6 – метанол; 7 – 2-бутанон; 8 – 2-пропанол; 9 – изобутилацетат; 10 – 2-бутанол; 11 – 1-пропанол; 12 – этилбутират; 13 – кротональдегид; 14 – изобутиловый спирт; 15 – 1-бутанол; 16 – изоамиловый спирт; 17 – 1-пентанол; 18 – этиллактат; 19 – 1-гексанол; 20 – бензальдегид; 21 – 1,2-пропиленгликоль; 22 – бензиловый спирт; 23 – 2-фенилэтанол; 24 – триацетин

Fig. 5. Fragments of overlaid chromatograms of model mixture MS-3 (highlighted in blue) and a sample of vodka «Frosty Cranberry» (highlighted in red): a) fragment № 1 – analysis time from the 3rd to the 15th minute; b) fragment № 2 – analysis time from the 15th to the 28th minute. Peaks: 1 – ethyl ether; 2 – acetaldehyde; 3 – acetone; 4 – methyl acetate; 5 – ethyl acetate; 6 – methanol; 7 – 2-butanone; 8 – 2-propanol; 9 – isobutyl acetate; 10 – 2-butanol; 11 – 1-propanol; 12 – ethyl butyrate; 13 – crotonaldehyde; 14 – isobutyl alcohol; 15 – 1-butanol; 16 – isoamyl alcohol; 17 – 1-pentanol; 18 – ethyl lactate; 19 – 1-hexanol; 20 – benzaldehyde; 21 – 1,2-propylene glycol; 22 – benzyl alcohol; 23 – 2-phenylethanol; 24 – triacetin

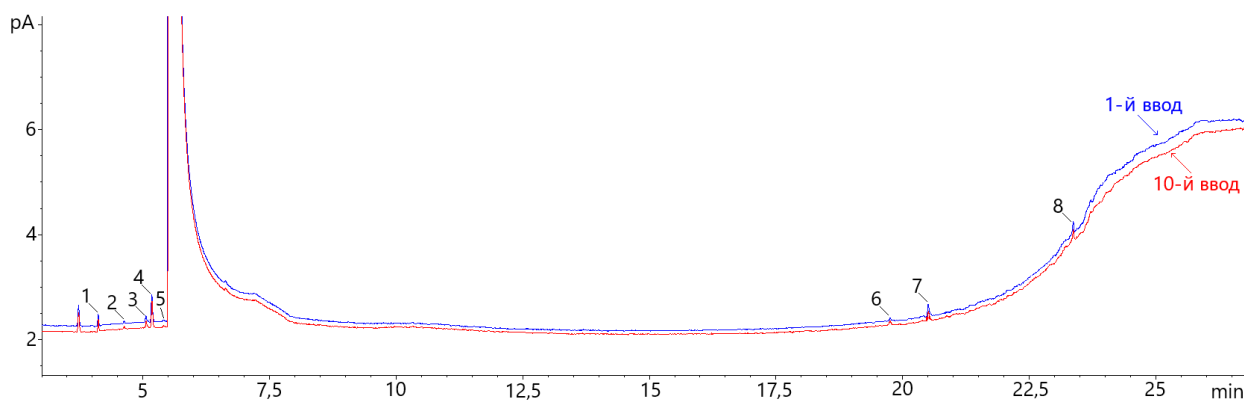


Рисунок подготовлен автором по собственным данным / The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 6. Совмещенные хроматограммы 1-го и 10-го вводов образца водки «Ледяная клубника»

Fig. 6. Overlaid chromatograms of the 1st and 10th injections of the vodka sample «Icy Strawberry»

прецизионности по ГОСТ Р ИСО 5725–6 (пункт 6.2.3) и контроля стабильности показателя правильности по ГОСТ Р ИСО 5725–6 (пункты 6.2.4 или 6.2.5) с применением метода контрольных карт Шухарта (ККШ)⁷ [21–23].

В целях обеспечения точности и надежности получаемых данных, предотвращения систематических и случайных ошибок, подтверждения корректности работы оборудования

⁷ Метод карт Шухарта (ККШ) – инструмент статистического управления процессами (Statistical Process Control), разработанный Уолтером Шухартом в 1924 г. для оценки стабильности и управляемости процессов.

и компетентности персонала проведен эксперимент в лабораторных и производственных условиях. На рис. 7 представлена построенная в ходе данного эксперимента ККШ с изменяющимися факторами «время» и «оператор» для бензилового спирта.

Анализ ККШ (рис. 7) показал, что случаи превышения предела действия отсутствуют, а однократное превышение предела предупреждения (точка 6) носит случайный и нерегулярный характер. Ретроспективный анализ по точке 6 не выявил повторяющихся факторов, способных систематически влиять на параметр.

Контрольная карта Шухарта

Период: с 1.02.2026 г. по 28.02.2026 г.

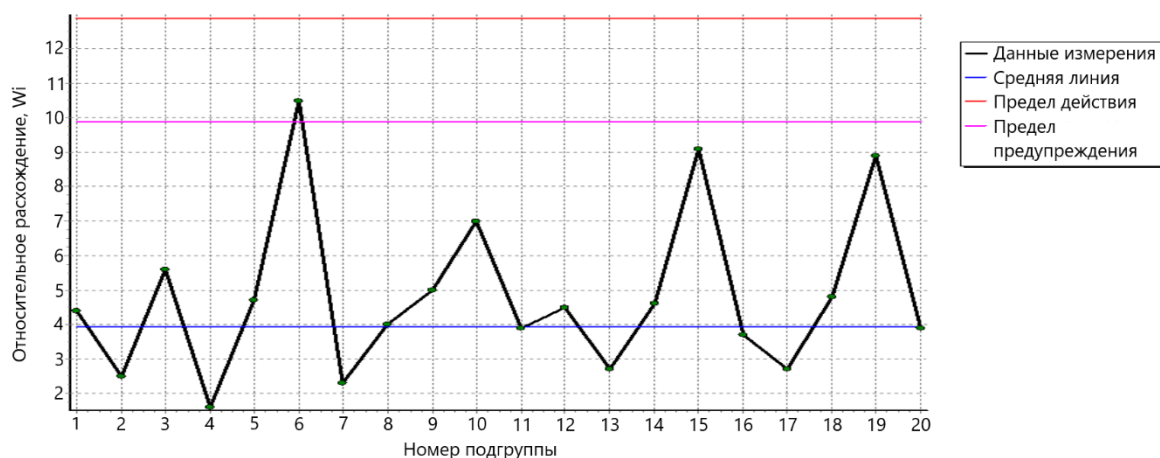


Рисунок подготовлен автором по собственным данным / The figure is prepared by the author using their own data

Рис. 7. Контрольная карта Шухарта

Fig. 7. Shewhart control chart

Наиболее вероятной причиной единичного превышения предела предупреждения могло стать кратковременное влияние внешнего фактора. Поскольку данное отклонение не зафиксировано при последующих измерениях, его влияние можно считать случайным и несистематическим. На основании вышеизложенного целесообразно сделать вывод о том, что в целом процесс демонстрирует устойчивое состояние статистического контроля.

В производственных условиях ликеро-водочного завода в период с 31.03.2026 г. по 03.04.2026 г. проведена апробация разработанной методики, подтвердившая перспективность ее применения в контроле качества и безопасности алкогольной продукции. В ходе работ исследовано 10 образцов водок и модельных смесей, содержащих компоненты-носители ароматизаторов, проведены межлабораторные сравнительные испытания, подтвердившие

сопоставимость полученных результатов измерений. Экспериментально подтверждено, что методика сохраняет свою точность и прецизионность при переносе на производственную площадку и использовании разными операторами, подписан акт производственных испытаний.

Завершающий этап: аттестация методики

Для расчета метрологических характеристик использовали 5 уровней градуировочных смесей (ГС), соответствующих началу, середине и концу диапазона измеряемых концентраций. Метрологические характеристики градуировочных смесей рассчитывали в соответствии с РМГ 60-2003⁸. Результаты представлены в табл. 3.

⁸ РМГ 60-2003 «ГСИ. Смесей аттестованные. Общие требования к разработке».

Таблица 3. Метрологические характеристики градуировочных смесей

Table 3. Metrological characteristics of calibration mixtures

Наименование компонента	ГС-1		ГС-2		ГС-3		ГС-4		ГС-5	
	А*	δ**	А	δ	А	δ	А	δ	А	δ
этиловый эфир	71	±2	35,5	±2	7,1	±3	3,6	±3	0,71	±5
уксусный альдегид	94	±2	47,3	±2	9,9	±3	5,2	±3	1,44	±5
ацетон	79	±2	39,5	±2	7,9	±3	4,0	±3	0,79	±5
метилацетат	92	±2	46,0	±2	9,2	±3	4,6	±3	0,92	±5
этилацетат	90	±2	45,0	±2	9,0	±3	4,5	±3	0,90	±5
метанол, % об.	0,010 4	±2	0,005 4	±2	0,003 4	±3	0,002 4	±3	0,001 4	±5
2-бутанон	81	±2	40,5	±2	8,1	±3	4,1	±3	0,81	±5
2-пропанол	79	±2	36,0	±2	8,4	±3	4,4	±3	1,29	±5
изобутилацетат	87	±2	44,0	±2	8,7	±3	4,4	±3	0,87	±5
2-бутанол	80	±2	40,0	±2	8,0	±3	4,0	±3	0,80	±5
1-пропанол	80	±2	40,0	±2	8,0	±3	4,0	±3	0,80	±5
этилбутират	88	±2	44,0	±2	8,8	±3	4,4	±3	0,88	±5
кротональдегид	85	±2	43,0	±2	8,5	±3	4,3	±3	0,85	±5
изобутиловый спирт	80	±2	40,0	±2	8,0	±3	4,0	±3	0,80	±5
1-бутанол	81	±2	40,5	±2	8,1	±3	4,0	±3	0,81	±5
изоамиловый спирт	81	±2	40,5	±2	8,1	±3	4,0	±3	0,81	±5

Окончание табл. 3

End of Table 3

Наименование компонента	ГС-1		ГС-2		ГС-3		ГС-4		ГС-5	
	A*	δ^{**}	A	δ	A	δ	A	δ	A	δ
1-пентанол	80	± 2	40,0	± 2	8,0	± 3	4,0	± 3	0,80	± 5
этиллактат	118	± 2	59,0	± 2	11,8	± 3	5,9	± 3	1,18	± 5
1-гексанол	82	± 2	41,0	± 2	8,2	± 3	4,1	± 3	0,82	± 5
бензальдегид	104	± 2	52,0	± 2	10,4	± 3	5,2	± 3	1,04	± 5
1,2-пропиленгликоль	1 036	± 2	518,0	± 2	103,6	± 3	10,4	± 3	1,04	± 5
бензиловый спирт	1 045	± 2	522,5	± 2	104,5	± 3	10,5	± 3	1,05	± 5
2-фенилэтанол	104	± 2	52	± 2	10,4	± 3	5,2	± 3	1,04	± 5
триацетин	1 156	± 2	578	± 2	115,6	± 3	11,6	± 3	1,16	± 5

Таблица составлена автором по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Примечания. * A – аттестованное значение, мг/дм³. δ^{**} – границы относительной погрешности, ($P=0,95$), %.

Диапазон измерений массовой концентрации летучих органических примесей, показатели повторяемости и воспроизводимости, предел повторяемости и границы относительной погрешности представлены в табл. 4.

Анализ полученных результатов подтвердил соответствие методики измерения массовой концентрации летучих органических примесей в водках и водках особых требованиям, предъявляемым к МИ. Разработанная методика апробирована и аттестована, внедрена на предприятиях отрасли. С применением методики получены новые научные данные о химическом составе ароматизаторов и водок особых [25].

В аналитическом контроле алкогольной продукции широко используются стандартизированные инструментальные методы анализа химического состава материалов [25–27]. Применение СО обеспечивает единство измерений и требуемую точность измерений посредством градуировки, метрологического контроля средств измерений, контроля точности результатов измерений, валидации методик измерений [28–30]. Разработка СО – важная аналитическая задача, решение которой способствует получению надежных результатов, а также служит обеспечению импортозамещения в области СО [31–33]. Проведенное

исследование может быть использовано в качестве основы для разработки СО состава летучих органических примесей в водках для контроля химического состава алкогольной продукции.

Выводы исследования

Разработана газохроматографическая методика определения массовой концентрации летучих органических примесей в водках и водках особых. Подобранные хроматографические параметры, обеспечивающие определение 24 целевых аналитов. Продолжительность анализа не превышает 25–30 мин, подготовка пробы не требуется.

В рамках валидации аналитической методики экспериментально подтверждена стабильность хроматографических параметров – времени удерживания и площади пика. Найдена значимая корреляционная зависимость между откликом детектора и площадью хроматографического пика: коэффициент корреляции R^2 составляет не менее 0,99.

Разработанная методика обеспечивает полное разделение, достоверную идентификацию и точное количественное определение массовой концентрации 24 целевых компонентов летучих органических примесей водках и водках особых. Установлено, что при соблюдении

Таблица 4. Показатели точности измерений

Table 4. Accuracy indicators of measurements

Определяемое вещество	Диапазон измерений массовой концентрации, мг/дм ³	Показатель повторяемости (ОСКО* повторяемости) σ_r , %	Предел повторяемости r , % при $P=0,95$, $n=2$	Показатель воспроизводимости (ОСКО* воспроизводимости) σ_R , %	Показатель точности (границы относительной погрешности) $\pm d$
этиловый эфир уксусный альдегид ацетон метилацетат этилацетат 2-бутанон 2-пропанол изобутилацетат 2-бутанол 1-пропанол этилбутират кротональдегид изобутиловый спирт 1-бутанол изоамиловый спирт 1-пентанол этиллактат 1-гексанол бензальдегид 2-фенилэтанол	от 0,5 до 50 включ. св. 50 до 100 включ.	8 6	23 17	11 10	25 22
бензиловый спирт 1,2-пропиленгликоль триацетин	от 1,0 до 10 включ. св. 10 до 100 включ. св. 100 до 1 000 включ.	8 7 5	23 20 14	11 9 7	23 20 16
метанол, объемная доля, %	от 0,000 10 до 0,001 0 включ. св. 0,001 0 до 0,010 включ. св. 0,010 до 0,050 включ.	7 5 4	20 15 11	10 7 5	20 15 10

Таблица заимствована из источника** / The table is reproduced from**

* ОСКО – относительное среднее квадратическое отклонение.

** Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений № 894/205-RA.RU.311703–2026 «Методика измерений массовой концентрации летучих органических микропримесей в водках методом газовой хроматографии». Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 30 июня 2026 г.

регламентированных условий анализа и следовании разработанной МИ относительная погрешность результатов при доверительной вероятности $P=0,95$ не превышает 23 %.

Заключение

Научная новизна исследования заключается в разработке оригинальной газохроматографической методики определения целевых химических соединений, которая позволяет расширить перечень аналитических маркеров, используемых для контроля качества и безопасности алкогольной продукции. Доказана целесообразность и перспективность применения метода газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием для качественного и количественного определения массовой концентрации летучих органических примесей в водках и водках особых. Получены новые экспериментальные данные, подтверждающие возможность надежного определения целевых соединений в указанных матрицах.

Практическая значимость исследования определяется высоким потенциалом масштабирования предложенной методики на предприятиях алкогольной промышленности. Разработанная аналитическая методика прошла успешную апробацию и внедрена на ряде ликероводочных заводов, что засвидетельствовано актами внедрения (апробации). Экспериментально подтверждено, что методика обеспечивает эффективный мониторинг химического состава водок и водок особых за счет точного количественного определения контролируемых показателей на всех этапах технологического процесса.

Перспективным направлением дальнейших исследований станет разработка СО, предназначенных для качественного и количественного определения летучих органических примесей в водках. Разработка СО будет способствовать обеспечению единства, точности и достоверности измерений, позволит стандартизировать аналитические процедуры и обеспечить воспроизводимость результатов. Стандартизация процедур на базе российских СО гарантирует воспроизводимость результатов и является фундаментом для укрепления технологического суверенитета в области контроля качества и испытаний.

Вклад автора: Автор подтверждает единственную ответственность за следующее: сбор данных, анализ и интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Contribution of the author: The author confirms sole responsibility for the following: data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Благодарности: Автор выражает благодарность начальнику сектора отдела № 205 ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест», эксперту-метрологу канд. хим. наук Ольге Липовне Рутенберг за помощь в проведении метрологических расчетов на завершающем этапе исследований.

Acknowledgments: The author expresses gratitude to the Head of the Sector of Department № 205 of the Research Center for Applied Metrology – Rostest, Metrology Expert, Cand. Sci. (Chem) Olga Lipovna Rutenberg, for her assistance in carrying out metrological calculations at the final stage of the research.

Конфликт интересов: Шелехова Н. В. является членом редакционного совета журнала «Эталоны. Стандартные образцы», но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Автор декларирует отсутствие иных, явных и потенциальных, конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest: Shelekhova N. V. is a member of the Editorial Board of the journal «Measurement Standards. Reference Materials», but has nothing to do with the decision to publish the article. The article has undergone the peer-review procedure adopted by the journal. Regarding other conflicts of interest, the author declares no conflicts of interest related to the publication of the article.

Финансирование: Исследования проведены за счет средств субсидии на выполнение государственного задания «Разработка инновационной системы оценки качества сырья для производства спиртных напитков и формирование новых требований к их идентификации», шифр № FGMF-2025–0009.

Funding: The research was funded by the subsidy for the state assignment «Development of an innovative system for assessing the quality of raw

materials for the production of alcoholic beverages and the formation of new requirements for their identification», № FGMF-2025–0009.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шелехова Н. В. Комплексная система контроля и регулирования технологических процессов производства алкогольной продукции. М. : Первое экономическое издательство, 2025. 288 с.
2. Тынянова О. М., Старовойт Т. Ф., Шестерова С. В. Пищевые ароматизаторы «Элитарома» в арсенале производителя // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2019. № 9–10 (183). С. 30–31.
3. Бычкова М. В., Бычкова А. В. Ароматизаторы для молочной промышленности // Переработка молока. 2022. № 2 (268). С. 57.
4. Николаева Ю. В., Конькова А. Ю., Тарасова В. В. Исследование влияния вкусоароматических ингредиентов на органолептические показатели ароматизаторов // Пищевая промышленность. 2024. № 6. С. 68–71. <https://doi.org/10.52653/PPI.2024.6.6.014>
5. Нечаев А. П., Коткова Т. В. Техническое регулирование в области пищевых добавок и ароматизаторов // Молочная промышленность. 2011. № 1. С. 21–23.
6. Древин В. Е., Шипаева Т. А. Производство пищевых ароматизаторов // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы, Волгоград, 31 января – 02 февраля 2018 г. / Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. С. 100–104.
7. Яковлев А. Д. Исследование состава ароматизаторов для алкогольных напитков методом ИК-спектроскопии НПВО с последующей математической обработкой // Проспект Свободный – 2023 : Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 24–29 апреля 2023 г. / Сибирский федеральный университет. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2023. С. 943–945.
8. Афонина Ю. Е. Классификация пищевых ароматизаторов // Холодильная техника, инженерные системы и биотехнологии : Сборник тезисов VI Национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 03–05 декабря 2024 г. / Кемеровский государственный университет (КемГУ). Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2024. С. 140–141.
9. Афонина Ю. Е. Краткий анализ рынка пищевых ароматизаторов // Инновационные технологии пищевых производств : Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Севастополь, 27–29 ноября 2024 г. / Севастопольский государственный университет [и др.]. Севастополь : СевГУ, 2025. С. 14–15.
10. Оберенко А. В., Селезнев В. М. Ароматизаторы в составе коньяков, изымаемых из незаконного оборота на территории Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2019. № 2 (143). С. 144–149.
11. Исследование душистых веществ в составе термического технологического ароматизатора с мясным органолептическим профилем методом твердофазной микроэкстракции с газовой хромато-масс-спектрометрией / А. С. Билялова [и др.] // Пищевая промышленность. 2024. № 3. С. 9–13.
12. Валидация аналитических методик: пер. с англ. яз. 2-го изд. под ред. Г. Р. Нежихоского. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях: пер. с англ. яз. 3-го изд. под ред. Р. Л. Кадиса: руководство для лабораторий. СПб. : ЦОП Профессия, 2016. 312 с.
13. Барановская В. Б., Медведевских М. Ю., Карпов Ю. А. Актуальные проблемы качества химического анализа // Аналитика и контроль. 2021. Т. 25, № 4. С. 273–279. <https://doi.org/10.15826/analitika.2021.25.4.005>
14. Современная метрология физико-химических измерений : монография / Под общей ред. А. Н. Пронина. СПб. : ООО «Издательство ТРИУМФ», 2022. 561 с. <https://doi.org/10.32986/978-5-94472-103-7-25-07-2022>
15. Шелехова Н. В. Методы газовой хроматографии и капиллярного электрофореза для исследования химического состава выдержанных зерновых дистиллятов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2024. Т. 24, № 4. С. 556–571. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12410>
16. Безруков Е. В., Хесина З. Б. Хромато-масс-спектрометрическое определение состава пищевых ароматизаторов // Аналитика. 2019. Т. 9, № 4. С. 306–311. <https://doi.org/10.22184/2227–572X.2019.09.4.306.310>
17. Шелехова Н. В. Экспресс метод определения анионов в алкогольных напитках на основе сочетания КЭ-КД // Сорбционные и хроматографические процессы. 2023. Т. 23, № 2. С. 199–215. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11144>
18. Лисицкая Р. П., Кучменко Т. А. Определение искусственных ароматизаторов в вине с применением пьезосенсоров // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение : Сборник

- научных статей и докладов XI Международной научно-практической конференции, Воронеж, 28–29 ноября 2024 года. Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. С. 532–533.
19. Марусич Н. И., Борисевич С. Н., Масалов И. Н. Пищевые ароматизаторы и методы их определения // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Вып. 8. Мин-во здравоохранения РБ, Респ. науч.-практ. центр гигиены, 2006. С. 353–360.
 20. Шелехова Н. В. Хроматографическое определение триацетина, бензилового спирта и 1,2-пропиленгликоля в спиртных напитках // Сорбционные и хроматографические процессы. 2026. Т. 26 (1). С. 202–216. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2026.26/13737>
 21. О применении контрольных карт Шухарта в метрологии / Ю. Л. Адлер [и др.] // Метрология физико-химических измерений : Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции, Суздаль, 17–19 сентября 2019 г. / ФГУП «ВНИИФТРИ». Менделеево : ВНИИФТРИ, 2019. С. 8–9.
 22. Применение классических контрольных карт Шухарта и многомерных контрольных карт для анализа производственных процессов / А. В. Бауманис [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 4. С. 27–36. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2025-4-27-28>
 23. Степанов А. С. Оценивание неопределенности измерений при реализации методики измерений в лаборатории на основании данных внутрилабораторного контроля качества (точности) результатов измерений // Приборы. 2020. № 2 (236). С. 22–27.
 24. Исследование химического состава ароматизированных водок и ароматизаторов методом газовой хроматографии / Н. В. Шелехова [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88, № 2. С. 227–237. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-2-227-237>
 25. Медведевских С. В., Собина Е. П., Студенок В. В. Цель – расширение метрологических возможностей России // Мир измерений. 2025. № 3. С. 70–72.
 26. Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ материалов: история, настоящее, будущее // А. Н. Пронин [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. 2025. № 3 (195). С. 11–24.
 27. Пронин А. Н., Медведевских С. В., Собина Е. П. Система государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов Российской Федерации // Стандартные образцы в измерениях и технологиях : сб. труд. VI Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 03–06 сентября 2024 г. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [и др.]. Екатеринбург : УНИИМ, 2024. С. 11–13.
 28. Мигаль П. В., Собина Е. П. Применение стандартных образцов для поверки/калибровки средств измерений универсального назначения // Стандартные образцы в измерениях и технологиях : сб. труд. VI Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 03–06 сентября 2024 г. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [и др.]. Екатеринбург : УНИИМ, 2024. С. 117–119.
 29. Котляровская Э. Н., Валиахметова Е. Н. Прослеживаемость аттестованных значений стандартных образцов предприятий и отраслей материалов металлургического производства // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84, № 1 (II). С. 44–48. [http://doi.org/10.26896/1028-6861-2018-84-1\(II\)-46-48](http://doi.org/10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-46-48)
 30. Комплекс стандартных образцов для поверки и калибровки универсальных хроматографических приборов / И. Ю. Ткаченко [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2024. Т. 20, № 1. С. 31–46. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2024-20-1-31-46>
 31. Казакова Е. А., Бирусен Т. С. Разработка и применение стандартных образцов предприятия в практике аналитических лабораторий // Литье и металлургия. 2020. № 1. С. 34–37. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-34-37>
 32. Стандартные образцы в обеспечении единства измерений: деятельность государственной службы стандартных образцов / А. Н. Пронин [и др.] // Аналитика. 2026. Т. 16, № 3. С. 210–223. <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2026.16.3.210.223>
 33. Об оценке стабильности стандартных образцов / П. В. Мигаль [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. 2023. Т. 19, № 3. С. 65–75. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-3-65-75>

REFERENCES

1. Shelekhova NV. Comprehensive system of control and regulation of technological processes for the production of alcoholic beverages. Moscow: Pervoe ekonomicheskoe izdatel'stvo; 2025. 288 p. (In Russ.).
2. Tynyanova OM, Starovojt TF, Shesterova SV. Food flavorings «Ehlitaroma» in the manufacturer's arsenal. *Confectionery and Baking Industry*. 2019;9–10(183):30–31. (In Russ.).
3. Bychkova MV, Bychkova AV. Flavors for the dairy industry. *Milk Processing*. 2022;2(268):57. (In Russ.).
4. Nikolaeva YuV, Kon'kova AYU, Tarasova VV. Study of the influence of flavoring ingredients on the organoleptic characteristics of flavoring agents. *Food Industry*. 2024;6:68–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.52653/PPI.2024.6.6.014>
5. Nechaev AP, Kotkova TV. Technical regulation in the field of food additives and flavorings. *Dairy industry*. 2011;1:21–23. (In Russ.).
6. Drevin VE, Shipaeva TA. Production of food flavorings. In: *Global scientific and technological trends in the socio-economic development of the agro-industrial complex and rural areas: Proceedings of the International*

- Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the end of the Battle of Stalingrad*, 31 January – 2 February 2018, Volgograd, Russia. Volgograd: Volgograd State Agricultural University; 2018. P. 100–104. (In Russ.).
7. Yakovlev AD. A study of the composition of flavorings for alcoholic beverages using ATR-IR spectrometry, followed by mathematical processing. In: *PROSPECT SVOBODNY – 2023: Proceedings of the 19th International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists*, 24–29 April 2023, Krasnoyarsk, Russia. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2023. P. 943–945. (In Russ.).
8. Afonina Yu E. Classification of food flavorings. In: *Refrigeration Engineering, Engineering Systems and Biotechnology: Collection of Abstracts of the 6th National Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists*, 3–5 December 2024, Kemerovo, Russia. Kemerovo: Kemerovo State University; 2024. P. 140–141. (In Russ.).
9. Afonina Yu E. A brief analysis of the food flavoring market. In: *Innovative Technologies in Food Production: Collection of Reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)*, 27–29 November 2024, Sevastopol, Russia. Sevastopol: Sevastopol State University; 2025. P. 14–15. (In Russ.).
10. Oberenko AV., Seleznev VM. The flavors in the composition of cognacs, withdrawn from illegal circulation on the territory of Krasnoyarsk Region. *Vestnik Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2019;2(143):144–149. (In Russ.).
11. Bilyalova AS, Malinkin AD, Sarkisyan VA, Kochetkova AA, Bessonov VV. Study of aromatic substances in the composition of a thermal technological flavor with a meat organoleptic profile using solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry. *Food Industry*. 2024;3:9–13. (In Russ.).
12. Validation of Analytical Methods: translated from English, 2nd ed. GR Nezhikhovsky (eds.). Quantitative Description of Uncertainty in Analytical Measurements: translated from English, 3rd RL Kadis (eds.): guidelines for laboratories. St. Petersburg: TsOP Professiya; 2016. 312 p. (In Russ.).
13. Baranovskaya VB, Medvedevskikh MYu, Karpov Yu A. Current quality issues in chemical analysis. *Analitika I kontrol' [Analytics and Control]*. 2021;25(4):273–279. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/analitika.2021.25.4.005>
14. Modern metrology of physical-chemical measurements / A. N. Pronin (eds). St. Petersburg: OOO «Izdatel'stvo TRIUMF»; 2022. 561 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.32986/978-5-94472-103-7-25-07-2022>
15. Shelekhova NV. Gas chromatography and capillary electrophoresis for studying the chemical composition of aged grain distillates. *Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy*. 2024;24(4):556–571. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12410>
16. Bezrukov EV, Hesina ZB. Chromatography-mass spectrometric determination of the composition of food flavorings. *Analytics*. 2019;9(4):306–311. (In Russ.). <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2019.09.4.306.310>
17. Shelekhova NV. Express method for the determination of anions in alcoholic beverages based on the CE-CD combination. *Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy*. 2023;23(2):199–215. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11144>
18. Lisickaya RP, Kuchmenko TA. Determination of artificial flavorings in wine using piezoelectric sensors. In: *Food Security: Scientific, Human Resource, and Information Support: Collection of Scientific Articles and Reports of the XI International Scientific and Practical Conference*, 28–29 November 2024, Voronezh, Russia. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies; 2024. P. 532–533. (In Russ.).
19. Marusich NI, Borisevich SN, Masalov IN. Food flavours and methods of their definition. In: *Health and the Environment: a collection of scientific papers. Iss. 8*. Minsk: Republican scientific – practical center of hygiene; 2006. P. 353–360. (In Russ.).
20. Shelekhova NV. Chromatographic determination of triacetin, benzyl alcohol, and 1,2-propylene glycol in alcoholic beverages. *Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy*. 2026;26(1):202–216. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2026.26/13737>
21. Adler YuL, Polhovskaya TM, Filichkina VA, Shper VL. On the use of Shewhart control charts in metrology. In: *Metrology of Physico-Chemical Measurements: Abstracts of the IV International Scientific and Technical Conference*, 17–19 September 2019, Suzdal, Russia. Mendeleevo: VNIIFTRI; 2019. P. 8–9. (In Russ.).
22. Baumanis AV, Smelov VYu, Shper VL, Lyamkin AI. Application of classical Shewhart control charts and multivariate control charts for production process analysis. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*. 2025;4:27–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2025-4-27-28>
23. Stepanov AS. Assessment of measurement uncertainty when implementing a measurement procedure in a laboratory, based on data from intra-laboratory quality (accuracy) control of measurement results. *Instruments*. 2020;2(236):22–27. (In Russ.).
24. Shelekhova NV, Skvortsova LI, Poltavskaya NV, Amelyakina MV, Ivanov VV. Investigation of the chemical composition of flavored vodkas and food flavorings using gas chromatography. *Proceedings of VSUET*. 2026;88(2):227–237. (In Russ.). <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-2-227-237>
25. Medvedevskikh SV, Sobina EP, Studenok VV. The goal is to expand metrological capabilities of Russia. *Measurements World*. 2025;3:70–72. (In Russ.).

26. Pronin AN, Medvedevsky SV, Sobina EP, Studenok VV, Axelrod NL. State services of reference materials of composition and properties of substances and materials: past, present and future. *Legal and Applied Metrology*. 2025;3(195):11–24. (In Russ.).
27. Pronin AN, Medvedevskikh SV, Sobina EP. System of the state service of reference materials for composition and properties of substances and materials of the Russian Federation. In: *Reference materials in measurement and technology: Collection of works VIth international scientific conference*, 3–6 September 2024, Ekaterinburg, Russia. Ekaterinburg: UNNIM; 2024. P. 11–13. (In Russ.).
28. Migal PV, Sobina EP. Application of reference materials for verification/calibration of general-purpose measuring instruments. In: *Reference materials in measurement and technology: Collection of works VIth international scientific conference*, 3–6 September 2024, Ekaterinburg, Russia. Ekaterinburg: UNNIM; 2024. P. 117–119. (In Russ.).
29. Kotlyarevskaya EN, Valiakhmetova EN. Traceability of the certified values of the reference materials of the branches and in house reference materials of the materials of metallurgical production. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. 2018;84(1–2):44–48. (In Russ.). [http://doi.org/10.268961028-6861-2018-84-1\(II\)-46-48](http://doi.org/10.268961028-6861-2018-84-1(II)-46-48)
30. Tkachenko IY, Mikheeva AY, Ushal IE, Ivanova AY, Budko AG, Kharitonov SG et al. A set of reference materials for verification and calibration of universal chromatographic instruments. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2024;20(1):31–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2024-20-1-31-46>
31. Kazakova EA, Birisen TC. Development and application of standard enterprise samples in the practice of analytical laboratories. *Metallurgy Foundry Production and Metallurgy*. 2020;1:34–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-34-37>
32. Pronin AN, Medvedevskikh V, Sobina EP, Studenok VV. Reference materials in ensuring uniformity of measurements: activities of the state service of reference materials. *Analytics*. 2026;16(3):210–223. (In Russ.). <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2026.16.3.210.223>
33. Migal PV, Sobina EP, Aronov PM, Kremleva ON, Studenok VV, Firsanov VA et al. On the stability testing of reference materials. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2023;19(3):65–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2023-19-3-65-75>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шелехова Наталия Викторовна – д-р техн. наук, заведующий лабораторией хроматографии, ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

111033, г. Москва, ул. Самокатная, 4б
e-mail: 4950360101@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7735-2942>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natalya V. Shelekhova – Dr. Sci. (Eng.), Head of the Chromatography Laboratory, Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology – Affiliated Branch of the Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

4b Samokatnaia St., Moscow, 190005, Russia
e-mail: 4950360101@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7735-2942>