

ОТЗЫВ

официального оппонента

руководителя отдела развития и внедрения комплексных методов оценки загрязнения атмосферного воздуха Общества ограниченной ответственности «Институт проектирования, экологии и гигиены», доктора технических наук, профессора Волкодаевой Марины Владимировны на диссертационную работу Колобовой Анны Викторовны на тему «Развитие системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук в диссертационный совет 32.1.001.01 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

На отзыв представлены диссертация на 335 страницах машинописного текста (282 страница основного текста) и автореферат на 49 страницах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 344 наименований, и четырех приложений. Оформление диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Рассмотрение и анализ представленных материалов, а также опубликованных работ по теме диссертации позволили сформулировать следующий отзыв на диссертацию.

Актуальность темы диссертации

Измерения содержания различных компонентов в газовых и газоконденсатных средах имеют важное значение для обеспечения безопасности и здоровья человека. Эти данные позволяют контролировать уровень загрязнения атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны, оценивать риск взрывов и обеспечивать соответствие различным нормам и стандартам. Ошибки при контроле параметров в сложных технологических процессах могут привести к существенным экономическим потерям, а также к потенциальным угрозам для здоровья и безопасности.

Газоаналитические измерения представляют собой комплексную систему аналитических задач, направленных на определение состава газовых сред. Современная газоаналитика охватывает более 400 различных компонентов, которые могут присутствовать как по отдельности, так и в различных комбинациях. Современный парк газоаналитических средств насчитывает более 2 000 000 измерительных приборов



различного типа и назначения, обеспечивающих решение широкого спектра измерительных задач.

Метрологическое обеспечение газоаналитических измерений позволяет обеспечивать единство измерений, контролировать точность измерительной техники, поддерживать требуемый уровень качества измерений, обеспечивать сопоставимость результатов измерений. Такая система метрологического обеспечения гарантирует достоверность и точность газоаналитических измерений, что критически важно для всех сфер применения газоаналитической техники.

В качестве средств поверки применяются транспортируемые эталоны, генераторы газовых смесей, но основным массовым типовым средством поверки является газовая смесь (ГС) с определяемыми компонентами в баллоне под давлением (БД).

В настоящее время в Российской Федерации стало остро ощущаться отсутствие производства стандартных образцов утвержденного типа с определяемыми компонентами в баллоне под давлением, которые бы охватывали новую, постоянно расширяющую номенклатуру определяемых компонентов.

В связи с этим возникает необходимость в разработке новых подходов для передачи единиц содержания определяемых компонентов от Государственного первичного эталона (ГПЭ) к эталонным установкам (ЭУ) предприятий-изготовителей, обеспечивающих возможность роста выпуска стандартных образцов утвержденного типа с определяемыми компонентами в баллоне под давлением (СО ГС в БД) и увеличение количества предприятий изготовителей.

В этой связи, как следует из темы и содержания рецензируемой диссертации, исследование, посвященное развитию системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей, представляется **актуальной научной задачей**.

Общая характеристика работы

Содержание работы построено в соответствии с решением поставленных задач.

Во введении автор обосновывает актуальность темы работы, определяет ее цель и задачи, освещает методы и средства исследования, достоверность и обоснованность полученных в работе результатов, раскрывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов работы, формулирует основные научные положения, выносимые на защиту, приводит сведения об апробации результатов работы.

В первой главе диссертации исследовано развитие газоаналитических измерений в Российской Федерации, проведен анализ современного состояния и перспективных

направлений развития в области метрологического обеспечения газоаналитических измерений. Обоснована необходимость как создания нового поколения государственного первичного эталона (ГПЭ) на основе комплекса многофункциональных эталонных установок, так и создание системы метрологического обеспечения газоаналитических приборов в Российской Федерации. Сформулированы задачи исследования.

Во второй главе изложен материал по созданию Государственного первичного эталона единиц содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГПЭ нового поколения, способного воспроизводить опорные значения содержания компонентов в соответствии с групповым разделением газовых смесей и чистых газов для всех основных задач, возникающих при развитии науки, промышленности и социальных сфер и относящихся к сфере государственного регулирования. Описан разработанный метод комплексной верификации, в том числе с учетом применения разработанной программы для ЭВМ, для контроля стабильности воспроизведения единиц содержания компонентов ГПЭ. Представлена информация о разработанных и использованных ЭС – СО состава ГС в БД с определяемыми компонентами в соответствии с принципом группового разделения выпускаемых видов ГС в БД, а также о разработанной и внедренной Государственной поверочной схеме для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, которая устанавливает порядок передачи единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов от ГПЭ вторичным эталонам, рабочим эталонам и средства измерения.

В третьей главе изложен материал по развитию системы метрологического обеспечения производства промышленно выпускаемых СО состава ГС в БД. Описаны разработанные методы передачи единиц содержания компонентов от ГПЭ к ВЭТ, РЭ, СО, на основе требований к новым ВЭТ, новых принципов удаленной и поэлементной периодической аттестации эталонных установок РЭ для выпуска СО ГС, обеспечивающих существенное уменьшение использования транспортируемых ЭС –СО ГС, путем применения цифровой спектральной модели ЭС для периодической аттестации РЭ на основе ИК Фурье спектрометра, используемого для выпуска СО ГС 1, 2-го разряда, содержащих определяемые компоненты оксид азота, диоксид азота, хлористый водород, фтористый водород и др., поэлементного метода периодической аттестации перспективной динамической газосмесительной эталонной установки, изготавливающей партии идентичных СО 1-го, 2-го разрядов на основе смешения газовых потоков, содержащих определяемый компонент и газ-разбавитель, новой линии передачи от ЭС – СО ЧГ к СО ЧГ 0,1-го разряда в рамках Государственной поверочной схемы, выходного контроля МХ СО ГС в БД на основе специализированных многокомпонентных ГС в БД,

включающих все компоненты однотипных ГС в БД внутри одной группы ГС, изготавливаемых предприятиями – изготовителями ГС в БД, позволяющие установить их сопоставимость между собой и подтвердить их МХ для соответствующего вида ГС, а также анализа степени критичности состояния готовности предприятий-изготовителей ГС в БД в Российской Федерации к расширению номенклатуры и количеству выпускаемых СО.

В четвертой главе представлены результаты международных ключевых сличений с 2010-2025 гг., подтверждающих высокий уровень и достоверность определения метрологических характеристик ГПЭ нового поколения в соответствии с группами ГС. Показан результат участия в сличениях. Общее количество СМС в области газового анализа на начало 2025 г. составило 371 позицию, что является 1-м местом в мире.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложениях приведены протоколы исследования метрологических характеристик ГПЭ, сертификат соответствия программного обеспечения, протоколы контроля стабильности, акты о внедрения результатов исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

На основе анализа современного состояния и перспективных направлений развития в области метрологического обеспечения газоаналитических измерений, автор обоснованно и корректно сформулировал цель и взаимосвязанные задачи исследований.

Исследования проводились с использованием разработанных и известных методов и методик, значительного объема экспериментальных данных, полученных с использованием современных средств измерений, методов компьютерного моделирования, статистической обработки экспериментальных данных. Данный выбор является обоснованным и методически правильным.

В процессе исследований автором были получены следующие **результаты**:

1 Проведен анализ развития газоаналитических измерений в Российской Федерации, в результате которого выявлены противоречия, несоответствия и недостатки существующей системы метрологического обеспечения газоаналитических измерений в части разработки, производства и применения СО ГС и ЧГ в БД для обеспечения

потребности промышленности, науки и социальных сфер, что позволило сформулировать цель и задачи исследований, в части обеспечения растущих потребностей, решение которых необходимо выполнить в ходе представленной диссертационной работы.

2 На основе разработки улучшенной физико-математической модели воспроизведения единиц содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах создан ГПЭ нового поколения, обеспечивающий увеличение комплекса опорных значений, расширение диапазона воспроизведения единиц содержания определяемых компонентов от $1,5 \cdot 10^{-8} \%$ до 99,99999 % с улучшенной в более чем в 2 раза относительной расширенной неопределенностью U_0 при $k=2$ от 6,6 % до $3,3 \cdot 10^{-6} \%$ и изготовлены 14 типов ЭС – СО ГС в БД, соответствующих всем 9 группам газовых смесей, охватывающим 400 определяемых компонентов.

3 Разработан метод комплексной верификации для контроля стабильности воспроизведения единиц содержания компонентов ГПЭ, позволяющий уменьшить трудоемкость контроля в 2 раза с применением разработанной программы для ЭВМ GasGravi (РИД Свидетельство № 2024684605).

4 Разработаны физико-математическая модель передачи единицы молярной доли компонентов от ГПЭ к ВЭТ нового поколения и новые методы, обеспечивающие возможность рационализации передачи единиц молярной доли за счет существенного уменьшения количества «технологических» и «контрольных» транспортируемых ЭС путем их замены на СО ГС 0-го разряда, которые получают в результате воспроизведения единицы молярной доли на ВЭТ нового поколения и приведения единицы молярной доли компонентов в ЧГ к ГПЭ с помощью впервые разработанных 14 типов ЭС - СО ЧГ с нормированным комплексом примесных компонентов.

5 Осуществлено внедрение трех ВЭТ нового поколения, соответствующие требованиям МИ 3690-2025 позволяющих уменьшить выпуск «технологических» транспортируемых ЭС – СО ГС в 3 раза за счет их замены на СО ГС 0-го разряда.

6 Разработаны предложения по дополнению Государственной поверочной схемы новой линией передачи от ЭС – СО ЧГ, СО ЧГ 0 и 1-го разрядов к СИ.

7 Разработан метод удаленной аттестации ЭУ для получения СО ГС 1 и 2-го разрядов, содержащих химически активные определяемые компоненты, имеющих спектр поглощения в инфракрасной области спектра, без использования «контрольных» транспортируемых ЭС - СО ГС за счет применения их цифровых спектральных моделей.

8 Предложен способ выходного контроля МХ каждого производимого СО ГС в БД с применением разработанных двух специализированных многокомпонентных ГС, позволяющих распространить результаты выходного контроля МХ ГС в БД, на СО ГС в

БД общим объемом до 80 тыс. единиц, выпускаемых предприятиями-изготовителями.

9 Разработаны показатели уровня критичности состояния готовности предприятий-изготовителей СО ГС в БД в РФ к расширению номенклатуры и количества выпускаемых СО. Определены предприятия – изготовители с максимальной и минимальной критичностью выпуска СО. На основе полученных данных разработан план мероприятий по совершенствованию производств СО ГС в БД в Российской Федерации до 2036 г.

10 Доказана эквивалентность ГПЭ национальным эталонам НМИ зарубежных стран мира путем участия в 46 международных сличениях под эгидой КККВ МБМВ по измерительной категории «Газы», подтверждающие адекватность физико-математических моделей и достоверность воспроизведения и передачи единиц содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах с помощью ГПЭ нового поколения. На начало 2025 г. Российская Федерация занимает первое место в мире по количеству позиций калибровочных и измерительных возможностей по измерительной категории «Газы» – опубликовано 371 позиция СМС.

Достоверность и обоснованность полученных результатов исследований и выводов обусловлена достаточно глубоким анализом литературных источников, сопоставлением разработанных и известных методов и методик, значительным объемом экспериментальных данных, полученных с использованием современных средств измерений. Подтверждением достоверности полученных результатов является использование современных методов анализа, расчета и обработки экспериментальных данных, а также широким обсуждением диссертационной работы на многочисленных международных и всероссийских конференциях и семинарах, внедрением в практику Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах. Полученные результаты подтверждены степенью эквивалентности Государственного первичного эталона ГЭТ 154, реализующего разработанные на основе исследований методики и включающего в себя поверенные и калиброванные высокоточные средства измерений, исходным национальным эталонам других государств в рамках международных сличений, а также при производстве стандартных образцов состава газовых смесей в баллонах под давлением.

Научная новизна диссертационной работы определяется результатами, полученными соискателем, в частности:

1. Улучшена физико-математическая модель воспроизведения единиц содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах за счет установления зависимости неопределенности значений молярной доли и массовой концентрации определяемых компонентов в гравиметрических газовых смесях от количества ступеней приготовления с верификацией на каждой ступени приготовления, а также от определения чистоты химически активных компонентов на первой ступени приготовления, оценки пассивации баллонов, пересчета молярной доли в массовую концентрацию, что позволило расширить диапазон воспроизведения единиц молярной доли и массовой концентрации компонентов, применить ее для химически активных определяемых компонентов.

2. Разработан и применен алгоритм комплексной верификации, который реализован в программном обеспечении для ЭВМ GasGravi, обеспечивающий контроль стабильности воспроизведения единиц содержания компонентов ГПЭ путем получения необходимой информации за счет независимых воспроизведений при изготовлении не менее двух ЭС $x_{ЭС}$, включающих все процедуры на каждой многофункциональной эталонной установке и оценку результатов по критерию сопоставимости ЭС с расширенной неопределенностью ЭС $U_{ЭС}$ при $k = 2$ $|x_{ЭС_1} - x_{ЭС_2}| \leq U_{ЭС}$.

3. Разработана физико-математическая модель передачи единицы молярной доли компонентов от ГПЭ к ЭУ предприятий - изготовителей на основе воспроизведения единицы молярной доли компонентов в чистых газах и газовых смесях вторичными эталонами и приведения единицы молярной доли компонентов в ЧГ к ГПЭ с помощью впервые разработанных «контрольных» ЭС - СО ЧГ с нормированным комплексом примесных компонентов, что обеспечивает исключение применения «технологических» транспортируемых ЭС - СО ГС.

4. Разработан новый метод удаленной аттестации эталонных установок для получения СО ГС 1 и 2-го разрядов, содержащих химически активные определяемые компоненты, имеющих спектр поглощения в инфракрасной области спектра, без использования «контрольных» транспортируемых ЭС - СО ГС за счет применения их цифровых спектральных моделей.

5. Разработан алгоритм, имитирующий выходной контроль МХ каждой производимой ГС в БД, относящейся к группе ГС (инертные и постоянные газы), выпускаемой всеми предприятиями - изготовителями, с использованием разработанных специализированных многокомпонентных ГС, имеющих составы, соответствующие всем компонентам данной группы.

Проанализированные основные результаты работы свидетельствуют о достаточно высокой научно-технической квалификации автора.

Теоретическая ценность научных результатов диссертации характеризуется тем, что разработанные методы и новые подходы передачи единиц содержания определяемых компонентов от Государственного первичного эталона к эталонным установкам предприятий-изготовителей расширяют возможности метрологического обеспечения газоаналитических измерений, и вносят вклад в развитие теоретических основ и совершенствование системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей.

Практическая значимость диссертации связана с реализацией новых методов и методологии, разработанной и внедренной автором в производство, что подтверждается соответствующими актами, а именно:

1. Создан ГПЭ нового поколения, как комплекс многофункциональных установок, обеспечивающий воспроизведение единиц содержания компонентов, охватывающих все основные группы ГС.
2. Обеспечен менее трудоемкий контроль стабильности воспроизведения единиц содержания компонентов ГПЭ на основе метода комплексной верификации.
3. Разработаны методики первичной и периодической аттестации 35 эталонов, функционирующих на предприятиях – изготовителях.
4. Для обеспечения создания на трех предприятиях – изготовителях СО ГС в БД, выпускающих около 70 % от общего объема выпуска всеми предприятиями, новых вторичных эталонов разработана МИ 3690-2025 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Вторичные эталоны – многофункциональные эталонные установки, обеспечивающие выпуск стандартных образцов состава газовых смесей 0-го разряда. Типовые требования к составу», позволившая уменьшить выпуск ЭС - СО ГС в 3 раза за счет их замены на СО ГС 0-го разряда.
5. Обеспечено существенное уменьшение использования транспортируемых ЭС за счет разработки новых принципов удаленной периодической аттестации рабочих эталонов 1-го разряда для выпуска СО ГС в БД.
6. Разработан принцип контроля МХ ГС в БД путем установления сопоставимости однотипных СО ГС в БД, изготавливаемых большинством предприятий – изготовителей, из одной группы ГС.

7. Внедрена и функционирует на практике Государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах (Приказ Росстандарта № 2315 от 31.12.2020 г.), даны предложения в части включения новой линии передачи от ЭС - СО ЧГ, СО ЧГ 0 и 1-го разрядов к СИ.

8. По результатам участия в 46 международных сличениях под эгидой КККВ – метрология в химии и биологии МБМВ по измерительной категории «Газы», внесено в базу данных МБМВ около 300 позиций калибровочных и измерительных возможностей Российской Федерации, которые подтверждают эквивалентность ГПЭ национальным эталонам стран мира и позволяют обеспечить всемирное признание результатов измерений и калибровок, прослеживаемых к ГПЭ, для снижения барьеров в торговле.

Вместе с тем, исходя из анализа содержания текста диссертации и автореферата, диссертационная работа содержит ряд **недостатков и замечаний**:

1. Заявленная цель работы, а именно «Устранение несоответствий системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей современным требованиям научно-технического развития Российской Федерации», выглядит более, чем скромной по отношению к проделанной соискателем работе, не отражает масштаба, выполненных научных исследований. На сколько понял оппонент, исходя из анализа представленных материалов, целью работы может быть «Создание современной системы метрологического обеспечения газоаналитических измерений, обеспечивающей развитие измерительных технологий в науке и промышленности».

2. В разделе «степень разработанности темы исследования» отсутствует информация с какого момента времени идет совершенствование системы метрологического обеспечения, описываемое в данной работе? Анализ степени разработанности темы сфокусирован в основном на отечественных исследованиях. Существуют ли зарубежные аналоги разработанных методов (например, используются ли где-то в мире аналоги цифровых спектральных моделей для удаленной аттестации и метод предварительной пассивации)?

3. Насколько репрезентативны одна-две смеси для контроля всей номенклатуры газовых смесей? Не приведет ли такой выборочный контроль к пропуску брака в менее массовых, но критически важных группах ГС (например, с сероводородом или аммиаком)?

4. Требуется ли метод цифровой спектральной модели для удаленной аттестации обязательной стандартизации моделей и программного обеспечения ИК Фурье спектрометров на всех предприятиях?

5. Работа имеет высокую практическую значимость, однако в автореферате отсутствует оценка экономического эффекта от внедрения разработанной системы. Как повлияло сокращение трудозатрат и транспортировки ЭС на себестоимость производства СО? Каков ожидаемый экономический эффект от предотвращения возможных потерь из-за ошибок измерений?

Поставленные вопросы к соискателю носят, скорее, дискуссионный характер и не снижают ценности основных результатов проведенного исследования для науки и практики, и не влияют на общую положительную оценку важности результатов диссертации Колобовой Анны Викторовны.

Работа содержит результаты многолетних исследований, выполненных лично, при непосредственном участии или под руководством автора. **Личное участие** состоит в постановке и разработке основной темы диссертации, в разработке методов, рекомендаций, методологии, в проведении исследований на предприятиях-изготовителях, в сборе и анализе статистических материалов. Достижения других авторов использованы корректно с указанием ссылок на конкретные публикации. Результаты работы адекватно отражены публикациями 2011-2025 годов в 4-х монографиях и в рецензируемых научных журналах и изданиях, что позволило оппоненту ознакомиться с работой задолго до написания отзыва.

Содержание автореферата дает полное представление о самой работе и хорошо аргументирует все положения, выносимые автором на защиту. Автореферат диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Материалы диссертации и автореферата диссертации изложены достаточно грамотно, логически последовательно и представлены в лаконичной форме.

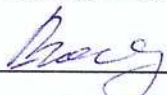
Заключение

1. Диссертация Колобовой А.В. на тему «Развитие системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является завершенной научно-квалификационной работой. Она выполнена на актуальную тему, в которой решена важная научно-техническая проблема - создание современной системы метрологического обеспечения газоаналитических

измерений, обеспечивающей развитие измерительных технологий в науке, промышленности и социальных сферах на основе обеспечения единства измерений производства больших объемов стандартных образцов газовых смесей.

2. На основании экспертизы материалов диссертации, автореферата и опубликованных работ можно сделать вывод о том, что по актуальности, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов диссертационная работа Колобовой А.В. соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, а её автор, Колобова Анна Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Руководитель отдела развития и внедрения комплексных методов оценки загрязнения атмосферного воздуха Общества ограниченной ответственности «Институт проектирования, экологии и гигиены», доктор технических наук, профессор


Волкодаева Марина Владимировна
20 октября 2025 г.



Подпись официального оппонента Волкодаевой Марины Владимировны заверяю:


специалист по кадровому делопроизводству А.Н. Латыпова
20 октября 2025 г.

Сведения об официальном оппоненте

по диссертации Колобовой Анны Викторовны на тему: «Развитие системы метрологического обеспечения промышленного производства больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей», подготовленной по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение» на соискание учёной степени доктора технических наук

Фамилия, имя, отчество	Волкодаева Марина Владимировна
Дата рождения	
Учёная степень	Доктор технических наук
Учёное звание	профессор по научной специальности 05.11.13 Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий
Академическое звание	нет
Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	ученая степень доктора технических наук по специальности 25.00.36 Геоэкология по техническим наукам
Полное название организации, которая является основным местом работы	Общества ограниченной ответственности «Институт проектирования, экологии и гигиены» (ООО «ИПЭиГ»)
Организационно – правовая форма	Общества ограниченной ответственности
Ведомственная принадлежность	проектирование
Наименование структурного подразделения	отдел развития и внедрения комплексных методов оценки загрязнения атмосферного воздуха
Должность	Руководитель отдела
Адрес организации	197376, Санкт-Петербург, пр.Медиков, д.9, лит.Б, пом.17Н
Телефон (оппонента)	8-812-677-44-00
Адрес электронной почты	volkodaeva@ipeig.spb.ru

Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации (5 - 15 публикаций)

1. Development of industrial environmental control methods. Volkodaeva, M & Taranina, O & Volodina, Ya & Kuznetsov, V. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 378. 012108. 10.1088/1755-1315/378/1/012108.

Инструментальная диагностика полиароматических углеводородов в промышленных выбросах./ М. В. Волкодаева, О. А. Таранина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № S7. – С. 415-421. – DOI 10.25018/0236-1493-2019-4-7-415-421. – EDN OCULNI.

2. О целесообразности внедрения метода газовой хроматографии в систему экологического мониторинга атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге / М. В. Волкодаева, В. А. Кузнецов, А. В. Киселев // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – № 1(35). – С. 14-22. – DOI 10.33075/2220-5861-2019-1-14-22. – EDN IOLBN.

3. Analysis of the Concentration of Gas-Phase and Solid-Phase Polyaromatic Hydrocarbons in Industrial Emissions from Aluminum Production. Taranina, O. & Burkat, V. & Volkodaeva, M. Metallurgist. 63. 10.1007/s11015-020-00945-6

4. О верификации стабильности и чувствительности метода газожидкостной хроматографии в системе экологического мониторинга Санкт-Петербурга для измерения массовой концентрации формальдегида в атмосферном воздухе / М. В. Волкодаева, В. А. Кузнецов, Я. А. Володина // Системы контроля окружающей среды. – 2020. – № 1(39). – С. 37-45. – DOI 10.33075/2220-5861-2020-1-37-45. – EDN BMLMLR.
5. Устройство для калибровки газоаналитического оборудования для целей метрологического обеспечения экологического мониторинга атмосферного воздуха / М. В. Волкодаева, В. А. Кузнецов, Я. А. Володина // Метрологическое обеспечение инновационных технологий : Материалы III Международного форума в рамках празднования 80-летия Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 300-летия Российской академии наук, Санкт-Петербург, 04 марта 2021 года / Под редакцией В.В. Окрепилова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – С. 281-282. – EDN EZPNPY.
6. Применение метода газовой хроматографии в системе экологического мониторинга атмосферного воздуха / М. В. Волкодаева, Я. А. Володина, А. В. Рябинкина // Экологические системы и приборы. – 2021. – № 10. – С. 36-41. – DOI 10.25791/esip.10.2021.1256. – EDN OQKQNU.
7. Control of pollutants in the atmospheric air on the example of an automated monitoring system in St. Petersburg. Volkodaeva, Marina & Volodina, Yana IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2022. –1061. – P. 012023. – DOI 10.1088/1755-1315/1061/1/012023.
8. О стандартизации подходов для проведения экспериментальных исследований по внедрению методов измерений / М. В. Волкодаева, Я. А. Володина, С. Д. Тимин // Метрологическое обеспечение инновационных технологий: Сборник статей V Международного форума, Санкт-Петербург, 02 марта 2023 года / Под редакцией В.В. Окрепилова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2023. – С. 213. – EDN GQBRKB.
9. Использование данных инструментальных измерений при инвентаризации выбросов / М. В. Волкодаева, А. В. Левкин, А. Ю. Ломтев // Экология производства. – 2025. – № 4(249). – С. 96-101. – EDN IWBIBC.
10. Научно-методические основы развития инструментального контроля качества атмосферного воздуха / М. В. Волкодаева, А. А. Левкин, А. Ю. Ломтев // Окружающая среда. – 2025. – № 1(35). – С. 42-47.

Руководитель отдела развития и внедрения комплексных методов оценки загрязнения атмосферного воздуха Общества ограниченной ответственности «Институт проектирования, экологии и гигиены», доктор технических наук, профессор

Волкодаева Марина Владимировна

20 октября 2025 г.

Подпись Волкодаевой Марины Владимировны заверяю:

специалист по кадровому делопроизводству А.Н. Латыпова

20 октября 2025 г.