

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кравцова Дениса Вадимовича «Разработка методов прямого высокочувствительного анализа газовой фазы на основе времяпролетной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Актуальность работы. Исследование процессов ионизации в тлеющем разряде представляет фундаментальный интерес для физической химии и масс-спектрометрии. Понимание механизмов образования ионов позволяет оптимизировать методы анализа для различных классов соединений. Одновременно с этим, разработка новой приборной базы для масс-спектрометрического анализа является важной задачей отечественного приборостроения, соответствующей стратегии импортозамещения.

Работа Д.В. Кравцова охватывает широкий спектр задач: от фундаментального изучения процессов ионизации ЛОС в различных газовых средах (воздух, азот, аргон) до практической разработки методов анализа высокочистых инертных газов. Такой комплексный подход, объединяющий фундаментальные исследования физики разряда с прикладными задачами аналитического контроля, делает работу актуальной и значимой для развития отечественной аналитической науки.

Научная новизна и основное содержание. В диссертационной работе решена важная научно-техническая задача разработки приборной и методической базы для определения летучих органических и неорганических соединений с использованием времяпролетной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом. Научная новизна работы подтверждается следующими результатами:

1. Проведено исследование процессов ионизации ЛОС в воздухе, азоте и аргоне. Показаны различия механизмов ионизации: в аргоне доминирует процесс переноса протона, в воздухе — Пеннинговская ионизация метастабильными молекулами азота, в азоте — смешанный процесс. Обнаружено, что молекула NO значительно влияет на процессы ионизации, участвуя в процессах асимметричного переноса заряда.
2. Показано значительное снижение степени фрагментации в импульсном тлеющем разряде по сравнению с электронной ионизацией. Для большинства исследованных соединений (алканы, спирты, арены, сложные эфиры, кислоты) интенсивности пиков молекулярных ионов в импульсном тлеющем разряде значительно выше, чем в источнике электронной ионизации.

3. Продемонстрирована возможность применения комбинированной ионизации (Пеннинговская и электронная) для анализа высокочистых газов. Использование времяпролетного эффекта позволяет разделять механизмы ионизации за счёт варьирования времени задержки выталкивающего импульса.
4. Разработана разрядная ячейка с повышенной герметичностью и термостабильностью для анализа высокочистых газов. Создана многоканальная система напуска газов, позволяющая проводить смешение нескольких газов и использовать нормировочные газовые смеси.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработан метод прямого определения ЛОС в воздушных смесях с пределами обнаружения на уровне 1-10 ppb_v, не требующий сложной пробоподготовки.
2. Разработан метод прямого высокочувствительного анализа высокочистых благородных газов с пределами обнаружения примесей 1-500 ppt_v, что сравнимо или лучше методов ГХ-ГИД и CRDS.
3. Метод применён для анализа выдыхаемого воздуха с обнаружением порядка 70 компонент, для которых определены брутто-формулы. С применением подходов хемометрики метод может быть рекомендован для профилактической диагностики заболеваний.
4. Метод применён для анализа операционного воздуха при хирургических вмешательствах с обнаружением потенциальных онкомаркеров (2-бутанон, 2-гептанон, ацетон, фенол и др.) в концентрациях от 2 до 1200 ppb_v.
5. Получены метрологические характеристики разработанного метода для определения примесей в высокочистом гелии с использованием аттестованных газовых смесей. Показано, что использование нормировочной смеси с криптоном улучшает воспроизводимость в 2-8 раз.

Замечания и вопросы:

1. В автореферате указано, что диапазон параметров разряда для достижения оптимальных характеристик достаточно узок (длительность импульса 1.0-1.2 мкс, давление 130-160 Па). Насколько критично поддержание этих параметров для стабильной работы прибора в реальных условиях эксплуатации? Какова чувствительность метода к дрейфу параметров разряда во времени?
2. В тексте автореферата не указаны методы, по которым проводилась оценка пределов обнаружения.

Однако указанные недостатки не являются существенными и не снижают ценности представленных результатов. Диссертационная работа Кравцова Дениса Вадимовича в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертант, Кравцов Денис Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н.,
НИЦ «Курчатовский институт»


03.03.2026

Андрей Вячеславович Емельянов

Контактная информация:

123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова д.1. +7-499-1967100 (66-28),

emelyanov_av@nrcki.ru

Даю согласие на обработку персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

 А.В. Емельянов

Подпись Емельянова Андрея Вячеславовича удостоверяю:

Заместитель директора –
главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»





О.А. Алексеева