

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.

Современная аналитическая химия и приборостроение сталкиваются с вызовами, требующими создания методов, сочетающих высокую чувствительность, быстроедействие и минимальную пробоподготовку. Особую значимость это приобретает в двух ключевых областях: биомедицинской диагностике и высокотехнологичной промышленности. В медицине существует острая потребность в неинвазивных методах раннего выявления заболеваний, где летучие органические соединения (ЛОС) выдыхаемого воздуха и биологических тканей служат потенциальными маркерами патологических процессов, включая онкологические заболевания. Традиционные методы, такие как газовая хроматография-масс-спектрометрия, несмотря на чувствительность, требуют сложной пробоподготовки и времени, что затрудняет их применение для экспресс-диагностики, например, непосредственно во время хирургических вмешательств. Одновременно с этим, отрасли полупроводниковой промышленности и аналитического приборостроения нуждаются в надежных методах контроля чистоты высокочистых инертных газов (гелий, аргон, неон, ксенон) на уровне следовых концентраций. Разработка метода на основе импульсного тлеющего разряда в сочетании с времяпролетной масс-спектрометрией (ИТР-ВП-МС), позволяющего решать обе эти задачи с высокой чувствительностью и низкой степенью фрагментации, делает работу Д.В. Кравцова безусловно актуальной и соответствующей приоритетным направлениям развития науки и техники.

Научная новизна и основное содержание.

В диссертационной работе решена важная научно-техническая задача создания приборной и методической базы для определения летучих органических и неорганических соединений. Научная новизна подтверждается следующими результатами:

В области физики ионизации: Выявлены оптимальные условия ионизации ЛОС в воздухе, основанные на механизме Пеннинговской ионизации метастабильными молекулами азота. Показано значительное снижение степени фрагментации по сравнению с электронной ионизацией, что позволяет регистрировать интенсивные пики молекулярных ионов для широкого класса соединений (алканы, спирты, арены, кетоны). Обнаружены процессы образования ассоциатов с N_2 и NO , что открывает дополнительные возможности для идентификации классов соединений.

В области медицинских приложений: продемонстрирована возможность прямого высокочувствительного определения ЛОС в газовой фазе выделениях человека. Разработан метод анализа выдыхаемого воздуха, и определены порядка 70 компонентов с оценкой их концентраций. Особо значимым результатом является применение метода для анализа операционного воздуха при хирургических вмешательствах (резекция мочевого пузыря), где идентифицировано более 30 соединений, включая потенциальные онкомаркеры (2-буганон, 2-гептанон, ацетон, фенол).

В области анализа неорганических газов: Показана возможность применения комбинированной ионизации (Пеннинговская и электронная) для анализа высокочистых

инертных газов. Разработана методика определения примесей в гелии, неоне и ксеноне с пределами обнаружения на уровне pptv.

Практическая значимость.

Практическая ценность работы заключается в создании готовых инструментальных и методических решений для различных отраслей:

Биомедицинская диагностика: Разработанный подход может быть использован для экспрессной подтверждающей диагностики онкологических заболеваний путем анализа летучих биомаркеров непосредственно в ходе хирургического вмешательства. Возможность анализа выдыхаемого воздуха с обнаружением широкого спектра компонентов (ацетальдегид, изопрен, толуол и др.) без сложной пробоподготовки создает предпосылки для создания скрининговых систем профилактической диагностики. Применение подходов хемометрики позволяет рассматривать метод как аналог «электронного носа» с значительно более высокой информативностью.

Контроль высокочистых газов: Разработан метод прямого высокочувствительного анализа высокочистых благородных газов с пределами обнаружения примесей 1-500 pptv. Получены метрологические характеристики метода для определения примесей в высокочистом гелии с использованием аттестованных газовых смесей. Показано, что использование нормировочной смеси с криптоном улучшает воспроизводимость результатов в 2-8 раз. Разработанный приборный комплекс поставлен в МГТУ им. Баумана и используется для контроля степени чистоты гелия при его очистке, что подтверждает реальную внедряемость результатов.

Приборостроение и ПО: Проведена модернизация разрядной ячейки для анализа ЛОС в воздухе (снижение «эффекта памяти») и разработана новая разрядная ячейка с повышенной герметичностью для анализа высокочистых газов. Создана многоканальная система напуска газов, упрощающая процедуру градуировки.

Замечания.

1. Рисунок 2 в тексте автореферата является визуально плохо различимым. Полученные графики стоило бы разделить и представить более крупно.

2. Представленные на рисунке 6 3D модели разрядных ячеек требуют некоторых разъяснений по расположению и исполнению основных элементов, так как существует сложность восприятия для человека не знакомого с тлеющим разрядом.

Однако, представленные замечания носят исключительно рекомендательный характер и не снижают общей хорошей оценки представленной работы.

Заключение.

Диссертационная работа Кравцова Дениса Вадимовича представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором решена актуальная задача разработки методов прямого высокочувствительного анализа газовой фазы. Работа выполнена на высоком техническом уровне, результаты достоверны и подтверждены публикациями в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus. В ходе изучения материалов диссертации и автореферата существенных замечаний, препятствующих присуждению ученой степени, не выявлено.

По объёму исследований, новизне, значимости и качеству полученных результатов диссертация Кравцова Д.В. соответствует требованиям, пп.9-13 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в редакции от 25.01.2024) О порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата 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 научного отделения радиационной онкологии и ядерной медицины.

Доктор медицинских наук, профессор.

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России).


_____ / А.И. Арсеньев /

27.02.2026г.

Контактная информация:

197758, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, дом 68

Телефон: +7(812) 439-95-55

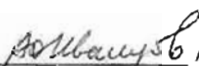
E-mail: center.petrova@niiioncologii.ru

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


_____ / А.И. Арсеньев /

Подпись Арсеньева Андрея Ивановича заверяю:

Учёный секретарь ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России,
доктор медицинских наук


_____ / А.О. Иванцов /

