

Отзыв научного руководителя

о соискателе ученой степени кандидата технических наук

Кравцове Денисе Вадимовиче

Д.В.Кравцов в 2021 году поступил в очную аспирантуру ФГБУН ИАП РАН по направлению 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики». За время обучения в аспирантуре Денисом Вадимовичем были на отлично сданы все экзамены и завершены несколько спецкурсов. За время обучения им был приобретен большой исследовательский и практический опыт. Им также был проделан большой объём самостоятельных оригинальных экспериментальных исследований физических процессов, протекающих в импульсном источнике ионов с тлеющим разрядом, результатом которых явилась разработка нового эффективного источника ионов для времяпролётного масс-спектрометрического комплекса, предназначенного для анализа газов широкого профиля. За время подготовки работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Д.В. Кравцов показал себя вдумчивым и ответственным исследователем, стремящимся к расширению и углублению своих знаний в изучаемой области.

Поставленная цель работы заключается в разработке приборной и методической базы для определения летучих соединений в газовых смесях на основе времяпролётной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом (ИТР-ВП-МС).

Актуальность работы заключается в том, что современные задачи экологического мониторинга и неинвазивной медицинской диагностики, в частности, выявление биомаркеров заболеваний по составу выдыхаемого воздуха, требуют создания аналитических методов, сочетающих высокую чувствительность, быстрдействие и универсальность. Традиционные подходы, такие как газовая хроматография в сочетании с масс-спектрометрией (ГХ-МС), несмотря на свою надежность, обладают существенными ограничениями, включая длительное время анализа и сложную, трудоемкую пробоподготовку, что делает их малоприменимыми для оперативного скрининга и непрерывного мониторинга. В связи с этим разработка прямых методов детектирования летучих органических и неорганических соединений в сложных газовых матрицах, таких как атмосферный или выдыхаемый воздух, является чрезвычайно актуальной научной и прикладной задачей. Особый интерес представляют методы мягкой ионизации, способные минимизировать фрагментацию молекул, обеспечивая доминирование молекулярных

ионов $[M^+]$ в масс-спектрах, что критически важно для идентификации неизвестных компонентов в реальных образцах.

В ходе работы автором работы был решен круг не только исследовательских, но и инженерных задач. Так им было проведено исследование процессов ионизации в воздухе и других газах в импульсном тлеющем разряде, в ходе которого был обнаружен широкий круг процессов, включая такие как образование ассоциатов с NO и N₂. Помимо этого было проведено тщательное сравнение степени фрагментации с текущим лабораторным стандартом – масс-спектрометрией с электронной ионизацией, и показано значительное снижение степени фрагментации относительно последней. Результатом проведенного исследования стала модернизация разрядной ячейки для анализа ЛОС в воздухе, заключающаяся в изменении ввода пробы на коаксиальный, и получение оценочных пределов обнаружения метода на уровне единиц ppb_v .

Разработанный метод был использован для анализа образцов выдыхаемого воздуха. Денисом Вадимовичем был проведен тщательный анализ полученных спектров, в результате чего были получены брутто-формулы и оценки концентрации для около 70 компонентов, для части из которых были выдвинуты предположения о возможных соединениях, таких как ацетон, изопрен, толуол и другие. Кроме того, в ходе работы был проведен анализ образцов операционного воздуха, полученных при проведении операции по удалению новообразований мочевого пузыря. В ходе данной работы были обнаружены и идентифицированы порядка 30 соединений, часть из которых являются предполагаемыми маркерами онкологических заболеваний. Эти результаты могут быть использованы для разработки малоинвазивного высокочувствительного метода ранней диагностики заболеваний, в том числе онкологических — что соответствует целям и задачам выполняемого в настоящий момент национального проекта «Здравоохранение» (см. актуальные национальные проекты Российской Федерации).

Помимо этого, Денис Вадимович принимал непосредственное участие в разработке прямого высокочувствительного метода анализа высокочистых инертных газов. Разрядная ячейка повышенной герметичности и многоканальная система напуска позволили достичь оценочных пределов обнаружения на уровне до единиц ppt_v при анализе высокочистого гелия. Помимо этого, разработанный метод анализа высокочистых инертных газов, таких как гелий, неон, аргон, ксенон, находящихся в настоящее время широкое применение во многих областях науки и техники, обладает широкой практической значимостью для целей контроля очистки и производства вышеуказанных газов.

Следует отметить, что полученные в работе Кравцова Дениса Вадимовича результаты имеют большое практическое и прикладное значение и могут быть

использованы как в промышленной практике для контроля производственных процессов, так и в медицинской диагностике для создания принципиально новых методов ранней диагностики заболеваний. Так, разработанный с его участием метод анализа высокочистых газов нашел свое применение в лаборатории МГТУ по очистке инертных газов «Лаборатория Э4 — Холодильная криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения».

Научная новизна, практическая значимость и оригинальность диссертационной работы Кравцова Дениса Вадимовича «Разработка методов прямого высокочувствительного анализа газовой фазы на основе времяпролетной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом» не вызывают сомнений. Предмет и содержание работы соответствуют паспорту специальности ВАК 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

К настоящему моменту Д.В. Кравцов опубликовал 3 статьи по теме диссертационной работы в рецензируемых Scopus и WoS научных журналах с высокой научной репутацией и рейтингом (European Journal of Mass-Spectrometry, Journal of Analytical Chemistry, Spectrochimica Acta Part A – Molecular and Biomolecular Spectroscopy). Денис Вадимович выступал с докладами по теме своей диссертационной работы на престижных Всероссийских конференциях, в том числе и с международным участием — в частности, на конференциях «Ломоносов-2021», «Масс-спектрометрия её прикладные проблемы» (2023), 4 Съезд Аналитиков и другие. Его доклад был признан лучшим на секции «Аналитическая химия» на конференции «ЛОМОНОСОВ-2021». В ближайшее время планируется устный и стендовый доклад с его активным участием на XI Всероссийской конференции с международным участием «Масс-спектрометрия и её прикладные проблемы» (2025). Также по материалам рассматриваемой диссертационной работы в настоящее время направлена в печать в журнал «Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy» (ранг Q1) развёрнутая статья «Direct detection of potential cancer markers in gas samples during bladder tumor surgery using pulsed glow discharge time-of-flight mass spectrometry», подготовленная с непосредственным участием Дениса Вадимовича и содержащая в том числе полученные им важные научные результаты.

К настоящему времени Д.В. Кравцов является состоявшимся исследователем, способным принимать и реализовывать самостоятельные решения, ставить новые научно-исследовательские задачи и проводить научные исследования, глубоко анализировать полученные данные и делать содержательные выводы об исследуемых физических объектах, квалифицированно проводить научные эксперименты, грамотно планировать свою научную работу, проводить профессиональный поиск требуемой научной

информации, квалифицированно анализировать современную научную литературу, использовать в своей работе современные научные методы и технологические решения. Представленная им диссертационная работа несомненно свидетельствует о его высокой квалификации как сложившегося серьёзного и высокопрофессионального учёного-исследователя. Проведённые им оригинальные экспериментальные исследования и выполненная им в значительной степени самостоятельно разработка приборной и методической базы для определения летучих соединений в газовых смесях на основе времяпролетной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом однозначным образом подтверждают его выдающийся талант физика-экспериментатора и разработчика новых физических приборов в области практического аналитического приборостроения.

Диссертация Д.В.Кравцова «Разработка методов прямого высокочувствительного анализа газовой фазы на основе времяпролетной масс-спектрометрии с импульсным тлеющим разрядом» является законченной квалификационной научно-исследовательской работой, которая соответствует паспорту специальности ВАК 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики». По совокупности выполненных оригинальных исследовательских работ, включая данную диссертацию, Денис Вадимович безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., заведующий лабораторией №223 экологической
масс-спектрометрии ИАП РАН

Бердников Александр Сергеевич

30.09.2025 г.

Подпись зав. лабораторией Бердникова А.С.
Удостоверено.

Зач-к от Иванова

