

УДК 656.022.62:543.06

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
ПРИ ТАМОЖЕННОМ КОНТРОЛЕ****Афонин Д.Н.***Санкт-Петербургский имени В.Б. Бобкова филиал
Российской таможенной академии***PROBLEMS AND PROSPECTS OF IDENTIFICATION
OF ORGANIC SUBSTANCES DURING CUSTOMS CONTROL****Afonin D.N.***St. Petersburg named after V.B. Bobkov Branch of the Russian Customs Academy***Аннотация**

Статья посвящена анализу проблем и перспектив идентификации органических веществ в рамках таможенного контроля, что является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения незаконного оборота товаров. Рассматриваются ключевые трудности, связанные с разнообразием химических соединений, наличием примесей, ограничениями по времени анализа и недостаточной оснащенностью таможенных служб. Особое внимание уделено современным методам идентификации, таким как инфракрасная, рамановская спектроскопия и иондрейфовые технологии, которые обладают значительным потенциалом для оперативного и точного анализа. В работе обсуждаются перспективы применения портативных приборов, интеграции с системами машинного обучения и расширения спектральных баз данных, а также необходимость международного сотрудничества для повышения эффективности таможенных процедур. На основе проведенного анализа делается вывод о возможности значительного улучшения процессов идентификации органических веществ при условии внедрения инновационных технологий и совершенствования инфраструктуры таможенного контроля.

Ключевые слова: таможенный контроль, идентификация органических веществ, инфракрасная спектроскопия, рамановская спектроскопия, иондрейфовые технологии, портативные приборы, машинное обучение, спектральные базы данных, международное сотрудничество, безопасность границ.

Abstract

The article addresses the challenges and prospects of identifying organic substances during customs control, a critical task for ensuring security and preventing the illegal trafficking of goods. It examines the main difficulties, including the diversity of chemical compounds, the presence of impurities, time constraints in analysis, and the limited resources of customs services. Special attention is given to modern identification methods such as infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, and ion mobility technologies, which offer significant potential for rapid and accurate analysis. The study explores the prospects of using portable devices, integrating machine learning systems, and expanding spectral databases, as well as the importance of international cooperation in enhancing the efficiency of customs procedures. Based on the analysis, the article concludes that the implementation of innovative technologies and the improvement of customs infrastructure can substantially advance the identification of organic substances.

Keywords: customs control, identification of organic substances, infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, ion mobility technologies, portable devices, machine learning, spectral databases, international cooperation, border security.

Ссылка для цитирования: Афонин Д.Н. Проблемы и перспективы идентификации органических веществ при таможенном контроле // Бюллетень инновационных технологий. – 2025. – Т. 9. – № 2 (34). – С. 10-15. – EDN CWDQVV.

Современные реалии международной торговли и глобализации ставят перед таможенными органами сложные задачи, связанные с обеспечением безопасности, предотвращением контрабанды и контролем перемещения товаров через государственные границы. Одной из ключевых про-

блем в этой области является идентификация органических веществ, которые могут входить в состав различных грузов, включая как легальные товары, так и потенциально опасные или запрещенные материалы. Органические соединения, благодаря своей химической разнообразности и широ-

кому спектру применения, представляют собой значительную часть объектов таможенного контроля. Однако процесс их идентификации сопряжен с рядом трудностей, обусловленных как природой самих веществ, так и ограничениями применяемых технологий и методов [2]. В данной статье рассматриваются основные проблемы, возникающие при идентификации органических веществ в рамках таможенного контроля, а также перспективы развития этой области с учетом достижений науки и техники.

Идентификация органических веществ в условиях таможенного контроля представляет собой сложный аналитический процесс, целью которого является точное определение химического состава и структуры соединений, содержащихся в образцах. Эти вещества могут включать в себя фармацевтические препараты, агрохимикаты, наркотические средства, токсичные соединения, пищевые добавки, красители, полимеры и многие другие классы соединений. Их идентификация необходима для проверки соответствия заявленных характеристик товара нормативным требованиям, а также для выявления запрещенных или опасных материалов. Однако сложность задачи обусловлена несколькими факторами, среди которых можно выделить разнообразие химических структур, наличие примесей, ограничения по времени анализа и необходимость высокой точности результатов [2].

Одной из главных проблем является огромное разнообразие органических соединений, с которыми сталкиваются таможенные службы. На сегодняшний день известно более 100 миллионов органических веществ, и их число продолжает расти благодаря синтетическим разработкам в химической промышленности. Даже в рамках одного класса соединений, например алканов или аминов, могут существовать тысячи изомеров, отличающихся пространственным строением, функциональными группами или молекулярной массой [3]. Это создает значительные трудности при использовании традиционных аналитических методов, таких как спектроскопия или хроматография, поскольку для точной идентификации требуется не только определить класс вещества, но и исключить возможные ошибки, связанные с близкими по структуре соединениями. Кроме того, в реальных условиях таможенного контроля образцы часто представляют собой сложные смеси, содержащие несколько компонентов, что дополнительно усложняет анализ [4].

Еще одной проблемой является наличие примесей и матричных эффектов. Многие органические вещества поступают на таможенный контроль в виде смесей, растворов или композиций, где целевое соединение может быть замаскировано другими компонентами. Например, наркотические вещества часто разбавляются нейтральными добавками, чтобы затруднить их обнаружение. Матричные эффекты могут влиять на результаты анализа, снижая чувствительность приборов или искажая спектральные данные. Для преодоления этой проблемы требуется использование сложных методов пробоподготовки, таких как экстракция, очистка или концентрирование образцов, что, в свою очередь, увеличивает время анализа и требует высокой квалификации персонала.

Ограничения по времени являются еще одним важным аспектом, влияющим на эффективность идентификации органических веществ при таможенном контроле. Таможенные процедуры должны выполняться в сжатые сроки, чтобы не задерживать движение товаров через границу. Однако традиционные методы анализа, такие как газовая хроматография в сочетании с масс-спектрометрией, могут занимать от нескольких часов до нескольких дней, особенно если требуется дополнительная обработка образцов. Это создает необходимость поиска более быстрых и автоматизированных решений, которые позволили бы проводить экспресс-анализ без потери точности.

Кроме того, значительным вызовом является недостаточная квалификация персонала и ограниченный доступ к современным аналитическим технологиям. Многие таможенные службы, особенно в развивающихся странах, сталкиваются с нехваткой специалистов, способных эффективно работать с высокотехнологичным оборудованием. Даже в развитых странах не всегда удается обеспечить все таможенные пункты дорогостоящими приборами, такими как ядерно-магнитный резонанс или времяпролетные масс-спектрометры. Это приводит к тому, что в некоторых случаях анализ проводится с использованием менее точных методов, что увеличивает риск ошибок и пропуска запрещенных веществ.

Несмотря на перечисленные проблемы, развитие науки и технологий открывает широкие перспективы для совершенствования процессов идентификации органических веществ при таможенном контроле. Одним из

наиболее многообещающих направлений является внедрение портативных аналитических приборов, которые позволяют проводить экспресс-анализ непосредственно на месте. Например, портативные инфракрасные спектрометры или рамановские спектрометры уже активно применяются для быстрого определения химического состава образцов. Эти устройства компактны, просты в использовании и не требуют сложной пробоподготовки, что делает их идеальными для работы в полевых условиях [5].

Инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) представляет собой один из наиболее перспективных методов для идентификации органических веществ при таможенном контроле, благодаря своей высокой информативности, скорости анализа и возможности работы с минимальными количествами образцов. Этот метод основан на поглощении инфракрасного излучения молекулами, что позволяет получать уникальный спектральный "отпечаток" вещества, отражающий его функциональные группы и химическую структуру. В контексте таможенного контроля ИК-спектроскопия особенно ценна, поскольку позволяет проводить неразрушающий анализ, что важно для сохранения целостности грузов, а также идентифицировать вещества в различных агрегатных состояниях — твердых, жидких или газообразных [6].

Одним из ключевых преимуществ ИК-спектроскопии является возможность использования портативных приборов, которые становятся все более доступными и удобными для применения в полевых условиях. Такие устройства позволяют таможенному инспектору оперативно анализировать образцы непосредственно на пункте пропуска, не отправляя их в стационарную лабораторию, что значительно сокращает время проверки. Современные портативные ИК-спектрометры оснащены встроенными базами данных, содержащими спектры тысяч органических соединений, что дает возможность автоматически сравнивать полученные данные с эталонными и идентифицировать вещества с высокой точностью. Например, метод уже успешно применяется для обнаружения наркотических средств, таких как кокаин или синтетические опиоиды, а также для проверки состава фармацевтических препаратов на соответствие заявленным характеристикам.

Перспективы применения ИК-спектроскопии в таможенном контроле связаны с

дальнейшим развитием технологий и программного обеспечения. Интеграция с системами машинного обучения позволяет улучшить интерпретацию спектров, особенно в случае сложных смесей, где традиционный анализ может быть затруднен из-за наложения пиков. Алгоритмы искусственного интеллекта способны выделять характерные особенности даже в зашумленных данных, что повышает надежность идентификации. Кроме того, развитие технологий ближнего инфракрасного диапазона (NIR) открывает новые возможности для анализа через упаковочные материалы, что особенно актуально для проверки грузов без вскрытия контейнеров. Усовершенствование чувствительности приборов и расширение спектральных библиотек также способствуют более точному обнаружению новых синтетических веществ, таких как дизайнерские наркотики или токсичные добавки.

Таким образом, ИК-спектроскопия обладает значительным потенциалом для применения в таможенном контроле, обеспечивая быстрое, точное и неинвазивное определение органических веществ. Дальнейшее развитие этого метода, включая миниатюризацию оборудования, улучшение аналитических алгоритмов и расширение баз данных, может существенно повысить эффективность таможенных процедур, укрепляя безопасность и снижая риски пропуска запрещенных материалов через границу.

Рамановская спектроскопия представляет собой мощный аналитический метод, который открывает значительные возможности для идентификации органических веществ в условиях таможенного контроля благодаря своей уникальной способности предоставлять информацию о молекулярной структуре через неупругое рассеяние света. Этот метод позволяет анализировать вещества в различных состояниях — твердых, жидких или газообразных — без необходимости сложной пробоподготовки, что делает его особенно подходящим для оперативной работы на таможенных пунктах. Рамановская спектроскопия эффективна для идентификации широкого спектра органических соединений, включая наркотические средства, фармацевтические препараты, взрывчатые вещества и токсичные материалы, за счет уникальных спектральных характеристик, обусловленных колебаниями молекулярных связей.

Одним из главных преимуществ рамановской спектроскопии является возможность проведения анализа через прозрачные упаковочные материалы, такие как стекло или пластик, что позволяет проверять содержимое контейнеров без их вскрытия, минимизируя риск повреждения груза. Портативные рамановские спектрометры, которые активно развиваются в последние годы, обладают компактными размерами и простотой использования, что делает их идеальным инструментом для экспресс-анализа в полевых условиях. Такие устройства способны в течение нескольких секунд предоставить спектр вещества, который затем сравнивается с эталонными данными в интегрированных базах, обеспечивая быструю идентификацию даже сложных органических соединений. Например, рамановская спектроскопия уже успешно применяется для обнаружения синтетических наркотиков и проверки подлинности лекарственных средств на таможенных постах.

Перспективы применения рамановской спектроскопии в таможенном контроле связаны с дальнейшим совершенствованием технологий и методик анализа. Развитие усиленной рамановской спектроскопии (SERS) значительно повышает чувствительность метода, позволяя обнаруживать следовые количества веществ, что особенно важно для выявления наркотических или токсичных примесей. Интеграция с алгоритмами машинного обучения улучшает обработку спектральных данных, повышая точность идентификации в условиях сложных смесей или низкой концентрации целевых соединений. Кроме того, расширение библиотек рамановских спектров и разработка более мощных и доступных портативных приборов способствуют широкому внедрению метода в практику таможенных служб. В будущем рамановская спектроскопия может стать ключевым инструментом для неинвазивного и быстрого анализа, укрепляя безопасность границ и повышая эффективность контроля за перемещением органических веществ.

Иондрейфовые технологии, основанные на принципе ионной подвижности, представляют собой перспективный инструмент для первичной идентификации органических веществ при таможенном контроле, обеспечивая высокую чувствительность и скорость анализа. Эти технологии функционируют путем ионизации молекул вещества в газовой фазе с последующим

измерением времени их дрейфа через электрическое поле, что позволяет создавать уникальные профили для различных соединений. Такой подход особенно эффективен для обнаружения летучих и полуметучих органических веществ, включая наркотические средства, взрывчатые материалы и токсичные химикаты, часто используемые в контрабанде.

Одно из ключевых преимуществ иондрейфовых технологий заключается в их способности работать в режиме реального времени с минимальной пробоподготовкой, что идеально подходит для оперативного таможенного контроля. Портативные ионно-дрейфовые спектрометры, которые уже применяются в некоторых таможенных службах, компактны и просты в эксплуатации, позволяя инспекторам быстро проводить первичный скрининг грузов или багажа. Эти устройства обладают высокой чувствительностью, способной обнаруживать следовые количества веществ даже в сложных матрицах, например, при наличии маскирующих агентов. Метод также отличается низким уровнем ложных срабатываний, что делает его надежным для предварительной идентификации перед более детальным анализом.

Перспективы применения иондрейфовых технологий в таможенном контроле связаны с их дальнейшей миниатюризацией и повышением аналитической точности. Современные разработки направлены на улучшение селективности приборов, что позволит более эффективно различать близкие по структуре органические соединения, такие как изомеры наркотических веществ. Интеграция с цифровыми базами данных и алгоритмами машинного обучения может ускорить интерпретацию результатов, автоматизируя процесс идентификации. Кроме того, сочетание иондрейфовых технологий с другими методами, например масс-спектрометрией, открывает возможности для создания гибридных систем, обеспечивающих более высокую достоверность анализа. В будущем иондрейфовые технологии могут стать стандартным инструментом для первичного скрининга на таможне, значительно повышая скорость и надежность выявления запрещенных органических веществ.

Другим важным направлением является развитие методов хемометрии и машинного обучения. Современные алгоритмы позволяют обрабатывать большие объемы спек-

тральных данных, автоматически идентифицировать вещества и даже предсказывать их свойства на основе имеющихся баз данных. Такие подходы особенно полезны при анализе сложных смесей, где традиционные методы могут быть недостаточно эффективны. Например, использование нейронных сетей для интерпретации масс-спектров уже показало высокую точность в идентификации наркотических веществ и взрывчатых материалов. Интеграция таких технологий в повседневную практику таможенных служб может значительно ускорить процесс анализа и повысить его надежность [7].

Также перспективным является расширение баз данных и библиотек спектральных характеристик органических веществ. Создание глобальных цифровых ресурсов, содержащих информацию о миллионах соединений, позволит таможенным службам быстрее и точнее идентифицировать неизвестные вещества путем сравнения их спектров с эталонными. Такие базы данных уже существуют, но их необходимо постоянно обновлять и адаптировать к нуждам таможенного контроля, включая добавление данных о новых синтетических веществах, таких как дизайнерские наркотики [8].

Важным аспектом совершенствования идентификации является международное сотрудничество. Обмен опытом, технологиями и данными между таможенными служ-

бами разных стран позволяет более эффективно бороться с контрабандой и незаконным оборотом органических веществ. Например, совместные программы по обучению персонала и внедрению единых стандартов анализа могут значительно повысить качество работы таможенных лабораторий. Кроме того, создание международных протоколов для идентификации новых и потенциально опасных веществ поможет оперативно реагировать на появление новых угроз.

В заключение можно отметить, что идентификация органических веществ при таможенном контроле остается сложной и многогранной задачей, требующей комплексного подхода. Несмотря на существующие проблемы, такие как разнообразие соединений, ограничения по времени и недостаток ресурсов, развитие современных технологий и методов анализа открывает широкие перспективы для их решения. Внедрение портативных приборов, использование искусственного интеллекта, расширение баз данных и укрепление международного сотрудничества способны вывести таможенный контроль на новый уровень, обеспечивая более высокую безопасность и эффективность работы. Таким образом, будущее идентификации органических веществ в рамках таможенных процедур выглядит многообещающим, но требует дальнейших исследований, инвестиций и координации усилий на глобальном уровне.

Список литературы

1. Афонин Д.Н. Информационно-техническое обеспечение идентификации товаров и транспортных средств при таможенном контроле // Бюллетень инновационных технологий. – 2019. – Т. 3, № 3(11). – С. 5-10. – EDN XCBLHX.
2. Афонин Д.Н., Афонин П.Н., Данько Д.Ю., Яргина Н.Ю. Технические средства идентификации: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: РИО Санкт-Петербургского филиала Российской таможенной академии, 2019. – 104 с. – ISBN 978-5-9590-1086-7. – EDN TZNQLI.
3. Афонин Д.Н., Афонин П.Н., Данько Д.Ю. Назначение, общее устройство и порядок работы с техническими средствами идентификации. – Москва: Компания КноРус, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-4365-3505-0. – EDN DPBNZB.
4. Афонин Д.Н., Воеводина Е.Ю. Идентификация текстильных изделий, относящихся к товарам группы риска // Бюллетень инновационных технологий. – 2019. – Т. 3, № 2(10). – С. 51-55. – EDN YJFBPU.

5. Афонин П.Н., Афонин Д.Н. Основы применения технических средств таможенного контроля: Учебник. – Санкт-Петербург: Российская таможенная академия, РИО Санкт-Петербургского имени В. Б. Бобкова филиала, 2018. – 302 с. – ISBN 978-5-9590-0950-2. – EDN TWAMVB.

6. Афонин Д.Н. Применение регрессионного анализа для идентификации полиэтилена высокой и низкой плотности посредством ИК-спектроскопии // Бюллетень инновационных технологий. – 2018. – Т. 2, № 3(7). – С. 15-17. – EDN UXHQBUI.

7. Афонин Д.Н. Современные тенденции информатизации таможенной службы // Бюллетень инновационных технологий. – 2024. – Т. 8, № 4(32). – С. 5-9. – EDN DHNQWW.

8. Афонин Д.Н. Возможности и перспективы применения современных технологий больших данных в ФТС России // Бюллетень инновационных технологий. – 2025. – Т. 9, № 1(33). – С. 5-7. – EDN BSAAWP.

Поступила в редакцию 03.04.2025

Сведения об авторе:

Афонин Дмитрий Николаевич – профессор кафедры таможенных операций и таможенного контроля Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии, доктор медицинских наук, доцент, e-mail: dnafonin@gmail.com



Электронный научно-практический журнал "**Бюллетень инновационных технологий**"
(ISSN 2520–2839) является сетевым средством массовой информации
регистрационный номер Эл № ФС77-73203
по вопросам публикации в Журнале обращайтесь по адресу bitjournal@yandex.ru