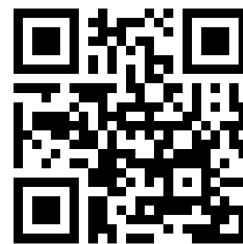


УДК 339.543:549.9

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ
ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ****Афонин Д.Н.***Санкт-Петербургский имени В.Б. Бобкова филиал
Российской таможенной академии***PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING TECHNICAL MEANS
OF CUSTOMS CONTROL IN THE IDENTIFICATION OF PRECIOUS STONES****Afonin D.N.***St. Petersburg named after V.B. Bobkov Branch of the Russian Customs Academy***Аннотация**

В статье анализируются проблемы идентификации драгоценных камней при таможенном контроле с использованием доступных приборов (рамановские спектрометры, теплопроводомеры, РФА-анализаторы) и правовой статус их результатов как основания для экспертизы. Обоснованы перспективы совершенствования контроля.

Ключевые слова: таможенный контроль, драгоценные камни, идентификация, технические средства, рамановская спектроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, искусственный интеллект, экспертиза.

Abstract

The article analyzes the problems of identifying precious stones in customs control using available instruments (Raman spectrometers, thermal conductivity testers, XRF analyzers) and the legal status of their results as grounds for expert examination. Prospects for improving control are substantiated.

Keywords: customs control, precious stones, identification, technical means, Raman spectroscopy, X-ray fluorescence analysis, artificial intelligence, expert examination.

Ссылка для цитирования: Афонин Д.Н. Проблемы и перспективы применения технических средств таможенного контроля при идентификации драгоценных камней // Бюллетень инновационных технологий. – 2026. – Т. 10. – № 3 (39). – С. 10-19. – EDN PTNDVC.

Перемещение драгоценных камней через таможенную границу Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) традиционно относится к числу наиболее сложных объектов таможенного контроля с точки зрения идентификации. Природные алмазы, изумруды, рубины, сапфиры, александриты, а также природный жемчуг и уникальные янтарные образования составляют группу товаров, в отношении которых установлен разрешительный порядок ввоза и вывоза, а их незаконное перемещение квалифицируется как контрабанда стратегически важных ресурсов. Именно поэтому к качеству идентификации драгоценных камней при таможенном досмотре предъявляются особые требования, выполнение которых, однако, наталкивается на целый ряд объективных и субъективных препятствий.

Проблематика идентификации драгоценных камней в таможенных целях носит комплексный характер. Она включает в себя не только технические аспекты – выбор и применение адекватных приборов и методов, но и правовые – отсутствие унифицированных методик экспертизы в

рамках ЕАЭС, а также организационные – недостаточную квалификацию должностных лиц и ограниченные временные ресурсы для проведения досмотра. К этому следует добавить постоянное совершенствование технологий синтеза и облагораживания драгоценных камней, что требует непрерывного обновления методической базы.

Цель настоящей работы – систематизировать проблемы применения технических средств таможенного контроля при идентификации драгоценных камней, проанализировать современное состояние технической оснащённости таможенных органов и предложить перспективные направления совершенствования этого вида контроля. Основной акцент сделан на практических аспектах использования приборов и оборудования, а также на путях преодоления выявленных ограничений.

Особенность драгоценных камней как объекта таможенного контроля определяется несколькими факторами, каждый из которых создаёт самостоятельную проблему для иденти-

фикации. Первый и, наверное, главный – высокая стоимость при малых размерах. Контрабанда драгоценных камней, как показывает практика, осуществляется в том числе посредством международных почтовых отправок, где несколько десятков камней общим весом в сотни карат могут быть задекларированы как обычные товары или вовсе не задекларированы. Второй фактор – сложность визуальной идентификации. Неспециалист, а порой и профессионал без специального оборудования, не в состоянии отличить натуральный сапфир от синтетического корунда или имитации из стекла. Третий фактор – многообразие видов и подвидов драгоценных камней, каждый из которых требует специфических методов диагностики.

Правовое регулирование идентификации драгоценных камней на уровне ЕАЭС определяет это понятие как установление соответствия классификационных и стоимостных характеристик драгоценных камней требованиям нормативно-технической документации с учётом цен мирового рынка [1]. Государственный контроль драгоценных камней осуществляется на специализированных таможенных постах [2], перечень которых утвержден приказом ФТС России от 12.05.2011 № 971 «О компетенции таможенных органов по совершению таможенных операций в отношении драгоценных металлов и драгоценных камней» [3] и которые должны быть оборудованы в соответствии с установленными требованиями. Приказом Федеральной пробирной палаты от 10 декабря 2024 года [4] определены требования к обустройству, оборудованию и материально-техническому оснащению мест осуществления государственного контроля в зонах таможенного контроля, созданных в местах нахождения специализированных таможенных постов, в компетенцию которых входит совершение таможенных операций в отношении товаров, где драгоценные камни выступают в качестве вставок – то есть они встроены в изделия из драгоценных металлов [5], которые предполагают наличие обустроенных зон для проведения проверки, систем кондиционирования, обеспечивающих условия для работы приборов, а также соответствующего оборудования – рентгенофлуоресцентных анализаторов, оптических приборов (луп, микроскопов), электронного весового оборудования и систем видеонаблюдения. Однако, нормативно-закрепленных требований к оборудованию и материально-техническому оснащению мест осуществления таможенного контроля драгоценных камней в настоящее время нет. Вместе с тем, даже наличие нормативно закрепленных требований к оснащению мест контроля не означает, что эти требования повсеместно и в полном объеме выполняются. Как следует из анализа практики, на многих таможенных постах, не являющихся специализированными, доступ к дорогостоящему геммологическому оборудованию ограничен либо отсутствует вовсе.

Современные технические средства идентификации, применяемые при таможенном контроле драгоценных камней, можно разделить на

несколько групп в зависимости от решаемых задач и используемых физических принципов [6].

К первой группе относятся приборы для определения оптических характеристик – рефрактометры, полярископы, дихроскопы, спектрометры, геммологические микроскопы и люминесцентные лампы. Эти приборы позволяют установить показатель преломления, дисперсию, плеохроизм, характер люминесценции, что даёт возможность предварительно отнести камень к определённому минеральному виду.

Вторую группу составляют приборы для определения физических характеристик – измерители твёрдости, плотномеры и теплопроводности. Теплопроводность, в частности, является одним из наиболее надёжных признаков для отличия алмаза от его имитаций, поскольку алмаз обладает аномально высокой теплопроводностью. Однако каждый из этих методов имеет ограничения: теплопроводность не позволяет отличить натуральный алмаз от синтетического, а плотность и твёрдость не являются достаточными критериями для диагностики многих камней, особенно облагороженных.

Третью группу, наиболее перспективную с точки зрения точности, составляют спектральные методы – инфракрасная (ИК) и рамановская спектроскопия, а также рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Эти методы позволяют получить информацию о химическом составе и кристаллической структуре камня, что критически важно для идентификации синтетических аналогов и облагороженных камней. Рентгенофлуоресцентные анализаторы, в частности, включены в перечень обязательного оборудования для специализированных таможенных постов. Они позволяют определять элементный состав камня без его разрушения, что крайне важно для сохранности дорогостоящих объектов [7].

Однако следует признать, что применение спектральных методов в условиях таможенного контроля сталкивается с серьёзными ограничениями. Стационарные спектрометры требуют специальных условий эксплуатации – поддержания температуры и влажности, защиты от вибраций, наличия квалифицированного персонала [8]. Портативные анализаторы, хотя и более мобильны, часто уступают стационарным в точности и воспроизводимости результатов [9].

Переходя от классификации к анализу проблем, следует выделить несколько уровней, на которых эти проблемы возникают. Первый уровень – технический. Современное оборудование для идентификации драгоценных камней, особенно спектральное, является дорогостоящим, требует регулярного технического обслуживания и калибровки. Далеко не все таможенные посты, даже специализированные, имеют возможность приобретать и содержать полный набор приборов. Как следствие, на практике часто используются устаревшие методы, а порой идентификация ограничивается визуальным осмотром с использованием лишь ручной лупы, что, как известно, совершенно недостаточно [10].

Второй уровень – методический. Даже при наличии приборов далеко не всегда существуют утверждённые методики их применения в таможенных целях. Процедуры отбора проб, проведения измерений и интерпретации результатов могут различаться от поста к посту, что создаёт основу для судебных споров. Примечательно, что Минфин России в 2024 году инициировал разработку порядка отбора и анализа проб из партий товаров, содержащих драгоценные металлы и камни, что косвенно подтверждает отсутствие унифицированного подхода в настоящее время [11].

Третий уровень – кадровый. Идентификация драгоценных камней требует специальных знаний в области геммологии, минералогии и кристаллографии. Должностное лицо таможенного органа должно не только уметь пользоваться приборами, но и правильно интерпретировать полученные данные, а также знать современные методы синтеза и облагораживания камней. Как показывает практика, уровень подготовки инспекторов в этой области далеко не всегда достаточен, а повышение квалификации осуществляется недостаточно системно [12].

Четвёртый уровень – временной. Таможенный контроль должен осуществляться в сжатые сроки, что особенно актуально для мультимодальных контейнерных перевозок. Проведение полноценной геммологической экспертизы с использованием всего спектра приборов и методов занимает от нескольких часов до нескольких дней.

Для понимания масштаба проблем, с которыми сталкиваются должностные лица таможенных органов при идентификации драгоценных камней, необходимо прежде всего обратиться к реальной приборной базе, имеющейся в распоряжении инспекторов на пограничных пунктах пропуска Российской Федерации. В отличие от стационарных геммологических лабораторий, где сосредоточено дорогостоящее и высокоточное оборудование, пункты пропуска оснащены ограниченным набором технических средств, который, однако, позволяет проводить первичную идентификацию в объёме, достаточном для принятия решения о необходимости направления образцов на экспертизу [13].

Основу приборного парка на сегодняшний день составляют три типа устройств [14, 15, 16]. Первый – портативные рамановские спектрометры, представленные моделью «Контроль». Эти приборы позволяют получать спектр комбинационного рассеяния камня, который служит его своеобразным «молекулярным отпечатком», позволяющим с высокой вероятностью отнести образец к определённому минеральному виду. Рамановская спектроскопия, как известно, даёт информацию о колебательных состояниях молекул в кристаллической решётке, что делает её особенно ценной для идентификации минералов, имеющих сходный химический состав, но различную кристаллическую структуру. Второй –

приборы для определения теплопроводности, например «Дельта-1», которые исторически применялись для дифференциации алмаза и его имитаций на основе аномально высокой способности алмаза проводить тепло. И третий – рентгенофлуоресцентные анализаторы, такие как «МетЭксперт», позволяющие определить элементный состав камня без его разрушения.

Важно подчеркнуть, что этот набор приборов, при всей его ограниченности по сравнению с лабораторными комплексами, представляет собой вполне работоспособную конфигурацию, позволяющую решать широкий круг задач первичной идентификации. Однако, как будет показано ниже, эффективность применения этих приборов в реальных условиях сталкивается с рядом серьёзных ограничений, связанных не столько с самими приборами, сколько с условиями их применения, квалификацией персонала и, что не менее важно, с правовым статусом получаемых результатов.

Рамановский спектрометр «Контроль» является, пожалуй, наиболее информативным прибором из всего арсенала, доступного на пограничном пункте пропуска. Его работа основана на эффекте неупругого рассеяния света, при котором часть фотонов при взаимодействии с молекулой теряет или приобретает энергию, соответствующую колебательным уровням молекулы. Поскольку каждая молекула или кристаллическая решётка имеет свой уникальный набор колебательных частот, рамановский спектр, получаемый при облучении камня лазером, представляет собой уникальный «отпечаток», по которому с высокой степенью достоверности можно идентифицировать минерал.

Для таможенного контроля эта характеристика является критически важной. Рамановская спектроскопия позволяет различать природные алмазы и их синтетические аналоги, например, кубический цирконий или муассанит, которые невозможно отличить от алмаза ни по внешнему виду, ни по теплопроводности. Она также эффективна для идентификации многих других драгоценных камней – изумрудов, рубинов, сапфиров, гранатов, шпинелей, турмалинов, – поскольку каждый из них имеет характерные пики в рамановском спектре.

Вместе с тем, и это важно учитывать, рамановская спектроскопия на портативных приборах имеет существенные ограничения. Прежде всего, качество спектра сильно зависит от состояния поверхности камня – загрязнения, царапины, остатки полировальных паст могут внести дополнительные пики, затрудняющие интерпретацию. Кроме того, спектрометр «Контроль», как и большинство портативных приборов, работает в ограниченном спектральном диапазоне и не всегда позволяет зафиксировать слабые сигналы от лёгких элементов, что может быть критично для некоторых видов камней. Наконец, интерпретация спектра требует специ-

альной подготовки – инспектор должен уметь отличать характерные пики целевого минерала от пиков примесей или шумов, а также знать, какие именно пики являются диагностическими для каждого конкретного камня.

Приборы для измерения теплопроводности, такие как «Дельта-1», занимают в приборном парке особое место. Их принцип действия основан на том, что алмаз обладает уникально высокой теплопроводностью, значительно превосходящей теплопроводность всех известных имитаций. При контакте с нагретым наконечником прибора алмаз быстро отводит тепло, что регистрируется электроникой и отображается на индикаторе. Этот простой и быстрый тест позволяет с высокой вероятностью отличить алмаз от стекла, кубического циркония или иных имитаций.

Однако, как и любой экспресс-метод, теплопроводность имеет серьёзные ограничения. Во-первых, она не позволяет отличить природный алмаз от синтетического – оба имеют одинаковую теплопроводность. Во-вторых, она не даёт информации о других характеристиках камня – его цвете, чистоте, происхождении. По сути, «Дельта-1» является узкоспециализированным прибором, решающим одну конкретную задачу – первичную дифференциацию алмаза и его имитаций. Вне этой задачи его применение не имеет смысла.

При этом ценность «Дельты-1» в условиях таможенного контроля трудно переоценить. Контрабанда синтетических имитаций алмаза под видом природных камней представляет собой серьёзную проблему, и оперативное выявление таких попыток позволяет предотвратить значительный экономический ущерб. Время проведения теста составляет несколько секунд, что критически важно в условиях ограниченного времени на досмотр. Однако полученный результат – лишь индикация «алмаз/не алмаз» – не является окончательным и не может служить достаточным основанием для принятия процессуального решения.

Рентгенофлуоресцентный анализатор «МетЭксперт» дополняет рамановскую спектроскопию, предоставляя информацию о химическом (элементном) составе камня. Принцип действия РФА основан на облучении камня рентгеновскими лучами, которые выбивают электроны с внутренних оболочек атомов. При возвращении электронов на свои места испускается вторичное флуоресцентное излучение, характерное для каждого элемента. Таким образом, РФА даёт количественный и качественный состав камня по набору присутствующих химических элементов.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) в геммологии – это метод определения химического (элементного) состава камня. Он не даёт полной картины, как рамановская спектроскопия, но позволяет уверенно идентифицировать многие минералы благодаря их характерному «элементному отпечатку».

Возможности РФА напрямую зависят от того, какие именно камни анализируются и какая стоит

задача. Этот метод эффективно «видит» элементы тяжелее натрия. Именно наличие или отсутствие определённых химических элементов часто позволяет отличить один вид камня от другого или подтвердить его природу.

На практике это работает так: если вы исследуете образец и РФА показывает значительное присутствие хрома, велика вероятность, что перед вами рубин или изумруд. Обнаружение меди указывает на бирюзу, а серы – на лазурит. Кроме того, РФА незаменим для идентификации разновидностей стекла и выявления свинцовых примесей в них.

Основная ценность РФА в современной геммологической лаборатории – это не столько вид камня, сколько его происхождение и история обработки.

Вид камня (например, сапфир) РФА определяет быстро. Но главная задача – по набору элементов-примесей понять, из какого месторождения он родом (Шри-Ланка, Кашмир, Австралия) и подвергался ли термической обработке для улучшения цвета. Ведущие лаборатории, такие как GIA и Gübelin, активно используют РФА в сочетании с другими методами (включая ИИ) для решения этих сложных задач.

Важно знать и ограничения метода:

- не определяет структуру: РФА показывает только химический состав, но не кристаллическую решётку. Поэтому он не отличит алмаз от синтетического муассанита, если их элементный состав совпадает. Для этого нужна рамановская спектроскопия;

- не «видит» лёгкие элементы: РФА неэффективен для бериллия, лития, бора, водорода, что ограничивает анализ некоторых видов камней.

РФА – не самостоятельный «детектор истины», а мощный инструмент в руках эксперта. Для полной идентификации камня и его истории он используется в комплексе с другими неразрушающими методами: микроскопией, рамановской и ИК-спектроскопией.

Однако на практике возможности «МетЭксперта» в пункте пропуска существенно ограничены по сравнению с лабораторным РФА. Портативные анализаторы имеют более высокие пределы обнаружения и меньшую точность, что особенно критично для определения микроэлементов, концентрации которых часто находятся на уровне нескольких частей на миллион. Кроме того, результаты РФА должны интерпретироваться с учётом множества факторов – геохимической провинции происхождения, возможного облагораживания и даже типа огранки. Без соответствующей базы данных эталонных спектров интерпретация становится крайне затруднительной.

Принципиальное различие между рентгенофлуоресцентным анализом (РФА) и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией (LA-ICP-MS) лежит не столько в области «что можно измерить», сколько в фундаментальных подходах к анализу

– их чувствительности, разрушающем воздействии на образец и, что не менее важно, в круге задач, для которых каждый из методов предпочтителен в современной геммологической практике.

Природа метода и воздействие на образец. РФА был одним из первых химических методов анализа, внедрённых в геммологические лаборатории ещё в 1980-х годах. Его ключевое преимущество – полная неразрушаемость: образец облучается потоком рентгеновских лучей, и регистрируется характеристическое излучение, испускаемое атомами камня, без какого-либо физического контакта или изъятия материала. LA-ICP-MS, напротив, является микроаналитическим методом: сфокусированный лазерный луч создаёт на поверхности камня (как правило, на ранте или в незаметном месте) кратер диаметром в десятки микрометров и глубиной в несколько микрометров, из которого в газовой среде выбивается микроскопическое количество вещества для последующего анализа в масс-спектрометре. Эти следы, как правило, не видны невооружённым глазом, однако сам факт забора материала означает, что LA-ICP-MS не является полностью неразрушающим методом, что может иметь значение для особо ценных экземпляров.

Чувствительность и перекрываемый диапазон элементов. Именно здесь различия становятся наиболее драматичными. РФА не способен детектировать элементы легче натрия (атомный номер менее 11) – бериллий, литий, бор, а также натрий и магний регистрируются лишь на уровне весовых процентов, что для целого ряда задач недостаточно. LA-ICP-MS, напротив, способен измерять концентрации лития и бериллия на уровне единиц и даже долей частей на миллион (ppm) и частей на миллиард (ppb). Пределы обнаружения LA-ICP-MS для большинства элементов находятся ниже 1 ppm, а для многих тяжёлых элементов – на уровне нескольких ppb, что на порядки ниже возможностей РФА. Для РФА пределы обнаружения варьируются от около 1000 ppm для лёгких элементов до 1 ppm для очень тяжёлых. Эта разница в чувствительности принципиально меняет спектр решаемых задач.

Специфика решаемых задач: история внедрения. Исторически LA-ICP-MS был внедрён в геммологические лаборатории в начале 2000-х годов в ответ на конкретную угрозу – появление на рынке сапфиров, подвергнутых бериллиевой диффузии. РФА не мог детектировать бериллий, и именно необходимость выявления этого вида облагораживания стала драйвером для массового внедрения LA-ICP-MS. С тех пор область применения LA-ICP-MS значительно расширилась и сегодня охватывает определение географического происхождения для большинства цветных камней – сапфиров, рубинов, изумрудов, параибских турмалинов, александритов и шпинелей. Для многих из этих задач точность и перечень определяемых элементов, доступные

в LA-ICP-MS, являются критически необходимыми, тогда как РФА оказывается недостаточно чувствительным или вовсе не применимым.

Сравнительная ценность для определения происхождения. В некоторых, хотя и ограниченных, случаях РФА может дать надёжный результат при определении географического происхождения. Так, изумруды из Колумбии (низкое содержание железа) и из замбийского месторождения Кафубу (высокое содержание железа и цезия) могут быть уверенно идентифицированы с помощью РФА. Однако для всех остальных месторождений изумрудов, а также для подавляющего большинства других камней, требуется LA-ICP-MS. Только этот метод позволяет измерять такие элементы, как литий, калий, ванадий, хром, рубидий и цезий на уровнях концентраций, необходимых для точного установления происхождения. Для параибских турмалинов, где происхождение (Бразилия, Мозамбик или Нигерия) определяется по тонким различиям в содержании меди, галлия, свинца и стронция, РФА часто оказывается недостаточным для однозначного вывода в пограничных случаях.

Стоимость и доступность. LA-ICP-MS – значительно более дорогостоящий и сложный в эксплуатации прибор, чем РФА. Стоимость системы может в 5–10 раз превышать стоимость РФА или лазерно-индуцированной спектроскопии, а обслуживание требует высококвалифицированного персонала. Это делает LA-ICP-MS прерогативой крупных геммологических лабораторий, тогда как РФА, в том числе портативные версии, может использоваться в более широком круге учреждений, включая таможенные посты.

Таким образом, выбор между РФА и LA-ICP-MS в таможенном контроле – это, по сути, выбор между скоростью, доступностью и неразрушаемостью, с одной стороны, и максимальной чувствительностью, широтой охвата элементов и точностью, особенно в вопросах происхождения и выявления тонких видов облагораживания, с другой. Для многих рутинных задач на границе РФА остаётся эффективным инструментом, однако в сложных случаях – при подозрении на бериллиевую диффузию, при необходимости точного установления происхождения или при работе с камнями, где определяющими являются лёгкие элементы, – без LA-ICP-MS не обойтись.

Пожалуй, наиболее важный аспект, который необходимо учитывать при анализе применения технических средств идентификации драгоценных камней в таможенном контроле, – это правовой статус получаемых с их помощью результатов. В соответствии с действующим российским законодательством, результаты первичной идентификации, проведённой должностным лицом таможенного органа с использованием приборов на пограничном пункте пропуска, не являются окончательным доказательством при рассмотрении дел о нарушениях таможенных правил или контрабанде. Они служат лишь основанием для принятия решения о необходимости

назначения таможенной экспертизы, результаты которой уже имеют доказательственное значение.

Этот правовой механизм, на наш взгляд, является вполне обоснованным. Портативные приборы, даже самые совершенные, не могут заменить полноценного лабораторного исследования по целому ряду причин. Во-первых, они работают в условиях, далёких от лабораторных, – перепады температур, влажности, вибрации могут влиять на точность измерений. Во-вторых, операторами являются не геммологи-эксперты, а инспекторы, имеющие базовую подготовку, но не всегда обладающие глубокими знаниями в области минералогии и спектроскопии. В-третьих, портативные приборы, как правило, имеют более высокие пределы обнаружения и меньшую точность по сравнению со стационарными лабораторными аналогами.

Однако такая правовая конструкция порождает и определённые проблемы. Поскольку результаты первичной идентификации не имеют самостоятельного доказательственного значения, инспектор, по сути, должен лишь зафиксировать наличие объективных признаков, достаточных для назначения экспертизы. Это означает, что не требуется высокая точность и надёжность инструментальных методов в пункте пропуска – достаточно, чтобы они давали обоснованное предположение, которое затем будет проверено в экспертной лаборатории. Такой подход, с одной стороны, снижает требования к приборному оснащению пунктов пропуска, а с другой – создаёт риск того, что часть нарушений может остаться незамеченной на первичном этапе из-за недостаточной чувствительности или квалификации.

Даже при наличии исправных приборов эффективность их применения определяется квалификацией должностного лица. Получение рамановского спектра или рентгенофлуоресцентной картины – лишь техническая операция. Ключевым этапом является интерпретация полученных данных, и именно здесь возникает большинство проблем.

Рамановский спектр камня, полученный с помощью «Контроля», представляет собой набор пиков различной интенсивности. Чтобы идентифицировать минерал, инспектор должен уметь сопоставить этот набор пиков с эталонными спектрами, знать, какие пики являются диагностическими для каждого конкретного камня, а какие могут быть обусловлены загрязнениями или дефектами поверхности. Аналогично, интерпретация РФА-данных требует понимания того, какие элементы типичны для каких месторождений, каковы естественные диапазоны вариаций и что может считаться признаком облагораживания.

Без систематической и регулярной подготовки инспектор не может эффективно использовать даже самые простые приборы. Ситуация усугубляется тем, что ассортимент драгоценных камней, поступающих на таможенный контроль, крайне разнообразен, и каждый камень требует

индивидуального подхода. Существующие программы повышения квалификации, как показывает анализ, зачастую носят общий характер и не дают практических навыков работы с конкретными приборами, что создаёт дополнительный барьер для эффективного контроля [17].

При всех выявленных проблемах, система первичной идентификации драгоценных камней с использованием указанных приборов оставляет возможности для существенного улучшения. Наиболее перспективным направлением, на наш взгляд, является создание и ведение единой базы данных спектральных характеристик драгоценных камней, актуальных для таможенного контроля. Такая база, содержащая рамановские спектры и РФА-данные для основных видов и подвидов камней, а также для наиболее распространённых синтетических аналогов и имитаций, могла бы быть встроена непосредственно в программное обеспечение приборов, позволяя инспектору быстро сопоставлять полученный результат с эталоном.

Второе направление – развитие методов машинного обучения для автоматической классификации драгоценных камней по данным рамановской и рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Как показывает мировой опыт, алгоритмы машинного обучения способны выявлять тонкие различия в спектрах, недоступные невооружённому глазу, и на этой основе принимать решения о виде и происхождении камня. Создание и интеграция таких алгоритмов в приборы типа «Контроль» и «МетЭксперт» позволило бы существенно снизить нагрузку на инспектора и повысить достоверность первичной идентификации.

Третье направление – совершенствование программ подготовки кадров. Вместо общих курсов по геммологии целесообразно разработать специализированные тренинги, ориентированные именно на применение конкретных приборов и интерпретацию получаемых данных. Обучение должно включать не только теоретическую часть, но и практические занятия с эталонными образцами и разбор сложных случаев из реальной практики.

Наконец, четвёртое направление – совершенствование правового механизма взаимодействия между первичной идентификацией и последующей экспертизой. Было бы целесообразно разработать формализованные критерии, при наличии которых назначение экспертизы является обязательным, а также определить минимальные требования к объёму и качеству первичных исследований, необходимых для обоснования этого назначения. Это позволило бы унифицировать практику и снизить риск как необоснованных экспертиз (и связанных с ними задержек), так и пропуска нарушений из-за недостаточной глубины первичного контроля.

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения открывает принципиально новые горизонты в области идентификации драгоценных камней, и этот процесс, на наш взгляд, уже вышел за рамки лабораторных экспериментов, став реальностью

геммологической практики. За последние два-три года сразу несколько ведущих мировых лабораторий и научных групп представили решения, демонстрирующие, что алгоритмы способны не только конкурировать с человеком в точности диагностики, но и превосходить его в ряде аспектов – особенно там, где требуется выявление тонких закономерностей в многомерных данных [18].

Пожалуй, наиболее впечатляющих успехов ИИ достиг в двух задачах, критически важных как для коммерческой оценки драгоценных камней, так и для таможенных целей: установлении географического происхождения и выявлении следов термической или иной обработки. В феврале 2023 года геммологическая лаборатория Gübelin представила платформу Gemtelligence, основанную на технологиях глубокого обучения. Система была обучена на эталонной коллекции лаборатории, насчитывающей более 28 тысяч камней из всех коммерчески значимых месторождений мира, а также на данных о тысячах образцов, проанализированных с 1970 года. Gemtelligence способна определять страну происхождения рубинов, синих сапфиров и изумрудов, а также распознавать признаки термической обработки этих камней.

Примечательно, что система может обрабатывать данные из четырёх независимых аналитических источников – инфракрасной и УФ-видимой спектроскопии, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа, причём отсутствие одного из источников не является препятствием для работы алгоритма. Время принятия решения измеряется миллисекундами, а результаты выдаются в виде вероятностной оценки, сопровождаемой порогом достоверности: прогнозы с высокой уверенностью принимаются автоматически, тогда как сомнительные случаи направляются на дополнительный анализ экспертами-геммологами. Эта гибридная архитектура – «человек плюс машина» – становится доминирующим подходом в отрасли. Gübelin настолько уверена в возможностях своей системы, что на её основе запустила сервис Gem Passport для мелких камней весом от 0,5 до 3 карат, предлагая документирование происхождения по цене около 200 швейцарских франков, что существенно ниже стоимости полного геммологического отчёта.

Независимым подтверждением эффективности машинного обучения в этой сфере служат результаты научного исследования по дифференциации малышевских изумрудов (Урал, Россия) от изумрудов Замбии, Бразилии и Эфиопии, опубликованные в журнале Crystals в 2024 году. Эти камни обладают крайне схожими спектральными и включенческими характеристиками, что делает их различение с помощью традиционных методов крайне сложной задачей. Однако построенная на основе данных микроскопии, спектроскопии и химического состава модель машин-

ного обучения показала точность прогноза происхождения в 98,7%, а для независимой валидационной выборки малышевских изумрудов достигла 100% точности. Авторы исследования прямо указывают, что эти результаты демонстрируют «огромный потенциал машинного обучения в области определения происхождения драгоценных камней».

Второе крупное направление – использование алгоритмов машинного обучения для классификации камней непосредственно по спектральным данным, получаемым с помощью рамановской спектроскопии или лазерно-индуцированной эмиссионной спектроскопии. Эти методы привлекательны для таможенных целей, поскольку они неразрушающие, не требуют подготовки образца и потенциально могут быть реализованы в портативных приборах.

Одной из ключевых проблем для широкого внедрения ИИ является нехватка размеченных эталонных данных, особенно для редких или новых типов камней. Сбор реальных образцов – процесс длительный и дорогостоящий, а для некоторых месторождений эти данные и вовсе уникальны. Исследователи из университета Пхукета в 2025 году предложили оригинальный подход: создание симулированных наборов данных на основе цветовых параметров, визуальных изображений и мультиспектральных характеристик. Искусственно сгенерированные данные продемонстрировали высокую степень сходства с реальными образцами – 96,2% по цветовым гистограммам и коэффициент корреляции 0,93 по мультиспектральным кривым. На основе этих данных была построена мультимодальная модель, объединяющая три нейросетевые архитектуры, которая достигла 98,3% точности на тестовой выборке. Этот подход показывает, что дефицит реальных эталонных данных может быть частично преодолен за счёт методов компьютерной симуляции, что снижает барьеры для внедрения ИИ в таможенные лаборатории.

В России применение ИИ для контроля за оборотом драгоценных камней и изделий находится на начальной, но активно развивающейся стадии. Федеральная пробирная палата объявила о планах использования искусственного интеллекта для распознавания подлинных и фальшивых пробирных клейм на ювелирных изделиях. Глава ведомства Юрий Зубарев пояснил, что такая система особенно востребована в связи с расширением прав скупщиков драгоценных металлов на розничную продажу бывших в употреблении изделий: «Для скупки важно не ошибиться в определении подлинности пробирного клейма при приемке изделия. Искусственный интеллект здесь поможет». Хотя эта инициатива напрямую касается ювелирных изделий, а не необработанных камней, она демонстрирует вектор движения российской регуляторики в сторону ИИ-технологий.

В сфере добычи АО «Алмазы Анабара» (входит в группу АЛРОСА) совместно с Лабораторией искусственного интеллекта Якутии приступило к промышленным испытаниям системы компьютерного зрения для распознавания крупных алмазов в потоке сырья в режиме реального времени. Система анализирует видеопоток, сегментирует объекты и выявляет потенциально ценные кристаллы, что, хотя и относится к горной добыче, подтверждает наличие технологических компетенций в стране, которые в перспективе могут быть адаптированы для таможенных нужд.

На мировом рынке геммологических услуг 1 апреля 2026 года официально стартовала новая лаборатория Swiss International Gemlab, которая сделала искусственный интеллект ключевым элементом своей бизнес-модели. Основатели компании, имеющие многолетний опыт работы в GRS, позиционируют ИИ как «второго пилота» геммолога – систему, обеспечивающую единообразие и контроль качества, при этом окончательное решение остаётся за старшим специалистом. Это подтверждает сложившийся в отрасли консенсус: ИИ не заменяет эксперта, но значительно расширяет его возможности, повышая воспроизводимость результатов и снижая субъективный фактор.

Анализ представленных разработок позволяет выделить несколько направлений, в которых ИИ может быть с наибольшей эффективностью применён в таможенной практике. Прежде всего, это создание портативных или стационарных приборов на базе спектрометров с интегрированным программным обеспечением машинного обучения для экспресс-идентификации. Развитие технологий позволяет рассчитывать на появление устройств, которые в пределах нескольких минут будут выдавать инспектору вероятностную оценку вида, происхождения и статуса обработки камня. При этом, как показывает опыт Gübelin, система не обязана давать абсолютно точный ответ в каждом случае – достаточно, чтобы она с высокой уверенностью идентифицировала бесспорные случаи и отсеивала сомнительные для дальнейшего лабораторного анализа.

Второе направление – формирование унифицированной базы спектральных характеристик драгоценных камней в рамках ЕАЭС, которая могла бы служить основой для обучения алгоритмов идентификации. Такая база, охватывающая как месторождения стран союза, так и основные импортируемые типы камней, позволила бы создать «цифровой эталон» для сравнения, доступный всем таможенным постах. Как отмечается в публикации о принципах работы ведущих геммологических лабораторий, успех любой системы ИИ критически зависит от качества и объёма эталонных данных.

Третье направление – интеграция ИИ-анализа с системами электронного документооборота и Кимберлийской сертификации. Алгоритмы могли бы автоматически сопоставлять

спектральные характеристики камня с заявленными в сертификате происхождения, выявляя расхождения, которые ускользают от визуального контроля. В условиях, когда страны G7 и Европейский союз внедряют системы полного трекинга алмазов для подтверждения происхождения, роль объективных инструментов верификации будет только возрастать.

Искусственный интеллект уже сегодня преобразуется из экзотики в рутинный инструмент геммологической диагностики. Как справедливо отмечается в отраслевом обзоре журнала «Русский ювелир», «сама технология не нова, меняется лишь способ её представления». Однако для таможенных органов, в отличие от геммологических лабораторий, где отчётность строится на экспертных заключениях, юридическая значимость результатов ИИ-анализа остаётся дискуссионным вопросом. Сможет ли показание портативного спектрометра с встроенной нейросетью служить основанием для принятия процессуального решения? Это требует как технического совершенствования самих алгоритмов и их метрологической аттестации, так и внесения изменений в нормативно-правовую базу, признающих такого рода доказательства допустимыми. Тем не менее, направление развития, на наш взгляд, является очевидным и необратимым.

Обобщая сказанное, можно предложить несколько направлений дальнейшего совершенствования системы таможенного контроля драгоценных камней. Первое направление – создание и ведение в рамках ЕАЭС единой базы данных спектральных характеристик, содержащей рамановские и РФА-спектры для основных месторождений, синтетических аналогов и имитаций, которая была бы доступна всем таможенным постах и интегрирована с программным обеспечением приборов. Второе направление – развитие алгоритмов машинного обучения для автоматической классификации камней по данным спектральных методов, что позволит снизить нагрузку на инспектора и повысить воспроизводимость результатов первичной идентификации. Третье направление – совершенствование программ подготовки и повышения квалификации должностных лиц с акцентом на практическую работу с приборами и интерпретацию получаемых данных, с использованием эталонных коллекций и реальных кейсов из таможенной практики. Четвёртое направление – гармонизация методик идентификации в рамках ЕАЭС и разработка формализованных критериев для назначения таможенной экспертизы, что позволит унифицировать практику и снизить риск как необоснованных экспертиз, так и пропуска нарушений.

Дальнейшие исследования в проблемной области могли бы быть посвящены сравнительному анализу эффективности различных методов идентификации для конкретных групп драгоценных камней, разработке конкретных рекомендаций по интеграции алгоритмов ИИ в портативные приборы, а также изучению экономических аспектов внедрения новых технических средств

– соотношения затрат на закупку и обслуживание оборудования с потенциальным увеличением выявляемости контрабанды и иных нарушений. Не менее актуальным представляется исследование правовых аспектов признания результатов ИИ-анализа в качестве доказательств в судебных процессах по делам о контрабанде драгоценных камней, поскольку этот вопрос, как показывает практика, остаётся открытым.

Таким образом, идентификация драгоценных камней при таможенном контроле представляет

собой сложную, многогранную проблему, лежащую на пересечении технических, правовых и организационных аспектов. Её решение требует комплексного подхода, объединяющего совершенствование приборной базы, развитие кадрового потенциала, гармонизацию нормативной базы и внедрение передовых методов обработки данных. Только такой системный подход, на наш взгляд, позволит обеспечить эффективный контроль за перемещением драгоценных камней через таможенную границу Евразийского экономического союза.

Список литературы

1. Приложение № 13 к Решению Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21 апреля 2015 г. № 30 «О мерах нетарифного регулирования»
2. Правила осуществления государственного контроля драгоценных камней (Приложение № 2 к Положению о ввозе на таможенную территорию ЕАЭС и вывозе с таможенной территории ЕАЭС драгоценных камней) // Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21.04.2015 N 30 (ред. от 07.04.2026) «О мерах нетарифного регулирования»
3. Приказ ФТС России от 12.05.2011 N 971 (ред. от 06.05.2013) «О компетенции таможенных органов по совершению таможенных операций в отношении драгоценных металлов и драгоценных камней»
4. Приказ Федеральной пробирной палаты от 10.12.2024 № 202н «Об утверждении Требований к расположению, обустройству, оборудованию и материально-техническому оснащению мест осуществления государственного контроля в зонах таможенного контроля...»
5. Приказ Минфина России от 08.02.2023 № 11н (ред. от 27.08.2024) «Об утверждении Порядка оценки стоимости драгоценных металлов и драгоценных камней в виде вставок, содержащихся в вывозимых из Российской Федерации в государства...»
6. Афонин, Д.Н., Афонин, П.Н., Данько, Д.Ю. Назначение, общее устройство и порядок работы с техническими средствами идентификации : учебное пособие. – М.: Русайнс, 2024. – 119 с.
7. Афонин Д.Н. Информационно-техническое обеспечение идентификации товаров и транспортных средств при таможенном контроле // Бюллетень инновационных технологий. – 2019. – Т. 3., № 3 (11). – С. 22-28.
8. Афонин Д. Н. Особенности таможенного контроля при перемещении через таможенную границу ЕАЭС драгоценных камней и драгоценных металлов // Бюллетень инновационных технологий. – 2022. – Т. 6, № 2(22). – С. 79-84. – EDN PWWWYU.
9. 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.

10. Воротынцева Т.М., Саидов Д.М., Моретти С.А. Проблемы таможенного контроля драгоценных металлов, драгоценных камней, перемещаемых через таможенную границу // Экономические стратегии ЕАЭС: проблемы и инновации. – 2024. – С. 101-112.

11. Бежок В.С., Королько Д.Д. Методы и технические средства оперативной диагностики и классификации драгоценных камней, применяемые при таможенном контроле // Материалы 80-й научно-практической конференции студентов (Минск, 27 апреля 2024 г.). – Минск: БНТУ, 2024. – С. 550–551.

12. Шило Е.С. Геммологическая экспертиза // Материалы научно-практической конференции студентов, Минск, 24 апреля 2021 г. Минск: БНТУ, 2021. – С. 253-254.

13. Афонин Д.Н., Афонин П.Н. Организация эксплуатации технических средств таможенного контроля в таможенных органах: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский центр «Интермедия», 2021. – 120 с.

14. Приказ Минфина России от 31.10.2017 № 169н «Об утверждении Порядка идентификации драгоценных камней»

15. Приказ Минфина России от 01.03.2019 № 33н (ред. от 20.05.2024) «Об утверждении перечня технических средств таможенного контроля, используемых при проведении таможенного контроля»

16. Приказ ФТС России от 31.10.2008 № 1349 (ред. от 31.05.2012) «Об утверждении Типовых требований к оборудованию и техническому оснащению зданий, помещений и сооружений, необходимых для организации таможенного контроля в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации»

17. Афонин Д.Н. Применение технических средств таможенного контроля при проведении таможенного контроля : учебник для студентов, обучающихся по специальности «Таможенное дело». – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский центр «Интермедия», 2022. – 120 с.

18. Афонин Д.Н. Современные тенденции информатизации таможенной службы // Бюллетень

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