

На правах рукописи

Нехорошев Сергей Викторович



**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ,
Веществ и изделий в криминалистике**

05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Томск – 2015

Работа выполнена на кафедре физической и аналитической химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный консультант: Доктор химических наук, профессор
Слепченко Галина Борисовна

Официальные оппоненты: **Зайцев Николай Конкордиевич**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова", заместитель заведующего кафедрой аналитической химии, профессор кафедры «Аналитическая химия»

Грузнов Владимир Матвеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, заместитель директора по научной работе

Отмахов Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», профессор кафедры «Аналитическая химия»

Ведущая организация: Закрытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт интроскопии МНПО «Спектр»

Защита состоится «28» декабря 2015 года в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.269.09 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», по адресу: 634028, г. Томск, ул. Савиных, 7, ауд. 215.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно–технической библиотеке ФГАОУ ВО НИ ТПУ по адресу: 634050, г. Томск, ул. Белинского, 55 и на сайте <http://portal.tpu.ru/council/916/worklist>

Автореферат разослан «25» сентября 2015 г

Ученый секретарь диссертационного совета
Д.212.269.09

Васендина Е.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сегодня не вызывает сомнений утверждение, что успешное преодоление преступности возможно лишь на строго научной основе с использованием широкого арсенала научных методов и технических средств. Противодействие преступности является одним из приоритетных направлений деятельности федеральных органов исполнительной власти в Российской Федерации. В современных условиях для решения задач криминалистики все чаще применяются методы и средства контроля состава и свойств материалов, веществ и изделий. В тоже время в криминалистической практике постоянно возникают новые задачи и появляются новые объекты исследования, в связи с чем, уровень методического обеспечения контроля в криминалистике часто отстает от современных задач, возникающих в ходе судопроизводства.

Все это позволяет нам утверждать важность и актуальность исследований, направленных на разработку методов и средств контроля веществ, материалов и изделий в криминалистике, обеспечивающих внедрение эффективных методик, новых средств контроля, сформированной и систематизированной для широкого круга веществ, материалов и изделий базы методических материалов и достижение высокого уровня компетентности экспертов.

Степень разработанности темы. Исследованиям методов и средств контроля веществ, материалов и изделий в объектах криминалистики посвящены работы В.С. Митричева и В.Н. Хрусталева [3], Ю.А. Золотов [5, 44], Furton Kenneth G. [90, 188, 300], Е.Р. Россинской [307], Г.Б. Слепченко [126, 388], Scadding Cameron J. [108, 110], З.А. Темердашева [57, 207, 209, 210, 318-320, 322], Trejos Tatiana [113, 208], Г.В. Павиловой [2, 61, 87], И.М.Фицева [97, 133, 136, 155, 168, 427], J.F. Carter [119, 173, 238], Я.И. Коренмана [196, 197, 230] и Friswell Michael R. [421, 425]. Однако, в этих работах не представлена целостная методологическая база методов и средств контроля веществ, материалов и изделий, взаимоувязанная с целями и задачами криминалистической оценки результатов исследований для формирования объективного источника розыскной и доказательственной информации, применяемая для широкого «ассортимента» объектов криминалистических исследований, современного отечественного и зарубежного приборного оформления исследований, а также с квалификационными характеристиками персонала лабораторий.

Цель исследования. Разработка новой методологии и эффективных средств инструментального контроля веществ, материалов и изделий для решения практических задач криминалистики.

Для достижения цели было необходимо решить следующие **задачи**:

- проанализировать существующие научно-методические подходы к классификации, сформировать новый вариант и классифицировать объекты на его

основе в соответствии с задачами и методами контроля индивидуальных веществ и их смесей в криминалистике;

- разработать методики контроля наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, сильнодействующих и ядовитых веществ, взрывчатых материалов промышленного изготовления для расширения возможностей контроля веществ и материалов в объектах криминалистики;

- сформировать теорию концентрационных химических маркеров, установить влияние диапазона линейности аналитического сигнала, чувствительности, погрешности метода на вариативность химического состава многокомпонентных смесей;

- рассчитать рецептуры химических маркеров используя положения теории концентрационных химических маркеров, оценить уровень их уникальности и получить эффективные средства химической маркировки материалов, веществ и изделий для решения задач криминалистики методами контроля;

- разработать методики контроля химических маркеров в объектах криминалистики;

- провести методами контроля мониторинг химического состава наиболее важных объектов криминалистики, изучить возможности применения полученных результатов для решения идентификационных задач.

Научная новизна:

- Сформирована теория концентрационных химических маркеров, позволяющая рассчитывать и составлять рецептуры химических маркеров с заданными параметрами аналитического контроля в промаркированных веществах, материалах и изделиях.

- Разработана технология получения нового фталеинового химического маркера, связанная с синтезом неизвестного ранее фталеинового индикатора –3-(3'-метил-4'-гидроксифенил)-3-(4''-гидроксифенил)фталида, а также методика аналитического контроля промаркированных объектов.

- Впервые для промышленных взрывчатых материалов обнаружен общий классификационный признак источника производства – хроматографические параметры углеводородной составляющей.

- Методами аналитического контроля идентифицировано 3 новых химических соединения, относящихся к классу производных фенэтиламина, определены их спектральные и хроматографические характеристики.

- Установлены рабочие условия аналитического контроля трех алифатических спиртов в водных растворах методом ИК-спектromетрии.

- Предложен новый способ оценки вариативности количественного состава многокомпонентных смесей при контроле объектов криминалистики.

Практическая значимость:

- Разработаны рецептуры новых эффективных средств химической маркировки материалов, веществ и изделий, которые внедрены в практику контроля объектов криминалистики.
- Установлены новые направления применения электрохимических методов контроля химических элементов и органических соединений в распространенных объектах криминалистики.
- Разработано и внедрено в практическую работу 6 методик контроля известных и новых объектов криминалистики.
- Разработана и метрологически аттестована ИК-спектрометрическая методика контроля 3-х алифатических спиртов в водных растворах.
- С применением методов контроля организован постоянный мониторинг психоактивных веществ на территории Ханты-Мансийского автономного округа, обеспечивающий оперативное реагирование органов исполнительной власти на появление у населения новых объектов злоупотребления.

Примененные методы исследования: газо-жидкостная хроматография, тонкослойная хроматография, хроматомасс-спектрометрия, инфракрасная спектрометрия, инверсионная вольтамперометрия, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, математическая статистика.

На защиту выносятся:

- Теория концентрационных химических маркеров, математическая модель концентрационного химического маркера, разнообразные рецептуры новых химических маркировочных средств и эффективная технология химической маркировки материалов, веществ и изделий для целей контроля объектов криминалистики.
- Научно обоснованный метод контроля новых объектов криминалистики (синтетические каннабиноиды, производные фенэтиламина, анаболические стероиды, продукты огнестрельного выстрела) с применением спектральных, хроматографических и электрохимических характеристик аналитического сигнала, позволяющий осуществлять контроль в отсутствии стандартных образцов в объектах криминалистики.
- Научно обоснованный метод установления или исключения общности источника происхождения, источника производства, условий эксплуатации, переработки, применения и хранения материалов, веществ и изделий в объектах криминалистики.
- Результаты экспериментальных исследований качественного и количественного состава наркотических средств, психотропных веществ и их

прекурсоров, сильнодействующих и ядовитых веществ, различных изделий промышленного изготовления народно-хозяйственного назначения, содержащих взрывчатые вещества.

- Результаты исследования применения перспективных средств маркировки (углеводородных химических маркеров, люминесцентных химических маркеров, специальных маркеров для наркотических средств, автомобильного бензина) объектов криминалистики.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались и обсуждались на Российской молодежной научно-практической конференции, посвященной 125-летию Томского государственного университета (г.Томск, 2003); Всероссийской конференции «Менделеевские чтения» (г.Тюмень, 2005); III и IV Международной научно-практической конференции «Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: теория, методы, практика» (г.Нижневартовск, 2006 и 2010); XIII и XIX Международной конференции молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов» (г.Москва, 2006, 2012); II Международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (г.Санкт-Петербург, 2006); II Всероссийской конференции по аналитической химии с международным участием «Аналитика России» (г.Краснодар, 2007); VII, VIII и IX Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика» (г.Йошкар-Ола, 2009; г.Архангельск, 2011; г. Светлогорск, 2014); II Международного экологического конгресса (IV Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT (г.Тольятти, 2009); I Международной научно-практической конференции «Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий» (г.Нижневартовск, 2009); Санкт-Петербургском Международном конгрессе конфликтологов (г.Санкт-Петербург, 2009); Всероссийской научно-практической конференции «Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками» (г.Пенза, 2009); Научно-практической конференции, посвященной 10-летию кафедры экологии СурГУ: «Экология и природопользование в Югре» (г.Сургут, 2009); III Всероссийской научно-практической конференции: «Экология: проблемы и перспективы социально-экологической реабилитации территорий и устойчивого развития» (г.Вологда, 2010); I и II Съезде аналитиков России (г.Москва, 2010 и 2013); Конференции «Актуальные проблемы химии природных соединений» с международным участием (г.Ташкент, 2010); V Международной научно-практической конференции по криминалистике и судебной экспертизе (г.Москва, 2011); XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии (г.Волгоград, 2011); Всероссийской молодежной конференции «Химия под знаком Сигма: исследования, инновации, технологии» (г.Казань, 2012); I Международной

Российско-Казахстанской конференции «Химия и химическая технология» (г.Томск, 2011); I Региональном молодежном форуме «Юридические чтения» (г.Ханты-Мансийск, 2012); IX научной конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока» (г.Красноярск, 2012); Всероссийской конференции «Органический синтез: химия и технология» (г.Екатеринбург, 2012); Окружной научно-практической конференции «Организация работы по профилактике наркомании в молодежной среде» (г.Сургут, 2013); I Международной научно-практической конференции (IX Всероссийской научно-практической конференции) «Нефтепромысловая химия» (г.Москва, 2014); Всероссийской научно-практической конференции «Новые химико-фармацевтические технологии» (г.Москва, 2014); Уральском научном форуме «Современные проблемы в органической химии» (г.Екатеринбург, 2014), II Всероссийской конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (г.Сургут, 2014).

Публикации. Основные результаты изложены в 68 публикациях, из них 21 статей входит в список журналов, рекомендуемых ВАК, получено 4 патента РФ.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 355 странице печатного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения и приложения, содержит 27 таблиц, 81 рисунок. Список литературы включает 481 источник.

Личный вклад автора состоял в формировании направления и постановке задач исследования, активном участии на всех этапах их экспериментального решения, интерпретации, обсуждении результатов и написании публикаций. Диссертационная работа представляет собой обобщение результатов многолетних исследований, полученных автором лично, а также совместно с научным консультантом Г. Б. Слепченко, сотрудниками экспертных подразделений МВД РФ, ФСКН РФ, лаборатории микропримесей кафедры физической и аналитической химии института природных ресурсов ТПУ, кафедр химии ЮГУ и СурГУ, кафедры экологии НГГУ и ИХН СО РАН.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность изучаемой проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе «Контроль материалов, веществ и изделий в криминалистике» рассмотрены вопросы организация контроля материалов, веществ и изделий в судебно-экспертной деятельности, современное состояние организации научной и методологической базы контроля параметров состава материалов, веществ и изделий при решении криминалистических задач в лабораториях «криминалистического исследования материалов, веществ и изделий» (КИМВИ). Деятельность лабораторий КИМВИ подчиняется Федеральному закону от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в

Российской Федерации". Подразделения, занимающиеся производством экспертиз материалов, веществ и изделий существуют в государственных судебно-экспертных учреждениях Министерства внутренних дел России, в подразделениях, специализирующихся на производстве традиционных криминалистических (трасология, баллистика) и различных инженерно-технических экспертиз (взрывотехника, пожаротехника и др.), химико-токсикологических исследований объектов биологического происхождения и т.д. Лаборатории КИМВИ интегрированы и в структуру российских государственных судебно-экспертных учреждений Министерства юстиции, Федеральной таможенной службы, Федеральной службы по контролю за оборотом наркотиков, Федеральной службы безопасности России и Министерства обороны РФ, учреждений Министерства здравоохранения и социального развития России, также существуют альтернативные негосударственные судебно-экспертные организации и частные судебные эксперты в области КИМВИ. Ведомства самостоятельно устанавливают перечни родов (видов) судебных экспертиз, проводимых в подведомственных государственных судебно-экспертных учреждениях и подразделениях.

Не смотря на требования закона, в деятельности российских лабораторий КИМВИ различных ведомств отсутствует единый методический подход, что исключает единство научно-методического подхода к профессиональной подготовке экспертных кадров и отрицательно сказывается на качестве проводимых экспертиз, на психологических факторах, в том числе в расхождении оценок при выполнении повторных и комплексных исследований, когда они поручаются экспертам из различных ведомств. Для выхода из сложившейся ситуации с 1996 года в России на общественных началах действует Федеральный межведомственный координационно-методический совет по судебной экспертизе и экспертным исследованиям (ФМКМС), целью работы которого является оказание организационной и научно-методической помощи по вопросам совершенствования государственной судебно-экспертной деятельности и, в том числе, выработка предложений по обеспечению единого научно-методического подхода к экспертной практике, профессиональной подготовке и специализации экспертов. Однако для унификации методического обеспечения судебной экспертизы по приоритетным направлениям за период с 2009 по 2011 годы ФМКМС рекомендовал к применению в практической деятельности экспертно-криминалистических подразделений государственных судебно-экспертных учреждений федеральных органов исполнительной власти России всего 8 методических материалов, только 5 из которых имеют непосредственное отношение к методам контроля.

Основные задачи контроля объектов криминалистики можно сформулировать следующим образом: идентификация объекта исследования; контроль компонентов объекта исследования; установление соответствия компонентного состава объектов

исследования. Типичными объектами судебной химии являются: наркотические средства и психотропные вещества; горюче-смазочные материалы; взрывчатые вещества; спиртсодержащие жидкости и пищевые продукты; полимеры и резины; материалы документов; стекло и керамика; металлы и сплавы; лакокрасочные материалы и покрытия; синтетические волокнистые материалы.

Задачи КИМВИ на настоящий момент остаются неразрешимыми без решения задач контроля, которому в настоящее время остается все меньше места в КИМВИ. При этом объектами КИМВИ, как и контроля выступают материальные предметы, подлежащие исследованию для установления обстоятельств (фактов), имеющих значение для расследуемого дела. Применяя к сказанному выше основные элементы современной системы контроля, можно охарактеризовать область деятельности КИМВИ, как алгоритм решения большинства практических задач криминалистики методами контроля в отношении конкретного объекта: выбор определяемого компонента, постановка аналитической задачи, выбор метода аналитического контроля, подбор средств аналитического контроля, решение методических вопросов аналитического контроля, выполнение измерения аналитического сигнала, обработка результатов аналитического контроля, решение аналитической задачи, обсуждение результатов, решение поставленной задачи.

Таким образом, можно утверждать, что контроль материалов, веществ и изделий является востребованным в криминалистике прикладным естественнонаучным направлением, уровень методического обеспечения которого во многом отстает от современных задач, возникающих в ходе судопроизводства.

В разделе 1.2. рассмотрен химический состав объектов контроля в криминалистике. Объектами контроля материалов, веществ и изделий в криминалистике выступают материальные предметы, подлежащие экспертному исследованию для установления обстоятельств (фактов), имеющих значение для расследуемого дела. До настоящего времени такие объекты были классифицированы преимущественно по областям применения. В связи с этим отнесение объектов к одному классу не всегда означало их сходство по химическому составу или по методам контроля, что представляется не рациональным. В работе предложено классифицировать объекты по макрокомпонентному составу на органические, неорганические и комбинированные (рис. 1). Объектами криминалистики преимущественно органической природы являются наркотические средства (НС), психотропные вещества (ПВ) и их прекурсоры, сильнодействующие и ядовитые вещества (СВ и ЯВ), горюче-смазочные материалы и нефтепродукты (ГСМ и НП), высокомолекулярные соединения (ВМС). Неорганическими объектами криминалистики являются силикатные материалы, а также металлы и сплавы. Комбинированными объектами, содержащими в качестве макрокомпонентов как органические, так и

неорганические вещества, являются лакокрасочные материалы (ЛКМ), материалы документов, взрывчатые вещества (ВВ), спиртосодержащие жидкости (ССЖ) и пищевые продукты (ПП), а также продукты выстрела.



Рис. 1. Химическая классификация объектов судебной химии.

В разделе 1.3. представлен анализ материалов об использовании инструментальных методов контроля материалов, веществ и изделий в криминалистике, среди которых нашли применение хроматографические, спектральные и электрохимические методы. При этом для обеспечения надежности результатов идентификацию индивидуальных веществ рекомендуется выполнять двумя независимыми методами, а для многокомпонентных смесей чаще всего достаточно одного метода контроля. Для приборов электроаналитического контроля, применяемых при решении задач криминалистики, постоянно появляются новые модификации рабочих электродов, что ведет к появлению нового методического обеспечения и в настоящее время эти методы позволяют в биологических объектах и лекарственных препаратах определять неорганические катионы и анионы с пределами обнаружения в диапазоне от $0,5 \times 10^{-3}$ до $1,9 \times 10^{-9}$ г/мл, а органические соединения, - до $5,4 \times 10^{-11}$ моль/л. В тоже время, не смотря на

отсутствие принципиальных ограничений и наличие некоторых преимуществ над прочими, электроаналитические методы контроля пока в недостаточной степени применяются в криминалистике.

В разделе 1.4. приведен обзор современных средств химической маркировки материалов, веществ и изделий, применение которых, в ряде случаев, способно значительно упростить методику контроля объектов криминалистики. Показано, что перспективными направлениями развития технологий химической маркировки веществ, материалов и изделий, являются: создание универсальных химических маркеров для широкого круга объектов контроля, повышение экспрессности процессов маркировки и контроля, разработка многовариантных химических маркеров, упрощение производства маркеров и методик их контроля и т.д.

В главе 2 работы приведены характеристики материалов и реактивов, использованных при выполнении экспериментальных работ, изложены условия проведения контроля объектов криминалистики с привлечением широкого спектра современных инструментальных методов: газовой и жидкостной хроматографии, масс-, ИК- и РФ-спектрометрии, оптической и электронной микроскопии, инверсионной вольтамперометрии. Подробно описаны методики пробоподготовки объектов криминалистики и способы математической обработки результатов контроля.

Решение диагностических задач в криминалистике методами аналитического контроля

Глава 3 посвящена решению диагностических задач в криминалистике методами контроля. В настоящее время наиболее актуальной диагностической задачей контроля в криминалистике является идентификация наркотических средств, психотропных, сильнодействующих и ядовитых веществ. В ходе практического решения этой задачи эксперты сталкиваются со следующими проблемами: отсутствие информации о параметрах аналитического сигнала новых психоактивных соединений и отсутствие методик определения указанных соединений доступными методами.

Решение первой проблемы заключается в получении аналитических характеристик новых соединений для комплекса методов контроля, внедренных в деятельность экспертно-криминалистических лабораторий. Существование второй проблемы связано с недостаточным уровнем оснащения отечественных лабораторий дорогостоящими высокоинформативными приборами контроля, на которых ориентируются современные разработчики методического обеспечения: масс-спектрометрия и ИК-спектрометрия.

В течение длительного времени в России остается не решенной проблема распространения «легальных наркотиков». В работе была проведена идентификация ряда соединений (рис. 2) и определении их аналитических характеристик.

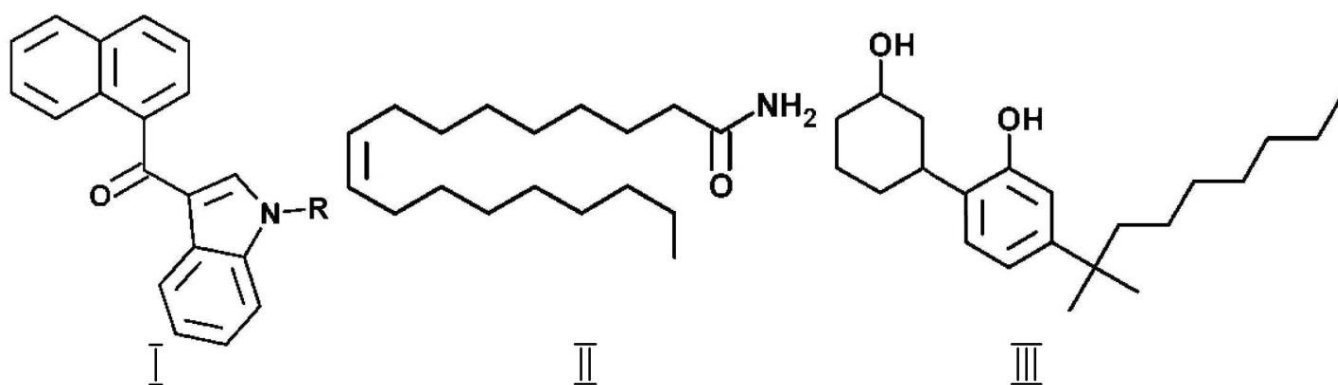


Рис. 2. Структурные формулы синтетических каннабиноидов, где R - алкильный радикал нормального строения (C_4 (бутил) = **a**; C_5 (пентил) = **b**; C_6 (гексил) = **c**): **Ia** - JWH-073; **Ib** - JWH-018; **Ic** - 1-гексил-3-(1-нафтоил)-индол; **II** - олеамид (OLA); **III** - CP 47,497-C8.

Анализ ароматических курительных смесей методом хромато-масс-спектрометрии показал, что во всех исследованных образцах содержатся синтетические «неклассические» каннабиноиды различных классов. В большинстве случаев в курительных смесях был обнаружен 1-пентил-3-(1-нафтоил)-индол (JWH-018), реже 3-[4-(1,1-диметилоктил)-2-гидроксифенил]циклогексан-1-ол (CP 47,497-C8) совместно со своим оптическим изомером, 1-бутил-3-(1-нафтоил)-индол (JWH-073), 1-гексил-3-(1-нафтоил)-индол и олеамид (OLA). Кроме этого были определены их линейные хроматографические индексы удерживания (таблица 1).

Таблица 1. Линейные хроматографические индексы удерживания (J) «неклассических» каннабиноидов для колонки марки "Thermo TR-5MS".

Соединение	J
1-бутил-3-(1-нафтоил)-индол (JWH-073)	3262
1-пентил-3-(1-нафтоил)-индол (JWH-018)	3346
1-гексил-3-(1-нафтоил)-индол	3436
Олеамид (OLA)	2390
3-[4-(1,1-диметилоктил)-2-гидроксифенил]цикло-гексан-1-ол (CP 47,497-C8)	2790
и его оптический изомер	2775

Также в работе была проведена идентификация производных фенэтиламина методом ТСХ и определены параметры хроматографического удерживания соединений на силикагеле в системе растворителей хлороформ-ацетон-этанол-25% раствор аммиака в соотношении 20:20:3:1, а также окраска хроматографических зон в реакции с нингидрином. Кроме этого были получены масс- и ИК-спектры соединений и установлены их линейные хроматографические индексы удерживания

(J) для колонки марки "Thermo TR-5MS". Для расшифровки масс-спектров нами предварительно были изучены пути фрагментации 45 известных производных фенэтиламина при ионизации электронным ударом с энергией 70 эВ, что позволило выявить следующие закономерности фрагментации таких молекул: пик молекулярного иона у производных фенилэтиламина малоинтенсивный; пик основного иона соответствует амину, образованному при разрыве молекулы на этиленовом участке; два малоинтенсивных пика соответствуют ароматическим фрагментарным ионам, образуемым при отрыве от молекулярного иона метил- и этиламинного фрагментов.

Правильность расшифровки масс-спектров в работе подтверждена результатами ЯМР-спектроскопии. Рассчитаны линейные индексы хроматографического удерживания метилона, мефедрона, 4-МЕС и известных производных фенэтиламина, которые были обнаружены в обороте на территории ХМАО-Югры (таблица 2).

Таблица 2. Индексы хроматографического удерживания производных фенилэтиламина на капиллярных колонках с метилсиликоновой неподвижной фазой, содержащей 5% фенильных групп.

Название	J	Название	J	Название	J
pFA	1145	Метедрон	1653	Бутилон	1801
3-FMC	1327	2C-E	1686	2C-B	1841
PMMA	1448	Метилон	1721	Пентилон	1883
Мефедрон	1462	2C-C	1760	2C-I	1945
Пентедрон	1502	MPPP	1772	MDPBP	2108
4-МЕС	1528	PVP	1790	MDPV	2177

Своевременно проведенная исследовательская работа по идентификации веществ, и последовавшая за этим разработка методики экспертного исследования метилона, мефедрона и 4-МЕС, позволила оперативным подразделениям ФСКН России по ХМАО-Югре, за первые 2 недели действия запрета на эти вещества, обнаружить и изъять из оборота более 100 почтовых отправлений с запрещенными веществами общей массой около 500 грамм.

Многочисленность и разнородность объектов в криминалистике, а также разнообразие криминалистических задач, требующих своего решения, не позволяют ограничить контроль в данной области хроматографическими и спектральными методами. Электрохимические методы аналитического контроля для криминалистики имеют большие перспективы применения, а их методология в этой сфере деятельности еще окончательно не сформировалась. Современная теория строения органических соединений позволяет предположить, что многие

биологически активные и токсичные соединения, взрывчатые вещества и красители обладают электрохимической активностью, но эти их свойства пока изучены в недостаточной степени.

4-хлордегидрометилтестостерон является оральным анаболическим стероидом, который был разработан в начале 60-х на фирме «Йенафарм» и входит в Запрещенный список Всемирного антидопингового кодекса. Применение вольтамперометрии для анализа 4-хлордегидрометилтестостерона в литературе не описано, но имеется информация по определению этим методом других анаболических стероидов. Проведенное в работе изучение структуры 4-хлордегидрометилтестостерона указывает на возможность электрохимической адсорбции этого вещества на твердых электродах (рис. 3). При изучении электрохимического поведения 4-хлордегидрометилтестостерона использовали отечественный аналитический вольтамперометрический комплекс СТА. В ходе процедуры выбор рабочих условий вольтамперометрического определения 4-хлордегидрометилтестостерона при потенциале электролиза (E_z) 0,4 В, времени электролиза (τ_3) 15 с и скорости изменения потенциала развертки (w) 20 мВ/с был получен его аналитический сигнал при потенциале 1,12 В (рис. 4).

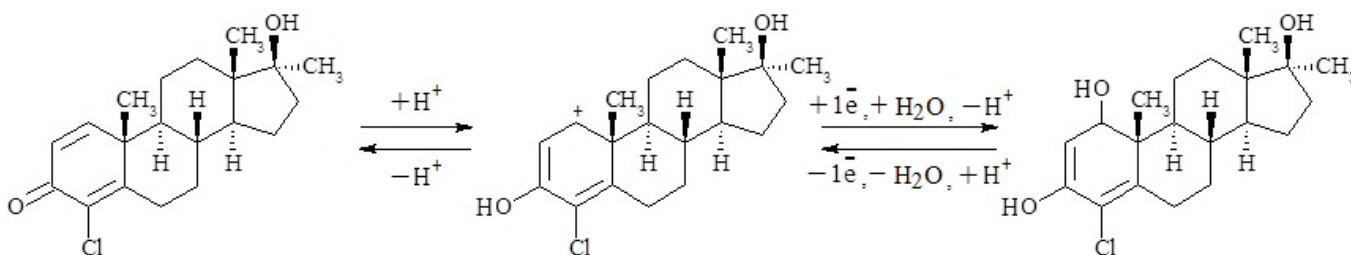


Рис. 3. Электрохимическая реакция 4-хлордегидрометилтестостерона.

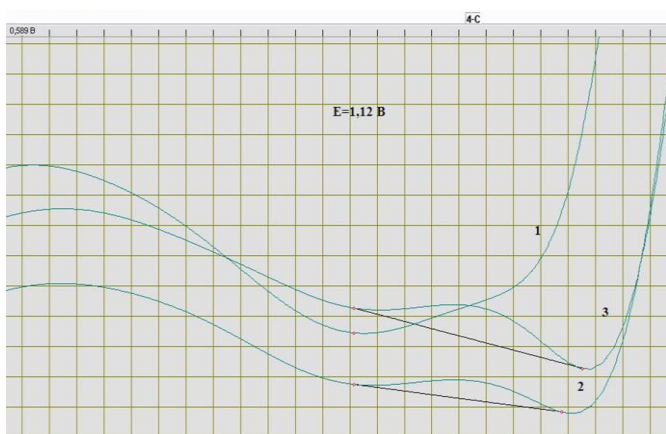


Рис.4. Вольтамперограмма 4-хлордегидрометилтестостерона на стеклоуглеродном электроде при $\tau_3 = 15$ с; $w = 20$ мВ/с; $E_z = 0,4$ В:

- 1 – фон (фосфатный буфер при pH=5,3);
- 2 – $C_{4\text{-ХДМТ}} = 1,43 \times 10^{-6}$ М;
- 3 – $C_{4\text{-ХДМТ}} = 2,87 \times 10^{-6}$ М.

Исходя из полученных рабочих условий вольтамперометрического определения 4-хлордегидрометилтестостерона была построена графическая зависимость величины тока от концентрации (рис. 5). В результате было установлено, что линейность градуировочного графика сохраняется в диапазоне

концентраций $0,89 \times 10^{-7}$ - $0,71 \times 10^{-5}$ М с коэффициентом корреляции 0,992 и коэффициентом чувствительности 22,54.

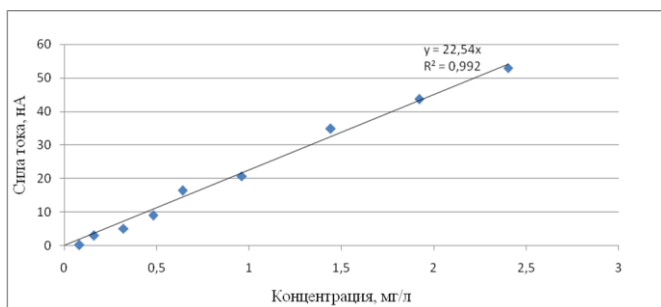


Рис. 5. Зависимость величины тока 4-хлордегидрометилтестостерона от концентрации на стеклоуглеродном электроде в фосфатном электролите ($\tau_s = 15$ с; $w = 20$ мВ/с; $E_s = 0,4$ В).

В результате изучения в выбранных рабочих условиях зависимости ошибки определения от содержания 4-хлордегидрометилтестостерона (рис. 6) были вычислены предел определения (C_H), который составил 0,03 мг/л или $0,91 \times 10^{-7}$ М ($Sr = 0,33$), а также предел обнаружения (C_{min}), который составил $0,17 \times 10^{-7}$ М.

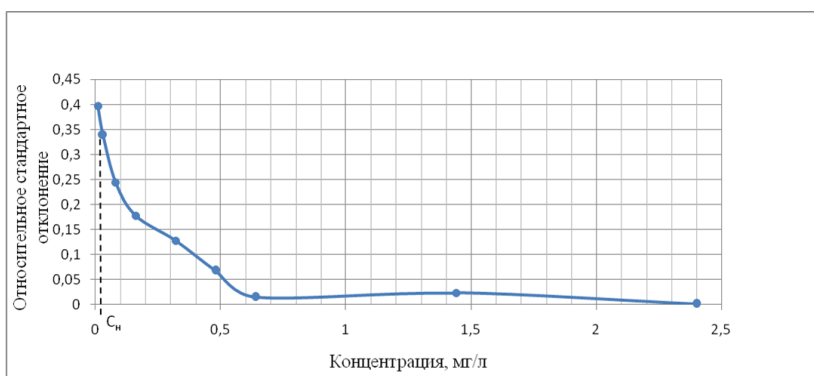


Рис.6. Зависимость стандартного отклонения от определяемого содержания 4-хлордегидрометилтестостерона на стеклоуглеродном электроде ($pH=5,3$; $E_s=0,4$ В; $W=20$ мВ/с).

На основании выбранных рабочих условий была составлена вольтамперометрическая методика определения массовой концентрации 4-хлордегидрометилтестостерона в фармацевтическом препарате «Туринабол». Диапазон содержаний определяемого вещества для этой методики составляет от 0,018 мг/л до 2,24 г/л. Общая схема контроля 4-хлордегидрометилтестостерона методом вольтамперометрии (рис. 7) была применена для контроля таблетированного лекарственного средства «Туринабол» с заявленной дозировкой 10 мг активного вещества, при этом результаты определения не превышали погрешности более 2,75%.

В результате проведенных исследований были установлены рабочие условия количественного определения 4-хлордегидрометилтестостерона методом вольтамперометрии с использованием стеклоуглеродного электрода, в которых предел обнаружения и нижняя граница определяемых содержаний составляют, соответственно, $0,17 \times 10^{-7}$ и $0,91 \times 10^{-7}$ М, а линейная зависимость градуировочного графика сохраняется в диапазоне концентраций $0,89 \times 10^{-7}$ - $0,71 \times 10^{-5}$ М.

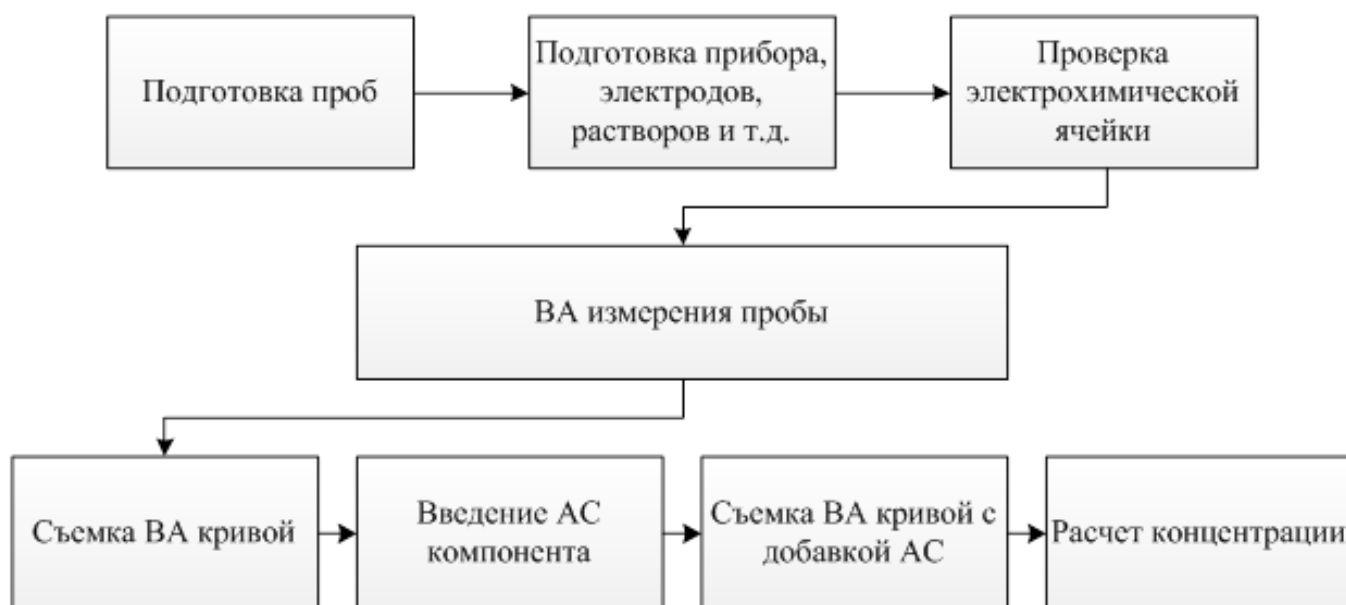


Рис.7. Схема контроля 4-хлордегидрометилтестостерона методом вольтамперометрии.

Так же в работе для изучения возможностей инверсионной вольтамперометрии при решении криминалистических задач были выполнены экспериментальные отстрелы винтовки ТОЗ-78-01 калибр 5,6 мм спортивно-охотничьими патронами с различных дистанций. В ходе определения концентрации свинца на трех мишенях, полученных при стрельбе с фиксированной дистанции, вычисляли средние значения определяемых величин (X_{cp}) и их доверительные интервалы (ΔX), значения которых представлены в таблице 3.

Результаты серии экспериментов, выполненных с применением метода инверсионной вольтамперометрии, показывают, что вокруг огнестрельных повреждений образованных свинцовым снарядом, имеются участки с повышенным содержанием свинца и это обстоятельство можно использовать в судебной баллистике при исследовании объектов с огнестрельными повреждениями при решении диагностических задач (рис. 8). Результаты количественного анализа показывают, что для участков мишеней, находящихся на разном удалении от центров повреждения, кривые содержания свинца при выстреле с различных дистанций имеют значительные различия. Эти кривые имеют на начальном этапе явно выраженные экстремумы, что можно объяснить взаимным наложением процессов образования следов на многослойной преграде при прохождении через нее свинцового снаряда и воздействия газопороховой струи. Проанализировав форму полученных кривых можно прийти к выводу, что для целей определения дистанции «близкого выстрела» по распределению свинца в большей степени подходит участок мишени, находящийся на расстоянии 10-25 мм от центра повреждения (кривая 2).

Таблица 3. Содержание свинца в материале мишеней (X_{cp} , нг/см²), полученных в результате отстрела с различных дистанций винтовки ТОЗ-78-01 калибр 5,6 мм спортивно-охотничьими патронами.

Дистанция выстрела, см	Расстояние фрагмента мишени от центра, мм					Фон
	0-10	10-25	25-50	50-100	100-150	
0	$X_{cp}/\Delta X$	$X_{cp}/\Delta X$	$X_{cp}/\Delta X$	$X_{cp}/\Delta X$	$X_{cp}/\Delta X$	$X_{cp}/\Delta X$
	64	1,8	0,75	0,18	0,029	
10	15	0,4	0,18	0,04	0,007	
	31	21	1,5	0,25	0,18	
30	7	0,5	0,3	0,06	0,04	
	37	15	1,5	0,13	0,10	0,028
50	9	3	0,3	0,03	0,02	0,007
	7,3	2,2	1,5	0,29	0,088	
100	1,8	0,5	0,3	0,07	0,021	
	4,3	0,23	0,15	0,073	0,032	
300	1,0	0,05	0,03	0,018	0,008	
	4,2	0,029	0,028	0,030	0,025	
	1,0	0,007	0,007	0,007	0,006	

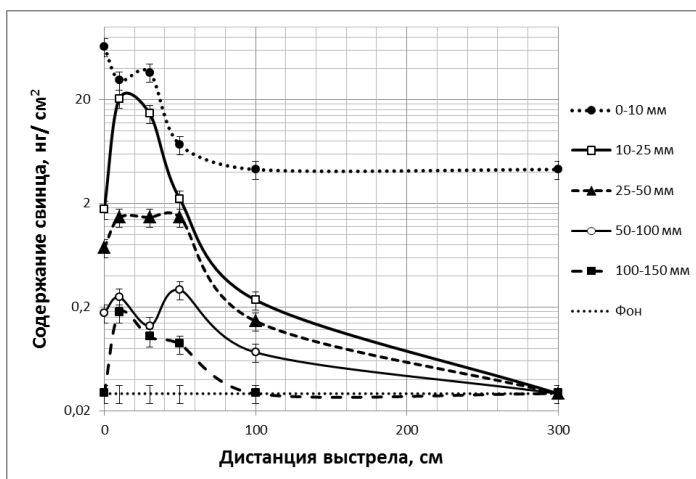


Рис.8. Графические зависимости содержания свинца (в логарифмическом масштабе) на различных участках материала мишеней от дистанции выстрела спортивно-охотничьим патроном со свинцовой безоболочечной пулей из винтовки ТОЗ-78-01 калибр 5,6 мм.

Метод инверсионной вольтамперометрии позволяет определять в мишенях не только свинец, но и другие элементы, входящие в состав продуктов выстрела: цинк, медь, сурьму, олово, железо. Используя справочную информацию о химическом составе материала оружия и боеприпасов или предварительно изучив химический состав отложений копоти на выстрелянной гильзе или стволе оружия. Качественный состав отложений копоти на стреляной гильзе или на оружии в достаточной степени отражает спектр рентгеновской флуоресценции. Для регистрации спектров флуоресценции применялся аппарат рентгеновский для спектрального анализа

«Спектроскан Макс-GV». На рис. 9 приведен спектр отложений копоти, снятых на фильтровальную бумагу с гильзы от патрона калибра 5,6 мм, выстрелянного из винтовки ТОЗ-78-01.

Как видно из полученных результатов, элементный состав копоти на гильзах отражает особенности химического состава материалов, из которых был изготовлен патрон и оружие. Относительное преобладание в спектре копоти от патрона калибра 5.6 мм полос флуоресценции свинца хорошо согласуется с безоболочечной свинцовой пулей в конструкции этого патрона, а высокая относительная интенсивность полос флуоресценции цинка и меди в спектре копоти от патрона марки «9×18 мм ПМ» - с плакированной томпаком (разновидность латуни) оболочкой пули от пистолета Макарова.

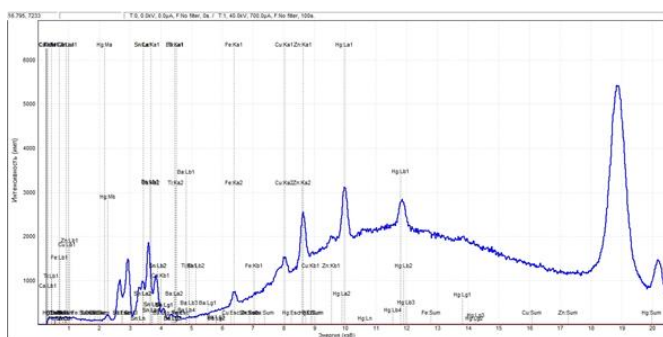


Рис.9. Спектр рентгеновской флуоресценции копоти с гильзы после выстрела из винтовки ТОЗ-78-01 патроном марки «9×18 мм ПМ».

Таким образом, кроме свинца методом вольтамперометрии в продуктах выстрела можно целенаправленно определять такие специфические элементы, как медь, цинк, олово, сурьму и ртуть.

Распространенной группой объектов криминалистики, для диагностического исследования которой требуется применять методы контроля, являются прекурсоры наркотических средств и психотропных веществ, качественный и количественный химический состав которых в России строго регламентируется. Из этой группы веществ очень часто объектами криминалистики становятся минеральные кислоты и их водные растворы (серная кислота с концентрацией 45% и более, а также соляная кислота с концентрацией 15% и более). В работе разработана методика экспертного исследования данной группы объектов. В результате проведения комплекса исследований в соответствии с разработанной методикой, однозначно решается вопрос об отнесении представленного объекта к серной или соляной кислоте, после чего устанавливается концентрация кислоты по ее плотности.

Контроль параметров химического состава объектов криминалистики при решении идентификационных задач

Основная часть идентификационных задач в криминалистике заключается в установлении или исключении общности источника происхождения (производства) у нескольких объектов. Более сложным частным случаем таких задач является

получение информации об источнике производства, условиях эксплуатации, переработки, применения и хранения объектов криминалистики. Основные сложности при разработке таких методик связаны с тем, что объектами контроля, как правило, являются запрещенные, опасные вещества или ценные вещества, для которых очень сложно получить натурные образцы с достоверной историей происхождения.

В отношении взрывчатых материалов и изделий промышленного изготовления общего промышленно-хозяйственного назначения изучалась возможность использования газохроматографических параметров нефтепродуктов, входящих в их состав, для установления общности источника происхождения этих объектов. В основу использования идентификационной способности нефтепродуктов была положена индивидуальность их химического состава, обусловленная многочисленностью составляющих компонентов и их концентраций, что сходно с дактилоскопией. Главной их особенностью должно быть присутствие какого-либо нефтепродукта в составе этого материала или вещества, либо использование нефтепродукта в качестве элемента конструкции изделия, выпускаемого серийно.

Для изучения состава взрывчатых веществ, входящих в состав взрывоопасных объектов, потребовалось предварительно разработать методику выделения из них углеводородсодержащих проб. Последовательность действий по получению углеводородсодержащих проб полностью зависит от конструкции исследуемого заряда взрывчатого вещества. Для демонтажа зарядов ЗПК105С и ЗПК42С, с целью получения проб основного заряда взрывчатого вещества, было разработано два различных метода: метод механического демонтажа и метод взрывного демонтажа.

Изделия общего промышленно-хозяйственного назначения, содержащие в своем составе взрывчатые вещества (тротиловые шашки различных типов, патроны аммонитов, перфорационные кумулятивные заряды снаряженные флегматизированным гексогеном и октогеном), имеют промышленную маркировку, содержащую информацию о предприятии-изготовителе, производственной партии и т.п. Однако при нелегальном обороте взрывчатых веществ промышленная маркировка уничтожается и для идентификации источников поступления данных изделий необходимо проведение специальной экспертизы. В конструкции практически всех изделий промышленного изготовления содержащих взрывчатые вещества предполагается наличие тяжелых нефтепродуктов или их смесей. Для сравнительного изучения качественного и количественного состава нефтепродуктов, применяемых в составе промышленных бризантных взрывчатых веществ промышленно-хозяйственного назначения, а также в качестве конструктивных элементов изделий, содержащих взрывчатые вещества, наиболее эффективным представляется метод газо-жидкостной хроматографии. Результаты химического

анализа углеводов из изделий содержащих взрывчатые вещества позволили утверждать, что для различных взрывчатых веществ и изделий на их основе применим общий подход к их идентификационному исследованию – выявление элементов конструкции или компонентов, содержащих нефтепродукты, и сравнение их количественного углеводородного состава методом газовой хроматографии. Применение информационно-аналитических методов анализа позволило значительно облегчить сравнение количественных характеристик, а также создать специализированные базы данных для автоматической идентификации производителя и производственной партии изделий.

В работе из каждой партии случайным образом отбирались по 10 шашек, с каждой из которых брались по три пробы гидроизолирующего покрытия массой по 10 мг, которые растворялись в 1 мл гексана и исследовались методом газожидкостной хроматографии. Для более детального сравнения количественного углеводородного состава покрытий, использовалось как относительное содержание нормальных предельных углеводов, так и относительное содержание углеводов, которые элюируются при хроматографировании между пиками нормальных предельных углеводов. Для определения относительных содержаний использовался метод нормировки. Относительное содержание нормальных предельных углеводов и суммы углеводов, элюирующихся между пиками нормальных предельных углеводов, в пробах сравниваемых объектов считались одинаковым, если перекрывались доверительные интервалы средних значений соответствующих полученных величин. Среди тротильных шашек разных партий изготовления обнаружены явные различия как в относительных содержаниях n-алканов (рис. 10), так и в суммарных содержаниях углеводов, элюирующихся между пиками нормальных предельных углеводов (рис. 11). При этом отличия в составе гидроизолирующих покрытий различных партий хорошо идентифицируются уже по пикам n-алканов и сравнение содержаний углеводов, элюирующихся между хроматографическими пиками n-алканов можно рассматривать как дополнительный аргумент, подтверждающий их различия.

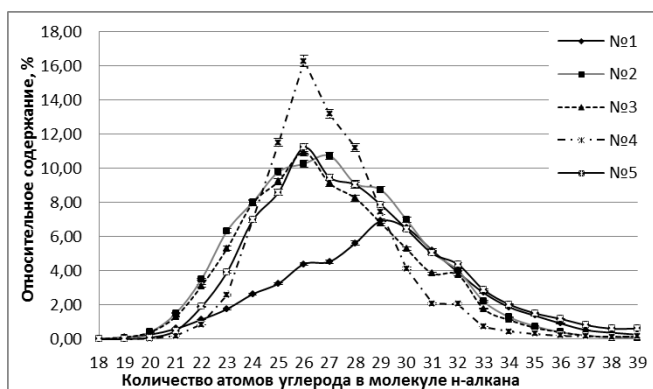


Рис. 10. Зависимость относительного содержания n-алканов от числа атомов углерода в их молекулах, входящих в состав гидроизолирующих покрытий тротильных шашек "ТП-200Г-К" пяти производственных партий



Рис. 11. Зависимость относительного содержания суммы углеводородов, элюирующихся между пиками n-алканов, от числа атомов углерода в их молекулах, входящих в состав гидроизолирующих покрытий тротильных шашек "ТП-200Г-К" пяти производственных партий.

Кроме этого, сравнивались относительные содержания индивидуальных углеводородов в группах, элюирующихся между пиками нормальных предельных углеводородов. Групповые содержания нормальных алканов и сумм углеводородов, элюирующихся между пиками n-алканов, приведены в таблице 4.

В результате контроля методом хроматографии была обнаружена однородность количественного углеводородного состава гидроизолирующих покрытий тротильных шашек в пределах одной партии изготовления, которая сохранялась в течение одного года хранения этих изделий в складских условиях (железобетонное закрытое сухое помещение без отопления).

Таблица 4. Суммарное относительное содержание n-алканов и прочих углеводородов в образцах исследованных партий изделий.

№ образца	Суммарное содержание n-алканов, % (отн.).	Суммарное содержание прочих углеводородов, % (отн.).
1	54,8±1,4	45,2±1,1
2	89,6±2,2	10,4±0,3
3	79,8±2,0	20,2±0,5
4	80,6±2,0	19,4±0,5
5	85,0±2,1	15,0±0,4

Таким образом, установлена высокая эффективность применения методов контроля для идентификационной классификации различных изделий народно-хозяйственного назначения, содержащих взрывчатые вещества, по количественному углеводородному составу нефтепродуктов, являющихся элементами конструкции данных изделий. Идентификационные признаки, получаемые по результатам хроматографического анализа, позволяют дифференцировать однотипные серийно выпускаемые изделия по принадлежности к различным производственным партиям. Состав смеси углеводородов в конструктивных элементах изделий, по которому осуществляется их классификация, сохраняется неизменным в течение года хранения изделий в складских условиях.

Также в работе помимо диагностического исследования героина проводилась разработки методического обеспечения идентификационного исследования по установлению его источника происхождения (производства). Было проведено исследование химического состава 536 образцов героина, изъятого правоохранительными органами на территории ХМАО-Югры в период с 2005 по 2014 года. При изучении данного массива информации в пространственно-временной ретроспективе были выявлены идентификационные репера химического состава наркосодержащих смесей героина, что позволило составить сравнительно-идентификационную картину региона. В основу данного исследования была положена гипотеза о целесообразности использования в качестве идентифицирующих признаков наркосодержащей смеси особенностей ее химического состава, т.е. различные сочетания добавок и примесей могут быть отличительным признаком производственной партии наркосодержащей смеси даже после её разделения и разбавления различными наполнителями или быть характерной особенностью производства. В качестве идентификационных реперов мы использовали химический состав ГСС с различными вариантами сочетания его компонентов и наполнителей.

Для аналитического контроля героина использовали газовый хроматограф «Кристалл 5000.2» (Россия) с масс-селективным детектором Termo Electron DSQ II, кварцевой капиллярной колонкой RTX-5MS (25 м × 0,25 мм). Пробы хроматографировали в виде щелочных и кислотных хлороформных экстрактов. Идентификацию наркотических и психотропных средств в экстрактах проводили в режиме регистрации по полному ионному току; полученные масс-спектры сравнивали с библиотечными (библиотеки NIST-2005 и Wiley 8th Edition). Типичная хроматограмма исследованных образцов представлена на рис. 12. Для идентификации инертных наполнителей и некоторых активных веществ использовали ИК-спектроскопию.

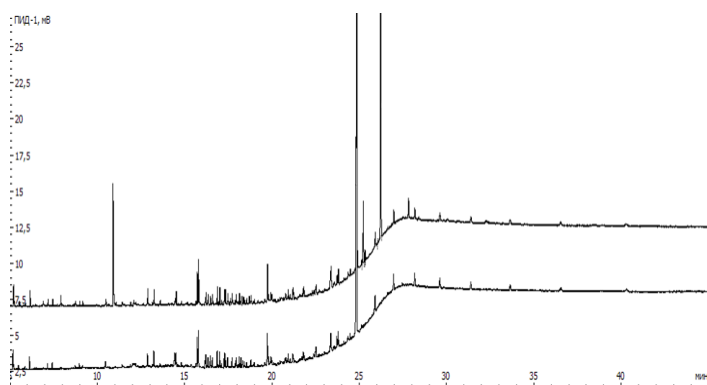


Рис. 12. Образец героина от 05.09.2005г. Масса – 0,949 грамма. Основа: ДАМ + сахараза. Наполнитель: сахараза. Содержание ДАМ – $1,82 \pm 0,13\%$, АК – $9,72 \pm 0,68\%$, 6-МАМ – $9,85 \pm 0,69\%$

Рассмотрев временные изменения в химическом составе ГСС установлено, что в Нижневартовском регионе в 2005-2006 годах существовал один основной

источник их поступления, отличающихся отсутствием фармакологически-активных добавок и наличием в качестве наполнителей углеводов. В химическом составе ГСС из Нижневартковского региона и прилегающих территорий обнаружена общая тенденция к снижению содержания 6-моноацетилморфина, что отражает степень разложения героина и, следовательно, продолжительность «жизни» героина с момента его синтеза до момента его химического анализа. Такие изменения в составе могут указывать на резкое сокращение сроков доставки героина в Нижневартковский регион и соседние территории из источника его производства.

Таким образом, на основании анализа массива экспериментальных данных с применением методики сравнительно-идентификационного исследования составлена сравнительно-идентификационная картина региона исследования. Результаты данного исследования применены аналитической службой УФСКН РФ по ХМАО–Югре при проведении оперативно-розыскных мероприятий по выявлению схемы каналов поступления в регион наркотического средства – героин.

В ходе оперативно-розыскных мероприятий и следственных действий, проводимых при расследовании преступлений данной категории, у специалистов нередко появляется доступ к помещениям, в которых производилась расфасовка крупных партий наркотиков на более мелкие или иные действия с неупакованными наркотиками. Подобные манипуляции с порошкообразными веществами обязательно влекут за собой «засорение» используемого помещения их пылью. В связи с этим, наибольшие количества пыли наркотиков будут отлагаться в местах постоянного выхода воздушных потоков из помещения (вентиляционные каналы, дверные проемы и оконные форточки). Методика включает в себя два основных этапа: сбор образцов пыли и их инструментальный контроль. Модельные эксперименты с типичными элементами обстановки жилых помещений показали, что для проведения такого исследования достаточно стирание пыли с поверхности площадью 100-200 см². При многократных манипуляциях с порошкообразным героином в помещении, для его уверенной идентификации достаточно пробы пыли, снятой с поверхности площадью в несколько квадратных сантиметров. Исследование полученных образцов проводили методом хроматомасс-спектрометрии, как по полному ионному току (для идентификации наиболее распространенных наркотиков), так и по выбранным ионам (для более чувствительной селективной регистрации аналитического сигнала конкретного наркотика). Идентификацию хроматографических пиков осуществляли при помощи электронных библиотек масс-спектров "NIST 2.0" (дата создания 02.2008 г.), правильность которой подтверждали по совпадению времени удерживания хроматографического пика соответствующего соединения со временем удерживания пика образца сравнения. В качестве наиболее интенсивных характеристических ионов для героина выбраны четыре (m/e 369, 327, 310, 268), два из которых

являются характеристичными и для 6-моноацетилморфина (m/e 327, 268). При этом одновременное обнаружение в пылевых следах героина и 6-моноацетилморфина будет являться дополнительным аналитическим признаком, подтверждающим наличие героина в пробе.

В результате анализа было обнаружено, что на хроматограммах контрольных тампонов и тампонов с пылевыми следами из помещений, где до анализа не происходили манипуляции с наркотиками, не зафиксировано хроматографических пиков героина, 6-моноацетилморфина и других распространенных наркотиков (рис. 13, хроматограмма Г).

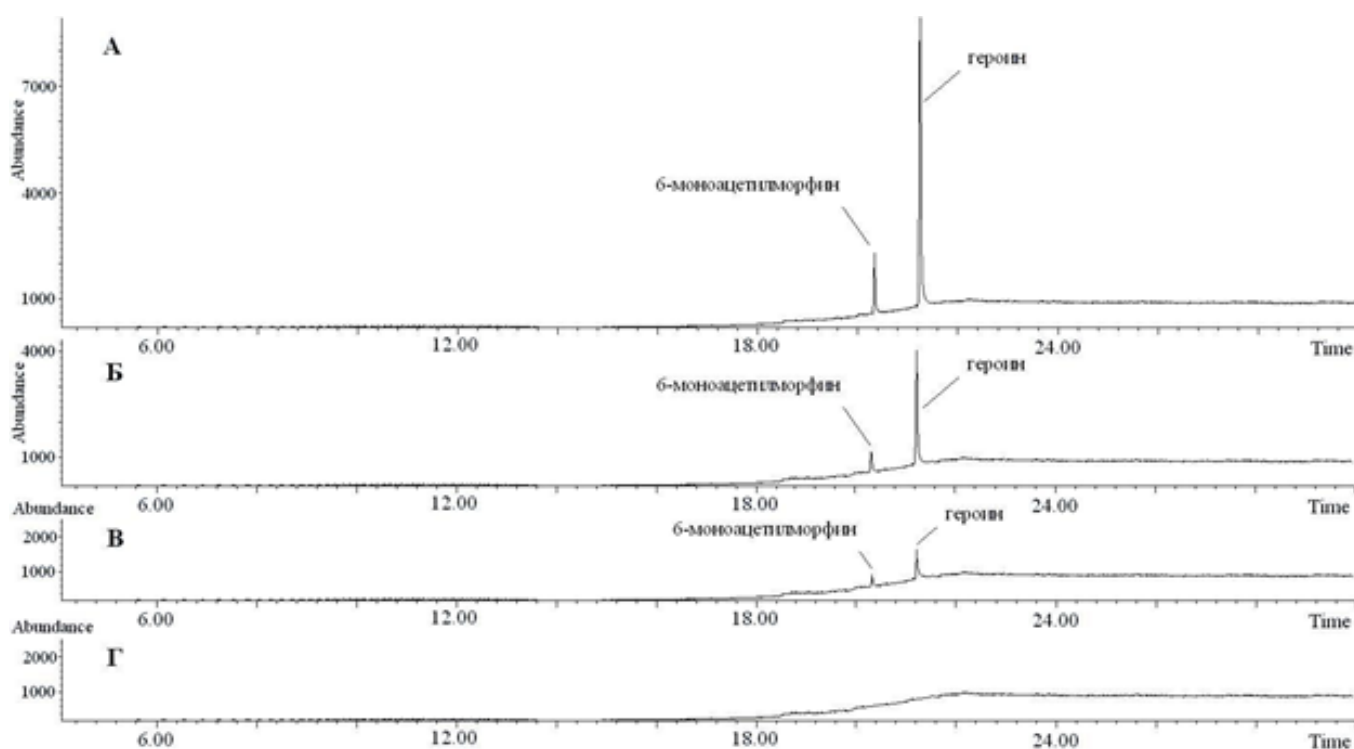


Рис. 13. Хроматограммы с детектированием по сумме выбранных ионов (m/e 369, 327, 310, 268): А – экстракт пыли, снятой с вентиляционной решетки комнаты, в которой производились многократные манипуляции с героином (измельчение и пересыпание); Б – экстракт пыли, снятой с подоконника комнаты (объемом 25 м³), в которой производились многократные манипуляции с героином (измельчение и пересыпание); В – экстракт пыли, снятой через 24 часа с шифоньера в комнате (объемом 35 м³) после однократного пересыпания 200 грамм 10%-ного порошкообразного героина из одной упаковки в другую; Г – экстракт пыли, снятой с шифоньера в комнате (объемом 35 м³) до проведения манипуляций с героином.

На хроматограммах помещений, в которых производились манипуляции с героином, имеются интенсивные хроматографические пики соответствующие по своим временам удерживания хроматографическим пикам стандартных образцов героина и 6-моноацетилморфина (рис. 13, хроматограммы Б и В). Кроме совпадения

времен удерживания хроматографических пиков анализируемых веществ в масс-спектрах этих соединений присутствуют выбранные ранее соответствующие ионы, что значительно увеличивает надежность их идентификации.

При исследовании бытовой пыли помещений, в которых осуществлялось незаконное изготовление наркотиков из таблетированного лекарственного средства «Седал-М», во всех случаях на хроматограммах по полному ионному току был обнаружен достаточно интенсивный хроматографический пик кодеина. При этом отпадает необходимость исследования таких экстрактов по выбранным ионам. Кроме хроматографического пика кодеина, на хроматограммах пыли из подобных помещений наблюдаются хроматографические пики кофеина, ацетаминофена (парацетамола), фенобарбитала и дипирона (анальгина). Учитывая, что в состав лекарственного средства «Седал-М» (состав: парацетамол 300 мг, метамизол натрий (анальгин) 150 мг, кофеин 50 мг, фенобарбитал 15 мг, кодеина фосфат 10 мг), входят именно обнаруженные индивидуальные вещества, по результатам аналитического контроля пыли можно уверенно говорить, что в помещении осуществлялась переработка этого лекарственного средства.

Определенное количество бытовой пыли, достаточное для обнаружения в ней распространенных наркотиков, установить не возможно. Однако, эксперименты с типичными элементами обстановки реальных жилых помещений показали, что для обнаружения героина достаточно снятие образца пыли с поверхности площадью 10-100 см². При многократных манипуляциях с порошкообразным героином в помещении, для его уверенной идентификации достаточно пробы пыли, снятой всего с площади в несколько квадратных сантиметров и менее.

Документы и изделия из бумаги являются распространенными объектами судебной экспертизы. В некоторых случаях по разрезам на бумаге требуется получить информацию о химическом составе режущего инструмента, с помощью которого были выполнены эти разрезы, а также идентифицировать конкретный экземпляр такого инструмента. Такая задача в редких случаях может быть решена в результате трасологического исследования, заключающегося в сопоставлении неровностей на разрезе бумажного листа с дефектами на рабочей поверхности режущего инструмента. В тоже время методы контроля, например инверсионная вольтамперометрия, для решения подобных задач в отношении объектов из бумаги ранее не применялись. Рабочую (режущую) поверхность каждого образца режущего инструмента исследовали методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (РФС) на аппарате рентгеновском для спектрального анализа «Спектроскан Макс-GV» (условия приведены в экспериментальной части работы). Результаты исследования методом РФС рабочей поверхности режущих инструментов показали, что разнообразие их качественного макроэлементного состава ограничено комбинациями из трех металлов: железа, никеля и хрома.

Для получения информации о морфологии следов металлизации, остающихся на бумаге после ее разрезания металлическими режущими инструментами, поверхность экспериментальных разрезов исследовали при помощи сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LMU TESCAN» с детектором обратно-отраженных электронов (режим BSE), оснащенного рентгеноспектральным микроанализатором «INCA X-act Oxford Instruments». Метод СЭМ показал, что на 1 см разреза бумаги можно обнаружить около 5-10 металлических частиц неправильной формы с линейными размерами от 1 до 10 мкм. При этом на разрезах бумаги, выполненных ножницами импортного производства (№№ 1-8), были обнаружены металлические частицы, состоящие из железа и хрома, на разрезах бумаги, выполненных ножницами отечественного производства (№№ 9, 10) - частицы, состоящие из железа и никеля, а на разрезах бумаги, выполненных резакром и ножом (№№ 11, 12) - частицы, состоящие только из железа. Кроме этого на рис. 14 показано расположение точек элементного анализа. Полученные результаты определения представлены в таблице 5.

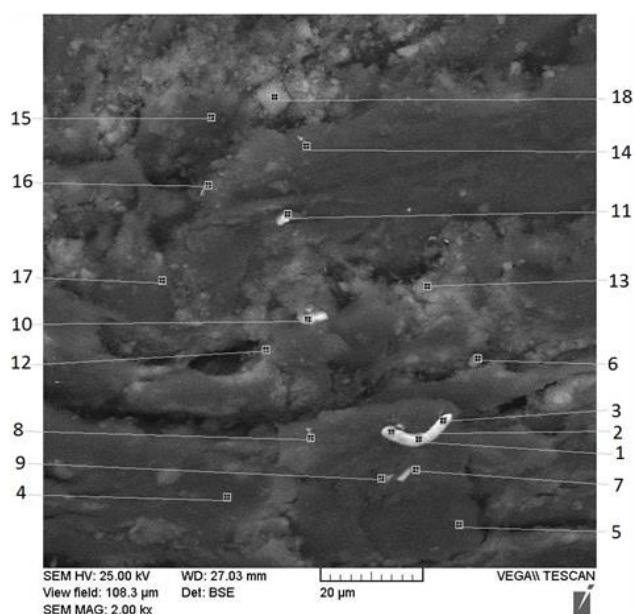


Рис. 14. Типичный вид поверхности разреза бумаги (увеличение 2000 раз, режим BSE) и взаимное расположение точек элементного анализа на поверхности разреза, выполненного ножницами импортного производства.

В результате проведенных модельных экспериментов было установлено, что наиболее распространенные металлические инструменты для разрезания бумаги могут быть дифференцированы по элементному составу рабочей поверхности на железные, железоникелевые и железохромовые, в связи с чем, на разрезах бумаги остаются следы металлизации, соответствующие по составу рабочей поверхности примененного режущего инструмента. Метод инверсионной вольтамперометрии обладает достаточной чувствительностью и позволяет определять содержание железа, никеля и хрома в бумаге, а также регистрировать на ее разрезах превышения фоновых концентраций этих металлов, на основании чего можно судить о химическом составе рабочей поверхности режущего инструмента, примененного

для ее разрезания. Аналогичным образом могут быть исследованы разрезы на полимерных пленках, являющихся распространенными объектами судебной химии.

Таблица 5. Содержание макроэлементов вдоль разрезов в экспериментальных образцах бумаги, полученных с помощью различных режущих инструментов (по результатам аналитического контроля методами ИСП АЭС и ИВ).

Макроэлементный состав поверхности режущего инструмента	Содержание элемента в бумаге, мг/кг		
	Железо	Никель	Хром
Контрольный (бумага без разрезов)	166 ± 35	1,0 ± 0,2	2,5 ± 0,5
Железо + хром: образцы №№1-8	от 336 ± 67 до 450 ± 90	от 0,9 ± 0,2 до 1,2 ± 0,2	от 5,3 ± 1,1 до 8,9 ± 1,8
Железо + никель: образец №9	344 ± 69	6,0 ± 1,2	2,6 ± 0,5
образец №10	389 ± 88	8,7 ± 1,7	2,3 ± 0,5
Железо: образец №11	371 ± 74	1,2 ± 0,2	2,1 ± 0,4
образец №12	288 ± 59	1,1 ± 0,2	2,5 ± 0,5

Разработка новых средств химической маркировки для идентификации источника происхождения материалов, веществ и изделий в криминалистике

Специальные химические вещества (СХВ) - мощное оперативно-техническое средство криминалистического исследования, целью которого является распознавание и установление принадлежности исследуемого вещества к группе специальных химических веществ, а также сравнительное исследование СХВ по химическому составу. Это классическая схема исследования, которая включает в себя следующие обязательные стадии: ознакомление с представленными материалами, осмотр упаковки и объектов экспертизы, исследование объектов экспертизы, обсуждение результатов исследования, формулирование выводов и составление заключения эксперта. Данная группа средств контроля получила название концентрационных химических маркеров.

Для детальной разработки эффективной технологии химической маркировки потребовалось сформировать теорию концентрационных химических маркеров, основным элементом которой стало построение математической модели идеального концентрационного химического маркера, позволяющей разрабатывать разнообразные рецептуры новых химических маркировочных средств для целей контроля объектов криминалистики. Для построения математической модели концентрационного химического маркера была создана система кодирования информации, где переменными величинами являлись количество определяемых

компонентов химического маркера и их концентрации. Критерием идентичности нескольких проб концентрационных химических маркеров в данном случае будет являться одновременное совпадение их качественного и количественного химического состава. Для построения математической модели системы кодирования информации в первую очередь необходимо было вычислить количество допустимых вариантов кодирования.

Вариативность химического маркера

Пусть k – число компонентов, входящих в состав химического маркера, а n – число градаций концентраций этих компонентов. Если p_i – это концентрация i -го компонента ($i = 1, \dots, k$), где $0 < p_i < 1$, то шаг концентрации будет составлять величину $h = \frac{1}{n}$ для всех компонентов, при этом: $\frac{1}{n} \leq p_i \leq \frac{n-1}{n}$ (0.1).

По свойствам концентрации введем ограничение: $\sum_{i=1}^k p_i = 1$ (0.2).

Утверждение: при $k = n$ количество допустимых комбинаций химического состава маркера будет равно 1.

Доказательство: из соотношения (0.1) следует $\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \leq \sum_{i=1}^n p_i = 1$,

отсюда получим неравенство $1 \leq \sum_{i=1}^n p_i = 1$,

которое выполняется только в одном случае, когда $p_i = \frac{1}{n}$.

Вычислим количество кодовых комбинаций в случае, когда $k < n$. Будем последовательно выполнять расчеты, изменяя $i = 1, \dots, k$.

Для $i = 1$ имеется ровно один вариант химического состава $N_1(n) = 1$.

Заполним вспомогательный вектор $x_j = 1, j = 0, \dots, n$.

При $i = 2$ имеем $N_2(n) = n - 1$ вариант химического состава.

Вычислим накопленные суммы вектора x : $x_j = \sum_{t=j}^n x_t, j = 0, \dots, n$. Элемент x_2

будет содержать число вариантов химического состава смеси из двух веществ: $n-1$. При $i = 3$ число вариантов будет равно сумме вариантов химического состава с меньшим числом градаций (рис. 15), начиная с 2 и заканчивая $n - 1$:

$$N_3(n) = \sum_{i=1}^{n-1} N_2(i) = \sum_{i=2}^{n-1} i - 1 = \frac{(n-2)(n-1)}{2} = \frac{n^2 - 3n + 2}{2}.$$

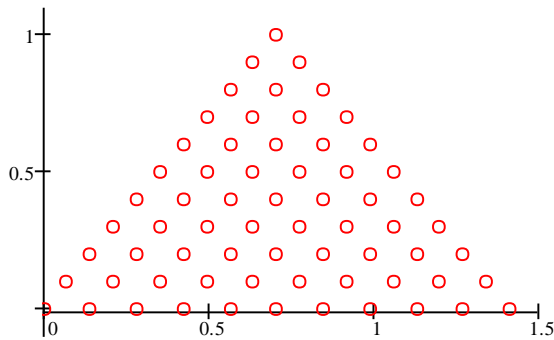


Рис. 15. Треугольник кодовых комбинаций для $i = 3$.

Вычислим накопленные суммы вектора \mathbf{x} : $x_j = \sum_{t=j}^n x_t$, $j = 0, \dots, n$. Элемент x_3

будет содержать число вариантов химической маркировки с помощью трех веществ: $\frac{n^2 - 3n + 2}{2}$. При $i = 4$ число вариантов будет равно сумме вариантов химического состава с меньшим числом градаций, начиная с 3 и заканчивая $n - 1$:

$$N_4(n) = \sum_{i=3}^{n-1} \frac{i^2 - 3i + 2}{2} = \frac{n^3 - 6n^2 + 11n - 6}{6}.$$

При $i = 5$ число вариантов будет равно сумме вариантов химического состава с меньшим числом градаций, начиная с 4 и заканчивая $n - 1$:

$$N_5(n) = \sum_{i=4}^{n-1} \frac{i^3 - 6i^2 + 11i - 6}{6} = \frac{n^4 - 10n^3 + 35n^2 - 50n + 24}{24}.$$

При $i = k$ число вариантов будет равно сумме вариантов химического состава с меньшим числом градаций, начиная с $k - 1$ и заканчивая $n - 1$:

$$N_k(n) = \sum_{i=k-1}^{n-1} N_{k-1}(i).$$

Вычислим накопленные суммы вектора \mathbf{x} : $x_j = \sum_{t=j}^n x_t$, $j = 0, \dots, n$. В таблице 6

показаны значения элемента x_k , которые соответствуют итоговому числу вариантов химического состава для некоторого начального количества компонентов в химическом маркере с некоторым числом градаций концентраций этих компонентов.

Таблица 6. Итоговое число вариантов химического состава (x_k) для некоторого начального количества компонентов в химическом маркере с некоторым числом градаций концентраций этих компонентов.

k	n																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91	105	120	
4	0	0	1	4	10	20	35	56	84	120	165	220	286	364	455	560	
5	0	0	0	1	5	15	35	70	126	210	330	495	715	1001	1365	1820	
6	0	0	0	0	1	6	21	56	126	252	462	792	1287	2002	3003	4368	
7	0	0	0	0	0	1	7	28	84	210	462	924	1716	3003	5005	8008	
8	0	0	0	0	0	0	1	8	36	120	330	792	1716	3432	6435	11440	
9	0	0	0	0	0	0	0	1	9	45	165	495	1287	3003	6435	12870	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	55	220	715	2002	5005	11440	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	66	286	1001	3003	8008	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	78	364	1365	4368	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	91	455	1820	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	105	560	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	120	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Кодирование химического состава

Для кодировки будем использовать k -значное $(n - k + 1)$ -ичное кодовое слово вида (t_1, t_2, \dots, t_k) , где t_i – элемент, отвечающий за i -ый ингредиент. Все элементы, кроме первого последовательно зависимы, поэтому процесс кодирования следует выполнять по схеме:

1. t_1 выбирается произвольно в диапазоне от 1 до $n - k + 1$ включительно;
2. t_2 выбирается произвольно в диапазоне от 1 до $n - 1 - t_1$ включительно;
3. t_3 выбирается произвольно в диапазоне от 1 до $n - 1 - t_1 - t_2$ включительно;
4. и т.д.

5. t_k определяется однозначно по формуле $n - \sum_{i=1}^{k-1} t_i$.

Пример 1: $k = 2, n = 10$.

Кодовые слова:

(1,9); (2,8); (3,7); (4,6); (5,5); (6,4); (7,3); (8,2); (9,1).

Пример 2: $k = 3, n = 10$.

Кодовые слова:

(1,1,8); (1,2,7); (1,3,6); (1,4,5); (1,5,4); (1,6,3); (1,7,2); (1,8,1);
(2,1,7); (2,2,6); (2,3,5); (2,4,4); (2,5,3); (2,6,2); (2,7,1);
(3,1,6); (3,2,5); (3,3,4); (3,4,3); (3,5,2); (3,6,1);
(4,1,5); (4,2,4); (4,3,3); (4,4,2); (4,5,1);
(5,1,4); (5,2,3); (5,3,2); (5,4,1);
(6,1,3); (6,2,2); (6,3,1);
(7,1,2); (7,2,1);
(8,1,1).

Рецептура химического маркера

Для определения долей компонентов, составляющих химический маркер, следует разделить элементы кодового слова на n :

$$(p_1, p_2, \dots, p_k) = \left(\frac{t_1}{n}, \frac{t_2}{n}, \dots, \frac{t_k}{n} \right).$$

Для приготовления v единиц (литров, кг, и т.п.) химического маркера следует

взять $v_i = p_i \cdot v = \frac{t_i \cdot v}{n}$ единиц (литров, кг, и т.п.) соответствующих компонентов,

при этом $\sum_{i=1}^k v_i = v$.

Декодирование химического маркера

Полученный в результате анализа вектор (p_1, p_2, \dots, p_k) следует умножить на n , чтобы получить кодовое слово маркера:

$$(t_1, t_2, \dots, t_k) = (p_1 \cdot n, p_2 \cdot n, \dots, p_k \cdot n).$$

Погрешность изготовления химического маркера

Пусть при изготовлении химического маркера абсолютная погрешность составляет Δ . Вместо химического маркера состава (v_1, v_2, \dots, v_k) получен химический маркер состава $(v'_1, v'_2, \dots, v'_k)$, где $v'_i = v_i + \Delta_i$ ($i = 1, \dots, k$). Таким образом, общее количество приготовленного маркера:

$$v' = v + \sum_{i=1}^k \Delta_i,$$

а доли составляющих веществ будут: $p'_i = \frac{v_i + \Delta_i}{v'}$.

Оценим $\Delta p_i = |p_i - p'_i|$

$$\left| \frac{v_i}{v} - \frac{v_i + \Delta_i}{v + \sum_{i=1}^k \Delta_i} \right| = \frac{\left| v_i \sum_{i=1}^k \Delta_i - \Delta_i v \right|}{v \left(v + \sum_{i=1}^k \Delta_i \right)} \leq \frac{\left| \sum_{i=1}^k \Delta_i - \Delta_i \right|}{v + \sum_{i=1}^k \Delta_i} \leq$$

$$\leq \frac{(k-1)\Delta}{v + \sum_{i=1}^k \Delta_i} \leq \frac{(k-1)\Delta}{v - k\Delta}.$$

Отсюда $n \leq \frac{v - k\Delta}{(k-1)\Delta}$.

Погрешность определения компонентов химического маркера

Пусть при определении компонентов химического маркера относительная погрешность составляет δ . Вместо $\sum_{i=1}^k p_i = 1$, будет определена $\sum_{i=1}^k p'_i = 1 + \delta$.

Оценим $\delta p_i = \frac{|p_i - p'_i|}{p_i}$.

Рассмотрим разность $\sum_{i=1}^k (p_i - p'_i) = \delta$.

$$\delta = \left| \sum_{i=1}^k (p_i - p'_i) \right| \leq \sum_{i=1}^k |p_i - p'_i| \leq \sum_{i=1}^k \frac{|p_i - p'_i|}{p_i}.$$

Практические рекомендации к технологии химической маркировки

Для увеличения вариативности количественного состава химического маркера в расчетах необходимо оперировать отношениями аналитических сигналов индивидуальных компонентов, а не их абсолютными концентрациями, что также позволит сравнивать химические маркеры по количественному составу без применения стандартных образцов всех определяемых компонентов.

Для получения максимального числа вариантов количественного химического состава концентрационного химического маркера необходимо выбрать нижнюю и верхнюю границы относительных концентраций его компонентов, а также минимальный размер шага относительных концентраций каждого компонента в маркере. Предел обнаружения химического маркера определяется пределом обнаружения компонента с наибольшим пределом обнаружения и с учетом его содержания в смеси. Нижняя граница концентрации компонента концентрационного

химического маркера равна произведению его предела определения (для выбранного метода анализа) на максимальную степень разбавления маркера в ходе его введения в объект маркировки. Верхнюю границу концентрации компонента можно найти путем вычитания из единицы нижних границ концентраций всех прочих компонентов. Минимальный размер шага относительных концентраций каждого компонента в маркере будет равняться двукратной сумме погрешностей изготовления химического маркера и определения его индивидуальных компонентов.

Компоненты маркера должны быть инертными по отношению к объекту маркировки и в процессе эксплуатации не изменять свой качественный и количественный состав. Основой концентрационного химического маркера должна являться смесь соединений с близкими физико-химическими свойствами, такими как последовательные представители гомологических рядов органических соединений. Отличие на одну или несколько метильных или метиленовых групп чаще всего является достаточным для изменения положения соответствующего аналитического сигнала в приемлемом диапазоне. При этом свойства индивидуальных соединений остаются достаточно близкими, что способствует их физической совместимости друг с другом и затрудняет выделение таких индивидуальных веществ из смесей.

Далее, на примере гомологов углеводов и фталеиновых красителей, подробно изложена технология химической маркировки, основанная как на качественной, так и на количественной составляющих, характеризующих химический состав смесей веществ.

ВЫВОДЫ

1. Проведена классификация объектов, задач и методов аналитического контроля химического состава индивидуальных веществ и их смесей в области криминалистики на основании единого научно-методического подхода к сравнительному исследованию материалов, веществ и изделий, входящих в общую целевую группу.

2. Разработаны методики контроля наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, сильнодействующих и ядовитых веществ. Построен алгоритм применения методов аналитического контроля для мониторинга мест локализации и путей перемещения наркосодержащих смесей и взрывчатых материалов промышленного изготовления в нелегальном обороте. Для 3-х новых объектов криминалистики (мефедрон, метилон и 4-МЕС) впервые получены спектральные и хроматографические характеристики аналитического сигнала, позволяющие осуществлять аналитический контроль в отсутствии их стандартных образцов. Впервые на территории России в курительных смесях идентифицировано

6 синтетических каннабиноидов, оборот которых в дальнейшем был запрещен. Для 6 синтетических каннабиноидов и 15 производных фенэтиламина определены параметры газохроматографического удерживания на неполярной неподвижной жидкой фазе. Впервые изучено электрохимическое поведение 4-хлордегидрометилтестостерона и разработана методика аналитического контроля этого анаболического стероида в лекарственных средствах. Доказана высокая эффективность применения метода вольтамперометрии для аналитического контроля специфичных элементов в продуктах огнестрельного выстрела на объектах криминалистики.

3. Разработана теория концентрационных химических маркеров. Установлено, что при использовании высокочувствительных методов контроля расширение диапазона линейности аналитического сигнала и снижение погрешности определения метода увеличивает вариативность химического состава многокомпонентных смесей. Создана система кодирования информации, где переменными величинами являлись количество определяемых компонентов химического маркера и их концентрации. Критерием идентичности нескольких проб концентрационных химических маркеров выбрано одновременное совпадение их качественного и количественного химического состава. Установлено, что для увеличения вариативности количественного состава химического маркера в расчетах необходимо оперировать отношениями аналитических сигналов индивидуальных компонентов, а не их абсолютными концентрациями.

4. Разработаны рецептуры эффективных химических маркеров и способы химической маркировки материалов, веществ и изделий для решения актуальных задач криминалистики методами аналитического контроля на основе смесей индивидуальных фталеинов, которые обладают высокой конспиративностью применения, хорошей переносимостью на контактеры, повышенной сохранностью маркера на маркируемых объектах и надежной идентификацией фталеинов при экспертном исследовании. Установлено, что синтезированная смесь трех гомологов фталеинов содержит неизвестный ранее фталеин с несимметричными фенольными заместителями КФФ или 3-(3'-метил-4'-гидроксифенил)-3-(4"-гидроксифенил) фталид, что уменьшает вероятность фальсификации маркера. Квантово-химическими расчетами реакции синтеза КФФ показано, что суммарная реакция характеризуется небольшими положительными значениями изменения энтальпии и свободной энергии Гиббса, а вторая и третья стадии протекают с отрицательными значениями энергии Гиббса. Рассчитана оптимальная структура переходного состояния.

5. Методами аналитического контроля проведен мониторинг химического состава взрывчатых материалов промышленного изготовления, горюче-смазочных материалов, наркотических средств и их смесей как наиболее важных объектов

криминалистики, изучена возможности применения полученных результатов для решения идентификационных задач источника происхождения и их сравнительного исследования с учетом большого массива разнородных показателей. Оценена вариативность идентификационных исследований химического состава материалов, веществ и изделий, определяемого методами аналитического контроля.

В приложении к диссертации представлены материалы, подтверждающие практическую значимость проведенных исследований: патенты, акты внедрений, свидетельства об аттестации методик, результаты испытаний и т.п.

Выражаю огромную благодарность своему научному консультанту, д.х.н., Слепченко Г.Б. за научные консультации и ценные советы на различных этапах выполнения данного исследования.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Нехорошев С.В. Установление общих источников происхождения изделий промышленно-хозяйственного назначения, содержащих взрывчатые вещества / С.В. Нехорошев, Ю.П. Туров, В.П. Нехорошев, А.К. Головки // Журнал прикладной химии. –2006. –т.79. –вып.7. –С.1202–1206.
2. Гаевая Л.Н. Структурно-групповой состав низкомолекулярных продуктов термоокислительной деструкции атактического полипропилена / Л.Н. Гаевая, Туров Ю.П., Нехорошев В.П., С.В. Нехорошев //Журнал прикладной химии. –2011. –т.84. –вып.3. –С.470–477.
3. Нехорошев С.В. Новые химические маркеры на основе фталейнов / С.В. Нехорошев, В.П. Нехорошев, О.Х. Полещук, А.Г. Яркова, А.В. Нехорошева, А.К. Гаспарян // Журнал прикладной химии. –2015. –т.88. –вып.4. –С.665–672.
4. Нехорошев С.В. Идентификация бензинов с углеводородными маркерами / С.В. Нехорошев, Ю.П. Туров, В.П. Нехорошев, А.К. Головки // Журнал аналитической химии. – 2009. – т. 64. – № 10. – С. 1035 – 1039.
5. Нехорошев С.В. Идентификация и химическая маркировка веществ, материалов и изделий (обзор) / С.В. Нехорошев, Ю.П. Туров, В.П. Нехорошев, А.В. Нехорошева // Журнал аналитической химии. – 2010. – т. 65. – № 10. – С. 1012 – 1019.
6. Нехорошев С.В. Определение химического состава ароматических курительных смесей «SPICE» методом хромато-масс-спектрометрии / С.В. Нехорошев, В.П. Нехорошев, М.Н. Ремизова, А.В. Нехорошева // Журнал аналитической химии. – 2011. – т. 66. – № 12. – С. 1313 – 1317.
7. Гаевая Л.Н. Идентификация моторных топлив, маркированных смесью углеводородов / Л.Н. Гаевая, Ю.П. Туров, В.П. Нехорошев, И.П. Афанасьев, С.В. Нехорошев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. –2011. –т.77. –№6. – С.68–72.
8. Нехорошев С.В. Исследование маркирующих свойств низкомолекулярных продуктов термоокислительной деструкции атактического полипропилена / С.В. Нехорошев, В.П. Нехорошев // Экологические системы и приборы. – 2014. – №2. – С. 40-46.
9. Нехорошев С.В. Оценка содержания алифатических спиртов в снегу методом газовой хроматографии на территории города Ханты-Мансийска / С.В. Нехорошев, Р.Н. Тимганов, А.В. Нехорошева, Х.Б. Таги-заде // Экологические системы и приборы. – 2014. – №9. – С. 19-25.
10. Нехорошев С.В. Хроматографическая идентификация некоторых производных фенилэтиламина / С.В. Нехорошев, Е.С. Моисеева, С.П. Шарко, О.И. Моисеева // Аналитика и контроль. 2014. Т. 18. №2 С. 1-6.

11. Нехорошев С.В. Определение микроэлементов на срезе бумаги методами атомно-эмиссионной спектрометрии и инверсионной вольтамперометрии для идентификации режущего инструмента / С.В. Нехорошев, Г.Б. Слепченко, Т.М. Гиндуллина, И.О. Максимчук, М.Н. Вторушин, И.В. Рамусь // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. Вып. 11. С. 13-15.
12. Moiseeva E.S. Adsorptive Voltammetry of 4-chlordehydromethyltestosterone / E.S. Moiseeva, A.M. Sheremetov, S.V. Nekhoroshev, G.B. Slepchenko // Procedia Chemistry. - 2014 - Vol. 10. - p. 86-91.
13. Ремизова М.Н. Региональные мониторинговые исследования наркотических веществ / М.Н. Ремизова, А.В. Нехорошева, С.В. Нехорошев // Естественные и технические науки. – 2011. - № 2(52). – С. 224-227.
14. Нехорошев С.В. Мониторинг новых производных фенилэтиламина, потребляемых населением Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в немедицинских целях / С.В. Нехорошев, С.П. Шарко, В.А. Шевырин // Токсикологический вестник. – 2013. – № 3. – С. 30-33.
15. Нехорошев С.В. Заряды перфорационные кумулятивные и их взрывотехническая экспертиза на примере исследования зарядов ЗПК105С и ЗПК42С / С.В. Нехорошев // Экспертная практика. –2000. –№49. –С.46–51.
16. Нехорошев С.В. Новый химический маркер и возможности его использования в деятельности правоохранительных органов / С.В. Нехорошев, С.И. Рубаник, А.К. Головкин, Ю.П. Туров // Экспертная практика. –2003. –№55. – С.119–126.
17. Нехорошев С.В. Обнаружение пылевых следов героина при осмотре и обследований помещений / С.В. Нехорошев, Д.В. Висящев // Судебная экспертиза. – 2010. – № 2. –С.14-20.
18. Нехорошев С.В. Экспертное исследование новых производных амфетамина / С.В. Нехорошев // Судебная экспертиза. – 2010. – № 3. – С.37-42.
19. Нехорошев С.В. 4-Метилэтакатинон (4-МЕС) – новый представитель “легальных наркотиков” амфетаминовой группы / С.В. Нехорошев, Ю.В. Тихонов, В.И. Попенко, И.Э. Нифантьев, А.В. Нехорошева, С.П. Шарко // Судебная экспертиза. – 2011. – № 1. – С.19 -23.
20. Нехорошев С.В. Применение нового химического меточного средства повышенной конспиративности в деятельности правоохранительных органов / С.В. Нехорошев, В.И. Попенко, Ю.В. Тихонов // Судебная экспертиза. – 2011. – № 1. – С.48-55.
21. Нехорошев С.В. Экспертное исследование метилового спирта и его водных растворов / С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева, М.Н. Ремизова, Х.Б. Тагизаде // Судебная экспертиза. – 2011. – № 2 (26). – С.47-53.

22. Нехорошев С.В. "Легальные наркотики" Ханты-Мансийского автономного округа - Югры / С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева, В.П. Нехорошев // Судебная экспертиза. – 2011. – № 3 (27). – С.58-66.
23. Нехорошев С.В. Применение инверсионной вольтамперометрии при исследовании следов металлизации на разрезах бумаги / С.В. Нехорошев, Г.Б. Слепченко, А.В. Нехорошева, И.В. Рамусь, М.А. Одинцов, М.Н. Вторушин, Н.А. Квашенникова // Судебная экспертиза. 2014. № 4 (40). С. 89-98.
24. Нехорошев С.В. Применение и выявление нового специального меточного средства повышенной конспиративности / С.В. Нехорошев, В.И. Попенко, Ю.В. Тихонов // Сборник ФСКН России. – 2011. – № 3 (50). – С.98-106.
25. Химический маркер: Патент РФ на изобретение 2199574 / Нехорошев С.В., Рубаник С.И., Нехорошев В.П., Туров Ю.П. // опубл. 27.02.2003, Бюл. №6.
26. Химический маркер и способ его получения: Патент РФ на изобретение 2461596 / Нехорошев С.В., Нехорошев В.П., Нехорошева А.В., Ремизова М.Н. // опубл. 20.09.2012, Бюл. №25.
27. Химический маркер и способ его получения: Патент РФ на изобретение 2489476 / Нехорошев С.В., Нехорошев В.П., Гаевая Л.Н., Туров Ю.П. // опубл. 10.08.2013, Бюл. №22.
28. Химический маркер и способ его получения: Патент РФ на изобретение 2497860 / Нехорошев С.В., Нехорошев В.П., Нехорошева А.В., Петрова Ю.Ю., Нифантьев И.Э. // опубл. 10.11.2013, Бюл. №31.
29. МУ 08-47/359. Методика (метод) измерений массовой доли изопропанола, метанола и этанола в пробах спиртосодержащих водных растворов методом инфракрасной спектроскопии: Методические указания / А.А. Шавырин, С.В. Нехорошев, Х.Б. Таги-заде, И.О. Максимчук, Г.Б. Слепченко, А.В. Лимарева // Югорский гос. ун-т. – Ханты-Мансийск, 2014. – 21 с.
30. Применение специальных люминесцентных химических веществ и их экспертное исследование: Методические рекомендации / С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2006. – 21 с.
31. Экспертное исследование соляной и серной кислот: Методические рекомендации / С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2006. – 11 с.
32. Экспертное исследование метилового спирта и его водных растворов: Методические рекомендации / С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2009. – 11 с.
33. Экспертное исследование метилового спирта и его водных растворов: Методические рекомендации / С.В. Нехорошев, Х.Б. Таги-заде, Р.Р. Тимганов // ЭКЦ УМВД РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2013. – 11 с.

34. Применение специальных фталейновых химических веществ и их экспертное исследование: Методические рекомендации / С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2009. – 11 с.

35. Экспертное исследование метилона и мефедрона: Методические рекомендации / Д.В. Висящев, С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2010. – 9 с.

36. Обнаружение пылевых следов героина при осмотре и обследованиями помещений: Методические рекомендации / Д.В. Висящев, С.В. Нехорошев // УФСКН РФ по ХМАО-Югре. – Ханты-Мансийск, 2010. – 11 с.

37. Теория концентрационных химических маркеров: Отчет о НИР №3.8091.2013 / С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева, О.С. Кузьменко, Д.О. Тей, П.Б. Татаринцев, Е.В. Дахновская, А.И. Проводнюк, Х.Г. Бабаев // – Ханты-Мансийск: Югорский гос. ун-т, 2013. – 16 с.