

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ЮРИДИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ И КРИМИНАЛИСТИКИ

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза
очной формы обучения, группы 01001408
Поповой Юлии Александровны

Научный руководитель:
доцент кафедры судебной
экспертизы и криминалистики
юридического института
НИУ «БелГУ», к.ю.н., доцент
Логвинец Е.А.

Рецензент:
старший эксперт ЭКО УМВД
России по г. Белгороду
Полякова Л.Н.

БЕЛГОРОД 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДАХ..	6
1.1. Понятие и классификация судебно-экспертных методов	6
1.2. Перспективные направления в использовании методов.....	18
ГЛАВА 2. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.1. Оптическая микроскопия.....	27
2.2. Электронная микроскопия.....	35
2.3. Сканирующая зондовая микроскопия.....	42
ГЛАВА 3. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	48
3.1. Тонкослойная хроматография.....	48
3.2. Газовая хроматография.....	54
3.3. Высокоэффективная жидкостная хроматография.....	59
ГЛАВА 4. СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	67
2.1. Методы спектроскопии в видимой, УФ- и ИК-области спектра.....	67
2.2. Эмиссионный спектральный анализ.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Спектр объектов, изучаемых криминалистикой весьма разнообразен – это наркотические и психотропные вещества, лекарственные препараты, косметические средства, биологические жидкости, нефтепродукты, горюче-смазочные вещества, пищевые продукты, текстильные волокна, лакокрасочные материалы и покрытия, продукты выстрела, взрыва и многие другие. Безусловно, такое разнообразие объектов приводит к необходимости использования широкого спектра методов различных наук: физики, химии, медицины, материаловедения, а также общественных наук таких, как право, социология и других.

Современные методы исследования позволяют решать сложнейшие задачи, которые оставались актуальными до недавнего времени. В частности, к таковым относятся: установление давности выстрела (на основе рентгеноструктурного метода анализа), установление давности изготовления документов (на основе использования спектрофотометрических методов), идентификация гладкоствольного оружия (на основе растровой электронной микроскопии и спектроскопии).

Более того, наблюдается процесс развития имеющихся методов для решения традиционных криминалистических задач. Например, идентификации сыпучих объектов (по установлению элементного состава микропримесей с использованием эмиссионного спектрального анализа), установление родовой и групповой принадлежности наркотических средств растительного происхождения (с использованием спектрофотометрического метода в ультрафиолетовой области спектра). Возможность использования электронной микроскопии позволила проводить исследование микрообъектов, невидимых вооруженным глазом.

Все вышесказанное и обусловило актуальность выбранной темы исследования.

Объектом выпускной квалификационной работы является совокупность методов исследования криминалистических объектов, перспективы развития и применения этих методов в экспертно-криминалистической деятельности.

Предметом данной работы являются перспективы использования современных методов исследования объектов с целью решения криминалистических задач.

Целью выпускной квалификационной работы явилось комплексное рассмотрение системы методов исследования криминалистических объектов, попадающих в сферу уголовного судопроизводства.

Задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

1. Рассмотрение понятия и классификации судебно-экспертных методов.
2. Выявление перспективных направлений использования современных методов исследования при решении криминалистических задач.
3. Изучение возможностей использования в экспертной практике микроскопических методов: оптической, электронной и сканирующей зондовой микроскопии.
4. Изучение возможностей использования в экспертной практике хроматографических методов: тонкослойной, газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии.
5. Изучение возможностей использования в экспертной практике спектральных методов: спектрального анализа в видимой, УФ- и ИК-области спектра, метода эмиссионного спектрального анализа.

Теоретической основой данной выпускной квалификационной работы являются научные труды по криминалистике и судебной экспертизе Р. С. Белкина, Т. В. Аверьяновой, труды по использованию физико-

химических методов исследования Ю. Беккера, Н. П. Майлис, Т. Ф. Моисеевой, И. Н. Дмитриевича, Г. Ф. Пругло, А. П. Родзевича, Е. Г. Газенаура, Э.Ф. Вознесенского, труды по криминалистической экспертизе материалов веществ и изделий В. С. Митричева и В. Н. Хрусталёва, а также научные труды других авторов.

Методологическую основу работы составляют следующие научные методы исследования: синтез, анализ, аналогия, метод сравнения, а также методы классификации и обобщения исследуемого материала.

Эмпирической основой выпускной квалификационной работы являются заключения экспертов по криминалистическому исследованию материалов, веществ и изделий проведенному с использованием микроскопических, хроматографических, а также спектральных методов анализа.

Структурно данная выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложения.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДАХ

1.1. Понятие и классификация судебно-экспертных методов

Задачи, решаемые криминалистической экспертизой, предполагают использование ряда методов научного исследования. Понятию метода в криминалистике, как такового, уделялось немало внимания. Однако, прежде чем рассматривать понятие метода судебной экспертизы, следует рассмотреть понятие метода в целом.

Понятие метода даёт Н. П. Майлис: «Метод (общее понятие) – способ деятельности (в т. ч. познания), подход к изучаемому событию, явлению, образ действия для достижения какой-либо цели, решения задачи»¹.

Р. С. Белкин раскрывает понятие метода следующим образом: «Метод – в широком смысле – это способ познания действительности, изучения явлений природы или общественной жизни, способ достижения какой-либо цели, решения задачи»².

Авторы А. Б. Симушкин и М. В. Савельева дают следующее определение метода: «Методы криминалистики - это способы решения научных задач в ходе криминалистических исследований»³.

Л. Я. Драпкин определяет метод как систему приемов познания закономерностей собирания, исследования, использования доказательственной информации⁴.

¹ Майлис Н.П. Введение в судебную экспертизу: учебное пособие. - М.: Юнити-Дана. 2015. С. 61.

² Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкина. - М.: Норма. 2001. С. 62.

³ Криминалистика: Учебник / М.В. Савельева, А.Б. Смушкин. - М.: Издательский дом "Дашков и К". 2009. С. 11.

⁴ Криминалистика: Учебник для бакалавров / Л.Я. Драпкин. - М.: ИД Юрайт. 2012. С. 30.

Н. П. Яблоков в своей работе говорит, что: «Под методом в науке понимается форма практического и теоретического освоения действительности, исходящая из закономерностей движения изучаемого объекта»¹.

Рассматривая определения, данные вышеназванными авторами, можно заключить, что метод – это способ достижения какой-либо цели, решение задачи, поставленной перед экспертом, путём проведения исследования. Понятие метода, в целом, практически одинаково для большинства наук.

По мере развития криминалистики, были предложены различные вариации системы методов. В период с 1970-х по 1980-е годы была заложена основа для существующей на сегодняшний день системы методов криминалистики.

Классифицировать методы можно по различным основаниям:

- по степени общности и субординации (в иерархическом порядке);
- по целевому назначению и результатам;
- по характеру получаемой информации (по изучаемым свойствам, признакам объектов экспертизы);
- по стадиям экспертного исследования, для которых они предназначены (предварительная стадия, отдельная стадия, сравнительная стадия, стадия оценки и формирования выводов)².

Таким образом, в 1972 А. Р. Шляхов предложил на основе анализа естественно-научной литературы следующую систему методов:

1. Всеобщий диалектико-материалистический метод.
2. Методы (приёмы) формальной («традиционной») логики.
3. Частные методы, применяемые в научно-практической деятельности в так называемом эмпирическом познании.

¹ Криминалистика: Учебник / Н.П. Яблоков. - М.: Юристь. 2005. С. 78.

² Аверьянова Т.В. Содержание и характеристика методов судебно-экспертных исследований. - Алма-Ата. 1991. С. 112.

4. Инструментальные методы¹.

Однако, данная классификация методов не нашла своего применения, так как многие авторы говорили о необходимости включения в систему методов категории специальных методов, то есть методов, используемых при исследовании объектов различных видов экспертиз и не имеющих распространения в других науках.

В дальнейшем многие другие авторы такие как: А. А. Эйсман, А. И. Винберг, И. В. Постика, Е. Р. Россинская предлагали свои варианты классификации методов, но они не получили распространения ввиду своих недостатков.

Определенный интерес представляет классификация методов с точки зрения их общности и субординации, которую даёт Т. В. Аверьянова, в своей работе «Судебная экспертиза. Курс общей теории»:

1. Всеобщий метод – материалистическая диалектика.
2. Общие методы: наблюдение, сравнение, описание, измерение, эксперимент, моделирование, гносеологический метод.
3. Частнонаучные методы.
4. Специальные(монообъектные) методы².

Классификация методов, предложенная Т. В. Аверьяновой, не нашла широкого распространения в криминалистике.

Существует более упрощенная система методов экспертного исследования, которой придерживается Е. В. Бурцева, она выглядит следующим образом:

1. Общенаучные методы.
2. Специальные (частные) методы³.

¹ Судебная экспертиза. Курс общей теории / Т.В. Аверьянова. - М.: Норма. 2009. С. 244.

² Там же. С. 246-247.

³ Бурцева Е.В. Криминалистика: учебное пособие - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2012. С. 7.

Несмотря на большое разнообразие предложенных классификаций методов, наиболее распространена в криминалистике система методов, предложенная Р. С. Белкиным, которая множество раз была изменена и дополнена не только самим Р. С. Белкиным, но и другими авторами. Система методов криминалистики по мнению Р. С. Белкина выглядит следующим образом:

1. Всеобщий диалектический метод познания:
 - а) категории и законы диалектической (философской) логики;
 - б) формально-логические методы познания.
2. Общенаучные методы криминалистики:
 - а) чувственно-рациональные методы;
 - б) математические методы;
 - в) кибернетические методы.
3. Специальные методы криминалистики:
 - а) собственно криминалистические методы;
 - б) специальные методы других наук¹.

Так как система методов, данная Р. С. Белкиным, является наиболее распространённой, кратко рассмотрим основное содержание каждого метода в системе.

«Фундамент» системы методов криминалистики составляет – всеобщий метод криминалистической науки – материалистическая диалектика.

Законы диалектики охватывают все явления материального мира, присущи любой форме движения материи. Поэтому диалектический метод является основным методом познания.

Основными положениями, принципами диалектики, на которых базируется криминалистика, являются: принцип всеобщей связи и взаимозависимости явлений природы и общества, индивидуальности и др. Любое явление обязательно находит свое отражение в той или иной форме.

¹ Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкин. - М.: Норма. 2001. С. 62-66.

Нельзя рассматривать объекты изолированно, оторвано, вне связи, без учета их происхождения, механизма взаимодействия.

Важнейшее значение диалектического метода для криминалистики, как и для других наук, состоит в том, что на нем основаны частные и специальные методы судебной экспертизы и криминалистики, о которых будет сказано ниже.

Диалектический метод, не подменяя собой специальных инструментов исследования, позволяет сконструировать систему методов частной науки, пронизывает их содержание и входит сам в эту систему в качестве основополагающего элемента.

В структуре всеобщего метода криминалистики рассматривают:

- 1) категории и законы диалектической логики;
- 2) формально-логические методы познания¹.

Играя мировоззренческую роль, материалистическая диалектика вооружает эксперта знанием общих категорий и законов познания, применяемых в любом научном исследовании. Эти категории и законы, будучи основой учения о методах криминалистики, позволяют правильно раскрыть ее предмет, осмыслить те факты и явления, с которыми приходится иметь дело криминалисту. Основываясь на принципе всеобщей связи и взаимозависимости явлений природы и общества, материалистическая диалектика требует подхода к каждому изучаемому объекту не как к изолированному факту или явлению, ибо “чистых” явлений ни в природе, ни в обществе нет и быть не может. В этом аспекте следует рассматривать как криминалистику в целом, тесно связанную со смежными науками, так и ее отдельные разделы, взаимообуславливающие друг друга, а также и отдельные факты, явления, которые становятся объектом исследования криминалистов.

Материалистическая диалектика полагает необходимым рассматривать предмет познания в его непрерывном развитии и изменении. Ни одна наука не

¹ Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкин. - М.: Норма. 2001. С. 63.

имеет дела с неизменяющимся объектом исследования. Поэтому и представления о познаваемом объекте, понятие этого объекта, понятие самого предмета науки должны быть гибкими и подвижными, поскольку наши знания о них постоянно обновляются и пополняются.

Методологическое значение материалистической диалектики для криминалистики не исчерпывается тем, что ее законы и категории служат основой, исходным положением научного исследования, осуществляемого в этой области познания. Диалектический метод позволяет вскрывать философскую сущность проблем, специфических для судебной экспертизы (например, процесса идентификации людей и предметов по их следам-отображениям, критерия достоверности при оценке результатов различных экспертных исследований), выяснить, какую роль играет практика как в научном криминалистическом исследовании, так и в деятельности следователя или судьи, основывающейся на рекомендациях и выводах криминалистической науки, и т. п. Категории диалектики служат базой для разработки любой криминалистической теории.

Далее следуют общенаучные методы криминалистики: чувственно-рациональные методы, математические и кибернетические.

Чувственно-рациональными методами судебной экспертизы считаются: наблюдение, измерение, описание, эксперимент, сравнительное исследование и моделирование.

Наблюдение – это преднамеренное, планомерное, целенаправленное восприятие с целью изучения объекта, явления. Очевидно, что субъектом наблюдения может быть не только ученый-криминалист, но и сотрудник правоохранительных органов – следователь, эксперт-криминалист, сотрудник уголовного розыска, прокурор, судья.

Измерение – это выражение свойств объектов в количественных характеристиках. Оно происходит за счет сравнения этих свойств с эталонными величинами (с помощью рулетки, гири и тому подобного).

Описание – это фиксация объектов и признаков, на которых основываются выводы эксперта и самого процесса экспертизы средствами письменной речи и с помощью таблиц, схем, фотоснимков и их разметки.

Эксперимент – опытное действие, искусственное систематическое изменение условий наблюдения явления, его связи с другими явлениями.

Сравнительное исследование как метод является ключевым в процессе идентификации объектов судебных экспертиз. Оно позволяет выделить совпадающие признаки, определить идентификационную значимость, выявить и объяснить их различия. Метод сравнительного исследования реализуется с помощью приемов, которые можно объединить в две группы: приемы непосредственного сравнения – фотографические или оптические наложения или совмещения двух сравниваемых объектов (например, оттисков печати на различных документах); приемы сравнения оценочных данных – сравнение данных, полученных в результате измерения признаков или их оценки на глаз.

Моделирование позволяет получить специально созданные копии материальных объектов, когда это необходимо для целей раскрытия и расследования преступлений.

К математическим методам в криминалистике относят: измерения, геометрические построения, математическое моделирование и оценку полученных результатов.

Наиболее распространенным из математических методов является измерение. Оно используется для установления количественных характеристик свойств объектов, пространственных и временных отношений между ними. Объектами измерений в криминалистике являются свойства объектов (размеры), их пространственные и временные отношения (расстояние, частота и длительность процессов, явлений), скорость движения объектов (транспортного средства) и другое.

Геометрические построения – данный метод необходим для составления

планов, чертежей, схем. Данный метод тесно связан с методом измерения и используется при производстве многих экспертиз (например: автотехническая и трасологическая экспертизы), когда необходимо составить схему, например, дорожно-транспортного происшествия¹.

К математическим методам также относятся методы оценки результатов измерений и методы установления локализации участков папиллярного узора, отобразившегося следа; вероятностные методы оценки идентификационной значимости признаков. Математические методы являются одними из необходимых методов, так как экспертное исследование предполагает чёткую фиксацию размерных характеристик объектов судебных экспертиз и их признаков.

Кибернетические методы – это одна из новых групп методов, которая активно используется для создания и более эффективного функционирования различных учётов, которые представлены в виде информационно-справочных систем. Для исследования объектов судебных экспертиз часто требуется использование учётов различного рода, это, например, дактилоскопический учёт, учёт транспортных средств, учёт рисунков протекторов шин, учёт орудий взлома и инструментов и многие другие учёты. В настоящее время, кибернетические методы активно внедряются в криминалистику и используются, например, при компьютерном моделировании ДТП².

Следующий уровень в системе методов криминалистики составляют специальные методы криминалистики. Эти методы принято разделять на: собственно криминалистические методы и специальные методы других наук.

Собственно криминалистические методы – это методы, первоначально разработанные криминалистической наукой и используемые только ею (например, методы криминалистической идентификации, дактилоскопии и

¹ Правовая информатика: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / В.Д. Элькин - М.: Юрайт. 2016. С.61.

² Там же. С.62-63.

тому подобное)¹. Одним из наиболее известных собственно криминалистических методов, применяемых при экспертных исследованиях, является применение дактилоскопических порошков. Применение дактилоскопических порошков – это физический метод выявления следов рук и иных участков кожного покрова человека. Также известным является диффузно-копировальный (ДКМ) метод часто применяемый при производстве технико-криминалистической экспертизы документов и основанный на способности органических веществ, входящих в состав материалов письма, вызывать изменение сенсбилизационных свойств (спектральной чувствительности) эмульсионного слоя фотоматериалов или его вуалеобразующей способности. Метод показал высокую эффективность при выявлении слабовидимых и залитых текстов. Он может быть использован и при установлении хронологической последовательности нанесения пересекающихся штрихов.

Специальные методы находят широкое применение в исследовании объектов судебных экспертиз. Среди них можно выделить такие методы как:

а) социологические методы, которые используются для сбора и обработки информации об условиях наиболее эффективного применения тех или иных тактических и методических рекомендаций, выявления следственных ошибок, определения новых направлений дальнейшего развития науки, а также решения других вопросов путем анкетирования, интервьюирования;

б) физические и химические методы (микроскопия, хроматография, спектроскопия, рентгеноструктурный анализ и другие), применяемые при производстве судебных экспертиз;

в) статистические методы, которые перешли из уголовной статистики и криминологии (различные таблицы, способы группировки относительных

¹ Бурцева Е.В. Криминалистика: учебное пособие - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2012. С. 7.

величин и другое);

г) антропологические и антропометрические методы, применяемые при описании, исследовании людей, трупов, костных останков (например, при описании по методике словесного портрета разыскиваемого, задержанного; восстановлении внешнего облика погибшего по черепу и так далее);

д) психологические методы, в основном используемые при решении проблем криминалистической тактики и методики расследования преступлений (в частности, выявление психологических закономерностей поведения участников расследования до, в момент и после совершения преступления, разработка психологических основ тактики производства того или иного следственного действия)¹.

Необходимо подчеркнуть, что все методы криминалистики, которые рекомендуются для практического применения в раскрытии преступлений и особенно те, которые применяются в уголовном судопроизводстве должны соответствовать принципам научности, надежности, экономичности, безопасности, этичности.

В свете этих требований не могут быть использованы в правосудии методы, находящиеся в стадии научной разработки и проверки, а также антинаучные, и те, унижающие человеческое достоинство. Возможность использования существующих и вновь возникающих методов других наук в криминалистических исследованиях оценивается с точки зрения ряда критериев:

1) научность метода, под которой понимается достоверность получаемых результатов, их точность и надежность (положительные ответы на вопросы о соответствии средств и методов этим требованиям должны содержаться в базовой науке, где они испытаны первоначально). Недопустимы методы, не имеющие научной основы либо опирающиеся на псевдонаучные

¹ <http://kriminalisty.ru/stati/metody.html> – общедоступный ресурс в сети Интернет «Сообщество криминалистов и экспертов» (дата обращения 25 февраля 2019 г.).

"теории", например, астрология, физиогномика и прочие;

2) безопасность метода: его применение не должно угрожать жизни и здоровью людей. Многие методы требуют высокого электрического напряжения, использования вредных для здоровья реактивов или излучений; что выдвигает на первый план необходимость соблюдения техники безопасности. В противном случае применение метода недопустимо;

3) законность и этичность метода. Допустимость методов не исчерпывается их безопасностью. Поскольку они используются в сфере уголовного судопроизводства, объектами исследования могут быть не только предметы, но и люди. Поэтому возможно применение только таких методов, которые отвечают конституционным принципам законности и нравственным критериям общества, то есть не ущемляют права граждан, не унижают их достоинства, исключают насилие и не приводят к нарушению норм уголовно-процессуального права;

4) эффективность метода. Метод эффективен, если он позволяет в оптимальные сроки с наибольшей продуктивностью достигнуть намеченной цели. Кроме того, метод должен быть рентабельным – затраченные силы и средства должны соразмеряться с ценностью полученных результатов.¹

Судебное исследование отличается от научного тем, что критерий допустимости метода играет в нем определяющую роль. Главное, чем определяется допустимость метода в экспертном исследовании, это его научная обоснованность и надежность, а также возможность получения с его помощью достоверных результатов. В связи с этим к методам решения экспертных задач предъявляется, также и ряд специфических требований, основными из которых являются следующие:

1) применяемые методы исследования не должны вызывать повреждений или существенных изменений в объектах – вещественных доказательствах;

¹ Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкин. - М.: Норма. 2001. С. 67-68.

2) рекомендуемые для экспертной практики методы должны быть научно обоснованы и экспериментально апробированы;

3) результаты применения методов должны быть очевидны и наглядны для всех участников уголовного (гражданского, арбитражного, административного) процесса (судопроизводства).

Целесообразность выбора того или иного метода определяется рядом критериев, в их числе:

– объем выявляемой информации и ее значимость для решения поставленной задачи;

– возможность сохранения объекта для дальнейших исследований, то есть метод должен быть неразрушающим;

– чувствительность метода и объем необходимых для проведения исследования материалов (например, расходных, дефицитных, ценных);

– универсальность (возможность проведения качественного и количественного анализов и получение разнокачественной полезной информации);

– надежность метода: возможность получения достоверных и воспроизводимых результатов при многократном его применении¹.

В заключении необходимо отметить, что в криминалистике система методов представляется в следующем виде: 1. Всеобщий диалектический метод познания: а) категории и законы диалектической (философской) логики; б) формально-логические методы познания. 2. Общенаучные методы криминалистики: а) чувственно-рациональные методы; б) математические методы; в) кибернетические методы. 3. Специальные методы криминалистики: а) собственно криминалистические методы; б) специальные методы других наук.

Также следует сказать, что каждый из названных методов

¹ Общая характеристика методов экспертного исследования / А.И. Винберг, А.Р. Шляхов - М.: Изд-во ВНИИСЭ. 1997. С. 55-56.

криминалистики обладает своей способностью познания исследуемых проблем, раскрытия сущности изучаемых явлений, процессов, событий и разработки криминалистических технических средств, тактических приемов и методических рекомендаций. Они индивидуальны, могут оказывать прямое воздействие на процесс познания и незаменимы. Вместе с тем применение криминалистических методов происходит не изолированно друг от друга, а во взаимосвязи. При проведении криминалистических исследований применяются комплексы способов познания, которые включают как всеобщие, общенаучные, так и специальные методы познания.

1.2. Перспективные направления в использовании методов

Уточнение представлений о природе криминалистики особенно заметно стимулирует развитие криминалистической техники, позволяя ей аккумулировать и приспособлять для нужд борьбы с преступностью самые современные методы и средства, появляющиеся в результате научно-технического прогресса. Криминалистическая техника испытывает на себе мощное и многостороннее влияние этого прогресса, поскольку неразрывно связана с естественно-техническими, правовыми, общественными и иными науками, а также с развитием и совершенствованием общей и специальной техники.

Важной задачей развития криминалистической техники выступает окончательное формирование таких ее разделов, как криминалистическая взрывотехника, криминалистическая фоноскопия, криминалистическое исследование следов в широком смысле этого слова, что невозможно без разработки специальных методов. Последнее учение аккумулирует в себе в качестве подразделов криминалистическую одорологию, основной задачей которой остается создание инструментальных методов отождествления человека по его запаховым следам, и криминалистическое исследование

материалов и веществ, уделяющее основное внимание микрочастицам, микронаслоениям и микроследам.

Основные методы взрывотехники постоянно совершенствуются, но до сих пор остается много нерешенных и дискуссионных вопросов, связанных с методами исследования взрывчатых устройств и взрывчатых веществ¹. К одному из таких вопросов относят отсутствие экспертов-взрывотехников, которые в одинаковой степени владели комплексом методов исследования физических параметров взрыва в зависимости от конструкции взрывчатых устройств и методов исследования составов взрывчатых веществ и их продуктов после взрыва. Исследования составов взрывчатых веществ и их продуктов после взрыва могут быть связаны с применением самых разнообразных методов (тонкослойная, газожидкостная хроматография, хроматомасспектрометрия, ИК-спектрометрия, кристаллоскопический и рентгенофлуоресцентный анализ, большого многообразия химических методов и экспресс-анализов), требующих соответствующей подготовки и квалификации². Таким образом, главной перспективой развития методов взрывотехники является разработка универсальных чувствительных методов обнаружения, изъятия, фиксации и исследования взрывчатых устройств и взрывчатых веществ.

Следует сказать, что на сегодняшний день среди новых разделов криминалистических экспертиз – фоноскопическая (фонографическая) экспертиза активно развивается и имеет достаточную приборную и методическую базу для осуществления исследования звучащей речи и человеческого голоса. При производстве фоноскопической экспертизы эксперты применяют множество различных методов. Например, это методы статистического анализа, динамического программирования, метод опорных

¹ Матюшенков А.Н. Взрывотехническая экспертиза как источник использования специальных знаний по делам о взрывах // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. №25 (380). Право. Вып. 45. С. 126.

² Внуков. В.И., Пономаренко. Д.В. Проблемные вопросы взрывотехнической экспертизы // Вестник волгоградской академии МВД России. 2010. №2 (13). С. 48-49.

точек, различные лингвистические методы и другие методы анализа звучащей речи и голоса. Большинство из применяемых методов являются относительно новыми, так как появились по мере развития компьютерной техники. Для производства большинства методов фоноскопической экспертизы разработаны программы различной степени сложности, начиная от стандартного программного обеспечения и заканчивая специально разработанными идентификационными комплексами (например, система «ОТExpert 5.0» или «SIS II»). Фоноскопическое программное обеспечение позволяет представлять звуковой сигнал в видах осциллограммы, спектрограммы, интоно-граммы; вычислять основной тон, форманты, производить сравнительные исследования фонограмм и их участков, вычислять отношение сигнал/шум; использовать встроенный текстовый редактор для набора соответствующего звучанию текста. Совершенствование методов фоноскопии, при помощи использования новых технологических способов исследования расширяет области видов анализа и обеспечивает достоверность получаемых результатов¹.

В области одорологии также существуют перспективные направления развития методов. В настоящее время экспертами разработаны методы обнаружения, изъятия и консервации запаховых следов, а также различные приборы анализирующие компонентный состав запаховых следов, однако в большинстве случаев «анализаторами» запаховых следов являются собаки-детекторы поскольку учеными не расшифровано, какие вещества и каким образом определяют индивидуальность человека при его идентификации. В подавляющем большинстве случаев одорологическое исследование с использованием собак-детекторов позволяет идентифицировать человека по его запаховым следам. Кроме того, несомненное преимущество такого метода исследования заключается не столько в высокой чувствительности носа

¹ Матвеева Л.Ю., Прокофьева Л.П. Звуковое отражение эмоций (Инструментальные методы в фоноскопической экспертизе) // Известия Саратовского университета. Т.16. Вып.2. 2016. С. 153.

собаки (современные аналитические приборы обладают детекторами, сопоставимыми по чувствительности с собакой, например, прибор для определения запахов и вкусов «Электронный нос»), сколько в высокой избирательности, позволяющей выявлять каждого индивида из смеси запахов других лиц. В настоящее время экспертиза запаховых следов человека, в основе которой лежит биосенсорный ольфакторный метод исследования, имеет большое значение в уголовном судопроизводстве не исключая перспектив на разработку методов и оборудования, которые позволили бы идентифицировать человека без участия собаки-детектора¹.

Одно из перспективных направлений в развитии криминалистики состоит в создании и возможности использования кибернетических методов для собирания, переработки и исследования источников криминалистической информации. Возможности кибернетики были впервые применены в дактилоскопии и почерковедении. В дактилоскопии был испытан и применен метод машинного поиска и сравнения отпечатков пальцев рук (например, АДИС «Папиллон»). Создание таких технических средств позволяет в перспективе автоматически осуществлять поиск отпечатков, сходных с обнаруженными на месте происшествия. Также наметились определенные возможности и перспективы использования средств и методов кибернетики в судебном почерковедении (Л. А. Ароцкер, В. И. Батов, Р. М. Ланцман, А. М. Компанией и другими). Однако и здесь ЭВМ оказалась более эффективным и быстродействующим средством для сравнения упрощенных и сходных подписей, ограниченных рукописных текстов, цифрового письма, когда их признаки переведены на язык машины, то есть закодированы. Поскольку кодирование признаков требует значительного времени, методика машинного сравнения при идентификационных исследованиях подписей, ограниченных по объему рукописных текстов и цифрового письма,

¹ Моисеева Т.Ф. Возможности и перспективы использования ольфакторного метода в криминалистике и судебной экспертизе // Теория и практика судебной экспертизы. 2015. №1 (37). С. 140-141.

применяется не часто¹.

Также сюда относят появление различных сканирующих устройств, которые позволяют упростить методы, применяемые в дактилоскопии, технико-криминалистической экспертизе документов и других разделах криминалистики. Здесь следует говорить о существовании и активном совершенствовании системы АДИС Папилон «Живой сканер», которая позволяет сканировать папиллярные узоры ладоней и пальцев рук, создавать электронные дактилокарты, осуществлять автоматический экспорт дактилокарт в АДИС, производить поиск дактилокарты по отпечатку пальца, по текстовым данным, осуществлять просмотр дактилокарт и производить множество других операций. Сюда же относятся сканеры, позволяющие подтверждать подлинность купюр, различных документов (например, документы подтверждающие личность), а также считывать маркировки объектов, поступающих на экспертизу (например, QR-коды и штрих-коды на различных товарах)².

Значительное распространение кибернетические методы получили в производстве судебно-автотехнических экспертиз. Здесь разработано несколько алгоритмов, например, для определения скорости движения автомашины, технической возможности предотвращения наезда на неожиданно возникшее препятствие, для установления момента и условий опрокидывания транспорта и тому подобное. Помимо этого, криминалисты в дальнейшем смогут использовать различную технику и методы в связи с распространением сети Интернет повсеместно. Например, когда водители или пассажиры используют свои смартфоны в автомобиле, их машины хранят данные от устройств даже после отключения информационно-развлекательных систем: телефонные звонки, контакты, SMS-сообщения —

¹ <https://studopedia.org/13-30883.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Студопедия» (дата обращения 6 марта 2019 г.).

² https://www.ntv.ru/peredacha/chudo_tehniki/m24780/o465857/video/ - официальный интернет-сайт АО «Телекомпания НТВ» (дата обращения 8 марта 2019 г.).

все это синхронизируется с машиной. Если подключение осуществляется при помощи кабеля, сохраняются файловые системы, названия файлов, временные метки и другие метаданные. Благодаря взаимосвязанным электронным блокам управления, разбросанным по всему транспортному средству, собираются и хранятся данные о том, где и когда открыта дверца автомобиля, в порядке ли подушки и ремни безопасности, задние фонари. Также они контролируют торможение и ускорение. Такая информация, несомненно, может предоставить ценные криминалистические свидетельства против лиц, совершивших преступления. Именно в этом направлении видится перспектива широкого внедрения кибернетических средств в автотехническую экспертизу¹.

В связи с активным использованием компьютерных технологий, а также использованием виртуального пространства в преступных целях, существует необходимость в разработке множества кибернетических методов обнаружения, фиксации и изъятия следов преступлений в виртуальном пространстве, а также защите пользователей компьютерной техники от преступных посягательств².

В настоящее время у экспертов на вооружении есть целый ряд комплексов специальных методов компьютерно-технических экспертиз.

Например, с помощью методов сверхвысоких частот, оптических методов и методов обработки аудио- и видеосигналов можно эффективно решать задачи по выявлению свойств аппаратных средств, их технических характеристик, установлению соответствия выявленных характеристик типовым, определению фактического состояния и исправности, наличия физических дефектов, установлению фактов несоблюдения эксплуатационных режимов, обстоятельств использования

¹ <https://hi-news.ru/research-development/10-udivitelnyx-metodov-kriminalistiki-budushhego.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Hi-News.ru» (дата обращения 16 марта 2019 г.).

² Волчецкая Т.С. Современные тенденции развития криминалистики в России и США // Folia Iuridica Universitatis Wratislaviensis. 2015. Вып. 4(1). С. 148.

недокументированных сервисных возможностей и тому подобное.

В ходе экспертного исследования криминалистически значимой информации широко используются методы поиска и доступа к данным (например, метод контекстного поиска, метод конвертирования данных); методы манипуляции с данными (копирование, перемещение, редактирование); методы восстановления данных (в том числе удаленной информации); методы архивации, парольной защиты и прочее¹.

При проведении анализа вредоносных программ (вирусов, червей и прочих) используют различные методы мониторинга – анализ файловых сигнатур (метод мониторинга дисковой памяти), сверка контрольных сумм (метод мониторинга оперативной памяти) и так далее². Большинство из подобных методов являются принципиально новыми так как кибернетические методы – это одна из новых групп методов, которая начала активно внедряться в криминалистику только в начале 21-го века.

Помимо этого, экспертные исследования фактов и обстоятельств, связанных с использованием сетевых и телекоммуникационных технологий, можно выделить как приоритетные, поскольку они определяют развитие некоторых специальных методов компьютерно-технической экспертизы. К таким специальным методам можно отнести методы распределенной обработки данных; методы иерархизации протоколов; топологические методы и методы доступа к данным, а также коммутации и маршрутизации и другие³.

К перспективным направлениям разработки и использования криминалистических методов относятся разнообразные методы исследования ДНК, методы исследования биомаркеров пыльцы, микробиологическая идентификация.

¹ https://www.ntv.ru/peredacha/chudo_tehniki/m24780/o465857/video/ - официальный интернет-сайт АО «Телекомпания НТВ» (дата обращения 8 марта 2019 г.).

² <http://www.sudexpert.ru/possib/comp.php> - Официальный сайт РФЦСЭ при Министерстве юстиции Российской Федерации (дата обращения 9 марта 2019 г.).

³ <http://www.sudexpert.ru/possib/comp.php> - Официальный сайт РФЦСЭ при Министерстве юстиции Российской Федерации (дата обращения 9 марта 2019 г.).

ДНК-идентификацию применяют в криминалистике и при проведении судебно-медицинских экспертиз для доказательства причастности или, наоборот, непричастности подозреваемых к преступлениям, в которых они обвинялись. Исследуют ДНК и в определении отцовства. Сегодня ДНК-типирование – одна из наиболее мощных и получивших широкое применение биотехнологических методик. С течением времени молекулярно-генетическая экспертиза становится все более распространенным и все менее дорогим методом криминалистики. Финансирование методов идентификации по ДНК началось лишь недавно, и говорить о серьезном эффекте для нашей страны пока преждевременно, но применение таких методов является одной из ведущих перспектив в развитии криминалистики¹.

Исследование биомаркеров пыльцы – также несёт в себе определённые перспективы для развития криминалистической методологии. Палинология (изучение пыльцы) стала одной из новейших дисциплин, добавленных в растущую область судебно-экспертной науки. Пыльца есть везде, где растут цветущие растения, в том числе пустыни и пещеры, а цветки расцветают в разное время. Эти два фактора определяют конкретную «сигнатуру» пыльцевых зёрен, что делает их биомаркерами, связанными с конкретными временами и местами. Новая методика идентификации пыльцы приведет к использованию палинологии для раскрытия преступлений, которые иначе могли бы остаться нераскрытыми. Хотя пыльца уже использовалась для расследования преступлений, пока ее изучение не получило широкого распространения в криминалистике. Она может быть полезна при поиске пропавших без вести и в составлении истории путешествий преступника. Использование штрихового кодирования и секвенирования ДНК, хоть и дорогостоящее, может повысить точность идентификации определенного типа пыльцы. Вполне вероятно, что биомаркеры пыльцы будут широко

¹ <http://vechnayamolodost.ru/articles/biotekhnologii-v-zhizn/dnkvkriminali70/> - общедоступный ресурс в сети Интернет, Портал «Вечная молодость» (дата обращения 12 марта 2019 г.).

использоваться в криминалистике будущего¹.

На нашей коже обитает множество микроскопических организмов. В будущем эти сообщества микроорганизмов, известных как микробиомы, будут помогать в поимке преступников. Помимо того, что микробиомы превосходят в числе наши клетки двадцатикратно, не бывает двух человек с одинаковыми микробиомами, и эти сообщества остаются стабильными в течение длительного времени, что позволяет использовать методы исследования микробиом для идентификации человека. Хотя эта передовая технология пока не готова к использованию в зале суда, ученые прогнозируют, что ее использование в осуждении лиц, совершивших преступления с применением насилия, скоро станет обычным делом. И предоставит следователям и прокурорам эффективный новый инструмент борьбы с преступностью².

Таким образом, перспективными в использовании методов криминалистики являются направления кибернетики и технологии использования ДНК, биомаркеров пыльцы, а также микробиологических проб для поиска и идентификации преступников.

¹ <https://hi-news.ru/research-development/10-udivitelnyx-metodov-kriminalistiki-budushhego.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Hi-News.ru» (дата обращения 16 марта 2019 г.).

² <https://hi-news.ru/research-development/10-udivitelnyx-metodov-kriminalistiki-budushhego.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Hi-News.ru» (дата обращения 16 марта 2019 г.).

ГЛАВА 2. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Оптическая микроскопия

Микроскопией, в широком смысле, называют способность видеть маленькие предметы, а в узком смысле – способность видеть маленькие предметы при помощи «микроскопа». Микроскопом называют оптический прибор, который состоит из системы линз.

Все микроскопические методы можно условно разделить на два больших раздела: оптическую и электронную микроскопию. В данном параграфе рассмотрим оптическую или световую микроскопию.

Оптическая или световая микроскопия существует уже долгое время на основе физических законов оптики, а также на волновой теории в получении изображений. При проведении микроскопии требуется наличие освещения, для этих целей используют естественный, либо искусственный источники света. Следует сказать, что все существующие виды микроскопии напрямую связаны с появлением микроскопов. В конце 16-го появились первые простые микроскопы. Изобретенные в то время приборы были очень просты по своей конструкции представляли собой линзу или систему из нескольких линз. Изобретение самых простых микроскопов относят к 1590 году и связывают с именами И. Липперсгея (разработавшего один из первых простых оптических телескопов) и З. Янсена (который занимался изготовлением очков), однако более заметных успехов в разработке микроскопа смог добиться голландский ученый А. Левенгук. Далее, в период с 1609 по 1624 гг. Г. Галилеем был построен более сложный микроскоп. Примерно в 1625 году Д. Фабер предложил для нового изобретения термин – микроскоп. Далее, уже в конце 18-го века теоретические и практические работы таких ученых, как Э. Аббе,

О. Шотта и А. Келера определили направления в развитии и принципы строения оптических систем в современных микроскопах¹.

Подробнее рассмотрим сущность оптической микроскопии. Оптический, или световой микроскоп, использует видимый свет, проходящий через прозрачные объекты, или отражённый от непрозрачных. Свет, попадая в оптическую систему микроскопа, создает оптическую иллюзию, в следствие чего, изображение исследуемого объекта кажется увеличенным. Оптическая система из нескольких линз позволяет получить увеличенное изображение образца. Получаемые изображения можно наблюдать глазом, получать фотоснимки увеличенных изображений, а также получать видеозаписи. В состав современного микроскопа обычно входит система подсветки, столик для перемещения объекта (препарата, исследуемой пробы), иногда присутствуют наборы специальных объективов и окуляров².

В настоящее время существует множество методов оптической микроскопии. Рассмотрим некоторые специальные методы микроскопических исследований. К специальным методам оптической микроскопии относят:

- 1) методы светлого и темного поля в проходящем и отраженном свете;
- 2) метод фазового контраста;
- 3) метод анализа в поляризованном свете;
- 4) методы флуоресценции и люминесценции в УФ-, ИК-лучах и другие.

Метод светлого поля в проходящем свете, используется для исследования прозрачных объектов с включениями. Для этого метода характерно прохождение лучей из конденсора (система линз, оптическая система) через исследуемую пробу в объектив, что дает равномерно освещенное поле в плоскости изображения. Элементы структуры пробы

¹ <https://micromed.pro/articles/svetovaya-i-elektronnaya-mikroskopiya.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Микромед.про» (дата обращения 18 марта 2019 г.).

² Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 216.

частично поглощают и отклоняют падающий на нее свет, что и обуславливает, согласно теории Э. Аббе, возникновение изображения¹.

Метод темного поля в проходящем свете применяют для получения изображений прозрачных объектов, которые являются непоглощающими, и поэтому невидимы при исследовании в светлом поле. Свет лучей из оптической системы темного поля выходит в виде полого конуса и непосредственно в объектив не попадает. В поле зрения микроскопа на темном фоне видны светлые изображения мелких деталей, тогда как у крупных деталей видны только светлые края, которые рассеивают освещающие лучи. В итоге, изображение создается только тем светом, который рассеивается мелкоструктурными элементами препарата².

Наиболее часто методы светлого и темного поля в проходящем свете используются в экспертной практике при исследовании текстильных волокон, порохов, лекарственных препаратов, наркотических и психотропных средств, частиц стекла и пластмасс, минеральных компонентов почвы и прочих объектов криминалистических экспертиз.

Методы микроскопии в светлом и темном поле в отраженном свете используются при исследовании непрозрачных объектов. В отличие от методов микроскопии в проходящем свете, где используется направленный свет, в методах микроскопии в отраженном свете используются не прямые источники освещения, а отраженный свет (для этого в микроскопе присутствует система зеркал).

Широкий круг объектов криминалистических экспертиз может быть исследован методами оптической микроскопии в отраженном свете. К таким объектам относят, например, частицы изделий из металлов и сплавов,

¹ Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. С. 70-71.

² Там же. С. 71.

лакокрасочные материалы и покрытия, текстильные волокна, материалы документов и любые другие частицы твердых веществ и материалов¹.

Метод фазового контраста имеет большое практическое значение, так как дает возможность получать контрастные изображения прозрачных и бесцветных объектов, почти невидимых или слабовидимых при обычных методах микроскопии. К числу таких объектов могут относиться, например, осколки стекла, минералогические объекты. Метод фазового контраста основан на том, что даже при малом различии показателей преломления объекта и среды световая волна, прошедшая сквозь них, претерпевает разные изменения по фазе и приобретает фазовый рельеф. Темные и светлые места в фазово-контрастном изображении соответствуют различным показателям преломления в препарате (фазовый контраст), который с помощью специального электронного оптического устройства преобразуется в ослабление или усиление интенсивности света, прошедшего сквозь объект. Так получается видимое изображение исследуемой пробы².

Методы поляризационной микроскопии предназначены для наблюдения и изучения под микроскопом объектов, изменяющих в каком-либо отношении поляризацию света, который проходит через объекты или отражается ими.³ Микроскопия поляризованном свете используется для исследования объектов, у которых оптические свойства не одинаковы по различным направлениям. К таким объектам, например, относят различные минералы, а также биологические объекты.

Метод флуоресцентной или люминесцентной микроскопии. Данный метод использует явление люминесценции. Объект освещается излучением,

¹ Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. С. 62.

² Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. С. 71.

³ Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии: учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин - Казань: Изд-во КНИТУ. 2014. С. 60.

возбуждающим люминесценцию (иногда объект исследования обрабатывают флуоресцирующим или люминесцирующим составом). При этом наблюдается цветная контрастная картина свечения, которая позволяет выявить особенности объекта. Данный метод используется для обнаружения следов горюче-смазочных материалов и нефтепродуктов, а также крови и выделений человека на предметах. Помимо этого метод люминесцентной микроскопии используют при исследовании стекол, химических ловушек, идентификационных меток и любых люминесцирующих микрочастиц объектов судебной экспертизы с целью их обнаружения, и определения их природы¹.

Метод ультрафиолетовой и инфракрасной микроскопии позволяет увеличить предельную разрешающую способность микроскопа. Этот метод расширяет возможности микроскопических исследований за счет того, что частицы многих веществ и материалов, прозрачные в видимом свете, способны поглощать УФ-излучение определенных длин волн и, следовательно, легко различимы в УФ-источниках освещения. Микроскопия в ультрафиолетовой области спектра применяется экспертами для исследования биологических объектов, а инфракрасная микроскопия дает возможность изучать внутреннюю структуру объектов, непрозрачных в видимом свете (залитые тексты, продукты выстрела и взрыва и другие)².

На данный момент самыми перспективными направлениями оптической микроскопии являются поляризационно-оптический микроскопический анализ и, появившаяся в начале 20-го века, наноскопия.

Сравнительно новой модификацией поляризационно-оптической микроскопии является поляризационно-оптическая микроскопия на основе жидкокристаллического пространственно-временного модулятора света (ЖК

¹ Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. С. 71.

² Криминалистика: Учебник / Д.Н. Балашов, Н.М. Балашов, С.В. Маликов - М.: ИНФРА-М. 2005. С. 29.

ПВМС). Данный метод является новым инструментом для изучения свойств поверхности материалов. Он существенно расширяет функциональными возможностями современной микроскопии и позволяет на его основе разрабатывать новые методики. Данный новый метод микроскопии используют в криминалистике для изучения дефектов микрорельефа (царапины, микротрещины, посторонние включения и тому подобное), изучения структурных дефектов в материалах (следы травления, залитые тексты и другое), изучения структуры биологических объектов (активно используется в гистологии, медицине при диагностике заболеваний), а также изучения трещиноватых поверхностей (применяется, например, при исследовании лакокрасочных материалов и покрытий)¹.

Также в 2006 году учеными Ш. Хеллем и М. Босси был разработан оптический микроскоп под названием «Наноскоп», который позволяет преодолевать барьер Э. Аббе и наблюдать объекты размером около 10 нм (в настоящее время около 5 нм), оставаясь в диапазоне видимого излучения, получая при этом высококачественные трёхмерные изображения объектов, ранее недоступных для обычной световой микроскопии².

Методы оптической микроскопии предполагают использование оптических микроскопов различной конструкции. Конструктивные отличия обуславливают различие свойств микроскопов, их возможностей в исследовании объектов. В связи с этим микроскопические методы принято различать по виду используемого микроскопа, по виду физического явления, используемого в микроскопе. В экспертной практике наибольшее применение нашли следующие виды микроскопов:

¹ Томилин М.Г. Новый поляризационно-оптический микроскоп на основе жидкокристаллического пространственно-временного модулятора света и его применения - СПб: СПбГУ ИТМО. 2009. С. 44.

² <https://lenta.ru/news/2007/08/13/nanoscope/> - официальный сайт СМИ «Лента.ру» (дата обращения 22 марта 2019 г.).

1. Бинокулярный стереоскопический. Такой вариант микроскопа является классическим и содержит минимально необходимый комплект деталей для осуществления своих функций.

2. Биологический. Микроскопы этой группы в криминалистике используются для исследования прозрачных и полупрозрачных объектов таких как, текстильные волокна, частицы наркотиков растительного происхождения, волокна бумаги и прочих.

3. Металлографический. Данный вид микроскопа предназначен для исследования микроструктуры металлов и сплавов.

4. Сравнительный. Такие микроскопы имеют широкое распространение в практике криминалистического исследования и идентификации веществ, материалов и изделий при исследовании лакокрасочных покрытий, волокнистых и строительных материалов, почвы и других объектов криминалистических экспертиз.

5. Поляризационные микроскопы используются для исследования объектов в поляризованном свете (проходящем и отраженном) и оснащены поляризатором для поляризации падающего на объект света, а также анализатором, анализирующим световой поток, прошедший или отраженный от исследуемого объекта.

6. Люминесцентный. Такие микроскопы оснащены излучателями, дающими излучение, которое заставляет люминесцировать исследуемые объекты и позволяют наблюдать их свечение. Явление люминесценции дает возможность выявлять морфологические особенности объекта, наблюдать микрообъекты, размер которых меньше разрешаемого оптикой расстояния, то есть выявлять посторонние включения, которые находятся за пределами наблюдения обычного оптического микроскопа.

7. Ультрамикроскопы. По своим характеристикам такие микроскопы подобны люминесцентному микроскопу. Разница лишь в том, что

обнаружение ультрамалых структурных неоднородностей основано на возникновении дифракционной картины на наблюдаемых частицах.

8. Интерференционный. Сущность такого микроскопа в том, что исследуемый объект создает в тонких, оптически разнородных слоях когерентные лучи, которые и формируют наблюдаемую и фотографируемую интерференционную картину¹.

Как и сами методы микроскопии так и микроскопы постоянно совершенствуются. Можно привести множество примеров использования микроскопов в криминалистической практике. Наиболее широко распространено использование, так называемых, сравнительных микроскопов, которые применяются для сравнения и идентификации различных криминалистических объектов. Используются в криминалистической практике и бинокулярные микроскопы.

Среди новейшего оборудования, используемого в экспертной практике, можно встретить цифровой оптический микроскоп VHX-5000 Keyence (Рис. 2.1.)².



Рис. 2.1. Цифровой оптический микроскоп VHX-5000 Keyence

¹ Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. С. 59.

² <https://sertal.ru/catalog/mikroskopy/tsifrovoy-opticheskiy-mikroskop-vhx5000-keyence/> - официальный сайт ООО «Сертал» (дата обращения 23 марта 2019 г.)

Помимо вышеизложенного, следует отметить, что преимущество оптических микроскопов в том, что данная категория микроскопов доступна для любой исследовательской лаборатории, в отличие от электронных микроскопов, ценовая категория которых высока ввиду сложности их конструкции и обслуживания.

Таким образом, оптическая микроскопия популярна несмотря на то, что методы электронной микроскопии в десятки раз превосходят методы оптической микроскопии по своим возможностям. Причина такой популярности, прежде всего, в том, что электронный микроскоп дорог в использовании и весьма сложен в обслуживании. Для его размещения и работы нужны особые условия, например, изолированность от источников электромагнитных полей. А также в качестве места, для размещения исследуемой пробы, используется безвоздушное пространство (вакуум). Также, по причине недоступности высококачественного оборудования, электронную микроскопию крайне редко используют для исследования живой материи (исследовать живые организмы при помощи электронной микроскопии стало возможно только в 1990 году), в то время как световой микроскоп используют в этих целях повсеместно (в медицине, биологии). Также следует отметить, что методы оптической микроскопии активно совершенствуются и разрешающая способность некоторых оптических микроскопов способна составить конкуренцию самым лучшим электронным микроскопам (например, наноскоп).

2.2. Электронная микроскопия

Электронной микроскопией называют совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры вещества, его локального состава при помощи электронных микроскопов. Электронный микроскоп – это

прибор, в котором для получения увеличения изображений используется электронный пучок.

Методы электронной микроскопии могут считаться относительно новыми, так как с момента появления электронных микроскопов не прошло и 100-та лет. В 1933 г. немецкие ученые М. Кноль и Э. Руска создали один из первых электронных микроскопов. В этом микроскопе на объект попадали волны электронов, которые в тысячи раз мельче световых, что позволяло увидеть объекты в тысячу раз меньше, чем в оптическом микроскопе.

С открытием электронного микроскопа возникли и методы исследования микроструктур тел (вплоть до атомно-молекулярного уровня, например, существует атомно-силовой микроскоп), их локального состава и локализованных на поверхностях или микрообъемах тел электрических и магнитных полей (микрополей)¹.

Различают два главных направления электронной микроскопии: просвечивающую (трансмиссионную) и растровую (сканирующую).

Просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ) называют микроскопию, при которой изображение формируется в результате прохождения направленного электронного излучения через прозрачный для электронов образец. Современные просвечивающие электронные микроскопы высокого разрешения позволяют получать увеличение до 1500000 раз, а также наблюдать распределение атомов в кристаллических решетках².

Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) обладает самой высокой разрешающей способностью, превосходя по этому параметру оптические микроскопы. Предел разрешения, характеризующий способность прибора отображать отдельно мелкие, максимально близко расположенные детали объекта, у ПЭМ составляет примерно 1-2 нм.

¹ <http://fizportal.ru/electronic-microscope> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Физпортал» (дата обращения 23 марта 2019 г.)

² Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии: учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин - Казань: Изд-во КНИТУ. 2014. С. 87.

В криминалистике с помощью просвечивающей электронной микроскопии:

1. Определяют причины разрушения объекта по характеру разрушений.
2. Определяют типы загустителя в горюче-смазочных материалах (исследование загустителей пластичных смазок используется в целях установления их родовой принадлежности).
3. Определяют виды волокнистого материала.
4. Устанавливают общую групповую принадлежность волокон при исследовании особенностей их поверхности и внутренней структуры, красителей неорганической природы (установление формы, размера частиц красителя и характера их распределения), наличие различных отделочных материалов, эксплуатационных признаков.
5. Определяют фазовый состав кристаллических веществ.
6. Выявляют особенности технологии изготовления ряда изделий из стекла¹.

Растровая электронная микроскопия (РЭМ) используется при исследовании поверхностей твердых тел. Размер изучаемого в каждый конкретный момент участка определяется сечением зонда (от 1 до 2 нм). Чтобы получить информацию о достаточно большой площади объекта, дающей представление о ее морфологии, при помощи зонда сканируют заданную площадь по определенной программе. Полученный сигнал после усиления вызывает свечение кинескопа, развертка которого синхронна развертке луча в колонне микроскопа².

Возможность поворачивать и наклонять образцы, а также то обстоятельство, что изображение на экране воспринимается как трехмерное с

¹ Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. С. 66.

² Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. С. 72.

большой глубиной резкости, делает растровую электронную микроскопию удобной при наблюдении топографии разнообразного физического рельефа.

Растровая электронная микроскопия, позволяет повысить глубину резкости почти в 300 раз (по сравнению с обычным оптическим микроскопом) и достигать колоссального увеличения (1-2 нм)¹.

При помощи растровой электронной микроскопии в экспертной практике:

1. Определяют причины разрушения изделия из металла.
2. Определяют состояние автомобильных фарных рассеивателей и их деталей в момент их разрушения при ДТП.
3. Обнаруживают и определяют продукты выстрела.
4. Определяют вид волокнистого материала (текстильные волокна, древесина, волосы и тому подобное).
5. Устанавливают групповую принадлежность волокон (по выявлению особенностей морфологии их поверхности, наличию частиц отделочных препаратов, следов механического, температурного и эксплуатационного воздействия).
6. Устанавливают последовательность выполнения записей (при исследовании пересекающихся штрихов на материалах письма).
7. Определяют вид лакокрасочных покрытий и материалов (число и толщина слоев, форма частиц пигмента, вид грунта).
8. Устанавливают групповую принадлежность лакокрасочных покрытий (при изучении морфологии верхней и нижней поверхностей для выявления технологических и эксплуатационных признаков)².

¹ https://zinref.ru/000_uchebniki/00600criminalistika/000_osnovi_criminalisticheskogo_issledovaniya_mitrichev_hrustalev/071.htm - общедоступный ресурс в сети Интернет «Зинреф - библиотека онлайн» (дата обращения 23 марта 2019 г.).

² Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. С. 67.

В целом, следует сказать, что оба направления электронной микроскопии дают качественно различную информацию об объекте исследования и часто применяются в совокупности.

Расширение возможностей обработки сигналов позволило развить целый комплекс методов, основанных на использовании принципов просвечивающей электронной микроскопии и объединенных под общим названием просвечивающей растровой электронной микроскопии (ПРЭМ). К методам ПРЭМ относят, например, энергетический дисперсионный анализ рентгеновского излучения, спектроскопию вторичных электронов, анализ энергетических потерь проходящих электронов.

Помимо просвечивающей и растровой электронной микроскопии, а также просвечивающей растровой электронной микроскопии существуют и другие виды электронной микроскопии такие, как отражательная, эмиссионная, ОЖЕ-электронная, Лоренцова, Рамановская и иные виды электронной микроскопии, реализуемые, как правило, с помощью приставок к просвечивающим и растровым электронным микроскопам.

В настоящее время известны следующие перспективные направления электронной микроскопии. Например, направление криоэлектронной микроскопии.

В 2017 году нобелевской премии за развитие криоэлектронной микроскопии высокого разрешения для определения структуры биомолекул в растворе удостоились ученые Ж. Дебюше, Й. Франк и Р. Хендерсон. Ученые пришли к выводу, что криоэлектронная микроскопия позволяет исследовать образцы, например, биологические молекулы, в их родной среде без окрашивания или какой-либо фиксации химическими веществами. Для этого необходимо быстро заморозить вещество при очень низких температурах, что позволяет избежать повреждения молекул. При обычной электронной микроскопии исследуемый биологический материал разрушается, и в течение долгого времени оптические микроскопы считались единственным

подходящим средством для изучения живой материи. Однако в 1990 году Р. Хендерсон впервые использовал электронную микроскопию для получения трехмерного изображения белка с разрешением на атомном уровне, что считается большим прорывом в исследовании объектов при помощи электронных микроскопов¹.

Помимо криоэлектронной микроскопии, отмечаются перспективы развития поляризационной электронной микроскопии высокого разрешения для исследования микроструктур, а также электронная микроскопия одиночных частиц (которая основана на криоэлектронной микроскопии).

Методы электронной микроскопии также предполагают использование электронных микроскопов различной конструкции. По конструкции принято различать следующие виды микроскопов:

1. Прямые микроскопы (классическое построение схемы микроскопа) сконструированы таким образом, что наблюдательная часть микроскопа (бинокулярная насадка с окулярами) расположена сверху объекта.

2. Инвертированные микроскопы (перевернутое построение схемы микроскопа) сконструированы таким образом, что наблюдательная часть микроскопа расположена снизу объекта.

3. Микроскопы проходящего света (классические микроскопы для биолого-медицинских исследований). Основной принцип освещения, в которых связан с тем, что свет проходит через исследуемый объект. С помощью микроскопов проходящего света можно рассматривать прозрачные и полупрозрачные объекты.

4. Микроскопы отраженного света (металлографические микроскопы), основной принцип освещения, в которых связан с тем, что свет падает на объект и отражается от него. На микроскопах отраженного исследуются

¹ <https://micromed.pro/articles/nobelevskuyu-premiyu-za-razvitie-krioelektronnoi-mikroskopii.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Микромед.про» (дата обращения 18 марта 2019 г.).

объекты непрозрачные, с различной степенью отражающей способности, и полупрозрачные.

5. Люминесцентные микроскопы обеспечивают возможность наблюдения на темном фоне свечения объектов.

6. Поляризационные микроскопы обеспечивают наблюдение на сером или темном фоне разноцветного, четкого или контрастного изображения.

7. Микроскопы дифференциально-интерференционного контраста или интерференционного контраста, обеспечивающие наблюдение на однотонном цветном фоне яркого цветного «объемного» изображения или изображения того же цвета, что и фон, но с окантовкой из другого цвета¹.

Наравне с оптическими микроскопами, эксперты в своей практике используют электронные микроскопы. Примером электронного микроскопа, используемого криминалистами может послужить Микроскоп криминалистический настольный МСК-8 (Рис. 2.2.)².



Рис. 2.2. Микроскоп криминалистический настольный МСК-8

Данный микроскоп применяется при изучении вещественных доказательств: денежных купюр и ценных бумаг, найденных пуль и гильз,

¹ <http://medtexst.ru/medicalencyclopaedia/63-microscopy/464-klassifikacija-mikroskopov.html> - официальный сайт ООО «МЕДТЕХНИКА-СТОЛИЦА» (дата обращения 23 марта 2019 г.).

² <http://biomed.ru/info/item/153/> - официальный сайт ООО «БИОМЕД СЕРВИС» (дата обращения 23 марта 2019 г.).

разного рода волокон. А также широко используется для экспертизы оттисков печатей и штампов, почерковедческой экспертизы документов (подписей и почерка), экспертизы документов по выявлению вносимых изменений путем дописки, дорисовки, смыванием, травлением, выявление замазанных, зачеркнутых, стертых текстов.

Таким образом, электронная микроскопия является одним из активно развивающихся разделов микроскопии. Преимуществами электронной микроскопии являются высокая разрешающая способность электронных микроскопов, которая позволяет наблюдать объекты, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности светового микроскопа. Поэтому электронная микроскопия применяется для изучения ультраструктур микроорганизмов и макромолекулярных структур. Также следует отметить, что электронная микроскопия нашла применение в криминалистике при исследовании различных объектов криминалистических экспертиз.

2.3. Сканирующая зондовая микроскопия

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – является одним из новых и активно развивающихся из методов электронной микроскопии.

Данная группа методов является наиболее широко используемой в области наноматериалов и нанотехнологий. Основная идея всех методов данной группы заключается в использовании зонда – устройства считывания информации с поверхности исследуемого материала.

Родоначальниками СЗМ являются Г. Бинниг и Г. Рорер, которые разработали технологию сканирующей туннельной микроскопии.

Все методы сканирующей зондовой микроскопии основаны на одном принципе действия: острый зонд подводится к исследуемой поверхности на расстояние порядка 1 нм. В результате приближения между образцом и зондом устанавливается физическое взаимодействие, силу которого можно измерить.

Интенсивность измеряемого сигнала зависит от расстояния от зонда до образца, что используется для контроля данного расстояния. Относительное перемещение зонда и образца (сканирование) реализуется с помощью пьезокерамического сканера, который изменяет размеры под воздействием прикладываемого напряжения¹.

Различают несколько разновидностей сканирующей зондовой микроскопии, это – сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ), атомно-силовая микроскопия (АСМ), магнитно-силовая микроскопия (МСМ), ближнепольная акустическая микроскопия (БАМ) и другие. Основное различие между данными разновидностями методов лежит в типе взаимодействия, который используется для контроля расстояния зонд – образец².

В большинстве случаев в качестве рабочего тела зонда используется алмазная игла с радиусом при вершине порядка 10 нм. С помощью высокоточного позиционирующего (сканирующего) механизма зонд перемещают над поверхностью образца по трем координатам. Как правило, имеется два диапазона перемещения зонда: грубое перемещение с относительно низкой точностью и высокой скоростью и точное перемещение с достаточно низкой скоростью и высокой точностью позиционирования до 0,1–1 нм. Большая точность позиционирования обеспечивается, как правило, по высоте. Сигнал от зонда обрабатывается с помощью компьютера и преобразуется в трехмерное изображение. Для обработки снимаемых сигналов, их фильтрации и корректировки используются специальные пакеты программ. Стоимость и размеры зондовых микроскопов значительно ниже, чем у электронных, а возможности вполне соизмеримы. Для ряда вариантов зондовой микроскопии наличие вакуума не требуется, материалы

¹ Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 244.

² Там же. С. 244.

исследования могут быть самые разнообразные, в том числе изоляторы, полупроводники, биологические объекты. При этом исследования могут проводиться без существенного повреждения объекта и с достаточно простой подготовкой его поверхности (например, только полировка отдельного участка)¹.

Достоинства метода сканирующей микроскопии состоят в следующем:

- 1) сверхвысокие разрешения (атомного порядка, примерно 0.01 нм);
- 2) возможность размещать образец не в вакууме (как в электронных микроскопах), а в обычной воздушной среде при атмосферном давлении, в атмосфере инертного газа и даже в жидкости, что особенно важно для изучения гелеобразных и макромолекулярных структур (белков, ДНК, РНК, вирусов)².

В криминалистике сканирующая зондовая микроскопия применяется для создания защитных наномаркировок. Это тесно связано с одной из проблем, с которой сталкиваются правоохранительные органы при расследовании преступлений. Этой проблемой является установление подлинности или верификация предметов, обнаруженных в ходе оперативно-следственных действий. Как правило, подлинность предметов, в данном случае, устанавливается на основании проведенных экспертных исследований. Таким образом применение СЗМ служит в качестве предупреждающей меры может выступать защитная маркировка предметов, представляющих повышенный интерес со стороны криминальных структур³.

Также следует отметить, что активно развиваются – методы атомно-силовой микроскопии. Данные методы предоставляют возможность изучения топографии, морфологии, ультраструктуры бактериальных клеток и вирусов

¹ Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 244-245.

² Там же. С. 245.

³ Запорожкова И.В., Кислова Т.В., Горемыкина Ю.Ю. и др. Применение сканирующей зондовой микроскопии для создания защитных наномаркировок // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. 2008. С. 83.

расширяет наши знания о микроорганизмах. Высокое разрешение методов АСМ, позволяет использовать их для изучения особенностей строения, состава биопленок и межклеточных структур микроорганизмов, влияния антибактериальных препаратов на морфологию бактерий и изменение клеточной стенки. Важным направлением является использование методов АСМ при оценке токсических действий, на моделях микроорганизмов, наноматериалов и других синтетических материалов, применяемых в медицине и промышленности¹.

Помимо этого, следует сказать, что существуют перспективы использования СЗМ в криминалистике при исследовании микроследов и частиц, следов орудий взлома, текстильных волокон, лакокрасочных покрытий и материалов, а также других объектов. Однако, некоторые ученые считают нецелесообразным использование методов СЗМ в криминалистике. Так, например, авторы статьи «Основные вехи формирования и развития микроскопии и ее значение в криминалистике» Г. Г. Коновалов, Е. В. Прокофьева, говорят о том, что размеры самых маленьких объектов криминалистических экспертиз измеряются в микрометрах, а СЗМ, в свою очередь, позволяет получить атомарное разрешение, что в данной конкретной ситуации не имеет смысла².

Методы сканирующей зондовой микроскопии предполагают использование электронных микроскопов различной конструкции. К микроскопам сканирующей зондовой микроскопии обычно относят:

1. Сканирующий туннельный микроскоп. Принцип его работы основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между зондом и проводящим образцом во внешнем электрическом поле.

¹ Ерохин П.С., Уткин Д.В., Бугоркова Т.В. и др. Современные возможности изучения ультраструктуры клеток микроорганизмов методом сканирующей зондовой микроскопии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. 2012. С. 34.

² Коновалов Г.Г, Прокофьева Е.В. Основные вехи формирования и развития микроскопии и ее значение в криминалистике // Вестник воронежского государственного университета. Серия: право. 2017. №3. С. 285.

2. Атомно-силовой микроскоп. В основе АСМ лежит силовое взаимодействие между зондом и поверхностью, для регистрации которого используются специальные зондовые датчики¹.

Примером, сканирующего зондового микроскопа может послужить Сканирующий зондовый микроскоп SPM-9700HT (Рис. 2.3.)².



Рис. 2.3. Сканирующий зондовый микроскоп SPM-9700HT

Данный микроскоп предназначен для получения трёхмерного изображения рельефа поверхности образцов металлов, полупроводников, керамики, макромолекул и биологических объектов с увеличением в несколько тысяч или миллионов раз, измерения значения следующих физических свойств поверхности (силу трения, адгезию, жесткость, эластичность, потенциал, проводимость, распределение намагниченности). SPM-9700HT можно использовать в материаловедении, полупроводниковой промышленности, биологии, медицине, при физических и химических исследованиях.

Таким образом, методы сканирующей зондовой микроскопии хоть и являются довольно перспективными в своем развитии, но для нужд

¹ Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии: учебное пособие. / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин - Казань: Изд-во КНИТУ. 2014. С. 144.

² <https://www.shimadzu.ru/skaniruyushhiy-zondoviy-mikroskop-spm-9700ht> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Shimadzu Europa GmbH» (дата обращения 25 марта 2019 г.).

криминалистики не востребованы, так как разрешающая способность таких микроскопов достигает 1 нм и меньше, что нецелесообразно даже для исследования микрообъектов и частиц объектов криминалистических экспертиз. Однако, в перспективе, не исключена возможность использования таких микроскопов при исследовании ДНК, микробиом и прочих микроскопических объектов.

В заключении следует отметить, что микроскопические методы широко распространены в экспертной практике. Данная группа методов позволяет исследовать множество объектов криминалистических экспертиз, таких как текстильные волокна, продукты выстрела и взрыва, лекарственные препараты, наркотические и психотропные средства, биологические жидкости, а также микрочастицы и микрообъекты (частицы стекла и пластмасс, минеральных компонентов почвы) и прочих объектов криминалистических экспертиз. Следует также сказать, что все разделы микроскопии активно развиваются. Так, например, методы оптической микроскопии актуальны и пользуются даже большей популярностью чем методы электронной микроскопии из-за своей доступности. При этом методы электронной микроскопии развиваются в направлении увеличения разрешающей способности до 0,01-1 нм (например, атомно-силовая сканирующая микроскопия), что создает множество новых возможностей для исследования материалов, веществ и изделий.

ГЛАВА 3. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Тонкослойная хроматография

Хроматография (от греч. *chroma*, *chromatos* – цвет, краска) это физико-химический метод разделения веществ на компоненты в результате распределения элементов между двумя фазами – неподвижной, с большой поверхностью контакта (сорбент), и подвижной фазой (элюент), которая представляет собой поток, фильтрующийся через неподвижный слой¹.

Хроматография широко применяется в экспертной практике для установления химического состава исследуемых объектов, определения групповой принадлежности, а также идентификации объектов².

Тонкослойная хроматография (ТСХ) – это плоскостной вид хроматографии, также именуемый планарной хроматографией, который представляет собой твердожидкостную адсорбционную хроматографию, в которой сорбент находится в виде тонкого слоя (силикагеля, целлюлозы, оксида алюминия) на пластинке (стеклянной, полимерной или металлической), а элюент в виде растворителя или смеси нескольких растворителей.

Фактически метод тонкослойной хроматографии был впервые применён голландским учёным-биологом М. Бейеринком в 1889 году, когда учёный наблюдал смешивание нескольких капель соляной и серной кислот на тонком слое желатины. В 1930 году тонкослойная хроматография стала известна в качестве микрохроматографии³.

¹ Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В. и др. Физико-химические методы анализа. Ч.III. Хроматографические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения / - СПб: СПб. ГТУРП. 2014. С. 4.

² Негматова С.Г. Основы криминалистической техники: Краткий курс лекций. - Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. технич. ун-та. 2007. С. 16

³ Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. Том 1 - М.: Мир. 1981. С. 17.

В последующем, А. Измаилов и С. Шрайбер использовали тонкослойную хроматографию в 1938 году для разделения экстрактов природных соединений на сорбенте в виде оксида алюминия. Подъём тонкослойной хроматографии связан с именем Е. Шталя, который стал использовать силикагель в качестве сорбента. С начала восьмидесятых годов, благодаря внедрению новых и улучшенных методов работы, популярность тонкослойной хроматографии неуклонно возрастает¹.

Далее рассмотрим сущность метода тонкослойной хроматографии. ТСХ анализ обычно проходит в несколько этапов: нанесение пробы, затем хроматографическое разделение и оценка результата. Для проведения анализа каплю анализируемой смеси наносят на слой сорбента недалеко от конца хроматографической пластинки. Затем конец пластинки опускают в хроматографическую камеру с растворителем. Под влиянием капиллярных сил растворитель движется вверх по пластинке, а компоненты анализируемой смеси двигаются вслед за растворителем, но с различной скоростью, разделяясь на отдельные зоны, образуя хроматографические пятна. После того, как растворитель пройдет определённое расстояние, пластинку вынимают из растворителя, подсушивают и определяют положение хроматографических пятен, затем рассчитывают для отдельных компонентов смеси величину R_f . R_f – это отношение расстояния от старта до верхней кромки первого пятна к расстоянию от линии старта до линии финиша растворителя. Данные величины R_f сравнивают с величинами, полученными в опыте с веществом-стандартом. Для обнаружения на хроматограмме бесцветных веществ используют дополнительные методы – освещение пластины в УФ-свете, проявление пятен с помощью реагентов.

В тонкослойной хроматографии различают методы восходящей, нисходящей и горизонтальной хроматографии, которые зависят от

¹ Негматова С.Г. Основы криминалистической техники: Краткий курс лекций. - Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. технич. ун-та. 2007. С. 17.

направления растворителя, поступающего на пластинку. Восходящая тонкослойная хроматография является самой распространённой среди методов ТСХ, так как не требует особой подготовки. Горизонтальная хроматография применяется для исследования нескольких проб со схожими значениями R_f . Так же различают методы ТСХ по способу нанесения пробы. Существует точечное нанесение пробы, когда пробу наносят в виде одного или нескольких пятен на расстоянии около 15 миллиметров друг от друга, а также линейное нанесение пробы, когда пробу наносят в виде сплошной линии – при таком способе нанесения исследуемого вещества метод называют препаративной тонкослойной хроматографией.

Метод ТСХ применяется во многих сферах деятельности общества - в медицине, криминалистике, пищевой промышленности, а также в некоторых других сферах деятельности.

Метод тонкослойной хроматографии – это такой хроматографический метод анализа, который благодаря своей скорости и простоте является актуальным и в настоящее время. Возможность исследовать множество проб одновременно при небольшом расходе растворителя делает ТСХ необходимым инструментом в ежедневной рутинной аналитике. Более того тонкослойная хроматография делает возможным не только качественный, но и количественный анализ. Для количественных ТСХ на сегодняшний день имеются разнообразные приборы, которые, не в последнюю очередь из-за возможности автоматизации, находят широкое применение в промышленных, научных и независимых лабораториях.

Хроматография является одним из наиболее эффективных и быстроразвивающихся разделов криминалистической техники¹. Тонкослойная хроматография имеет большое значение для проведения криминалистических исследований. Тонкослойная хроматография является

¹ Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. 951 С. 78.

простым и быстрым по исполнению методом, что делает его незаменимым в криминалистических лабораториях, а также в полевых условиях. Необходимо отметить, что тонкослойная хроматография достаточно часто и эффективно применяется в ходе предварительного расследования.¹ Методом тонкослойной хроматографии исследуется множество разных веществ, так или иначе имеющих значение для расследования дел. Тонкослойную хроматографию применяют для исследования таких объектов как материалы письма, нефтепродукты, наркотические средства и сильнодействующие вещества, красители текстильных волокон, взрывчатые вещества и многих других. Метод тонкослойной хроматографии играет большую роль в криминалистическом исследовании, этот метод помогает достаточно точно разделять компоненты смеси, а также делает возможным и количественный анализ, что помогает в раскрытии множества дел.

Следует сказать о том, что методы хроматографии активно развиваются и совершенствуются. Для проведения ТСХ разработано огромное множество различных пластин с сорбентом, хроматографических камер, разработаны специальные нагревательные приборы для сушки пластин, а также существует множество наборов готовых элюентов, что позволяет при правильном подборе инструментов и оборудования эффективно проводить ТСХ анализ в кратчайшие сроки. Например, эксперты в своей деятельности часто используют материалы и оборудование отечественных производителей: камеры стеклянные; облучатели хроматографические; нагревательные устройства для сушки пластин; пульверизаторы; денситометры; пластины и так далее (Рис. 3.1.)¹.

Помимо разработанного оборудования, существует также множество вариантов тонкослойной хроматографии.

¹ <http://www.chrom-lab.ru/equip/> - официальный сайт ООО «ХромЛаб» (дата обращения 27 марта 2019 г.).



Рис. 3.1. Материалы и оборудование для тонкослойной хроматографии

Например, существует более чувствительный и избирательный к разделению веществ вариант тонкослойной хроматографии – высокоэффективная тонкослойная хроматография (ВЭТСХ). При осуществлении ВЭТСХ используют сорбенты с малым размером зерна между 3 и 10 мкм, по сравнению с традиционным ТСХ анализом, где используют сорбенты с размером зерна между 10 и 40 мкм¹. Метод ВЭТСХ в последнее время используется всё чаще при проведении исследований лекарственных препаратов, наркотических и психотропных веществ, пищевой продукции, лакокрасочных материалов и покрытий и многих других объектов криминалистических экспертиз.

Одним из самых новых вариантов тонкослойной хроматографии является вариант ультратонкослойной хроматографии (УТСХ), появившийся в начале 2000-ых годов XXI столетия. Данный хроматографический метод позволяет проводить разделение на монослойных УТСХ-пластинах за короткое время (до 7 мин) и фронтом пробега элюента до 30 мм². УТСХ востребована в медицине, биологии, криминалистике при исследовании различных веществ, которые обладают высокой однородностью, а также представлены в малых

¹ Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Бёккер Ю; Пер.с нем. - М.: Техносфера. 2009. С. 288.

² Министерство здравоохранения российской федерации. Общая фармакопейная статья // Хроматография ОФС.1.2.1.2.0001.15. Вып.1. 2015. С. 16-17.

количествах, что затрудняет их анализ при помощи традиционного ТСХ анализа.

Также в начале 2000-ых годов XXI столетия появился такой метод тонкослойной хроматографии, как ТСХ с управляемой газовой фазой (ТСХ-УГФ). Метод ТСХ-УГФ основан на целенаправленном изменении в динамическом режиме физико-химических свойств хроматографической системы в результате контакта пластинки, содержащей разделяемые соединения, с газовой фазой определенного химического состава, создаваемой в хроматографической камере. Активную газовую фазу получают пропуская газ через хроматографическую камеру или при образовании паров растворителя, находящегося в другом отделении камеры. Управление составом газовой фазы позволяет задать нужный состав и свойства подвижной фазы непосредственно при разделении за счет абсорбции и адсорбции вводимого газа подвижной и неподвижной фазами¹.

Помимо вышеперечисленных модификаций метода ТСХ в лабораторных условиях также может быть проведен электроосмотический тонкослойный хроматографический (ЭОТСХ) анализ, который заключается в том, что скорость подвижной фазы при ЭОТСХ практически постоянна, что позволяет оптимизировать процесс разделения за счёт влияния электрического поля. Данная разновидность метода позволяет ускорить процессы разделения вещества на компоненты, что ускоряет и сам процесс исследования². Данный метод ТСХ также используют в криминалистике при исследовании объектов криминалистических экспертиз.

Следует отметить основные тенденции развития современной ТСХ, к ним относят:

¹ Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение: Учебное пособие / Е.Г. Сумина, С.Н. Штыков, В.З. Угланова и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского». 2012. С. 91-92.

² Березкин В.Г., Карцова Л.А., Хмельницкий И.К. и др. Двумерная электроосмотическая ТСХ при определении синтетических красителей и витаминов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т. 9. Вып. 1. С. 44.

1. Появление новых способов и методических приемов хроматографирования, к ним относят: автоматическое многократное (техника AMD) хроматографирование, автоматическое многомерное, центростремительное (антикруговое), круговое, хроматографирование с концентрированием зон и другие способы хроматографирования.

2. Появление новых сорбентов и пластин для ТСХ.

3. Совершенствование уже существующих вариантов ТСХ и создание новых ТСХ методов¹.

В заключении следует сказать, что методы тонкослойной хроматографии остаются актуальными и часто используются криминалистами при осуществлении экспертной деятельности.

3.2. Газовая хроматография

Газовая хроматография (ГХ) – это одна из разновидностей хроматографии, метод разделения различных летучих веществ на компоненты, при котором подвижной фазой служит газ-носитель, протекающий через неподвижную фазу в виде твёрдого сорбента, на который нанесена нелетучая жидкость. Обычно, в качестве подвижной фазы используют гелий, азот, аргон, углекислый газ, водород и некоторые другие газы. При этом газ-носитель (или инертный газ) не реагирует с неподвижной фазой и разделяемыми веществами².

В 1952 году А. Мартин и А. Джеймс впервые осуществили газовую распределительную хроматографию, разделив различные смеси на смешанной неподвижной фазе из силикона DC-550 и стеариновой кислоты, а также

¹ Обьедкова Е.В. Разработка схемы определения стероидных гормонов и нестероидных противовоспалительных препаратов в биологических жидкостях методом ВЭТСХ / Под ред. Л.А. Карцова -СПб: 2014. С. 22.

² Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 143.

теоретически обосновали подобный хроматографический процесс.

В зависимости от состояния неподвижной фазы различают газо-адсорбционную (твердый сорбент), газожидкостную (пленка жидкости на поверхности твердого сорбента) хроматографию, капиллярную и реакционную газовую хроматографию¹.

Сущность метода ГХ заключается в том, что анализируемые вещества в газообразном состоянии проходят через колонку с неподвижной жидкой фазой, которая нанесена на твердый носитель. По мере продвижения вещества по колонке они перераспределяются между фазами вследствие многократного повторения процессов сорбции-десорбции и происходит их разделение за счет разницы в коэффициентах распределения. Затем разделенные вещества элюируются из хроматографической колонки потоком газа-носителя, регистрируются детектором и фиксируются на хроматограмме в виде пиков. Первым из колонки элюируется вещество с более низким коэффициентом распределения, то есть вещество плохо растворимое в жидкой фазе и более летучее при температуре исследования. Соединения с высоким коэффициентом распределения, то есть лучше растворимые и менее летучие, задерживаются колонкой и их распределение происходит медленнее. Выходящие из колонки вещества вместе с газом-носителем поступают в детектор, который реагирует на изменение какого-либо физического свойства проходящей через него газовой смеси. Сигнал детектора преобразуется в электрический, который после усиления передается регистрирующему прибору, например потенциометру².

Газовая хроматография в криминалистике успешно используется для определения вида наркотических средств и содержания наркотически активных компонентов, установления содержания активных веществ в

¹ Газовая хроматография. Краткая характеристика метода и его применение в фармацевтическом анализе: учебное пособие / В.В. Тыжигирова - Иркутск: ИГМУ. 2016. С. 6.

² Газовая хроматография: Учебное пособие / А.А. Голованов, О.Б. Григорьева, В.В. Бекин - Тольятти: Тольяттинский государственный университет (ТГУ). 2014. С. 10-11.

лекарственных препаратах, установления соответствия ГОСТу спиртосодержащей продукции, установления вида и марки нефтепродуктов, установления видов полимеров и композиционных материалов на их основе (резины), установления времени исполнения записи по содержанию летучих компонентов в материалах письма (пасты шариковых ручек), а также определения содержания в воздухе органических микропримесей веществ, вредных для человека¹.

Также газожидкостная применяется в криминалистических исследованиях при установлении идентичности образцов пятен крови. Помимо этого, очень часто газожидкостная хроматография необходима для определения содержания спирта в крови водителей автомобилей. Несколько капель крови из пальца достаточно, чтобы узнать, сколько, когда и какой спиртной напиток он выпил.

В настоящее время разработано оборудование, позволяющее эффективно проводить газовый хроматографический анализ. К такому оборудованию, например, можно отнести Газовый хроматограф Кристалл 5000 (Рис. 3.2.), который позволяет производить электронное регулирование расхода и давления газов, а также имеет объемный термостат, достаточный для размещения любых колонок, что делает его удобным в ежедневной работе².

Следует отметить, что помимо классического варианта газовой хроматографии существуют и модификации, например, высокотемпературная газовая хроматография (ВТГХ). Формально ВТГХ – является расширением газовой хроматографии до более высоких рабочих температур (более 350 °С). По этой причине некоторые ученые оспаривали правомерность выделения ее в отдельный вид газовой хроматографии.

¹ Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. С. 138.

² <http://www.chrom-lab.ru/equip/> - официальный сайт ООО «ХромЛаб» (дата обращения 27 марта 2019 г.).



Рис. 3.2. Газовый хроматограф Кристалл 5000

Однако, так как для газовой хроматографии необходимы специально разработанные хроматографы, детекторы и колонки, целесообразно было выделить высокотемпературную газовую хроматографию в отдельный вид ГХ¹.

ВТГХ обладает неоспоримыми преимуществами перед другими методами разделения. Данный хроматографический располагает очень эффективными системами прямого ввода пробы, которые могут работать с минимальными количествами образца, с другой стороны, она может легко комбинироваться с рядом более чувствительных, универсальных детекторов².

В настоящее время высокотемпературная газовая хроматография активно применяется при исследовании нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов. ВТГХ дает возможность разделять сложные смеси компонентов с большой разницей температур кипения. Метод высокотемпературной газовой хроматографии позволяет наиболее детально изучить состав парафинов нефти, а также отложений, образующихся из нефти при транспортировке³.

Помимо ВТГХ существует так называемая пиролизическая газовая

¹ Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Бёккер Ю; Пер.с нем. – М.: Техносфера. 2009. С. 250.

² Там же. С. 250.

³ Прокуда Н.А., Суховерхов С. В., Маркин А.Н. и др. Определение состава парафинов методом высокотемпературной газо-жидкостной хроматографии // Институт химии ДВО РАН. 2017. С. 1.

хроматография (пиролизная, ПГХ). Пиролизная газовая хроматография применяется для анализа нелетучих высокотемпературных соединений (полимеров, каучуков, смол, олигомеров, биополимеров и др.) по продуктам их разложения в инертной среде¹. Преимущество пиролитической газовой хроматографии в том, что в отличие от традиционного метода газовой хроматографии существует возможность анализировать высокомолекулярные нелетучие вещества, в частности олигомеры, полимеры и так далее. ПГХ применяют в криминалистике для исследования некоторых лекарственных препаратов, тяжелых нефтепродуктов, лакокрасочных материалов и покрытий. В 2000-ые годы пиролитическая хроматография как метод изучения высокомолекулярных соединений по продуктам их разложения получил широкое распространение.

При пиролизе полимеров, как правило, образуется сложная смесь веществ с различными молекулярными весами, поэтому применение пиролитической газовой хроматографии для разделения и исследования продуктов пиролиза особенно эффективно. Пиролиз проводят с помощью обычного термического нагрева, высокочастотного нагрева (до точки Кюри), с применением коренного разряда и лазерной техники. Устройство для пиролиза изготавливают в виде приставки к стандартным газовым хроматографам. В настоящее время многие универсальные хроматографы высокого класса снабжены пиролитическими приставками, которые исключают непосредственно в газовую схему хроматографа вместо узла ввода пробы или же параллельно ему. Данный метод ГХ не является принципиально новым, однако до сих пор применяется при исследовании объектов криминалистических экспертиз.

В заключении следует отметить, что ГХ имеет более высокую чувствительность к разделению веществ по сравнению с методом ТСХ, однако

¹ Аналитическая химия Ч.1 / И.П. Калинин, В.И. Мосичев - СПб.: АНО НПО «Мир и Семья». 2002. С. 38.

проведение ГХ в полевых условиях представляется затруднительным, так как для проведения газового хроматографического анализа необходимо особое оборудование. В связи с этим, перспективным направлением в развитии методов газовой хроматографии является разработка более мобильного оборудования для проведения исследования в полевых условиях, распространение ГХ на область малолетучих веществ (различные масла, мазут, керосин и другие), а также дальнейшее повышение чувствительности методов ГХ.

Таким образом, газовая хроматография сегодня широко используется в химических, медицинских, а также экспертных лабораториях, обеспечивая эффективность и результативность процесса исследования.

3.3. Высокоэффективная жидкостная хроматография

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) – это метод колоночной хроматографии, в котором в качестве подвижной фазы выступает жидкость, движущаяся через хроматографическую колонку, заполненную неподвижной фазой. Колонки для высокоэффективной жидкостной хроматографии характеризуются высоким гидравлическим сопротивлением на входе¹.

Изобретателями ВЭЖХ принято считать Мартина и Синджа, которые в 1941 году начали использовать в качестве неподвижной фазы очень мелкие частицы, а также пришли к выводу, что нужно использовать высокие давления при пропускании разделяемых веществ через колонку². Однако, современная высокоэффективная жидкостная хроматография – жидкостная хроматография

¹ Министерство здравоохранения российской федерации. Общая фармакопейная статья // Хроматография ОФС.1.2.1.2.0001.15. Вып.1. 2015. С. 1.

² Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография: пер. с англ. - 5-е изд. / В.Р. Майер - М.: Техносфера. 2017. С. 18.

высокого давления или скоростная жидкостная хроматография – начала развиваться в начале 70-х гг. прошлого века¹.

Следует отметить, что ВЖЭХ отличается от традиционной ЖХ за счёт применения мелкозернистых материалов неподвижной фазы, высокочувствительных детекторов, а также высоких давлений на входе в колонку².

Высокоэффективная жидкостная хроматография в зависимости от механизма разделения веществ делится на адсорбционную, распределительную, ионообменную, эксклюзионную и хиральную и др. Каждый из этих видов может быть высокоэффективным, если для проведения хроматографии используется режим хроматографирования с высоким давлением в колонке.

В зависимости от типа подвижной и неподвижной фазы также различают нормально-фазовую и обращенно-фазовую хроматографию.

Метод ВЭЖХ реализуется при помощи блочно-модульной хроматографической системы – жидкостного хроматографа, в котором жидкая подвижная фаза определенного состава (из 2–3 компонентов) с помощью насосного блока под высоким давлением (обычно 50–500 атмосфер) с заданной постоянной скоростью (100–1000 мкл/мин) непрерывно подается через хроматографическую колонку, плотно и равномерно заполненную однородными частицами сорбента диаметром 1–80 мкм. В качестве сорбента могут использоваться адсорбенты с развитой поверхностью или неподвижные жидкие фазы, находящиеся на поверхности твердого носителя. После соответствующей пробоподготовки, определяемые компоненты вводятся в составе анализируемой пробы в хроматографическую колонку с помощью

¹ Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В. и др. Физико-химические методы анализа. Ч.III. Хроматографические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения / - СПб: СПб. ГТУРП. 2014. С. 43.

² Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе: Учебное пособие / Н.Г. Ярышев, Д.А. Панкратов, М.И. Токарев и др. - М.: Прометей. 2012. С. 30.

специального дозирующего устройства. В процессе движения анализируемой пробы вдоль слоя сорбента в потоке подвижной фазы компоненты пробы многократно сорбируются неподвижной фазой, затем вновь десорбируются. Из-за неодинаковой восприимчивости к сорбенту разные соединения передвигаются по колонке с различной скоростью и достигают детектора, подключенного к выходу хроматографической колонки, последовательно, в разное время. С использованием компьютерной системы сбора и обработки данных производится идентификация компонентов анализируемой смеси по времени удерживания и их количественное определение по величине аналитического сигнала (высота или площадь пика на хроматограмме)¹.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), называемая также жидкостной хроматографией высокого давления, – наиболее перспективный аналитический вариант классической колоночной хроматографии в современном приборном исполнении. ВЭЖХ позволяет проводить одновременное разделение сложных проб на составляющие их компоненты, детектирование большинства компонентов, измерение концентрации одного или нескольких соединений (в зависимости от конкретных аналитических задач и наличия стандартных образцов).

Метод ВЭЖХ широко применяется для целей количественного химического анализа в криминалистике, экологии, санитарно-гигиенических и ветеринарных исследованиях, при контроле качества и сертификации пищевой и сельскохозяйственной продукции, в медицине, фармацевтике, нефтехимии и пр.².

В криминалистике, методом ВЭЖХ прежде всего исследуют горюче-смазочные, взрывчатые вещества, материалы письма, лакокрасочные

¹ Министерство здравоохранения российской федерации. Общая фармакопейная статья // Хроматография ОФС.1.2.1.2.0001.15. Вып.1. 2015. С. 1-2.

² Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 148-149.

покрытия и лакокрасочные материалы и другие объекты криминалистических экспертиз.

ВЖЭХ в криминалистике используют также для определения:

- 1) лекарственных препаратов в плазме крови и моче для диагностики острых интоксикаций;
- 2) выявления факта употребления наркотиков или допинга;
- 3) установления структуры неизвестных соединений;
- 4) качественного и количественного анализа взрывчатых веществ, ядов, сильнодействующих препаратов;
- 5) происхождения растительного сырья, содержащего наркотические вещества;
- б) определения однородности (источник фасовки, место синтеза) и другого¹.

Для проведения ВЖЭХ существует множество различной аппаратуры, позволяющей эффективно проводить исследование в лабораторных условиях. Например, к такому оборудованию можно отнести Жидкостный хроматограф «Хроматэк-Кристалл ВЭЖХ 2014» (Рис. 3.3.), который обладает высочайшей чувствительностью спектрофотометрического детектора за счет инновационной конструкции оптики, высокой стабильностью поддержания потока насосов, а также простотой и удобством в работе благодаря высокому уровню автоматизации узлов хроматографа².

Помимо новейшего оборудования существуют также и модификации самого метода высокоэффективной жидкостной хроматографии.

¹ <https://ceur.ru/library/articles/narkotiki/item196355/> - официальный сайт негосударственного образовательного частного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт судебных экспертиз и криминалистики» (дата обращения 25 апреля 2019 г.).

² <http://www.chrom-lab.ru/equip/> - официальный сайт ООО «ХромЛаб» (дата обращения 27 марта 2019 г.)



Рис. 3.3. Жидкостный хроматограф «Хроматэк-Кристалл ВЭЖХ

Таким образом, одной из разновидностей высокоэффективной жидкостной хроматографии является ион-парная хроматография, которая позволяет определять ионизированные соединения. Для этого в состав подвижной фазы традиционной ВЭЖХ добавляют гидрофобные органические соединения с ионогенными группами (ион-парные реагенты). Данную разновидность ВЭЖХ часто применяют при исследовании лекарственных препаратов, наркотических и психотропных веществ и их метаболитов из биологических жидкостей.

Также выделяют ионообменную и ионную высокоэффективную жидкостную хроматографию. Ионообменная хроматография используется для анализа как органических (гетероциклические основания, аминокислоты, белки и др.), так и неорганических (различные катионы и анионы) соединений. Разделение компонентов анализируемой смеси в ионообменной хроматографии основано на обратимом взаимодействии ионов анализируемых веществ с ионообменными группами сорбента. Ионная хроматография является вариантом ионообменной хроматографии, в котором для детектирования определяемых соединений (ионов) используется кондуктометрический детектор. Применяют ионообменную и ионную высокоэффективную жидкостную хроматографию для диагностики

некоторых заболеваний, а также наличия наркотических и психотропных веществ в биологических жидкостях. Помимо этого, ионообменную ВЭЖХ используют при осуществлении экологических экспертиз для определения тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в воде¹.

Существует также эксклюзионная хроматография (гель-хроматография, ЭХ) – это особый вариант высокоэффективной жидкостной хроматографии, который основан на разделении молекул по их размерам. Распределение молекул между неподвижной и подвижной фазами основано на размерах молекул и частично на их форме и полярности. Главной особенностью данной вариации ВЭЖХ является возможность разделения молекул по их размеру в растворе в диапазоне практически любых молекулярных масс – от 10^2 до 10^8 г, что делает его незаменимым при исследовании синтетических материалов и биополимеров, а также в биологии и медицине для анализа белков, крови и других объектов².

Сравнительно новым методом ВЭЖХ является ультраэффективная жидкостная хроматография (УЭЖХ) представляющая собой вариант высокоэффективной жидкостной хроматографии, отличающийся большей эффективностью по сравнению с классическим ВЭЖХ анализом. Особенностью ультраэффективной жидкостной хроматографии является использование сорбентов с размером частиц от 1,5 до 2 мкм. Размеры хроматографических колонок обычно составляют от 50 до 150 мм в длину и от 1 до 4 мм в диаметре. Использование УЭЖХ позволяет значительно уменьшить время анализа и повысить эффективность хроматографического разделения. Хроматографическое оборудование и колонки, используемые в ультраэффективной жидкостной хроматографии специально адаптированы

¹ Хроматографические методы анализа: практикум / В.Г. Амелин - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. 2008. С. 46.

² Хроматографические методы анализа: учебно-методическое пособие / Т.М. Гиндуллина, Н.М. Дубова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. С. 42.

для выполнения требований этого вида хроматографии¹.

К перспективным направлениям развития методов ВЭЖХ относят:

1. Эффективность колонок. В наполненных колонках размер зерен сорбента уменьшился с 100 мкм до 1,5 мкм. И в настоящее время продолжают развиваться методы ВЭЖХ с ещё более мелким размером зерен сорбента. Например, для УЭЖХ обсуждается возможность использования колонок с размером зерен в пределах 1-1,4 мкм.

2. Селективность разделения. Разработаны селективные сорбенты для разделения разных смесей и с каждым годом разнообразие универсальных сорбентов возрастает.

3. Экспрессность разделения. На данный момент в ВЭЖХ достигнута скорость разделения до десятков соединений за одну минуту.

4. Разделительная способность хроматографических колонок. Некоторые колонки способны разделять до 1000 компонентов за один ввод.

5. Пределы определения. В течение 110 лет пределы определения снизились (а чувствительность выросла) на 17 порядков с 10^{-1} г до 10^{-18} г. В настоящее время есть данные о возможности определения методом ВЭЖХ-МС до 10^{-21} г (т.е. всего одной тысячи молекул).

6. Автоматизация анализа. Весь анализ на современных хроматографах может проводиться полностью автоматически. Программа обработки хроматограмм (программа «высшего уровня») постоянно совершенствуется и является предметом коммерциализации многих фирм.

7. Миниатюризация приборов. Размер приборов постоянно уменьшается как промышленных потоковых, так и лабораторных. Большие достижения в развитии портативных хроматографов – в настоящее время существуют хроматографы размером со спичечный коробок².

¹ Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И. ВЭЖХ и ультра-ВЭЖХ: Состояние и перспективы // Аналитика. 2015. № 21. С. 73-74.

² Цветом М.С., Яшин Я.И., Яшин А.Я. Основные тенденции развития хроматографии после 110-летия со дня ее открытия // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. №2. С. 203-204.

Востребованность в методах и приборах ВЭЖХ с каждым годом неуклонно возрастает. Методы ВЭЖХ в качестве официальных методов исследования вошли в фармакопеи разных стран (в том числе Российской Федерации), в EPA (агентство США по анализу загрязнений окружающей среды), в ГОСТы и рекомендации по анализу многих вредных соединений.

Таким образом, анализируя вышеизложенный материал необходимо отметить, что хроматографические методы анализа активно используются в экспертной практике. Хроматографические методы анализа предоставляют множество возможностей при исследовании различных криминалистических объектов, таких как: лекарственные препараты, наркотические и психотропные вещества, нефтепродукты, пищевая продукция, биологические жидкости, материалы письма, а также многие другие объекты. Также следует сказать, что перспективным направлением в развитии хроматографических методов является повышение чувствительности методов к разделению исследуемых веществ, а также разработка более совершенных модификаций уже существующих методов тонкослойной, газовой и высокоэффективной хроматографии.

ГЛАВА 4. СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Методы спектроскопии в видимой, УФ- и ИК- области спектра

Спектроскопия – это оптический метод анализа, основанный на измерении спектров поглощения излучения молекул в видимой области, УФ-области (ультрафиолетовой), а также в ИК-области (инфракрасной). Спектроскопия в УФ-, ИК- и видимой областях спектра входит в число стандартных методов, успешно применяемых криминалистами, медиками, специалистами на различных предприятиях и другими учеными на протяжении многих лет¹. Спектроскопию в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной области называют оптической, однако, некоторые авторы, такие как В. Шмидт, О. А. Федорова, И. И. Кулакова, называют подобные спектральные методы – электронной спектроскопией.

В оптической спектроскопии принято выделять: спектроскопию в видимой области спектра, ультрафиолетовую спектроскопию, инфракрасную спектроскопию и рентгеновскую спектроскопию.

Слово «спектр» в переводе с латинского означает «появление» или «схема». Так, в 1666 году знаменитый учёный Исаак Ньютон впервые при помощи призмы расщепил солнечный свет на составляющие спектра. В 1675 году Исааком Ньютоном была издана книга под названием «Оптика». В 1802 году английский физик У. Х. Волластон объяснил эксперимент Ньютона с призмой, а также усовершенствовал его и впервые наблюдал многочисленные темные линии в солнечном спектре. В то же время учёные Гершель и Тальбот проводили эксперименты со светом пламени, и в 1834 г. Тальбот спектрально разделил красный цвет пламени стронция и красный цвет лития, что считается

¹ Спектроскопия / Ю. Бёккер; Пер.с нем. Л.Н. Казанцева под ред. А.А. Пупышева, М.В. Поляковой - М.: Техносфера. 2009. С. 68.

зарождением аналитической оптической спектроскопии¹. Этот метод исследования, названный оптической спектроскопией, развивается с 1834 г. до настоящего времени. В наше время спектроскопические методы анализа применяются во многих сферах жизни общества, таких как медицина, криминалистика, биология, промышленность и в других.

Следует отметить, что спектроскопические методы прежде всего основаны на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Такое взаимодействие приводит к различным энергетическим переходам (колебательным, вращательным, переходам с изменением направления магнитного момента электронов)². Электромагнитным излучением называют вид энергии, который включает в себя видимый свет, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, а также радиоизлучение³.

Таким образом, видимым светом (видимой областью спектра) называется электромагнитное излучение с длинами волн 400-750 нм, которое воспринимается человеческим глазом в виде цветовых ощущений.⁴ Спектроскопия видимой области спектра основана на получении, исследовании и применении спектров испускания, пропускания, отражения и поглощения электромагнитного излучения в видимой области спектра.

Ультрафиолетовой областью спектра называют электромагнитное излучение с длинами волн 10-400 нм, которое не воспринимается человеческим глазом. Ультрафиолетовая спектроскопия – является разделом оптической спектроскопии, который включает в себя получение, исследование и применение спектров испускания, пропускания, отражения и поглощения

¹ Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / В. Шмидт - М.: Техносфера. 2007. С. 17-18.

² Основы аналитической химии. Методы химического анализа: Учебник для вузов / Ю.А. Золотов - М.: Высш. шк. 2004. С. 199.

³ Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований: Курс лекций / Т.Ф. Моисеева - М.: РГУП. 2015. С. 96.

⁴ Электронная спектроскопия органических соединений: Учебное пособие / С.Ю. Вязьмин, Д.С. Рябухин, А.В. Васильев - СПб.: СПбГЛТА. 2011. С. 5.

электромагнитного излучения в УФ-области спектра¹.

В свою очередь инфракрасная спектроскопия основана на том, что образец поглощает часть проходящего сквозь него инфракрасного излучения, а часть – пропускает. Инфракрасная спектроскопия изучает спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области спектра, то есть в диапазоне длин волн от 750 нм до 1 мм².

Методы оптической спектроскопии в видимой, УФ- и ИК-области основаны на следующих закономерностях:

1. Взаимодействие исследуемого вещества с электромагнитным излучением, которое приводит к его частичному пропусканию и поглощению;

2. Возбуждение внешним излучением частиц исследуемого вещества и последующее испускание квантов излучения с другой длиной волны – люминесценция;

3. Самопроизвольное испускание излучения анализируемым веществом, которое находится в состоянии плазмы, например, в пламени горелки или в электрическом разряде (дуговом, искровом или высокочастотном);

4. Рассеяние падающего на образец электромагнитного излучения анализируемым веществом³.

Также следует сказать о том, что оптическая спектроскопия в видимой и УФ-области спектра, как и большинство других физических методов анализа, поддается определённым физическим законам, в частности, закону Бугера – Ламберта – Бера, так же называемому законом светопоглощения.

Закон Бугера – Ламберта – Бера гласит: Пусть слой однородной среды

¹ <http://ank-service.ru/method/spektrofotometriya-v-uf-vidimoj-i-blizhnej-ik-oblasti-spektra-uv-vis-nir/410/> - общедоступный ресурс в сети Интернет Контрольно-аналитический центр «Аналитика и неразрушающий контроль-сервис» (дата обращения 1 апреля 2019 г.).

² <http://ank-service.ru/method/spektrofotometriya-v-uf-vidimoj-i-blizhnej-ik-oblasti-spektra-uv-vis-nir/410/> - общедоступный ресурс в сети Интернет Контрольно-аналитический центр «Аналитика и неразрушающий контроль-сервис» (дата обращения 1 апреля 2019 г.).

³ Спектральные методы анализа: Учебное пособие / А.А. Ищенко: - М.: Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова. 2013. С. 3.

толщиной dl содержит светопоглощающее вещество в концентрации c . Через него пропускают монохроматический световой поток интенсивности I . Интенсивность света на выходе из слоя равна $I + dl$, причём $dl < 0$ (поток ослабляется). Экспериментально было установлено, что доля поглощённого света $-dl/I$ прямо пропорциональна толщине слоя и концентрации поглощающего вещества.

$$(1) -\frac{dl}{I} = k'cdl$$

Интегрируя данное выражение, получаем:

$$(2) -\ln I = k'lc + \text{const}$$

Интенсивность светового потока, падающего на образец (т.е. при $l=0$) обозначим как I_0 . Подставляя в $l=0$ и $I=I_0$, находим, что $\text{const} = -\ln I_0$. Подставляя это значение в формулу (1) и переходя от натуральных логарифмов к десятичным, получаем математическое выражение основного закона светопоглощения:

$$\lg \frac{I_0}{I} = klc, \text{ где } k = 2,3k'$$

Величину I/I_0 называют пропусканием и обозначают T ($0 \leq T \leq 1$).

Величину $A = \lg \frac{I_0}{I} = -\lg T$, называют оптической плотностью.

Коэффициент k называется коэффициентом поглощения. Если концентрация поглощающих частиц выражена в моль/л, а толщина слоя – в сантиметрах, то коэффициент поглощения обозначается буквой ϵ и называется молярным коэффициентом поглощения. Общепринятая форма записи основного закона светопоглощения в оптической спектроскопии выглядит как:

$$A = \epsilon lc$$

Поскольку размерность величины ϵ не указана точно, то ее обычно не указывают, а приводят только численное значение молярного коэффициента

поглощения¹. Это и есть закон Бугера – Ламберта – Бера.

Инфракрасная спектроскопия также подчиняется вышеописанному закону Бугера – Ламберта – Бера, однако ИК-спектроскопия имеет отличия от спектроскопии в видимой и УФ-области спектра.

ИК-спектроскопия наибольшее применение находит для определения структуры молекул и их соединений, в то время как спектроскопия в видимой и УФ-области спектра имеет ограниченное применение в структурном анализе. Благодаря особенностям взаимодействия инфракрасного излучения с веществом, изучение структуры исследуемого вещества оказывается возможным и эффективным. Видимая и ультрафиолетовая области спектра, в свою очередь, несут ограниченную информацию о строении скелета молекулы. Поглощение видимых и ультрафиолетовых лучей сопровождается изменением энергии электронных оболочек атомов и молекул. В то время, как энергия инфракрасного излучения значительно ниже интервалов между электронными энергетическими уровнями и, поэтому состояние электронной оболочки атомов и молекул при поглощении инфракрасных лучей не изменяется. В поглощении инфракрасных излучений веществом принимает участие система колебательных энергетических уровней молекулы, расстояние между которыми соответствует энергии квантов инфракрасных лучей. Колебательные спектры обусловлены в первую очередь смещениями ядер атомов, вследствие этого по инфракрасным спектрам можно устанавливать структуру молекул². Поэтому принято считать, что спектроскопические методы в видимой и УФ-области спектра менее пригодны для качественного анализа, чем методы ИК-спектроскопии. В свою очередь методы спектроскопии в видимой и УФ-области спектра чаще используются для количественного анализа.

¹ Основы аналитической химии: учебник для студентов химического направления и химических спец. Вузов / под ред. Ю.А. Золотова, Н.В. Алова, Ю.А. Барбалат и др. - М.: Высшая школа. 2000. С. 84-85.

² Инфракрасная спектроскопия карбонатных минералов: учебное пособие / М.В. Коровкин - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. С. 6-7.

Спектральные методы анализа относятся к одним из основных методов криминалистических исследований. Эти методы применяются для изучения спектров поглощения света веществами, которые являются объектами криминалистических исследований.

Методы оптической спектроскопии позволяют криминалистам устанавливать составы химических соединений по их спектрам. Спектральные методы анализа в видимой и УФ-области помогают провести количественный анализ и получить ценную информацию, которая помогает криминалистам в раскрытии преступлений. Например, спектроскопию в видимой и ультрафиолетовой области используют при установлении подлинности документов. Изменения, внесенные в документ, могут проявляться в диапазонах видимой, ультрафиолетовой, а также инфракрасной области спектра¹

В целом, следует отметить, что спектроскопические методы в видимой, УФ- и ИК-области спектра широко применяют как в неорганическом, так и в органическом анализе. Причина, прежде всего, в простоте такого анализа и доступности оборудования. Огромный плюс спектрометрии, в указанных областях спектра, в том, что за множество лет был накоплен колоссальный теоретический и экспериментальный материал, а также разработано оборудование, позволяющее эффективно проводить исследование различных объектов.

Современные методы анализа в видимой и УФ-области не обходятся без современного оборудования. Существует огромное количество качественного оборудования, предназначенного для спектрального анализа.

Одним из новейших приборов для осуществления анализа в видимой и УФ-области является двухлучевой спектрофотометр UV-3600 (Рис. 4.1.)²

¹ Котловой Н.А. Спектральные методы в криминалистике // Фотоника. 2016. № 5. С.7.

² <http://researchpark.spbu.ru/equipment-analyt-rus/210-masv-uv3600-rus> - официальный сайт Санкт-Петербургского государственного университета «Научный парк СПбГУ» (дата обращения 5 апреля 2019 г.).



Рис. 4.1. Спектрофотометр UV-3600

Двухлучевой спектрофотометр UV-3600 предназначен для регистрации спектров поглощения, пропускания и отражения различных образцов в широкой спектральной области 185-3300 нм. В данном спектрофотометре впервые в мире используются три детектора: фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) и полупроводниковые детекторы InGaAs и PbS. Так же данный аппарат обладает высокой чувствительностью схемы измерения и крайне низким уровнем рассеянного света, что позволяет решать новые технологические задачи.

Кроме решения разнообразных исследовательских задач, спектрофотометр UV-3600 позволяет выполнять следующие анализы:

- 1) анализ пищевых продуктов;
- 2) анализ воды и почвы;
- 3) анализ атмосферного воздуха и промышленных выбросов в атмосферу;
- 4) анализ этилового спирта (промышленного применения) на наличие карбонильных соединений;
- 5) анализ горюче-смазочных материалов и нефтепродуктов;
- 6) анализ стали, чугуна и других металлов;
- 7) анализ материалов письма;
- 8) анализ изделий из текстиля, кожи и меха;

9) и многие другие анализы.

Методы ИК-спектроскопии также достаточно давно и успешно применяются при работе с самыми разными объектами судебной экспертизы. Данные методы, как и спектральные методы в видимой и УФ-области спектра, не являются разрушающими и, при достаточной технической оснащенности, дают возможность работать с микроколичествами веществ.

Сегодня метод ИК-спектроскопии применяется при проведении экспертизы следующих объектов:

- 1) наркотических средств и психотропных веществ, сильнодействующих и ядовитых веществ;
- 2) косметических средств, лекарственных препаратов, веществ неустановленной природы;
- 3) лакокрасочных и полимерных материалов;
- 4) тонеров в штрихах документов, паст ручек;
- 5) текстильных волокон и других¹.

Помимо совершенствования методов и оборудования оптической спектроскопии, оборудование для спектральных методов в ИК- области активно совершенствуется. Однако, качество спектрометров для УФ-, ИК- и видимой областей спектра, несмотря на почти повсеместное оснащение их микропроцессорами, все еще определяется прежде всего качеством используемой оптики и эффективностью отдельных оптических элементов. Встроенные внешние блоки обработки данных предусмотрены главным образом для дальнейшей обработки информации, полученной оптическими средствами. Авторы статьи «Спектральный анализ в атмосферном мониторинге молекулярных микрокомпонентов: аналитические возможности и перспективы» Н. Н. Роева, Н. Н. Гребенкин, Д. А. Зайцев и другие авторы,

¹ Баранникова И.Н. Метод ИК-фурье спектроскопии в судебной экспертизе и перспективы его использования // Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации. 2017. Т.12. №1. С. 86.

дают следующий комментарий касательно перспектив спектральных методов: «...эти методы имеют ряд ограничений ввиду сложности и невысокой надежности самих измерительных систем, а также недостаточности информации о спектрах веществ, полученных с высоким разрешением (10^3 см^{-1}) и чувствительностью (до 10^{-9} см^{-1})»¹. В связи с этим, можно выделить повышение надежности измерительных систем, а также дальнейшее изучение спектров различных веществ как перспективные направления в развитии спектральных методов анализа.

Однако, если еще несколько лет назад были распространены лишь однолучевые системы спектрометров, то сейчас большую часть рынка занимают двухлучевые и мультиплексные системы, нашедшие применение в линейных диодных матрицах и устройствах, функционирующих по принципу преобразования Фурье, что наиболее часто реализуется в ИК-Фурье спектрометрах.² Примером современного фурье-спектрометра может послужить ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS50 (Рис. 4.2.)³.

Данный фурье-спектрометр позволяет регистрировать предельно низкие концентрации и микроколичества веществ, обеспечивает высокую производительность измерений, возможность сплошного контроля исследуемых образцов, контроль параметров технологических процессов в реальном времени и используется в криминалистике для анализа наркотических средств и психотропных веществ, сильнодействующих и ядовитых веществ, косметических, лекарственных средств, веществ неустановленной природы, лакокрасочных и полимерных материалов, тонеров в штрихах документов, паст ручек; текстильных волокон, пищевой

¹ Роева Н.Н., Гребёнкин Н.Н., Зайцев Д.А. и др. Спектральный анализ в атмосферном мониторинге молекулярных микрокомпонентов: аналитические возможности и перспективы // Экологические системы и приборы. 2015. №1. С. 8.

² Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб.: Питер, 2003. С. 77.

³ <https://www.intertechcorp.ru/aboutproduct.asp?gr=15&subgr=33&prid=231&areaid=7> - «официальный сайт INTERTECH Corporation» (дата обращения 11 апреля 2019 г.).

продукции, а также горюче-смазочных материалов и нефтепродуктов¹.



Рис. 4.2. ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS50

Таким образом, оптические спектральные методы основаны на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Такое взаимодействие приводит к различным энергетическим переходам (колебательным, вращательным, переходам с изменением направления магнитного момента электронов). Электромагнитным излучением называют вид энергии, который включает в себя видимый свет, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, а также радиоизлучение. Длина волн электромагнитного излучения в видимой области спектра составляет 400-750 нм и воспринимается человеческим глазом в виде цветовых ощущений. Ультрафиолетовой областью спектра называют электромагнитное излучение с длинами волн 10-400 нм, которое не воспринимается человеческим глазом. Инфракрасная спектроскопия существует в диапазоне длин волн от 750 нм до 1 мм, что также не воспринимается человеческим глазом.

Спектральные методы анализа в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной области спектра относятся к одним из основных методов криминалистических исследований. Эти методы применяются для изучения

¹ <https://www.bruker.com/ru/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-routine-spectrometers/alpha/technical-details.html> - официальный сайт «Bruker Corporation» (дата обращения 12 апреля 2019 г.).

спектров поглощения света веществами, которые являются объектами криминалистических исследований. Методы оптической спектроскопии активно развиваются посредством разработки более совершенного оборудования, поскольку качество данных методов, в большей степени, зависит от качества оптики, используемой в оборудовании.

4.2. Эмиссионный спектральный анализ

Эмиссионный спектральный анализ (ЭСА) представляет собой метод, при помощи которого определяют качественный и количественный химический состав вещества по спектрам излучения атомов и молекул¹.

Эмиссионный спектральный анализ начал свое развитие в рамках оптической спектроскопии. Тёмные линии (эмиссионные спектры) на спектральных полосах были замечены в 1800-ых годах, однако первое серьёзное исследование этих линий было предпринято только в 1814 году Й. Фраунгофером. Он установил стабильность положения линий, составил их таблицу и присвоил каждой обнаруженной линии буквенно-цифровой код. Не менее важным стало его заключение, что линии связаны с природной характеристикой солнечного света. В 1860 году ученые Кирхгоф и Бунзен при помощи спектрального анализа открыли цезий, а в 1861 году – рубидий. Также в 1861 У. Крукс при помощи спектрального анализа открыл таллий. Исследования спектра продолжают и в наше время.

Эмиссионный спектральный анализ основан на получении и изучении спектров испускания (эмиссионных спектров, темных линий). При проведении ЭСА по положению и интенсивности отдельных линий в спектрах проводят качественный спектральный анализ. Анализ проводят, сравнивая интенсивность специально выбранных спектральных линий в спектре

¹ Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. С. 22.

исследуемого вещества с интенсивностью тех же линий в спектрах эталонов, определяют содержание элемента, выполняя, таким образом, количественный спектральный анализ. Качественный эмиссионный спектральный анализ основан на индивидуальности эмиссионных спектров каждого элемента и сводится к определению длины волны темных линий в спектре, а также к установлению принадлежности этих линий тому или иному элементу. Расшифровка спектров осуществляется либо на стилоскопе (визуально), либо на спектропроекторе или микроскопе после фотографирования спектров.

Количественный спектральный анализ, в целом, основывается на том, что интенсивность эмиссионного спектра элемента зависит от концентрации этого элемента в исследуемом веществе. Зависимость интенсивности спектральной линии от концентрации имеет сложный характер. В некотором интервале концентраций при постоянстве условий возбуждения эта зависимость выражается эмпирическим уравнением Б.Б. Ломакина:

$$I = a c b,$$

где I - интенсивность спектральной линии; a - постоянная, объединяющая свойства линии (искровая, дуговая линия, узкая, широкая), условия возбуждения (скорость испарения, скорость диффузии) и другие факторы; c - концентрация элемента в пробе; b - коэффициент самопоглощения¹.

Методы ЭСА используют спектры поглощения атомов и являются одними из наиболее распространенных методов элементарного анализа веществ, основанные на регистрации атомных спектров с помощью специального прибора – спектрометра.

Схема проведения ЭСА выглядит следующим образом. После пробоподготовки, исследуемую пробу вводят в источник излучения, где происходит ее испарение. Молекулы исследуемого вещества при этом

¹ Физико-химические методы анализа: Учебное пособие / А.А. Вихарев, С.А. Зуйкова, Н.А. Чемерис, и др. - Барнаул.: «АлтГТУ». 2011. С. 25.

диссоциируются и происходит возбуждение образовавшихся атомов. Атомы испускают излучение, которое поступает в регистрирующее устройство спектрального прибора.

При качественном атомном эмиссионном спектральном анализе спектры анализируемой пробы сравнивают с эталонными спектрами уже известных элементов, а затем устанавливают элементарный состав исследуемого вещества.

При количественном анализе определяют количество какого-либо элемента в представленном на исследование веществе. Точность и чувствительность эмиссионного спектрального анализа зависят, прежде всего, от физических характеристик – температуры, концентрации электронов, времени пребывания атомов в зоне возбуждения.

Эмиссионный спектральный анализ применяется в судебной экспертизе для определения вида неизвестного вещества, установления его химического состава, идентификации или различия нескольких сравниваемых объектов.

К объектам, исследуемым методом ЭСА, относят различные продукты выстрела, лакокрасочные материалы и покрытия, текстильные волокна и тому подобное. Метод эмиссионного спектрального анализа – это высокочувствительный метод, который позволяет исследовать микроколичества вещества за достаточно короткий промежуток времени (до нескольких десятков секунд)¹. Однако в отличие от методов оптического спектрального в методе эмиссионного спектрального анализа существует существенный недостаток – вещество, подвергающееся исследованию данным методом, уничтожается².

Несмотря на то, что ЭСА является разрушающим методом, основными преимуществами этого метода являются универсальность, высокая

¹ Шенцова О.А., Елисеев А.А., Королёв Б.В. Сравнительный спектральный анализ в криминалистической экспертизе на стилоскопе СЛ-13 с фотоэлектрической приставкой // Национальный исследовательский томский государственный университет. 2017. С. 1-4.

² <https://scienceforum.ru/2015/article/2015010860> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Студенческий научный форум - 2015» (дата обращения 30 апреля 2019 г.).

чувствительность и точность. Большая производительность и экономичность делают ЭСА незаменимым при массовых анализах однотипных проб, особенно с использованием современных приборов с фотоэлектрической регистрацией спектров. Ярким примером подобных современных аппаратов является дуговой эмиссионный спектрометр для анализа элементного состава веществ СПАС-01 (Рис. 4.3.), который применяется во многих российских криминалистических, медицинских и многих других лабораториях¹.



Рис. 4.3. Дуговой эмиссионный спектрометр для анализа элементного состава веществ СПАС-01

Этот прибор предназначен для экспрессного спектрального анализа элементного состава порошковых материалов – лекарственных препаратов, психотропных и наркотических веществ, лакокрасочных материалов и покрытий, металлов и сплавов и так далее (включая почвы, породы, геологические образцы и тому подобное).

Следует также отметить, что существует такая разновидность ЭСА, как атомно-эмиссионный спектральный анализ (АЭСА).

В настоящее время АЭСА – самый распространённый экспрессный высокочувствительный метод идентификации и количественного определения элементного состава в газообразных, жидких и твердых веществах, в том

¹ http://granat-e.ru/spas_01.html - официальный сайт Группы компаний «ГРАНАТ» (дата обращения 16 апреля 2019 г.

числе и в высокочистых.

Атомно-эмиссионный спектральный анализ является способом определения элементного состава вещества по оптическим линейчатым спектрам излучения атомов исследуемой пробы, возбуждаемым в источниках света. В качестве источников света для атомно-эмиссионного анализа используют пламя горелки, а также различные виды плазмы, включая плазму электрической искры или дуги, плазму лазерной искры, индуктивно-связанную плазму, тлеющий разряд и другие.

Метод атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС) в 1859 году был впервые предложен и использован учеными Г. Кирхгофом и Р. Бунзеном в качестве аналитического метода определения химического состава веществ. Также данная группа ученых разработала первые спектроскопы для исследования спектров излучения пламени. Г. Кирхгоф и Р. Бунзен доказали тождественность спектров излучения и поглощения одних и тех же химических элементов и обнаружили новые химические элементы, такие как цезий, рубидий, галлий, таллий и индий¹.

Метод АЭСА основан на изучении спектров излучения, получаемых при возбуждении исследуемых проб в источнике возбуждения. Для получения эмиссионного спектра частицам исследуемого вещества необходимо придать дополнительную энергию. Для этого исследуемую пробу при спектральном анализе вводят в источник света, где происходит ее нагревание и испарение. В свою очередь, попавшие в газовую фазу молекулы диссоциируют на атомы, которые при столкновениях с электронами переходят в возбужденное состояние. В возбужденном состоянии атомы находятся очень короткое время (7-10 сек). Атомы, возвращаясь в нормальное состояние, испускают избыточную энергию в виде квантов света. В качестве источников возбуждения спектров в атомно-эмиссионном спектральном анализе

¹ Метод дуговой атомной спектрометрии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров: Учебно-методическое пособие / В.И. Отмахов, Е.В. Петрова - Томск: ТГУ. 2014. С. 4.

используют электрические дуги постоянного и переменного тока, пламя, низко- и высоковольтную конденсированную искру, низковольтный импульсный разряд, микроволновой разряд и другие.

Для регистрации спектра используют визуальные, фотографические и фотоэлектрические устройства. В одних из простейших приборов - стилометрах и стилоскопах оценка интенсивности спектральных линий производится визуально через окуляр. В спектрографах в качестве приемника излучения используют фотопластинки. В квантометрах и фотоэлектрических спектрометрах приемником излучения служит фотоэлемент или многоканальный приемник¹. В своей деятельности, современные криминалисты используют, например, атомно-абсорбционный спектрометр с пламенной атомизацией СПЕКТР-5-4 (Рис. 4.4.)².



Рис. 4.4. Атомно-абсорбционный спектрометр с пламенной атомизацией СПЕКТР-5-4

Данный спектрометр внесён в Государственный реестр средств измерений РФ. Спектрометр Спектр-5-4 предназначен для проведения количественного элементного атомно-эмиссионного анализа при определении

¹ <https://nsportal.ru/vuz/khimicheskie-nauki/library/2015/08/15/atomno-emissionnyu-spektroskopiya-samyu-populyarnu> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Социальная сеть работников образования nsportal.ru» (дата обращения 3 мая 2019 г.).

² <http://granat-e.ru/spectr-5-4.html> - официальный сайт Группы компаний «ГРАНАТ» (дата обращения 16 апреля 2019 г.)

наличия и содержания различных примесей в продуктах металлургии, горнодобывающей и сельскохозяйственной промышленности, фармацевтической, пищевой, химической промышленности, криминалистики и других сферах жизнедеятельности общества.

Выделяются также перспективы эмиссионного и атомно-эмиссионного спектрального анализа. Например, одной из главных перспектив является применения концентрированных потоков энергии в спектральном анализе, то есть использование сильноточных электронных пучков. Мгновенное испарение вещества, а также одновременное его поступление в аналитический плазменный факел всех элементов, входящих в состав вещества (независимо от их летучести) приводит к улучшению спектроаналитических характеристик плазменного факела.

Таким образом, эмиссионный спектральный анализ представляет собой метод, при помощи которого определяют качественный и количественный химический состав вещества по спектрам излучения атомов и молекул. ЭСА и АЭСА применяются в судебной экспертизе для определения вида неизвестного вещества, установления его химического состава, тождества или различия нескольких сравниваемых объектов. Это высокочувствительные методы, позволяющие исследовать микроколичества вещества за короткий промежуток времени¹.

В заключении следует отметить, что спектральные методы нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Яркими примерами здесь служат криминалистика, токсикология, медицина, экология и другие области науки и техники. Спектральные методы анализа используются для определения структуры вещества по наличию функциональных групп и заместителей, для качественного и количественного анализа веществ. Определение состава смеси и концентраций каждого из её

¹ Шенцова О.А., Елисеев А.А., Королёв Б.В. Сравнительный спектральный анализ в криминалистической экспертизе на стилоскопе СЛ-13 с фотоэлектрической приставкой // Национальный исследовательский томский государственный университет. 2017. С.2-5.

компонентов проводится благодаря различиям во взаимодействии электромагнитного излучения с различными веществами органической и неорганической природы. Также следует отметить, что в настоящее время одной из главных перспектив развития большинства спектральных методов (включая спектрометрию в видимой, УФ- и ИК- области спектра, а также ЭСА и АЭСА) является создание такого сочетания высокой чувствительности и избирательностью, которое позволило бы определять минимальные концентрации какого-либо элемента в присутствии большого количества других веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного дипломного исследования были получены следующие выводы:

1. Рассмотрены понятие и классификация судебно-экспертных методов.

Так, под методом понимают какой-либо способ деятельности, подход к изучаемому событию, образ действия для достижения какой-либо цели, решения задачи. В свою очередь судебно-экспертный метод – это способ достижения какой-либо цели, решения задачи, поставленной перед экспертом-криминалистом, путём проведения экспертного исследования.

В настоящее время наиболее распространена система методов криминалистики, предложенная Р. С. Белкиным, которая выглядит следующим образом:

1. Всеобщий диалектический метод познания:

- а) категории и законы диалектической (философской) логики;
- б) формально-логические методы познания.

2. Общенаучные методы криминалистики:

- а) чувственно-рациональные методы;
- б) математические методы;
- в) кибернетические методы;

3. Специальные методы криминалистики:

- а) собственно криминалистические методы;
- б) специальные методы других наук.

Данная классификация была предложена ученым еще в 1961 году и остается актуальной по сегодняшний день.

2. Выявлены перспективные направления использования современных методов исследования при решении криминалистических задач.

Технический прогресс заметно стимулирует развитие

криминалистической техники, позволяя ей создавать и приспособлять для нужд борьбы с преступностью самые современные методы и средства. В связи с этим, следует отметить основные перспективы использования методов таких отраслей знаний, как взрывотехника, фоноскопия, одорология, кибернетика, геноскопия, а также молекулярная химия и биология.

Так, главным перспективным направлением развития взрывотехники является разработка универсальных чувствительных методов обнаружения, изъятия, фиксации и исследования взрывчатых устройств и взрывчатых веществ на основе совокупности способов исследования физических параметров взрыва и составов взрывчатых веществ, а также продуктов взрыва.

Фоноскопия – один из активно развивающихся разделов криминалистической техники. Большинство из применяемых методов являются относительно новыми, так как появились по мере развития компьютерной техники. В настоящее время для производства фоноскопической экспертизы разработаны программы различной степени сложности, начиная от стандартного программного обеспечения и заканчивая специально разработанными идентификационными комплексами (например, система «OTExpert 5.0» или «SIS II»). Дальнейшее совершенствование методов фоноскопии, при помощи использования новых технологических способов исследования позволит расширить области видов анализа и обеспечить достоверность получаемых результатов. Например, разработка программ на основе нейросети (искусственный интеллект), позволяющих распознавать пол, примерный возраст, интонацию человека по записи голосовой речи без участия специалиста.

В области одорологии также существуют перспективные направления развития методов. На данный момент экспертами разработаны методы обнаружения, изъятия и консервации запаховых следов, а также различные приборы анализирующие компонентный состав запаховых следов (например, газовые и газожидкостные хроматографы), однако в большинстве случаев

идентификацию по запаховым следам проводят собаки-детекторы поскольку учеными не расшифровано, какие вещества и каким образом определяют индивидуальность человека при его идентификации. Сегодня экспертиза запаховых следов человека, в основе которой лежит биосенсорный ольфакторный метод исследования, имеет большое значение в уголовном судопроизводстве, не исключая при этом перспектив на разработку такого оборудования, которое позволило бы идентифицировать человека без участия собаки-детектора.

Перспективным направлением можно назвать использование кибернетических методов для собирания, переработки и исследования источников криминалистической информации. Возможности кибернетики были впервые применены в дактилоскопии и почерковедении.

Значительное распространение кибернетические методы получили в производстве судебно-автотехнических экспертиз. Здесь разработано несколько алгоритмов, например, для определения скорости движения транспортного средства, технической возможности предотвращения наезда на неожиданно возникшее препятствие, для установления момента и условий опрокидывания транспорта и тому подобное. Следует также сказать, что криминалисты в дальнейшем смогут использовать различную технику и методы в связи с распространением сети Интернет повсеместно (например, благодаря взаимосвязанным электронным блокам управления, расположенным по всему автомобилю, собираются и хранятся данные о том, где и когда открыта дверца автомобиля, а также данные о процессах торможения и ускорения). Такая информация, несомненно, может предоставить ценные криминалистические свидетельства против лиц, совершивших преступления. Именно в этом направлении видится перспектива широкого внедрения кибернетических средств в автотехническую экспертизу.

В настоящее время у экспертов также имеется целый ряд комплексов специальных методов компьютерно-технических экспертиз. В ходе

экспертного исследования криминалистически значимой информации широко используются методы поиска и доступа к данным (например, метод контекстного поиска, метод конвертирования данных); методы манипуляции с данными (копирование, перемещение, редактирование); методы восстановления данных (в том числе удаленной информации); методы архивации, парольной защиты и прочее.

Стоит отметить, что большинство кибернетических методов являются принципиально новыми, так как кибернетические методы - это одна из новых групп методов, которая начала активно внедряться в криминалистику только в начале 21-го века.

К перспективным направлениям разработки и использования криминалистических методов также относятся методы исследования ДНК, методы исследования биомаркеров пыльцы, микробиологическая идентификация.

ДНК-идентификацию применяют в криминалистике при проведении судебно-медицинских экспертиз. Тем не менее методы ДНК-идентификации все ещё являются достаточно дорогостоящими, поэтому говорить о серьезном эффекте для нашей страны пока преждевременно. Однако применение ДНК-исследования является одной из ведущих перспектив в развитии криминалистики.

Исследование биомаркеров пыльцы – также несёт в себе определённые перспективы для развития криминалистической методологии. Палинология (изучение пыльцы) стала одной из новейших дисциплин, добавленных в область судебно-экспертной науки. Она может быть полезна при поиске пропавших без вести и в составлении истории путешествий преступника. Вполне вероятно, что биомаркеры пыльцы будут широко использоваться в криминалистике будущего.

Также отмечается перспектива использования микробиом с человеческой кожи при идентификации человека. Данная перспектива

существует за счет того, что микробиомы превосходят в числе наши клетки двадцатикратно, не бывает двух человек с одинаковыми микробиомами, и эти сообщества микроорганизмов остаются стабильными в течение длительного времени, что позволяет использовать методы исследования микробиом для идентификации человека.

3. Изучены возможности использования в экспертной практике микроскопических методов: оптической, электронной и сканирующей зондовой микроскопии.

Методы оптической, электронной и сканирующей зондовой микроскопии позволяют исследовать множество объектов криминалистических экспертиз, таких как текстильные волокна, продукты выстрела и взрыва, лекарственные препараты, наркотические и психотропные средства, биологические жидкости, а также микрочастицы и микрообъекты (частицы стекла и пластмасс, минеральных компонентов почвы) и прочие объекты.

Так, методы микроскопии активно применяют для решения таких экспертных задач, как установление обстоятельств применения огнестрельного оружия (растровая и сканирующая-зондовая микроскопия), установление последовательности нанесения штрихов в документах (оптическая и электронная микроскопия), установления единого источника происхождения наркотических веществ (оптическая и просвечивающая электронная микроскопия), установление вида текстильных волокон (просвечивающая электронная микроскопия) изучение дефектов микрорельефа (растровая микроскопия) и множества других экспертных задач.

4. Изучены возможности использования в экспертной практике хроматографических методов: тонкослойной, газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Хроматографические методы анализа предоставляют множество

возможностей при исследовании различных криминалистических объектов, таких как: лекарственные препараты, наркотические и психотропные вещества, нефтепродукты, пищевая продукция, биологические жидкости, материалы письма, а также многих других объектов для решения следующих экспертных задач: установление единого источника происхождения и идентификация наркотических веществ (тонкослойная и высокоэффективная жидкостная хроматография), контроль качества пищевых продуктов (газовая и высокоэффективная жидкостная хроматография), установление наличия вредных примесей в атмосфере (газовая хроматография) и других задач.

5. Изучены возможности использования в экспертной практике спектральных методов: спектрального анализа в видимой, УФ- и ИК-области спектра, метода эмиссионного спектрального анализа.

Спектральные методы анализа используются для определения структуры вещества, качественного и количественного анализа веществ. Определение состава смеси и концентраций каждого из её компонентов проводится благодаря различиям во взаимодействии электромагнитного излучения с различными веществами органической и неорганической природы. Спектральные методы в криминалистике применяются для исследования горюче-смазочных материалов и нефтепродуктов, пищевых продуктов, изделий из текстиля, кожи и меха, лакокрасочных и полимерных материалов, и других объектов и применяются при решении экспертных задач по установлению давности изготовления документов (спектральные методы в УФ- и ИК-области), установлению последовательности и дистанции выстрелов (эмиссионный спектральный анализ), установление наличия в топливе примесей (спектральные методы в видимой, УФ- и ИК-области) и других задач.

В ходе прохождения мною практики на базе экспертно-криминалистического отдела УВД города Белгорода УМВД России по Белгородской области была изучена экспертная практика использования таких

методов исследования, как тонкослойная, газо-жидкостная и высокоэффективная жидкостная хроматография, спектрофотометрия в ультрафиолетовой и инфракрасной области спектра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные правовые акты:

1. Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) // СПС «Консультант плюс» (по состоянию на 28.05.2019).
2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 23.04.2019) // СПС «Консультант плюс» (по состоянию на 28.05.2019).
3. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 N 174-ФЗ (ред. от 01.04.2019, с изм. от 17.04.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.04.2019) // СПС «Консультант плюс» (по состоянию на 28.05.2019).
4. Федеральный закон «О полиции» от 07.02.2011 N 3-ФЗ // СПС «Консультант плюс» (по состоянию на 28.05.2019).
5. Федеральный закон «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» от 31.05.2001 N 73-ФЗ // СПС «Консультант плюс» (по состоянию на 28.05.2019).

Научная и учебная литература:

1. Аверьянова Т.В. Содержание и характеристика методов судебно-экспертных исследований. - Алма-Ата. 1991. 112 с.
2. Аналитическая химия Ч.1 / И.П. Калинин, В.И. Мосичев - СПб.: АНО НПО «Мир и Семья». 2002. 964 с.

3. Баранникова И.Н. Метод ИК-фурье спектроскопии в судебной экспертизе и перспективы его использования // Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации. 2017. Т.12. №1. С.85-91.
4. Березкин В.Г., Карцова Л.А., Хмельницкий И.К. и др. Двумерная электроосмотическая ТСХ при определении синтетических красителей и витаминов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т. 9. Вып.1. С.43-50.
5. Бурцева Е.В. Криминалистика: учебное пособие - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2012. 96 с.
6. Внуков. В.И., Пономаренко. Д.В. Проблемные вопросы взрывотехнической экспертизы // Вестник волгоградской академии МВД России. 2010. №2 (13). С. 48-51.
7. Волчецкая Т.С. Современные тенденции развития криминалистики в России и США // Folia Iuridica Universitatis Wratislaviensis. 2015. Вып. 4(1). С. 147-154.
8. Газовая хроматография. Краткая характеристика метода и его применение в фармацевтическом анализе: учебное пособие / В.В. Тыжигирова - Иркутск: ИГМУ. 2016. 32 с.
9. Газовая хроматография: Учебное пособие / А.А. Голованов, О.Б. Григорьева, В.В. Бекин - Тольятти: Тольяттинский государственный университет (ТГУ). 2014. 112 с.
10. Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В. и др. Физико-химические методы анализа. Ч.III. Хроматографические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения - СПб: СПб. ГТУРП. 2014. 53 с.
11. Ерохин П.С., Уткин Д.В., Бугоркова Т.В. и др. Современные возможности изучения ультраструктуры клеток микроорганизмов методом

- сканирующей зондовой микроскопии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. 2012. С. 33-37.
12. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований: Курс лекций / Т. Ф. Моисеева - М.: РГУП. 2015. 96 с.
 13. Запороцкова И.В., Кислова Т.В., Горемыкина Ю.Ю. и др. Применение сканирующей зондовой микроскопии для создания защитных наномаркировок // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. 2008. Вып. 3. С. 81-87.
 14. Инфракрасная спектроскопия карбонатных минералов: учебное пособие / М.В. Коровкин - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. 96 с.
 15. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. Том 1 - М.: Мир. 1981. 616 с.
 16. Коновалов Г.Г., Прокофьева Е.В. Основные вехи формирования и развития микроскопии и ее значение в криминалистике // Вестник воронежского государственного университета. Серия: право. 2017. №3. С. 280 - 287.
 17. Котловой Н.А. Спектральные методы в криминалистике // Фотоника. 2016. № 5. С. 1-14.
 18. Криминалистика: Учебник для бакалавров / Л.Я. Драпкин. - М.: ИД Юрайт. 2012. 831 с.
 19. Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкин. - М.: Норма. 2001. 990 с.
 20. Криминалистика: Учебник / Д.Н. Балашов, Н.М. Балашов, С.В. Маликов - М.: ИНФФРА-М. 2005. 503 с.
 21. Криминалистика: Учебник / М.В. Савельева, А.Б. Смушкин. - М.: Издательский дом "Дашков и К". 2009. 608 с.
 22. Криминалистика: Учебник / Н.П. Яблоков. - М.: Юристъ. 2005. 781 с.
 23. Майлис Н.П. Введение в судебную экспертизу: учебное пособие. - М.: Юнити-Дана. 2015. 159 с.

24. Матвеева Л.Ю., Прокофьева Л.П. Звуковое отражение эмоций (Инструментальные методы в фоноскопической экспертизе) // Известия Саратовского университета. Т.16. Вып.2. 2016. С. 152-155.
25. Матюшенков А.Н. Взрывотехническая экспертиза как источник использования специальных знаний по делам о взрывах // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. №25 (380). Право. Вып. 45. С. 126-130.
26. Метод дуговой атомной спектрометрии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров: Учебно-методическое пособие / В.И. Отмахов, Е.В. Петрова - Томск: ТГУ. 2014. 76 с.
27. Методы анализа и контроля веществ: учебное пособие / А.П. Родзевич, Е.Г. Газенаур - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. 312 с.
28. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии: учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин - Казань: Изд-во КНИТУ. 2014. 184 с.
29. Министерство здравоохранения российской федерации. Общая фармакопейная статья // Хроматография ОФС.1.2.1.2.0001.15. Вып.1. 2015. С. 1-28.
30. Митричев В.С., Хрусталева В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. Учебное пособие. - СПб: Питер. 2003. 951 с.
31. Моисеева Т.Ф. Возможности и перспективы использования ольфакторного метода в криминалистике и судебной экспертизе // Теория и практика судебной экспертизы. 2015. №1 (37). С. 138-142.
32. Моисеева Т.Ф. Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований. - М.: Российский государственный университет правосудия. 2015. 196 с.

33. Негматова С.Г. Основы криминалистической техники: Краткий курс лекций. - Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. технич. ун-та. 2007. 96 с.
34. Винберг А.И., Шляхов А.Р. Общая характеристика методов экспертного исследования // Научные труды ВНИИСЭ. 1997. №28. С. 53-62.
35. Обьедкова Е.В. Разработка схемы определения стероидных гормонов и нестероидных противовоспалительных препаратов в биологических жидкостях методом ВЭТСХ: диссертация / Под ред. Л.А. Карцова - СПб: 2014. 180 с.
36. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / В. Шмидт - М.: Техносфера. 2007. 374 с.
37. Основы аналитической химии. Методы химического анализа: Учебник для вузов / Ю.А. Золотов - М.: Высш. шк. 2004. 503 с.
38. Основы аналитической химии: учебник для студентов химического направления и химических спец. Вузов / под ред. Ю.А. Золотова, Н.В. Алова, Ю.А. Барбалат и др. - М.: Высшая школа. 2000. 495 с.
39. Правовая информатика: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / В.Д. Элькин - М.: Юрайт. 2016. 287 с.
40. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография: пер. с англ. - 5-е изд. / В.Р. Майер - М.: Техносфера. 2017. 394 с.
41. Прокуда Н.А., Суховерхов С.В., Маркин А.Н. и др. Определение состава парафинов методом высокотемпературной газо-жидкостной хроматографии // Институт химии ДВО РАН. 2017. С. 1.
42. Роева Н.Н., Гребёнкин Н.Н., Зайцев Д.А. и др. Спектральный анализ в атмосферном мониторинге молекулярных микрокомпонентов: аналитические возможности и перспективы // Экологические системы и приборы. 2015. №1. С. 4-9.
43. Спектральные методы анализа: Учебное пособие / А.А. Ищенко: - М.: Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова. 2013. 167 с.

44. Спектроскопия / Ю. Бёккер; Пер.с нем. Л. Н. Казанцева под ред. А.А. Пупышева, М.В. Поляковой - М.: Техносфера. 2009. 528 с.
45. Судебная экспертиза. Курс общей теории / Т. В. Аверьянова. - М.: Норма. 2015. 480 с.
46. Томилин М.Г. Новый поляризационно-оптический микроскоп на основе жидкокристаллического пространственно-временного модулятора света и его применения - СПб: СПбГУ ИТМО. 2009. 115 с.
47. Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение: Учебное пособие / Е.Г. Сумина, С.Н. Штыков, В.З. Угланова и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского». 2012. 128 с.
48. Физико-химические методы анализа: Учебное пособие / А.А. Вихарев, С.А. Зуйкова, Н.А. Чемерис, и др. - Барнаул.: «АлтГТУ». 2011. 176 с.
49. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе: Учебное пособие / Н.Г. Ярышев, Д.А. Панкратов, М.И. Токарев и др. - М.: Прометей. 2012. 159 с.
50. Хроматографические методы анализа: практикум / В.Г. Амелин - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. 2008. 72 с.
51. Хроматографические методы анализа: учебно-методическое пособие / Т.М. Гиндуллина, Н.М. Дубова - Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. 80 с.
52. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Бёккер Ю; Пер.с нем. - М.: Техносфера. 2009. 472 с.
53. Цветом М.С., Яшин Я.И., Яшин А.Я. Основные тенденции развития хроматографии после 110-летия со дня ее открытия // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. №2. С. 203-213.
54. Шенцова О.А., Елисеев А.А., Королёв Б.В. Сравнительный спектральный анализ в криминалистической экспертизе на стилоскопе СЛ-13 с

- фотоэлектрической приставкой // Национальный исследовательский томский государственный университет. 2017. С. 1-56.
55. Электронная спектроскопия органических соединений: Учебное пособие / С.Ю. Вязьмин, Д.С. Рябухин, А.В. Васильев - СПб.: СПбГЛТА. 2011. С. 5.
56. Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И. ВЭЖХ и ультра-ВЭЖХ: Состояние и перспективы // Аналитика. 2015. № 21. С. 70-84.

Интернет-ресурсы:

1. <http://ank-service.ru/method/spektrofotometriya-v-uf-vidimoj-i-blizhnej-ik-oblasti-spektra-uv-vis-nir/410/> - общедоступный ресурс в сети Интернет Контрольно-аналитический центр «Аналитика и неразрушающий контроль-сервис» (дата обращения 1 апреля 2019 г.).
2. <http://biomed.ru/info/item/153/> - официальный сайт ООО «БИОМЕД СЕРВИС» (дата обращения 23 марта 2019 г.).
3. <http://fizportal.ru/electronic-microscope> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Физпортал» (дата обращения 23 марта 2019 г.)
4. http://granat-e.ru/spas_01.html - официальный сайт Группы компаний «ГРАНАТ» (дата обращения 16 апреля 2019 г.)
5. <http://granat-e.ru/spectr-5-4.html> - официальный сайт Группы компаний «ГРАНАТ» (дата обращения 16 апреля 2019 г.)
6. <http://kriminalisty.ru/stati/metody.html> – общедоступный ресурс в сети Интернет «Сообщество криминалистов и экспертов» (дата обращения 25 февраля 2019 г.).
7. <http://medtexst.ru/medicalencyclopaedia/63-microscopy/464-klassifikacija-mikroskopov.html> - официальный сайт ООО «МЕДТЕХНИКА-СТОЛИЦА» (дата обращения 23 марта 2019 г.).

8. <http://researchpark.spbu.ru/equipment-analyt-rus/210-masv-uv3600-rus> - официальный сайт Санкт-Петербургского государственного университета «Научный парк СПбГУ» (дата обращения 5 апреля 2019 г.).
9. <http://vechnayamolodost.ru/articles/biotekhnologii-v-zhizn/dnkvkriminali70/> - общедоступный ресурс в сети Интернет, Портал «Вечная молодость» (дата обращения 12 марта 2019 г.).
10. <http://www.chrom-lab.ru/equip/> - официальный сайт ООО «ХромЛаб» (дата обращения 27 марта 2019 г.).
11. <http://www.sudexpert.ru/possib/comp.php> - Официальный сайт РФЦСЭ при Министерстве юстиции Российской Федерации (дата обращения 9 марта 2019 г.).
12. <https://ceur.ru/library/articles/narkotiki/item196355/> - официальный сайт негосударственного образовательного частного учреждение дополнительного профессионального образования «Институт судебных экспертиз и криминалистики» (дата обращения 25 апреля 2019 г.).
13. <https://hi-news.ru/research-development/10-udivitelnyx-metodov-kriminalistiki-budushhego.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Hi-News.ru» (дата обращения 16 марта 2019 г.).
14. <https://lenta.ru/news/2007/08/13/nanoscope/> - официальный сайт СМИ «Лента.ру» (дата обращения 22 марта 2019 г.).
15. <https://micromed.pro/articles/nobelevskuyu-premiyu-za-razvitie-krioelektronnoi-mikroskopii.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Микромед.про» (дата обращения 18 марта 2019 г.).
16. <https://micromed.pro/articles/svetovaya-i-elektronnaya-mikroskopiya.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Микромед.про» (дата обращения 18 марта 2019 г.).
17. <https://nsportal.ru/vuz/khimicheskie-nauki/library/2015/08/15/atomno-emissionnyu-spektroskopiya-samuu-populyarnuu> - общедоступный ресурс в

- сети Интернет «Социальная сеть работников образования nsportal.ru» (дата обращения 3 мая 2019 г.).
18. <https://scienceforum.ru/2015/article/2015010860> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Студенческий научный форум - 2015» (дата обращения 30 апреля 2019 г.).
 19. <https://sertal.ru/catalog/mikroskopy/tsifrovoy-opticheskiy-mikroskop-vhx5000-keyence/> - официальный сайт ООО «Сертал» (дата обращения 23 марта 2019 г.)
 20. <https://studopedia.org/13-30883.html> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Студопедия» (дата обращения 6 марта 2019 г.).
 21. <https://www.bruker.com/ru/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-routine-spectrometers/alpha/technical-details.html> - официальный сайт «Bruker Corporation» (дата обращения 12 апреля 2019 г.).
 22. <https://www.intertechcorp.ru/aboutproduct.asp?gr=15&subgr=33&prid=231&areaid=7> - «официальный сайт INTERTECH Corporation» (дата обращения 11 апреля 2019 г.).
 23. https://www.ntv.ru/peredacha/chudo_tehniki/m24780/o465857/video/ - официальный интернет-сайт АО «Телекомпания НТВ» (дата обращения 8 марта 2019 г.).
 24. <https://www.shimadzu.ru/skaniruyushhiy-zondovuj-mikroskop-spm-9700ht> - общедоступный ресурс в сети Интернет «Shimadzu Europa GmbH» (дата обращения 25 марта 2019 г.).
 25. https://zinref.ru/000_uchebniki/00600criminalistika/000_osnovi_criminalisticheskogo_issledovania_mitrichev_hrustalev/071.htm - общедоступный ресурс в сети Интернет «Зинреф - библиотека онлайн» (дата обращения 23 марта 2019 г.).

УМВД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УПРАВЛЕНИЕ МВД РОССИИ ПО Г. БЕЛГОРОДУ
ЭКСПЕРТНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

г. Белгород, ул. Губкина 11 "б"

тел. 00-00-00

Мне, Поповой Юлии Александровне в соответствии со ст. 14 Федерального закона от 31 мая 2001 г. №73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» разъяснены права и обязанности эксперта, предусмотренные ст. 16, 17 указанного выше Закона.

При поручении производства экспертизы об ответственности за дачу заведомо ложного заключения по ст. 307 УК РФ предупреждены.

16 мая 2019 года

З А К Л Ю Ч Е Н И Е Э К С П Е Р Т А

№ 1

16 мая 2019 года

Помощник эксперта отдела № 1 ЭКО УМВД России по г. Белгороду Попова Юлия Александровна, имеющая неоконченное высшее образование, стаж работы по экспертной специальности до 1 года, на основании постановления о назначении экспертизы от 15 мая 2019 года, вынесенного старшим следователем следственной части СУ УМВД России по Белгородской области старшим лейтенантом юстиции Ширяевым С.Н., по материалам уголовного дела № 00000000, произвела криминалистическую экспертизу материалов, веществ и изделий.

Время начала производства экспертизы – 08:00 16.05.2019 года.

Время окончания производства экспертизы – 19:00 16.05.2019 года.

Место проведения экспертизы – Экспертно-криминалистический отдел УМВД России по городу Белгороду.

Эксперт:

Попова Ю.А.

Обстоятельства дела известны в объеме, изложенном в постановлении о назначении судебной экспертизы.

НА ЭКСПЕРТИЗУ ПРЕДСТАВЛЕНО:

1. Четыре химических пробирки с жидкостью.

ПЕРЕД ЭКСПЕРТОМ ПОСТАВЛЕН ВОПРОС:

1. Имеют ли представленные на исследование объекты общую родовую принадлежность?

ИССЛЕДОВАНИЕ:

Представленные объекты поступили на исследование в закупоренных химических пробирках, без маркировочных обозначений (Фото № 1-2). Пробирки прозрачные, изготовлены из стекла, объемом 10 мл. В каждой пробирке имеется жидкость.

Для удобства исследования пробирки были условно пронумерованы как: №1, №2, №3 и №4 (см. Фото №1-2).

При визуальном осмотре объекта №1 под различными углами к источнику света установлено, что он представляет собой жидкость темно-желтого цвета с резким запахом.

При визуальном осмотре объекта №2 под различными углами к источнику света под различными углами к источнику света установлено, что он представляет собой жидкость желтого цвета со слабым запахом.

При визуальном осмотре объекта №3 под различными углами к источнику света установлено, что он представляет собой жидкость бледно-желтого цвета с резким запахом.

При визуальном осмотре объекта №4 под различными углами к источнику света установлено, что он представляет собой жидкость желтого цвета с резким запахом.

Эксперт:

Попова Ю.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Далее с помощью метода пятна, представленные на исследование объекты, были проверены по следующим показателям: вязкость, испаряемость, наличие механических включений. Для определения данных параметров – каплю каждого вещества поместили на фильтровальную бумагу.

Вязкость определяли по диаметру пятна, образованного веществом. Диаметр пятна, образованного веществом №1 равен 2,1 см. Диаметр пятна, образованного веществом №2 равен 0,7 см. Диаметр пятна, образованного веществом №3 равен 1,2 см. Диаметр пятна, образованного веществом №4 равен 1,8 см.

Испаряемость определяли по времени испарения. Время испарения одной капли вещества №1 составляет – 8 минут 17 секунд. Время испарения капли вещества №2 – 12 минут 2 секунды. Время испарения капли вещества №3 – 1 минута 4 секунды. Вещества №4 – 7 минут 28 секунд.

Присутствие механических включений оценивали исходя из анализа инородных частиц, оставшихся на фильтровальной бумаге после испарения пятна. При исследовании фильтровальной бумаги после испарения пятна установлено, что исследуемые вещества №1, №2, №3 и №4 не содержат механических включений.

Для определения растворимости, а также оптимального подбора элюэнта, были использованы такие растворители, как этанол, бутанол, петролейный эфир. Пробой на растворимость было определено следующее соотношение растворителей: гексан - петролейный эфир - уксусная кислота, в соотношении 14:6:5 мл.

Далее был проведен анализ представленных объектов с помощью рефрактометра, для изучения показателя преломления каждого из веществ. Каждый из объектов был помещен на измерительную плоскость рефрактометра, после чего было произведено определение показателя

Эксперт:

Попова Ю.А.

преломления. Показатель преломления вещества №1 – 1,478, вещества №2 – 1,489, вещества №3 – 1,439, вещества №4 – 1,492.

При этом, показатель преломления исследуемых образцов №1, №2 и №4 соответствуют диапазону показателей преломления дизельных топлив (примерно 1,450-1,500), а показатель преломления образца №3 соответствует диапазону показателей преломления керосинов (примерно 1,400-1,450).

Далее для определения компонентного состава представленных на исследование веществ был использован метод тонкослойной хроматографии. Для данного исследования на хроматографической пластине, на расстоянии 1 см от нижнего края была нанесена графитным карандашом линия старта. На линию старта нанесли по одной капле исследуемого вещества при помощи шприца (Фото №3). Пластика была помещена в хроматографическую камеру, насыщенную раствором гексан - петролейный эфир - уксусная кислота, в соотношении 14:6:5 мл.

После процесса хроматографирования (60 минут) на пластине была отмечена линия финиша, а сама пластина была высушена. Затем было определено наличие и положение пятен отдельных компонентов на хроматограмме путем обработки пластины парами йода в специальной камере (10 мин). После извлечения пластины из камеры объекты №1, №2, №3, №4 отобразились в виде желтых пятен (Фото №4).

Для пятен №1, №2, №3 и №4 соответствующих исследуемым образцам, была рассчитана величина $R_f = l/L$, где l – расстояние, пройденное анализируемым веществом, L – расстояние, пройденное элюэтом.

1) R_{f1} для образца №1 равен 0,063, R_{f2} для образца №1 равен 0,455, R_{f3} для образца №1 равен 0,607, что соответствует группе нефтепродуктов, относящихся к дизельным топливам.

Эксперт:

Попова Ю.А.

2) Rf_1 для образца №2 равен 0,037, Rf_2 для образца №2 равен 0,291, Rf_3 для образца №2 равен 0,658, что соответствует группе нефтепродуктов, относящихся к дизельным топливам.

3) Rf_1 для образца №3 равен 0,126, что соответствует группе нефтепродуктов, относящихся к керосинам.

4) Rf_1 для образца №4 равен 0,05, Rf_2 для образца №4 равен 0,417, что соответствует классу ароматических циклических углеводородных соединений. группе нефтепродуктов, относящихся к дизельным топливам.

Для определения наличия люминесценции, исследуемые объекты были помещены в УФ-лампу, в результате чего установлено, что объект №1 имеет голубую люминесценцию, объект №2 – голубую люминесценцию, объект №3 – молочно-голубую люминесценцию, объект №4 – слабую голубую люминесценцию (Фото №5).

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что объект №1 представляет собой жидкость темно-желтого цвета с резким запахом. Вязкость жидкости №1 равна 2,1 см. Испаряемость одной капли вещества №1 составляет – 8 минут 17 секунд. Вещество №1 не содержит механических включений. Показатель преломления жидкости №1 – 1,478. Вещество №1 имеет голубую люминесценцию. Все указанные данные позволяют сделать вывод, что вещество №1 является нефтепродуктом и относится к группе дизельных топлив.

Объект №2 представляет собой жидкость желтого цвета со слабым не резким запахом. Вязкость жидкости №2 равна 0,7 см. Время испарения капли вещества №2 – 12 минут 2 секунды. Вещество №2 не содержит механических включений. Показатель преломления жидкости №2 – 1,489. Вещество №2 имеет голубую люминесценцию. Все указанные данные позволяют сделать вывод, что вещество №2 является нефтепродуктом и относится к группе дизельных топлив.

Эксперт:

Попова Ю.А.

Объект №3 представляет собой жидкость бледно-желтого цвета с резким запахом. Вязкость жидкости №3 равна 1,2 см. Время испарения капли вещества №3 – 1 минута 4 секунды. Вещество №3 не содержит механических включений. Показатель преломления жидкости №3 – 1,439. Вещество №3 имеет молочно-голубую люминесценцию. Все указанные данные позволяют сделать вывод, что вещество №3 является нефтепродуктом и относится к группе керосинов.

Объект №4 представляет собой жидкость желтого цвета с резким запахом. Вязкость жидкости №4 равна 1,8 см. Время испарения вещества №4 – 7 минут 28 секунд. Вещество №4 не содержит механических включений. Показатель преломления жидкости №4 – 1,492. Вещество №4 имеет слабую голубую люминесценцию. Все указанные данные позволяют сделать вывод, что вещество №4 является нефтепродуктом и относится к группе дизельных топлив.

Все проведенные исследования свидетельствуют, о том, что объекты №1, №2 и №4 имеют общую родовую принадлежность и относятся к дизельным топливам. Вещество №2 является керосином и не имеет общей родовой принадлежности с веществами №1, №2 и №4.

При проведении исследования были использованы следующие технические средства: линейка измерительная металлическая, химическая посуда, химические реактивы, хроматографическая камера, микроскоп МБС-10.

ВЫВОД:

1. Представленные на исследование вещества №1, №2 и №4 имеют общую родовую принадлежность и относятся к дизельным топливам. Представленное на исследования вещество №2 является керосином и не имеет общей родовой принадлежности с веществами №1, №2 и №4.

Эксперт:

Попова Ю.А.

ФОТОТАБЛИЦА

к заключению эксперта №1 от 16.05.2019 г.



Фото №1. Представленные на исследование жидкость №1 и №2.

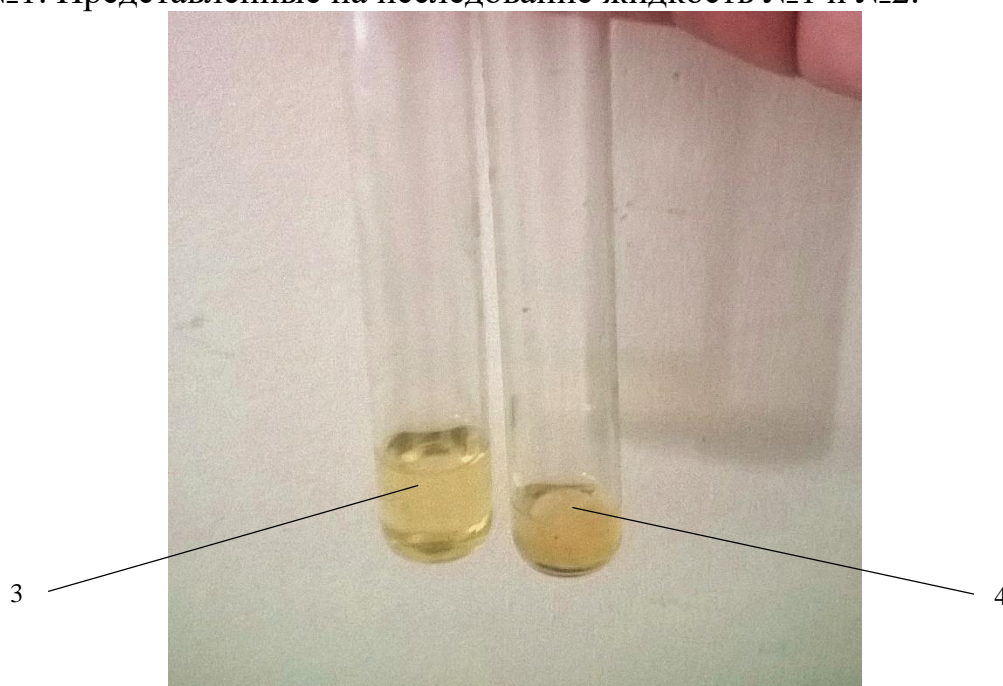


Фото №2. Представленные на исследование жидкость №3 и №4.

Эксперт:

Попова Ю.А.



Фото №3. Хроматографическая пластина с нанесенными на нее пробами исследуемых веществ.



Фото №4. Хроматографическая пластина после хроматографирования и обработки парами йода.

Эксперт:

Попова Ю.А.

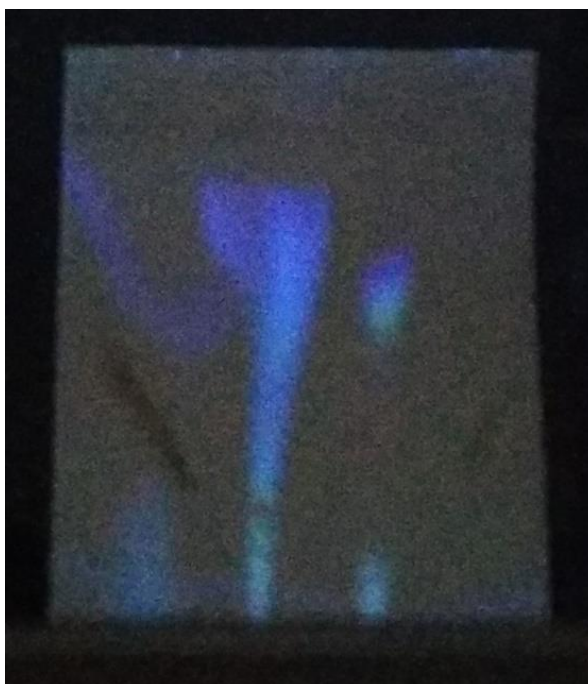


Фото №5. Хроматографическая пластина в свете ультрафиолетовой лампы.

Эксперт:

Попова Ю.А.