

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

**«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»**

Институт естественных и точных наук

Факультет «Химический»

Кафедра «Теоретическая и прикладная химия»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, должность.

степень, звание

_____ И.О. Фамилия

«___» _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

д.х.н., профессор

_____ О. К. Шарутина

«___» _____ 2020 г.

**Определение ртути в следах продуктов выстрела на объектах
криминалистического исследования**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ – 04.03.01. 2020.306-03-004. ВКР

Руководитель, д.х.н., профессор

_____ О.К. Шарутина

«___» _____ 2020 г.

**Руководитель, нач. отдела
экспертиз, материалов и веществ
экспертно-криминалистического
центра ГУ ВД по Челябинской
обл.**

_____ А.А. Анучин

«___» _____ 2020 г.

Автор студент группы ЕТ-431

_____ Е.В. Булгакова

«___» _____ 2020 г.

Нормоконтролер, доцент

_____ О.Н. Груба

«___» _____ 2020 г.

Челябинск 2020

РЕФЕРАТ

Булгакова Е.В. Определение ртути в следах продуктов выстрела на объектах криминалистического исследования. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-431, 2020. – 48 с., 32 ил, 1 табл., библиогр. список – 23 наим.

Атомно-эмиссионный спектральный анализ, продукты выстрела, оржавляющий капсюльный состав, ртуть, криминалистические исследования.

Объектом исследования являются следы продуктов выстрела на объектах криминалистического исследования.

Цель работы – выявить особенности исследования и определения ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на объектах криминалистического исследования.

Для достижения цели исследования решены следующие задачи:

- 1) рассмотрены понятия судебной баллистики и продуктов выстрела;
- 2) изучены основные методы определения продуктов выстрела;
- 3) разработана схема пробоподготовки объектов исследования (гильзы, материалы преград) без этапа озоления для определения ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа;
- 4) подобраны условия для идентификации ртути на объектах исследования методом атомно-эмиссионного спектрального анализа.

Варьируемыми параметрами были выбраны количество спектров, сила и частота тока, время полной экспозиции. Установлено, что самыми эффективными условиями для обнаружения ртути на объектах исследования методом МАЭС являются: источник возбуждения – непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ-250, при силе тока 5 А с частотой 50 Гц в течение 5 секунд, затем при силе тока 10 А с частотой 100 Гц в течение 5 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 60 секунд, полная экспозиция 70 секунд – до полного выгорания пробы.

Область применения – полученные результаты могут служить основой для разработки методики обнаружения ртути в следах продуктов выстрела на объектах криминалистического исследования с применением атомно-эмиссионного спектрального анализа.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	7
1.1 Определение судебной баллистики как вида следственного осмотра продуктов выстрела.....	7
1.1.1 Судебная баллистика и ее сущность в практике	7
1.1.2 Общие сведения о явлении выстрела	8
1.2 Общая характеристика продуктов выстрела	11
1.2.1 Следообразующие компоненты продуктов выстрела	11
1.2.2 Продукты разложения инициирующего вещества капсюльных составов	15
1.2.3 Вещества, полученные в результате горения порохового заряда и его несгоревшие частицы.....	17
1.3 Методики исследования продуктов выстрела. Атомно-эмиссионный спектральный анализ.....	17
1.3.1 Современные методы исследования продуктов выстрела.....	17
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	26
2.1 Объект исследования	26
2.2 Подготовка проб.....	26
2.3 Методы исследования.....	27
2.3.1 Условия анализа №1	27
2.3.2 Условия анализа №2	27
2.3.3 Условия анализа №3	28
2.3.4 Условия анализа №4	28
3 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	29
3.1 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №1	29
3.2 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №2	30
3.3 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №3	30
3.4 Исследование следов ртути на материале пораженного объекта методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №3.....	32
3.5 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №4	34
3.6 Исследование следов ртути на материале пораженного объекта методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях №4.....	36
ВЫВОДЫ	39
АВСТРАКТ	42
ПРИЛОЖЕНИЯ	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ В	45

ВВЕДЕНИЕ

Нарастающая вооруженность противозаконной среды и устойчивая тенденция к совершению противоправных деяний с использованием оружия считается одним из факторов негативной криминогенной ситуации на территории РФ. Увеличивается количество актов терроризма, убийств, разбойных нападений, реализованных из-за преступного перераспределения государственного и общественного имущества, рынков сбыта, зон криминального воздействия и т.д. Выражается стремление организованных преступных групп к получению и применению при совершении противоправных деяний нынешнего огнестрельного оружия.

Выявление определенных веществ, свойственных только продуктам выстрела – компонентов-маркеров, таких как ртуть, свинец, цинк, медь, сурьма, дает возможность безошибочно установить факт производства выстрела, определить дистанцию выстрела, способно дать информацию о типе используемого оружия, боеприпаса, пороха и т.д.

В настоящее время для определения продуктов выстрела и установления обстоятельств дела применяют различные инструментальные методы анализа. Одним из самых высокочувствительных методов является атомно-эмиссионный спектральный анализ. С помощью него можно определить неорганические составляющие продуктов выстрела. Из-за стремительного увеличения преступлений с применением оружия данный анализ стал еще более актуален. Для повышения эффективности данного метода необходимо сократить время пробоподготовки, а также увеличить точность.

Проблема определения ртути заключается в том, что ртуть является легколетучей и при озолении, которое необходимо проводить согласно известной методике, улетает, и идентифицировать ее после озоления уже не представляется возможным.

Выявление ртути (Hg) в следах продуктов выстрела позволяет однозначно установить оржавляющий капсюльный состав использованного патрона. Такой состав характерен для патронов военного назначения России, других стран СНГ, ряда государств Восточной Европы и Ближнего Востока. Данный признак может являться определяющим при сравнительном исследовании огнестрельного повреждения с участием нескольких единиц оружия близкого калибра в случае утраты или фрагментации снаряда.

Именно поэтому необходимо подобрать условия прободготовки и идентификации ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на объектах криминалистического исследования.

Целью выпускной квалификационной работы является выявление особенностей исследования и определения ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на объектах криминалистического исследования.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) рассмотреть понятия судебной баллистики и продуктов выстрела;
- 2) изучить основные методы определения продуктов выстрела;
- 3) разработать алгоритм анализа объектов исследования (гильзы, материал преграды с повреждениями (мишень, одежда и т.д.), поверхность одежды) для определения ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа;
- 4) подобрать условия для идентификации ртути на объектах исследования методом атомно-эмиссионного спектрального анализа.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Определение судебной баллистики как вида следственного осмотра продуктов выстрела

1.1.1 Судебная баллистика и ее сущность в практике

Криминалистическое оружиеведение и судебная баллистика считаются особой областью криминалистического знания об огнестрельном, холодном, газовом и прочих видах оружия, обладающих связью с противозаконным поведением, а также о материалах и средствах изготовления, переделки, следах противозаконного использования и обращения оружия. Задачами судебной баллистики считаются разработка средств, приемов и методов обнаружения, фиксации, изъятия и исследования обозначенных объектов и рекомендаций по их осуществлению в уголовном судопроизводстве.

Объекты анализируются в качестве обстоятельств, необходимых установлению. Они, кроме того, считаются средствами установления прочих обстоятельств анализируемых событий. Судебная баллистика как отрасль криминалистики подразумевает конкретную подсистему научного знания, заключающая в себе 2 части.

В первой части содержатся знания об огнестрельном оружии, относящиеся к криминальному поведению, о боеприпасах к нему, о следах его изготовления, хранения, транспортировки, переделки, использования в противозаконных целях. Иная часть отрасли формируется из системы технических средств, методов и методик обнаружения, фиксации, изъятия, сохранения и исследования баллистических объектов, приобретения и применения находящихся в них сведений для решения идентификационных и прочих задач в уголовном судопроизводстве.

В РФ для определения идентификационных признаков огнестрельного оружия имеются разные картотеки огнестрельного и холодного оружия. Учет производится в ГИЦ и ИЦ МВД-ГУВД-УВД на основании приказа МВД РФ.

Он производится для обеспечения розыска утраченного, регламентации принадлежности обнаруженного оружия и помощи в раскрытии противоправных деяний, совершенных с его использованием.

Коллекции пуль, гильз и патронов со следами оружия, изъятых с мест преступлений, расположены в ЭКЦ МВД России и экспертно-криминалистическими подразделениями МВД, ГУВД, УВД для установления фактов использования преступниками одного и того же экземпляра оружия при совершении нескольких противоправных деяний, применения изъятого, найденного и добровольно сданного огнестрельного оружия при совершении противоправных деяний на территории разных регионов России.

Пули, гильзы и патроны со следами оружия, изъятые с мест противоправных деяний, представляются совместно с постановлением о назначении экспертизы в региональные экспертные учреждения не позднее 10 дней с момента их обнаружения вне зависимости от того, раскрыто противоправное деяние или нет.

В случае обнаружения факта использования при совершении противоправного деяния определенного экземпляра проверяемого оружия экспертно-криминалистическое подразделение немедленно сообщает заинтересованные органы, изымает из массива пулегильзотеки объекты по конкретному противоправному деянию и направляет их инициатору проверки для решения вопроса о месте проведения экспертизы [1].

Справки о направлении пуль, гильз и патронов со следами оружия, изъятых с мест противоправных деяний, для проверки и помещения в пулегильзотеки, а также о проверке по ее массиву огнестрельного оружия, проходящего в качестве вещественного доказательства, приобщаются к уголовным делам [2].

1.1.2 Общие сведения о явлении выстрела

Выстрел – это выбрасывание пули из канала ствола оружия благодаря энергии газов, которые в свою очередь создаются в ходе сгорания пороха.

В ходе выстрела из стрелкового оружия осуществляется ряд явлений. В первую очередь от удара бойка по капсюлю боевого патрона, который был дослан в патронник, взрывается весь ударный состав капсюля и появляется пламя, которое посредством затравочных отверстий на дне гильзы попадает к пороховому заряду и тем самым его воспламеняет. В процессе сгорания порохового заряда появляется больше количество сильно нагретых газов, которые создают в канале ствола высокое давление на дно пули, дно, а также стенки гильзы. В конечном итоге при давлении газа на дно пули она сдвигается со своего места и после этого врезается в нарезы, вращаясь по ним, и продвигаясь по каналу самого ствола с постоянно возрастающей скоростью, выбрасывается наружу по направлению оси канала ствола. При этом стоит сказать, что от давления газов на стенки гильзы, а также ствола образуется растяжение, ее называют упругой деформацией, тем самым гильза максимально плотно прижимается к патроннику, что в свою очередь не дает прорваться пороховым газам в сторону затвора. И при этом в момент выстрела наблюдается колебательное движение, то есть ствол начинает вибрировать и осуществляется нагрев. Раскаленный газ вместе с частицами несгоревшего пороха, который в свою очередь стекает из канала ствола следом за пулей, встречаясь с воздухом, порождает пламя, а также ударную волну, которая и выступает в качестве источника звука при выстреле.

В ходе выстрела из автоматического оружия, устройство которого основывается на методе применения энергии пороховых газов, которые в свою очередь отводятся благодаря отверстию в стенке ствола (к примеру, это может быть, как автомат, так и пулемет Калашникова, или же СВД, станковый пулемет Горюнова), часть пороховых газов, после того как пуля прошла газоотводное отверстие направляется через него в газовую камеру, ударяется в поршень и тем самым отбрасывает его вместе с затвором назад. И до момента, пока затворная рама не пройдет некоторое расстояние, обеспечивающее вылет пули из канала ствола, затвор снова запирает канал ствола. Уже после момента вылета из канала ствола осуществляется отпирание, и как рама, так и затвор, при движении назад

способствуют сжатию возвратной пружины, при этом затвор извлекает гильзу из патронника. В ходе движения вперед под действием сжатой пружины затвор досылает следующий патрон в патронник и снова запирает канал ствола.

Во время выстрела из автомата, где устройство основывается не методе применения энергии отдачи, к примеру, тут речь идет о пистолете Макарова, или же Стечкина, давление газа через дно гильзы передается на затвор и тем самым вызывает движение не только затвора, но еще и гильзы назад. Данное движение начинается на момент, когда давление пороховых газов на дно гильзы преодолевает инерцию самого затвора, а также действие возвратно-боевой пружины. На этот момент пуля уже вылетела из канала ствола. При отходе назад затвор сжимает возвратно-боевую пружину, и потом, под действием энергии сжатой пружины затвор идет вперед и после этого досылает следующий патрон в патронник.

В отдельных образцах оружия, к примеру, это может быть крупнокалиберный пулемет Владимирова, под воздействием давления пороховых газов на дно гильзы изначально ствол движется назад вместе с затвором, который с ним сцеплен, он называется замком. После прохождения некоторого расстояния, которое обеспечивает вылет пули из канала ствола, как затвор, так и ствол расцепляются, и уже после этого затвор по инерции отходит в крайнее заднее положение и сжимает возвратную пружину, и при этом ствол, под действием самой пружины отходит вперед.

В некоторых ситуациях после удара бойка по капсюлю выстрел не осуществляется или же наблюдается некоторое запоздание. В первой ситуации это обусловлено осечкой, в то время как второй вариант – это затяжной выстрел. Что касается осечки, то основной проблемой является отсыревание ударного состава капсюля, или же самого порохового заряда, или это просто может быть слабый удар бойка по капсюлю. Затяжной выстрел чаще всего – это следствие медленного развития процесса зажигания или же воспламенения порохового заряда. Исходя из этого, в случае осечки не нужно моментально открывать затвор, потому как это может быть затяжной выстрел.

В ходе сгорания порохового заряда, приблизительно 25 %, а может, 35 % выделенной энергии тратится на сообщение пуле поступательного движения, это основная работа. В то время как от 15 % до 25 % энергии уходит на выполнение дополнительных работ, сюда стоит включить врезание, преодоление трения пули во время движения по каналу ствола, нагревание стенок ствола, гильзы вместе с пулями, не стоит забывать о перемещении подвижных частей оружия. Приблизительно 40 % энергии никак не расходуется и просто теряется уже после того, как пуля вылетела из ствола.

Нужно понимать, что выстрел осуществляется в довольно короткий промежуток времени, это от 0,001 до 0,06 секунды. Во время выстрела может быть четыре последовательных периода:

1. Предварительный. Первый, он же основной.
2. Второй.
3. Третий

4. Период последствия газов.

Что касается предварительного периода, то его продолжительность длится от начала горения порохового заряда до момента полного врезания оболочки пули в нарезы ствола. Во время второго периода в канале ствола образуется давление газов, которое требуется с целью сдвижения с места пули и преодоления сопротивления ее оболочки врезанию в нарезы ствола. Данное давление именуется формированием, и оно может варьироваться в пределах от 250 до 500 килограмм на квадратный сантиметр, все зависит от устройства нарезов, немаловажную роль играет и вес пули, а также твердость ее оболочки. Если говорить о горении порохового заряда, то в этом периоде оно происходит в постоянном объеме, оболочка врезается в нарезы незамедлительно, при этом движение пули начинается на момент, когда в канале ствола образуется давление форсирования.

Первый, или как его еще называют, основной период длится от начала движения пули, до того, как полностью сгорит пороховой заряд.

И в данном случае, время горения порохового заряда осуществляется крайне быстрым темпе, который к тому же изменяется. В начале периода, на момент, когда скорость движения пули по каналу ствола еще не совсем большая, количество газов растет на порядок быстрее, в сравнении с объемом пространства между дном пули и гильзы, давление газов намного быстрее увеличивается и достигает максимальной величины. Оно образуется у стрелкового оружия в случае, если пуля проходит от 4 до 6 сантиметров своего пути. После этого, в связи со стремительным увеличением скорости движения пули, объем пространства между самым дном пули и гильзы растет быстрее притока новых газов, в то время как давление начинает падать, и к самому концу периода оно приравнивается $2/3$ от максимального показателя. Скорость движения пули постоянно растет и к концу периода может приравниваться $3/4$ от начальной скорости. Что касается самого порохового заряда, то он целиком сгорает незадолго до того, как пуля вылетит из канала ствола.

Если говорить о втором периоде, то он продолжается от момента полного сгорания порохового заряда, то самого места вылета пули из ствола.

Что касается третьего периода, то он продолжается с момента вылета пули из самого канала, до того, как прекратится действие пороховых газов на пулю.

Во время данного периода пороховые газы, которые истекают из ствола со скоростью от 1200 до 2000 метров в секунду, воздействуют на пулю и тем самым придают ей скорости. И максимальную скорость пуля достигает в конце третьего периода на удалении нескольких десятков сантиметров от дульного среза ствола. Данный период завершается в момент, когда давление пороховых газов на дно пули будет уравновешено сопротивлением воздуха [2].

1.2 Общая характеристика продуктов выстрела

1.2.1 Следообразующие компоненты продуктов выстрела

Качественный и количественный состав продуктов выстрела определяется:

- массой порохового заряда, которым снаряжен патрон;
- видом пороха;
- составом стабилизаторов и флегматизаторов;
- активным компонентом капсюльного заряда;
- материалом гильзы, пули и других элементов патронов [3].

Пороха подразделяются на механические смеси, к числу которых относится черный порох, называемый также дымным, а также пороха коллоидного типа, которые не совсем точно называются бездымными порохами.

Дымный порох состоит из 72 – 78 % калиевой селитры, 9 – 12 % серы и 12 – 16 % древесного угля, представляет собой зерна буро-коричневого или черноматового цвета, применяется в качестве охотничьего пороха и для производства взрывных работ [4].

Сера и уголь, входящие в состав пороха, играют роль горючих веществ, а селитра – вещество, выделяющее кислород, необходимый для поддержания процесса горения.

Реакция экзотермического превращения дымного пороха в канале ствола оружия приближенно (по Касту) протекает по следующему уравнению (схема 1.1) [3].

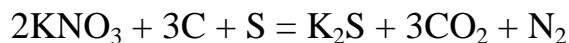


Схема 1.1 – Превращение дымного пороха

Пороха коллоидного типа (бездымные пороха) в качестве своей основы содержат азотнокислые эфиры целлюлозы – нитрат клетчатки, называемый нитроклетчаткой (коллоксилин, пироксилин № 1 – 3, пироколлодий).

Реакции взрывчатого превращения бездымных порохов приближенно (по Касту) протекают по уравнению (схема 1.2):

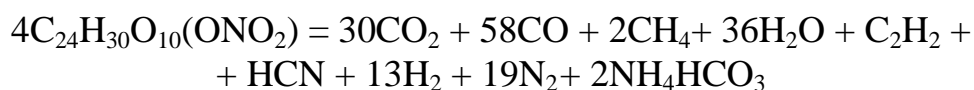


Схема 1.2 – Превращение бездымного пороха

Пироксилин, в силу его быстрого и неравномерного сгорания обладает бризантными свойствами, и, следовательно, его использование в качестве метательного средства может привести к разрыву ствола оружия. Для превращения пироксилина в равномерно сгорающий продукт, пригодный для использования в качестве метательного заряда (пороха), его переводят в коллоидное состояние путем желатинизации.

Длительное хранение нитроклетчатки даже при нормальных условиях сопровождается ее разложением. Накопление образующихся при этом оксидов азота может привести к самопроизвольному воспламенению пороха. Для их нейтрализации в пороха коллоидного типа вводят стабилизаторы (вещества, придающие стойкость к разложению). В качестве стабилизаторов в разных странах и в разное время были предложены самые разнообразные соединения. В настоящее время основными стабилизаторами являются дифениламин и карбамин.

Кроме этого, в пороха коллоидного типа вводят флегматизаторы – вещества, повышающие баллистические свойства порохов.

Флегматизаторы являются веществами, замедляющими скорость реакции горения за счет образования на поверхности пороховых зерен медленно горящего коллоидного комплекса. Замедление горения наружных слоев зерен пороха и, следовательно, понижение температуры реакции уменьшает износ ствола оружия. Наиболее распространенными флегматизаторами являются камфара, вазелин, графит, динитротолуол и централит.

Для воспламенения пороха в патроне ручного огнестрельного оружия применяют капсюли-воспламенители, которые представляют собой металлические колпачки с прессованным в них ударным составом, покрытым сверху металлической фольгой (в военных капсюлях – оловянной, в охотничьих – свинцовой, плакированной слоем олова).

Колпачки капсюля в зависимости от вида оружия изготавливают из различных металлов: винтовочные и револьверные – из латуни или олова, к малокалиберным патронам – из тампака, для охотничьих ружей – из меди.

Ударным составом, традиционно используемым в патронах, является смесь гремучей ртути, трехсернистой сурьмы (антимония) и бертолетовой соли – компонентов, чувствительных к механическому импульсу [4].

Гремучая ртуть вызывает воспламенение состава при ударе бойка, сернистая сурьма является веществом, способным к быстрому горению, а бертолетова соль – источником выделения кислорода, необходимого для горения. Процесс сгорания указанного состава идет по следующим уравнениям (схема 1.3, 1.4, 1.5):

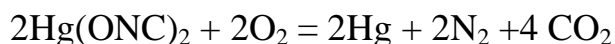


Схема 1.3 – Окисление фульмината ртути

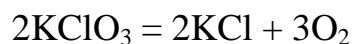


Схема 1.4 – Разложение хлората калия

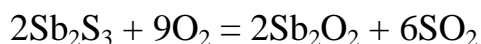


Схема 1.5 – Окисление трисульфида дисурьмы

Таким образом, продукты выстрела имеют сложный многокомпонентный состав, основой которого являются продукты сгорания всех компонентов порохового и капсюльного зарядов.

Развивающаяся при сгорании капсюльного и порохового зарядов высокая температура, сопровождающаяся резким увеличением давления, приводит к образованию еще одного вида продуктов выстрела – частиц металлов, испарившихся или возогнавшиеся с металлических поверхностей патрона и оружия. Эти частицы также входят в общий объем газов, выбрасываемых в момент выстрела .

Микроскопические металлические частицы могут образовываться и в результате их механического отделения при трении различных механизмов оружия в момент выстрела или перезарядания, при входе пули в канал ствола: с одной стороны – частиц внутренней поверхности ствола; с другой – частиц оболочки снаряда. Кроме того, в момент досылания патрона в патронник и извлечения гильзы после выстрела, остаются микрочастицы в патроннике, которые при очередном выстреле перемешиваются с продуктами сгорания пороха.

Газообразные и мелкодисперсные продукты свинца, меди, железа, мельхиора образуются в момент выстрела:

- при сгорании капсюльного и порохового зарядов, содержащих ионы металлов;
- в результате испарения фольги, которой накрыт капсюль, и самого материала капсюля;
- в результате воздействия пороховых газов высокого давления на внутреннюю полость гильзы, а также на торцевую часть снаряда;
- при вхождении снаряда в ствол;
- в результате трения при прохождении снаряда через ствол (износ ствола и пули).

В продукты выстрела также входят шлакообразные продукты полного или частичного сгорания оружейной смазки, покрытий пуль и гильз.

Рассмотрение химических реакций сгорания элементов, как порохового, так и капсюльного состава, процессы, которые сопровождают выстрел наряду с перезарядкой оружия, дает возможность представить продукты выстрела в качестве не только многофазной, но и многокомпонентной системы, а она в свою очередь включает в собственный состав не только органические, но и неорганические продукты сгорания. Также это продукты капсюльного заряда, частицы смазки и иных загрязнений, испарившиеся, то есть возогнавшиеся, или же механически отделившиеся металлы.

В соответствии с химическими реакциями сгорания бездымного пороха, стабилизаторов и флегматизаторов, капсюльного состава, а также из-за возможности механического отделения, испарения и возгонки микрочастиц от материала гильзы, оболочки и сердечника пули, следы продуктов выстрела могут содержать в своем составе [5]:

1. Обгоревшие зерна пороха различных размеров.
2. Продукты сгорания ударного состава, сюда стоит отнести соединения свинца и сурьмы, а также ртути.
3. Частицы металлов, которые входят в состав материалов гильз и оболочки, а также это касается сердечника пули.
4. Частицы фольги, которая прикрывает ударный состав в капсуле-воспламенителе, а это олово.
5. Частицы металлов, из которых создаются детали оружия, а это уже железо.

Таблица 1 – Рецептатура капсульного состава

Тип капсуля	Основные элементы капсульного состава	Второстепенные элементы капсульного состава
Оржавляющий (патроны РФ, СССР и ряда других стран)	Hg, Sb	K, S, Cl
Полуоржавляющий (характерен для КВ-16 в 5,45 x 39 патроны РФ): C ₆ H(NO ₂) ₃ O ₂ Pb – иницирующие вещество; KClO ₃ – окислитель; Sb ₂ S ₃ – горючее.	Pb, Sb	–
Неоржавляющий (патроны к гражданскому оружию, патроны НАТО и др. западных стран): C ₆ H(NO ₂) ₃ O ₂ Pb – иницирующие вещество; C ₂ H ₈ ON ₁₀ – иницирующее вещество; Ba(NO ₃) ₂ – окислитель; Sb ₂ S ₃ – горючее; Al, CaSi ₂ , Zr, и др. – сенсibilизаторы и добавки для повышения жгучести.	Ba, Sb, Pb, Zr	Al, Ca, Si, P, Na, Mg.
Электровоспламенитель патрона травматического действия (кал. 18 x 45 и 18,5 x 55): C ₆ H(NO ₂) ₃ O ₂ Pb – иницирующие вещество; Pb(NO ₃) ₂ , KCNS, K ₂ CrO ₄ , Mg(ClO ₄) ₂ , KNO ₃ .	Pb	Mg, K, S, Cl, Cr

Самыми важными факторами выбора метода анализа продуктов выстрела являются физические и химические свойства компонентов-маркеров, входящих в состав продуктов выстрела. Также рассматриваются не только методы проведения для определенного компонента-маркера, но и особенности проведения выбранного метода.

Физико-химические свойства ртути. Характерные для ртути степени окисления: +1 и +2. Плотность ртути 13,546 г/см при 20 °С, температура плавления – 38,87 °С, температура кипения – + 357,25 °С. Ртуть активно испаряется уже при комнатных температурах, переходя в бесцветный и не имеющий запаха пар. Наличие паров ртути в воздухе, возможно обнаружить только при анализе воздуха. Ртуть мало растворима в воде. При комнатной температуре ртуть не окисляется на воздухе. Высокий потенциал ионизации ртути определяет ее способность легко восстанавливаться из различных соединений до металлического состояния. Металл растворяется в царской водке – смеси азотной и соляной кислот, а также в концентрированной серной или азотной кислотах с образованием сульфата $HgSO_4$ и нитрата $Hg(NO_3)_2$ или $Hg_2(NO_3)_2$.

Физико-химические свойства свинца. Характерны степени окисления соединений свинца: +2, +4. При контакте свинца с сухим воздухом он не окисляется, но окисляется во влажном, образуя на поверхности пленку из оксида свинца, которая под действием углекислого газа превращается в основной карбонат. Плотность при температуре в 20 °С плотность составляет 11,34 г/см³. Температура плавления – 327,46 °С. Температуры кипения – 1749 °С [6].

Свинец не взаимодействует с разбавленными минеральными кислотами в связи с тем, что на поверхности образуется пленка труднорастворимых соединений, который в свою очередь тормозят растворение. Концентрированная соляная, а также серная кислоты в ходе нагревания взаимодействуют со свинцом с образованием растворимых соединений $Pb(HSO_4)_2$ и $H_4[PbCl_6]$. И при этом свинец не растворяется в водном растворе аммиака или же в щелочах, во фтористоводородной кислоте, в многочисленных органических кислотах. Свинец хорошо растворяется в разбавленной азотной, а также уксусной кислотах [7].

1.2.2 Продукты разложения инициирующего вещества капсульных составов

Продукты выстрела, которые присутствуют на руках или одежде стрелка, представляют собой многокомпонентную смесь микрочастиц, в которой, в свою очередь, наблюдаются, как неорганические, так и органические вещества. К ним стоит отнести элементы пороха наряду с продуктами его сгорания. Также это могут быть продукты взрывчатого разложения инициирующего вещества капсуля-воспламенителя. По этой причине продукты выстрела довольно часто не могут быть замечены преступником. Если они обнаружены на руках подозреваемого в стрельбе, то выступают в качестве крайне важных розыскных, а также доказательственных сведений. Это подтверждает место, время, механизм, а также методы совершения противоправного деяния и так далее.

Иницирующий состав капсулей-воспламенителей, которые используются в патронах для огнестрельного оружия, может быть как оржавляющим, так и неоржавляющим [9].

Если говорить об оржавляющем составе, то он состоит из 16 – 50 % гремучей ртути, 25 – 37 % – бертолетовой соли, от 25 % до 55 % сурьмы. Вес заряда может варьироваться от 0,2 до 0,3 грамма.

Взрывчатое разложение оржавляющего состава выполняется таким образом (схема 1.6) [10]:

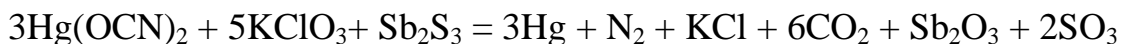


Схема 1.6 – Разложение гремучей ртути.

В конечном итоге после реакции образуется металлическая ртуть, оксид сурьмы и хлористый калий, а также газообразный азот, оксиды углерода и серы. Ртуть – это элемент, который легко воспламеняется, и практически полностью испаряется с поверхности объекта-носителя, на это уходит всего пара часов [11].

Если говорить о продуктах взрывчатого оржавляющего инициирующего состава, то они являются смесью, как твердых, так и газообразных частиц, они покидают канал ствола оружия наряду с пороховыми газами. То есть, в случае использования оржавляющего инициирующего состава, в продуктах выстрела могут быть идентифицированы ртуть, сурьма, а также хлор, сера и калий. Уже после выстрела в канале ствола можно обнаружить ряд продуктов выстрела, которые при контакте с влажной средой создают ржавчину, то есть оксид железа, который остается на внутренней поверхности ствола.

Для того, чтобы устранить ржавчину ствола оружия, которая вызвана воздействием продуктов термического разложения оржавляющего инициирующего состава, на данный момент чаще всего рекомендуют применять ударный инициирующий состав, который носит название неоржавляющий.

Неоржавляющий инициирующий капсюльный состав – это целый ряд компонентов, куда включены:

1. От 25 до 30 % тринитрорезозината свинца;
2. От 3 до 5 % тетразена;
3. От 38 до 43 % азотнокислого бария;
4. От 4 до 6 % диоксида свинца;
5. От 0,08 до 0,10 % шеллака.
6. От 5 до 7 % алюминиевой пудры.

Тринитрорезозинат свинца отличается довольно ярким пламенем, но при этом имеет малую чувствительность к удару. Тетразен дает достаточно яркий луч пламени, и при этом довольно просто воспламеняется. Для того чтобы получить состав, который будет чувствительным к удару, и будет иметь яркое пламя к тринитрорезозинату свинца целесообразно добавить от 9 до 12 % тетразена.

То есть при использовании неоржавляющего инициирующего состава капсюля-воспламенителя в продуктах выстрела можно обнаружить целый ряд компонентов:

1. Алюминий.
2. Свинец.

3. Оксид бария.

4. Сурьму.

Патронные капсулы-воспламенители – это колпачок из металла, который внутри имеет ударный состав, а он уже покрывается кружком фольги из олова или свинца, и, в связи с этим в ходе исследования продуктов выстрела будут определены, как свинец, так и олово.

1.2.3 Вещества, полученные в результате горения порохового заряда и его несгоревшие частицы

Пороха применяются для снаряжения патронов к огнестрельному оружию, и относятся к метательным взрывчатым веществам, которые способны к взрывчатому разложению в виде горения без перехода в детонацию. Порох используется для сообщения движения пуле в канале ствола нарезного и не нарезного оружия, однако при большом весе и герметичности оболочки, порох сгорает со взрывом. Существуют два вида пороха: дымные и бездымные. Внешний вид дымного пороха представляет собой черные мелкие зерна с металлическим блеском. Дымный порох состоит из следующих компонентов: 75 % калиевой селитры (KNO_3), 15 % древесного угля и 10 % серы [12].

Бездымные пороха, основу которых составляет нитроцеллюлоза, используют в боеприпасах к нарезному оружию. Наибольшее применение находят пироксилиновые пороха, в составе которых имеются небольшие количества добавок: пластификаторов (дибутилфталатов, динитротолуола), катализаторов горения (оксидов или солей металлов), стабилизатора химической стойкости пороха (дифениламина).

Во время горения бездымного пироксилинового пороха образуются в большей степени газообразные продукты: оксиды углерода, водород, азот, пары воды, редко – метан и оксиды азота. Твердые вещества образуются в малых количествах: количество зольного остатка составляет примерно 0,5 % от исходной массы пороха [10].

Зачастую порох в боеприпасах огнестрельного оружия сгорает не полностью и отлагается в виде зерен пороха на преградах. Это подтверждается наличием частиц несгоревшего пороха на преграде, при выстреле из нарезного оружия с близкой дистанции. Продукты неполного термического разложения бездымных (пироксилиновых) порохов содержат дифениламин [13].

1.3 Методики исследования продуктов выстрела. Атомно-эмиссионный спектральный анализ

1.3.1 Современные методы исследования продуктов выстрела

Методы исследования.

Аналитические методы:

- капельные реактивы,

- тонкослойная хроматография,
- диффузионно-контактный метод.

Инструментальные методы:

- газовая хроматография,
- ИК-спектроскопия,
- эмиссионно-спектральный анализ,
- атомно-абсорбционный анализ,
- рентгенофлуоресцентный анализ,
- масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

Под каждый вид исследования выбирается свой метод анализа. В последние годы при изучении продуктов выстрела чаще всего используют инструментальные методы анализа, самые используемые из них высокочувствительные, а именно атомно-эмиссионная спектрометрия, атомно-абсорбционная спектрофотометрия, рентгенофлуоресцентный метод, хроматомасс-спектрометрия [14].

Диффузно-копировальный метод является методом оттисков, выявляющим металлы, но в отличие от инструментальных методов, не требует специального оборудования и может быть применен при наличии соответствующих реактивов в любых условиях. Сущность метода сводится к растворению металла на объекте исследования в электролите, переходу его с исследуемого материала на эмульсионный слой фотобумаги, который происходит за счет диффузии ионов, выявлению металла на фотобумаге качественными реакциями под действием реактива-проявителя, дающего с обнаруживаемым ионом цветное комплексное соединение (реактивы-проявители используются те же, что и при электрографическом методе).

Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии часто применяется для количественного анализа следов выстрела на руках и одежде. Данный способ позволяет намного быстрее провести количественные определения сурьмы, свинца и иных элементов, который входят в состав продукта выстрела [15].

Исходя из того, что речь идет об анализе элементов, которые находятся в следовых количествах, то оптимальным прибором для проведения анализа является именно спектрофотометр, который оснащается графитовым электротермическим атомизатором.

Основная задача анализа состоит в определении концентраций кислых экстрактов элементов, которые входят в состав продуктов выстрела. Это, в первую очередь, барий и сурьма, и дополнительные элементы, которые входят соответственно, как в неоржавляющий, так и в оржавляющий состав иницирующего вещества капсуля-воспламенителя. В ходе выполнения анализа стоит использовать графитовые кюветы с пиролитическим покрытием, а также платформой. Для того чтобы увеличить температуру озоления и при этом не терять легколетучих компонентов в пробу целесообразно вводить модификатор.

Как модификатор следует использовать ряд растворов:

1. La – концентрацией 1000 мг/л;

2. Pd – концентрацией 1000 мг/л; аскорбиновой кислоты – 10 %;

3. Ni(NO₃)₂ – концентрацией от 50 до 1000 мг/л.

Концентрацию элементов в кислых экстрактах можно определить по градуировочному графику. Для того чтобы создать градуировочный график целесообразно использовать растворы, где концентрация определяемых элементов достигает 12,5; 25; 50 и 100 мкг/л [16].

Масс-спектрометрический метод обуславливается способом исследования веществ посредством определения масс атомов и молекул, которые входят в его состав, и их количества.

Масс-спектрометрический метод основан на эффекте пространственного разделения движущихся в поперечном магнитном или электрическом поле заряженных частиц (ионов) с различным отношением массы к заряду.

Вещество, которое подлежит исследованию, в обязательном порядке подвергается ионизации. В случае, как жидких, так и твердых веществ их в первую очередь стоит испарять, а затем ионизировать, или же использовать поверхностную ионизацию.

Что касается рентгенофлуоресцентного способа, то он отличается достаточной чувствительностью и позволяет выявлять неорганическую составляющую продуктов выстрела. В ходе рентгенофлуоресцентного способа исследования объект почти не подвергается изменениям, то есть это неразрушающий метод контроля, это достоинство особенно значимое в практике криминалистов и дает преимущество перед иными способами [17].

Если говорить о методе РФА, то он дает возможность дифференцировать оржавляющий, а также неоржавляющий капсюльный состав продуктов выстрела. Рентгенофлуоресцентные спектры продуктов выстрела, полученные с применением оружия снаряженного боеприпасом с оржавляющим капсюльным составом, показали присутствие ртути, калия, сурьмы, хлора, и в незначительном количестве олова. Продукты выстрела от огнестрельного оружия с неоржавляющим капсюльным составом демонстрирует наличие бария, сурьмы и свинца. То есть видно, что продукты разложения, как оржавляющего, так и неоржавляющего капсюльного состава имеют сурьму. Данные, которые были получены с применением РФА, позволяют довольно четко дифференцировать инициирующий капсюльный состав по целому ряду элементов, которые, в свою очередь, входят в состав продуктов разложения. Содержание элементов в продуктах разложения капсюльных составов определяют в зависимости от интенсивности спектральных линий посредством нормировки [18].

Помимо этого, метод РФА используется в ходе решения вопросов о контакте оружия с тканью карманов одежды подозреваемого. Определение наличия продуктов выстрела осуществляется по элементам, которые входят инициирующий капсюльный состав. В ходе контакта дульного среза ружья ИЖ-58МА с тканью, после дульного выстрела, находят, как свинец, так и барий. После выполнения 5 выстрелов добавляется еще и ртуть [19].

Набор определяемых элементов во многом зависит от разновидности инициирующего состава капсюля-воспламенителя, который при этом вполне

может меняться не только по качественному составу компонентов, но по количественному содержанию. В ходе исследования объекты не подвергаются видоизменениям или же уничтожению, что стоит считать явным преимуществом в сравнении с иными способами. В случае обнаружения следов отравляющие вещества раздражающего действия, помимо продуктов выстрела, можно прийти к выводу о контакте ткани с газовым оружием. Что касается недостатков данного метода, то сюда стоит отнести невозможность дифференциации, как газового, так и огнестрельного оружия в ситуации, если из газового оружия был выполнен выстрел с использованием боеприпаса, который не содержит отравляющие вещества раздражающего действия. Метод не может использоваться в полном объеме в ходе анализа продуктов выстрела, которые остаются на предметах после выстрела из огнестрельного оружия, которое снаряжается боеприпасами с дымным порохом.

Метод фотолюминесценции обеспечивает определение как абсолютного количества свинца и сурьмы в следах продуктов выстрела, так и количественного соотношения этих элементов. Исследования с использованием этого метода проводятся в ультрафиолетовой и видимой зонах электромагнитного спектра при возбуждении УФ-излучением. Анализ проводится при низкой температуре – раствор комплексов хлорид-ионов помещается в кварцевую трубку, погруженную в жидкий азот.

1.3.2 Атомно-эмиссионный спектральный анализ

Атомно-эмиссионный спектральный анализ применяется в экспертно-криминалистической деятельности с целью идентификации элемента по атомному эмиссионному спектру.

Качественный спектральный анализ основывается на том, что каждый химический элемент имеет свою индивидуальную конфигурацию электронных уровней и, следовательно, индивидуальный спектр.

Исследование следов продуктов выстрела (далее – СПВ) с применением метода эмиссионного спектрального анализа подразумевает выявление элементов, характерных для СПВ, в первую очередь: медь (Cu), олово (Sn), сурьма (Sb), барий (Ba), ртуть (Hg), свинец (Pb), цирконий (Zr).

Отбор проб:

1) Огнестрельное оружие:

- тугие протяжки канала ствола марлевым (бязевым) тампоном (салфеткой) на момент поступления в экспертно-криминалистическом подразделении;
- экспериментальный выстрел с последующими 3-мя тугими протяжками (в трёх повторностях), с возможными вариантами;
- интерпретация результатов по трем экспертным чисткам без эксперимента.

2) Пораженные объекты:

- Для установления огнестрельной природы повреждения и определения входного и выходного повреждения: вырез материала, прилегающего к краям

повреждения (пояска обтирания) и контрольных проб материала (желательно 3 пробы).

- Для определения признаков близкого выстрела: вырез кольца вокруг повреждения диаметром 5 – 10 см без пояска обтирания с пораженного объекта.

- Для оценки дистанции близкого выстрела: вырез колец вокруг повреждения диаметром 5 – 10 см без пояска обтирания с модельных мишеней.

3) Руки и одежда проверяемых на причастность к стрельбе лиц: смывы с рук и вырезы с одежды. Смывы производятся при отсутствии разрешения на частичное уничтожение, при исследовании одежды, образующей большой зольный остаток с возможным содержанием микроэлементов (например: кожа, кожзаменитель, резина).

Подготовка проб.

Озоление проб (рекомендуется с добавлением графита) 200 °С, 1 – 1,5 часа и 400 °С, 2,5 – 3,5 часа до полного озоления (контроль визуальный: зольный остаток черный обугленный, белый-озоленный).

В процессе подготовки озоленных проб необходимо их смешивание с графитовым (угольным) порошком, который служит спектральным буфером при использовании линий с высокими потенциалами возбуждения, препятствует спеканию пробы, поддерживая постоянной поверхность испарения, сообщает пробе электропроводность, затрудняет выбросы пробы из электрода.

Смешивание зольного остатка с графитовым порошком производится в соотношении 1:1 – по массе или по объёму; или введением графита определенной массы (5 – 15 мг).

Продукты выстрела, отлагающиеся в канале ствола оружия, на боеприпасах, пораженном объекте и других элементах вещной обстановки места происшествия, образуются в результате разложения компонентов снаряжения патронов и взаимодействия снаряда со стволом оружия. Это остатки непрореагировавшего пороха, а также вещества, которое создается от процесса сгорания порохового заряда, взрыва или даже иницирующего вещества, частицы материала гильзы или капсюля, снаряда и ствола оружия, следы оружейной смазки. За исключением негоревших и частично сгоревших порошинок, а также оружейной смазки, продукты выстрела являются, как правило, неорганическими веществами. В составе продуктов выстрела имеется целый перечень не только металлоидов, но и металлов.

В ходе исследования продуктов выстрела благодаря методам атомной эмиссионной спектроскопии, есть возможность выявить целый ряд металлов:

1. Ртуть.
2. Барий.
3. Свинец.
4. Олово.
5. Никель.
6. Цинк.
7. Сурьма.

8. Медь.

9. Железо.

Подобный метод считается разрушающим, при этом универсальным и чувствительным в ходе определения металлов. Проработка выполняется так: определенный фрагмент объекта исследования с повреждением вырезают конкретным методом, и после этого выполняется озоление, затем фрагмент размещается в блоке ионизации. При этом есть возможность определить содержание металла по спектрам испускания [20].

После определение наличия комплекса металлов, характерного для продуктов выстрела, уже есть возможность говорить, что повреждение считается огнестрельным. Наличие определяемых металлов в самом месте повреждения говорит о совершение выстрела с близкого расстояния. Указано, что концентрация металлов, которые отложились на единицу площади поверхности объекта исследования, зависит от расстояния выстрела. Дистанцию выстрела можно установить по экспериментальной зависимости концентрации определяемого металла от дистанции, с которой выполнялся выстрел. Помимо этого, можно выявить и признаки совершения выстрела с близкого расстояния из короткоствольного оружия на расстоянии не более 1 метра. Зачастую дистанцию выстрела определяют по концентрации бария, свинца или же сурьмы.

Для криминалистического исследования следов выстрела активно применяется атомно-эмиссионный спектральный анализ. Он считается одним из довольно результативных и широко используемых методов определения элементного состава большого количества материалов и веществ.

При этом замена фотографического метода регистрации на фотодиодные линейки в атомно-эмиссионном спектральном анализе дает возможность существенно облегчить и ускорить процесс реализации анализа, а программный пакет «Атом» значительно повысил возможности решения обозначенных задач.

Анализатор многоканальных атомно-эмиссионных спектров предназначен для измерения интенсивности спектральных линий и дальнейшего вычисления концентраций элементов в исследуемых объектах. Он реализует модификацию световых сигналов спектра в электрический сигнал и далее в цифровую форму, а также передачу их в компьютер и проведение анализа. Преимущества применения МАЭС по сравнению с фотографическим методом регистрации очевидны уже при первом опыте его реализации.

Использование атомно-эмиссионного спектрального анализа дает возможность отказаться от применения спектральных пластинок и существенно уменьшить время реализации спектрального анализа, а программный пакет «Атом» способствовал почти мгновенному получению результатов анализа.

«Атом» считается мощным и гибким инструментом, осуществляющим всю обработку зарегистрированных спектров и вычисление концентраций, отражает высокую производительность и наделяет возможностью реализовывать рутинные и нестандартные анализы с максимальной результативностью.

Модульная организация программы дает легко увеличить ее возможности для решения особых задач.

Автоматизация процесса реализации атомно-эмиссионного спектрального анализа и расшифровки спектров, автоматический поиск обусловленных спектральных линий и широкий выбор вариантов вычисления интенсивности аналитических линий элементов, автоматический качественный и полуколичественный анализ с оценкой концентраций элементов, определение наложений спектральных линий различных элементов и идентификация мешающих линий, оказывают эксперту - криминалисту неоценимую помощь и позволяет обрабатывать спектры любой сложности.

Возможность обрабатывать большое количество спектров и линий дает возможность осуществить методику различной сложности по определению одновременно особого количества элементов по нескольким аналитическим линиям любого из них.

Все спектральные сведения сохраняется в компьютере, что содействует при нужности неоднократно добавлять к спектрам новые линии и модифицировать параметры обработки.

Таким образом, применение атомно-эмиссионного спектрального анализа и программного комплекса «Атом» дает возможность реализовывать дополнительные исследования объектов через временной промежуток.

Преимущества атомно-эмиссионного спектрального анализа:

- анализатор многоканальных атомно-эмиссионных спектров является современным средством измерения интенсивностей спектральных линий и последующего вычисления концентраций определяемых элементов;

- анализатор многоканальных атомно-эмиссионных спектров – совершенный инструмент для разработки аналитических методик и проведения рутинных анализов, объединяющий в себе преимущества фотопластинок и фотоэлектронных умножителей и лишенный их недостатков;

- анализатор устанавливается вместо фотокассет на спектрографы и вместо фотоумножителей на квантометры отечественного и зарубежного производства;

- основу каждой фотоячейки составляет фотодиод, определяющий высокую чувствительность в УФ до 160 нм без применения люминофоров;

- использование линеек фотодиодов обеспечивает ряд существенных преимуществ: фотоячейки одновременно начинают и заканчивают накопление сигнала, при этом отсутствует искажение сигналов в фотоячейках, расположенных рядом с яркими спектральными линиями (отсутствует блюминг) [21].

Опробование и проверка работоспособности комплекса многоканальных атомно-эмиссионных спектров осуществляется согласно руководству по эксплуатации, для чего нужно включить источник возбуждения спектра, спектральный прибор. Включить анализатор, включить компьютер и запустить ПО «Атом». В окне «Режим измерения» установить: «Экспозиция – 250 мс», «Накоплений –1», «Коррекция – выключить». Нажатием «Зеленой стрелки» провести считывание сигнала. В окне спектров должно появиться изображение сигнала с линейки без коррекций, с амплитудой в пределах 50 %.

Нажатием «Замкнутой зеленой стрелки» запустить циклическое считывание сигнала. В процессе охлаждения кристаллов фотоприемников амплитуда сигналов с фотоячеек должна уменьшаться.

Если поверка анализатора многоканальных атомно-эмиссионных спектров была осуществлена непосредственно перед началом поверки комплекса многоканальных атомно-эмиссионных спектров, пункт можно пропустить. Проверить отсутствие паразитной засветки спектрального прибора, для чего закрыть входную щель спектрального прибора.

Произвести регистрацию спектра. Проверить наличие спектральных линий с амплитудой (1 – 60) % в рабочем спектральном диапазоне. Комплекс допускается к проведению поверки, если результаты опробования положительны. По результатам опробования делается отметка в протоколе.

Проверка метрологических характеристик проводится с использованием аттестованной и разрешённой к применению МВИ. В случае использования нескольких МВИ допускается проведение поверки по одной из них, выбранной в соответствии с важностью анализируемого объекта.

Проверка рабочего спектрального диапазона. Установить поочередно маркер в окне «Спектр» на левую и на правую границы спектра стандартного образца. Полученные в правом нижнем углу экрана значения длин волн занести в паспорт комплекса. Для спектральных приборов, для которых имеется возможность изменения регистрируемого спектрального диапазона, рекомендуется проводить проверку границ каждого рабочего спектрального диапазона.

Комплекс многоканальных атомно-эмиссионных спектров считается выдержавшим проверку, если значения нижней и верхней границ спектра при первичной поверке соответствовали требованиям МВИ, а при периодической поверке изменились не более чем на 5 % относительно величин при первичной поверке. По результатам проверки спектрального диапазона делается запись в протоколе.

Проверка предела спектрального разрешения. Предел спектрального разрешения характеризуется шириной спектральной линии на полувысоте линии. Измерение ширины спектральных линий проводить во всем рабочем спектральном диапазоне по спектру стандартного образца. Установить поочередно маркер в окне «Спектр» на правую и на левую границы контура спектральной линии на полувысоте линии стандартного образца. Ширина спектральной линии определяется разностью полученных значений длин волн.

Построить график зависимости ширины спектральных линий в нанометрах от длины волны по всему рабочему спектральному диапазону. Для измерения выбирать одиночные линии с амплитудой от 1 % и выше.

Комплекс атомно-эмиссионного спектрального анализа считается выдержавшим проверку, если отношение ширины спектральной линии при периодической поверке к ее ширине при первичной поверке не превышает значения два.

При проверке диапазона определения концентрации элементов состава веществ и материалов проводятся измерения интенсивности спектральных линий

выбранного стандартного образца, номер которого при первичной поверке должен быть указан в паспорте на комплекс атомно-эмиссионного спектрального анализа. Количество выбранных спектральных линий должно быть не менее одной для каждой линейки фотодиодов, а их интенсивность не менее 1 %. При первичной поверке измерение интенсивности спектральных линий проводить во всем рабочем спектральном диапазоне по спектру стандартного образца [22].

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Объект исследования

Для исследования продуктов выстрела были взяты криминалистические объекты:

- 1) гильзы;
- 2) материал преграды с повреждениями.

Всего было исследовано шестнадцать гильз (гильзы №№ 1 – 16) и десять фрагментов ткани (фрагмент ткани №№ 1 – 10) с «минусом» ткани. Фотографии анализируемых гильз в Приложение А.

Фотографии анализируемых фрагментов ткани с «минусом» ткани в Приложении Б, В.

2.2 Подготовка проб

2.2.1 Стандартная подготовка проб (Пробоподготовка № 1)

Пробоподготовка для исследуемых гильз и фрагментов ткани.

Проводили озоление проб (с добавлением графита марки ос.ч) 200 °С, 1 – 1,5 часа и 400 °С, 2,5 – 3Б5 часа до полного озоления (контроль визуальный: зольный остаток черный обугленный, белый-озоленный)

Смешивание зольного остатка с графитовым порошком производили в соотношении 1:1 по массе или по объему.

Данная пробоподготовка для определения ртути неэффективна, так как ртуть является легколетучей и при озолении, которое необходимо проводить согласно методике, испаряется, и идентифицировать ее после озоления не представляется возможным.

2.2.2 Предлагаемая подготовка проб (Пробоподготовка № 2)

Был выбран этап пробоподготовки без предварительного озоления пробы.

Пробоподготовка для исследуемых гильз.

Пробу СПВ из стреляных гильз отбирали путем тщательного смыва на ватную палочку, смоченную изопропиловым спиртом марки ч.д.а. Пробу тщательно просыпали графитом на чистой поверхности в соотношении 1:1 по объему и помещали в кратер графитового электрода, после чего плотно утрамбовывали и сверху присыпали остатками графита. В качестве контроля использовался ацетон, смешанный с графитом и упаренный до сухого состояния.

Пробоподготовка для фрагмента ткани.

С фрагмента ткани вырезали «поясок обтирания» – кольцо шириной 2 – 3 мм непосредственно от входного отверстия. Пробу тщательно просыпали графитом на чистой поверхности и помещали в кратер графитового электрода глубиной 6мм, после чего плотно утрамбовывали и сверху присыпали остатками графита. В качестве контроля использовался фрагмент ткани, находящийся максимально

удаленно от входного отверстия, такой же массы, как и вырезанный ранее «поясок обтирания».

2.3 Методы исследования

Исследование проводилось методом атомно-эмиссионного спектрального анализа.

2.3.1 Условия анализа № 1

Исследование проводили на спектрографе ИСП-30.

Типичные условия анализа продуктов выстрела:

- ширина щели спектрографа – 20 мкм;
- электроды с диаметром канала кратера 3,5 мм и глубиной канала 3,5 мм, противоэлектроды, заточенные на усеченный конус с площадью 2 мм;
- 1 спектр;
- расстояние между электродами выставлялось по диафрагме промежуточного конденсора при ширине щели 3,2 мм;
- источник возбуждения – непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ-250 при силе тока 5 А с частотой 100 Гц в течение 5 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 60 секунд, полная экспозиция 65 секунды – до полного выгорания пробы;
- Величина щели диафрагмы промежуточного конденсора при измерении – 3,2 мм [23].

2.3.2 Условия анализа № 2

Исследование проводили на спектрографе ИСП-30.

Типичные условия анализа продуктов выстрела:

- ширина щели спектрографа – 20 мкм;
- электроды с диаметром канала кратера 3,5 мм и глубиной канала 3,5 мм, противоэлектроды заточенные на усеченный конус с площадью 2 мм;
- 5 спектров;
- расстояние между электродами выставлялось по диафрагме промежуточного конденсора при ширине щели 3,2 мм;
- источник возбуждения непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ-250 при силе тока 5 А с частотой 100 Гц в течение 5 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 45 секунд, полная экспозиция 50 секунды – до полного выгорания пробы;
- Величина щели диафрагмы промежуточного конденсора при измерении – 3,2мм.

2.3.3 Условия анализа № 3

Исследование проводили на спектрографе ИСП-30.

Типичные условия анализа продуктов выстрела:

- ширина щели спектрографа – 20 мкм;
- электроды с диаметром канала кратера 3,5 мм и глубиной канала 3,5 мм, противоэлектроды заточенные на усеченный конус с площадью 2 мм;
- 10 спектров;
- расстояние между электродами выставлялось по диафрагме промежуточного конденсора при ширине щели 3,2 мм;
- источник возбуждения непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ-250 при силе тока 5 А с частотой 50 Гц в течение 5 секунд, затем при силе тока 10 А с частотой 100 Гц в течение 5 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 60 секунд, полная экспозиция 70 секунд – до полного выгорания пробы;
- Величина щели диафрагмы промежуточного конденсора при измерении – 3,2мм.

2.3.4 Условия анализа № 4

Исследование проводили на спектрографе ИСП-30.

Типичные условия анализа продуктов выстрела:

- ширина щели спектрографа – 20 мкм;
- электроды с диаметром канала кратера 3,5 мм и глубиной канала 3,5 мм, противоэлектроды заточенные на усеченный конус с площадью 2 мм;
- 15 спектров;
- расстояние между электродами выставлялось по диафрагме промежуточного конденсора при ширине щели 3,2 мм;
- источник возбуждения непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ-250 при силе тока 5 А с частотой 50 Гц в течение 15 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 30 секунд, полная экспозиция 45 секунды – до полного выгорания пробы;
- Величина щели диафрагмы промежуточного конденсора при измерении – 3,2мм.

Регистрация и расшифровка спектров проводились при помощи многоканального анализатора атомно-эмиссионных спектров МАЭС и программы «Атом 3.3» (производства ООО «ВМК Оптоэлектроника», г. Новосибирск).

3 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Перед нами стояла задача выявить оптимальные условия для проведения исследования. Главное отличие от уже известной методики исследования ртути в продуктах выстрела – исследование проб без предварительного озоления. Испарение пробы основано на принципе фракционной дистилляции в режиме увеличения тока дуги, спектрального анализа на регистрации набора спектров в процессе измерения пробы.

3.1 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 1

Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с пробоподготовкой № 1 при условиях анализа № 1 был проведен анализ четырех гильз (гильзы №№ 1 – 4). Фотографии анализируемых гильз в Приложение А. Результат анализ гильзы № 1 представлен на Рисунке 3.1.

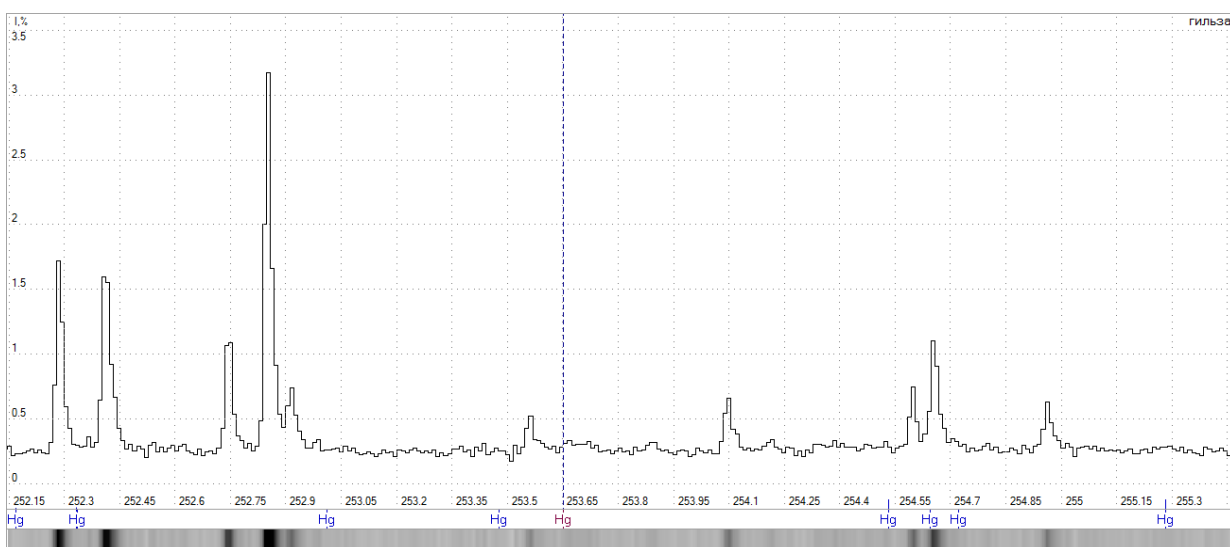


Рисунок 3.1 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм гильза № 1

При данных условиях ртуть обнаружить не представляется возможным (см. рисунок 3.1). Данный результат связан с выбранным количеством спектров (1 спектр), а также с пробоподготовкой. Условия анализа № 1 были выполнены при стандартной пробоподготовке (озоление), а также установлен один спектр. Данные условия не подходят для определения ртути в продуктах выстрела.

Остальные спектры анализов гильз №№ 1 – 4 не представлены из-за отсутствия положительного результата (ртуть в продуктах выстрела не обнаружена).

3.2 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 2

Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с пробоподготовкой № 1, при условиях анализа № 2 был проведен анализ четырех гильз (гильзы №№ 5 – 8). Фотографии анализируемых гильз в Приложение А.

При данных условиях (на основании результатов анализа при условиях анализа № 1) было увеличено количество спектров до пяти. При количестве спектров больше одного, результат для ртути оценивается при первом спектре, так как ртуть присутствует в малом количестве и испаряется при первом спектре.

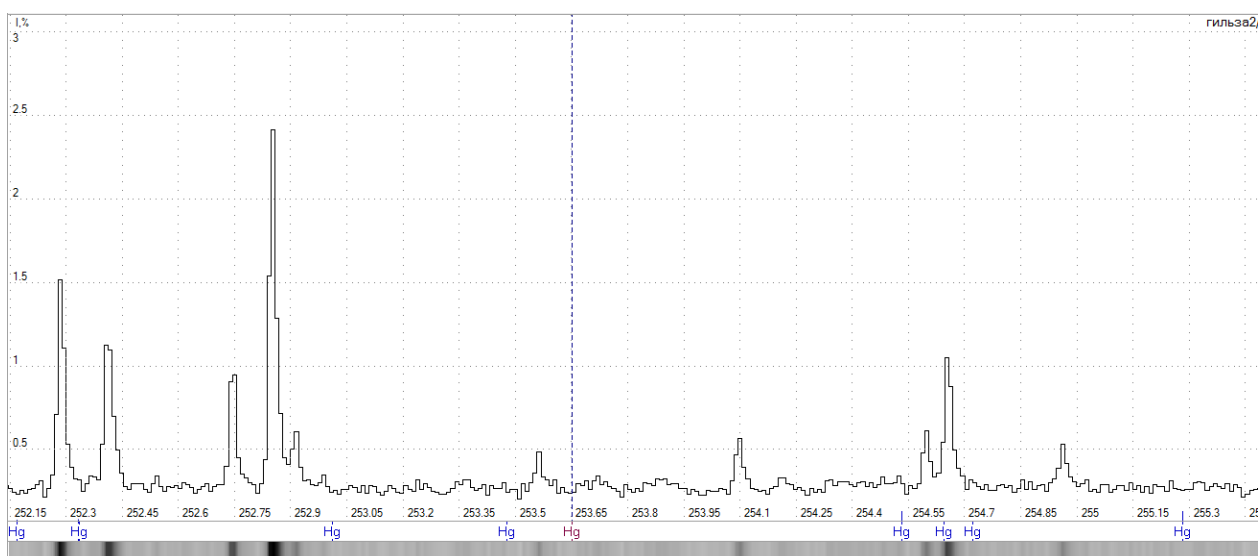


Рисунок 3.2 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильза № 5

При данных условиях ртуть обнаружить не представляется возможным (см. рисунок 3.2). Данный результат связан с количеством спектров и с продолжительностью полной экспозиции. При условиях анализа № 2 было установлено количество спектров: пять спектров; полная экспозиция: 45 с. Для фиксирования ртути условиях анализа № 2 оказались малоэффективными. Из-за быстрого улетучивания ртути, зафиксировать при пяти спектрах не представляется возможным.

Остальные спектры анализов гильз №№ 6 – 8 представлены из-за отсутствия положительного результата (ртуть в продуктах выстрела не обнаружена).

3.3 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 3

Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с пробоподготовкой № 2, при условиях анализа № 3 был проведен анализ четырех гильз (гильза №№ 9 – 12). Результаты анализа представлены на рисунках 3.3 – 3.6.

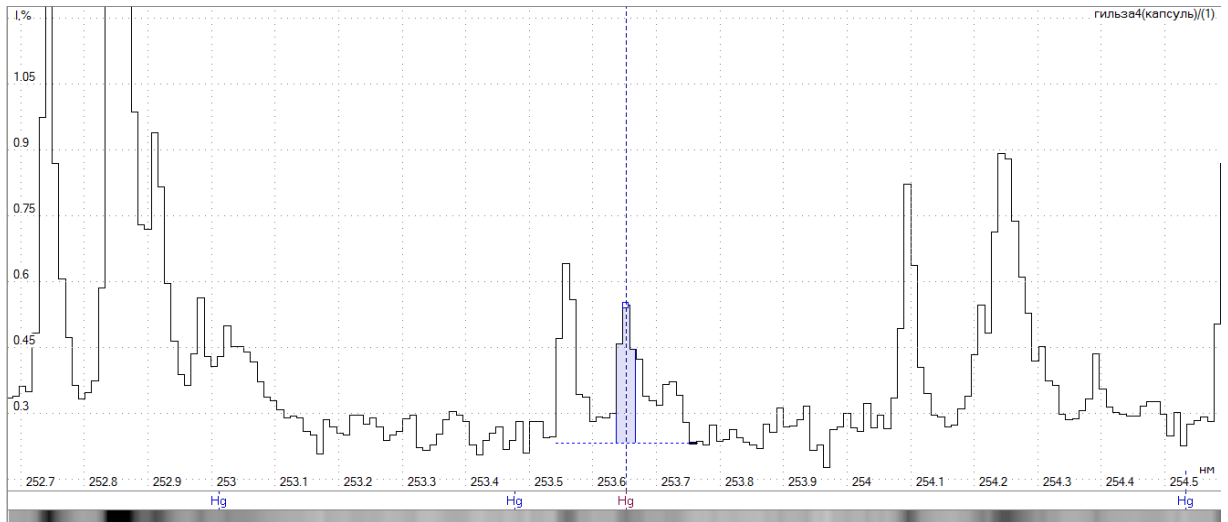


Рисунок 3.3 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильза № 9

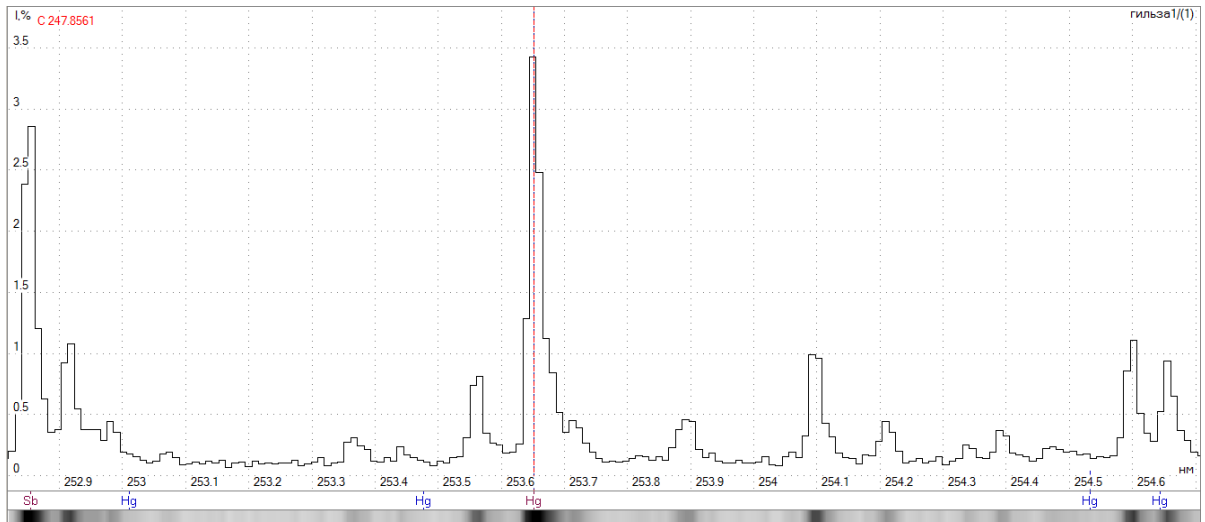


Рисунок 3.4 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильза № 10

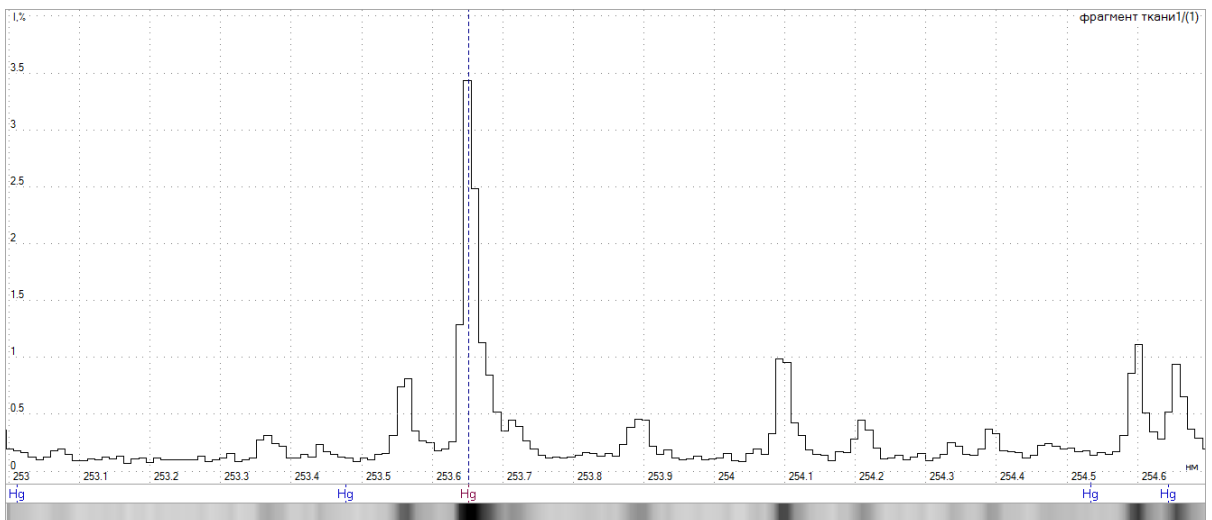


Рисунок 3.5 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильза № 11

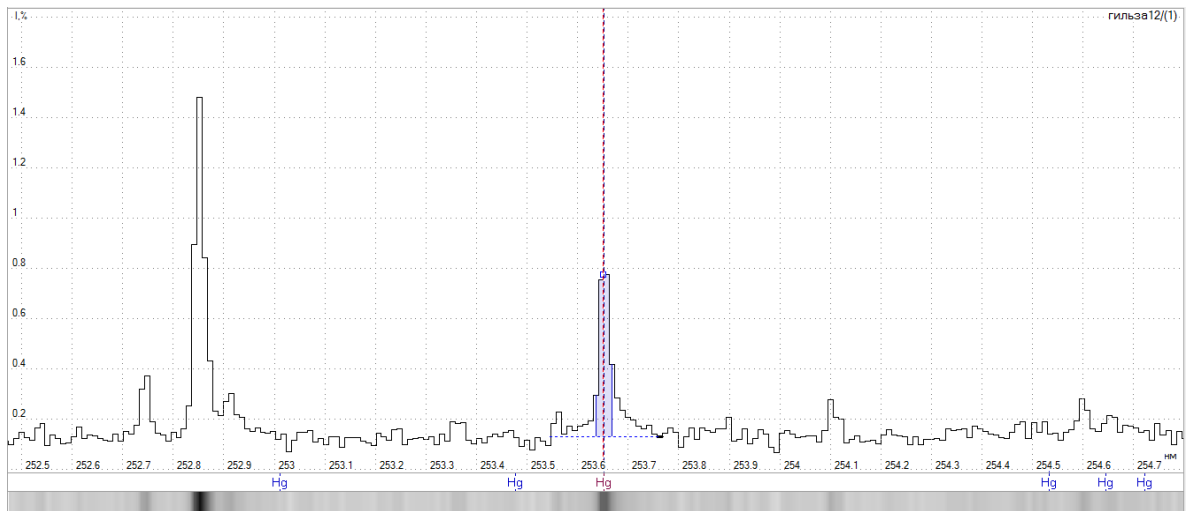


Рисунок 3.6 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильза № 12

В результате расшифровки всех спектров, полученных при анализе гильз условиями анализа № 3, доказано, что таким образом (условия анализа № 3 и пробоподготовка № 2) позволяет выявить ртуть в смывах, полученных с гильз №№ 9 – 12.

3.4 Исследование следов ртути на материале пораженного объекта методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 3

Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с пробоподготовкой № 2, при условиях анализа № 3 был проведен анализ пяти материалов пораженного объекта (фрагмент ткани №№ 1 – 5).

Выстрелы по фрагментам ткани были произведены с разного расстояния: 0,5, 10, 20, 30 см. Нумерация ткани идет с увеличением расстояния. Результаты анализа, представленные на рисунках 3.7 – 3.11.

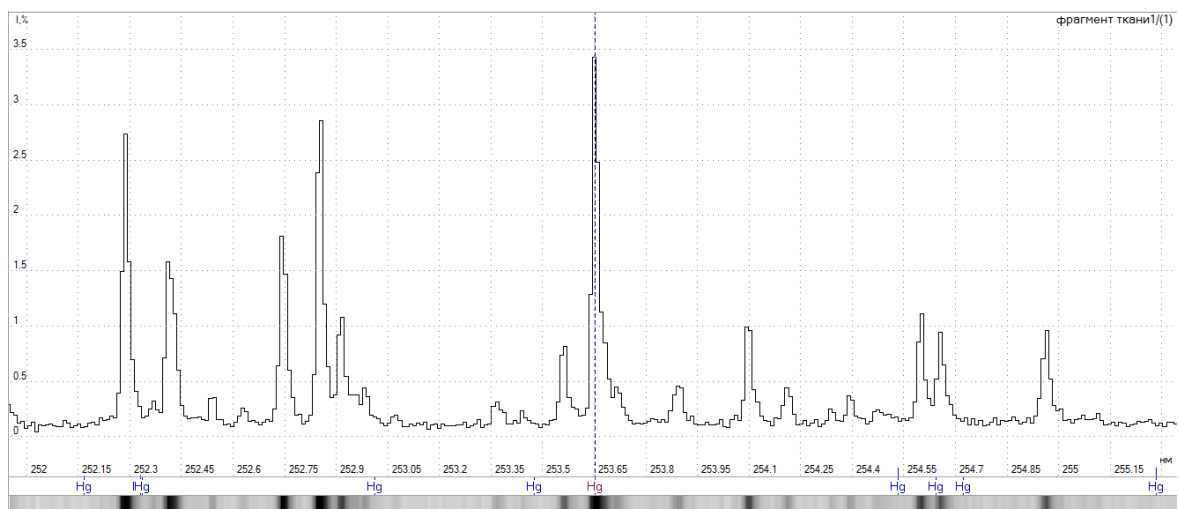


Рисунок 3.7 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм фрагмент ткани № 1

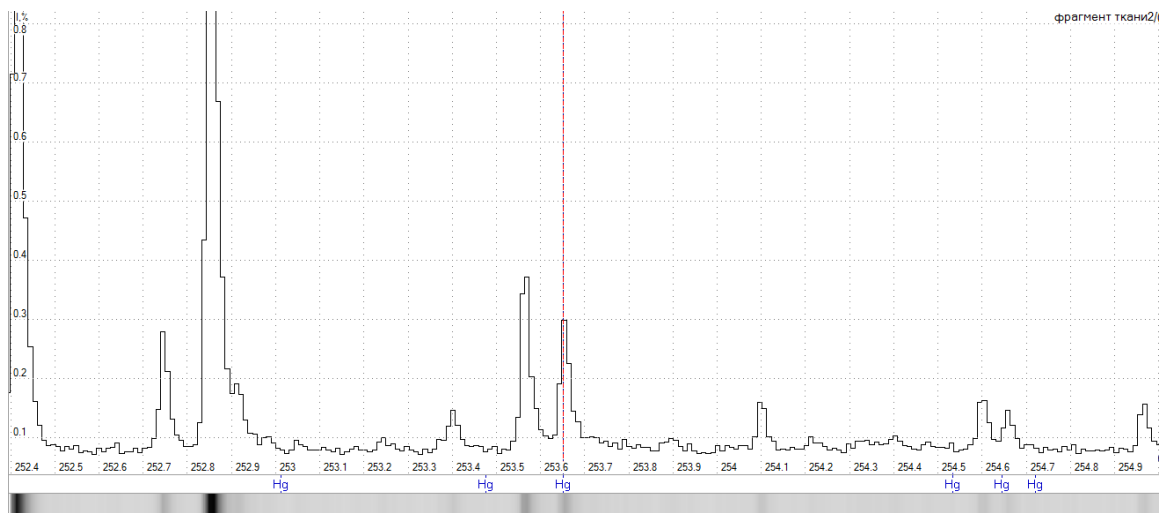


Рисунок 3.8 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм фрагмент ткани № 2

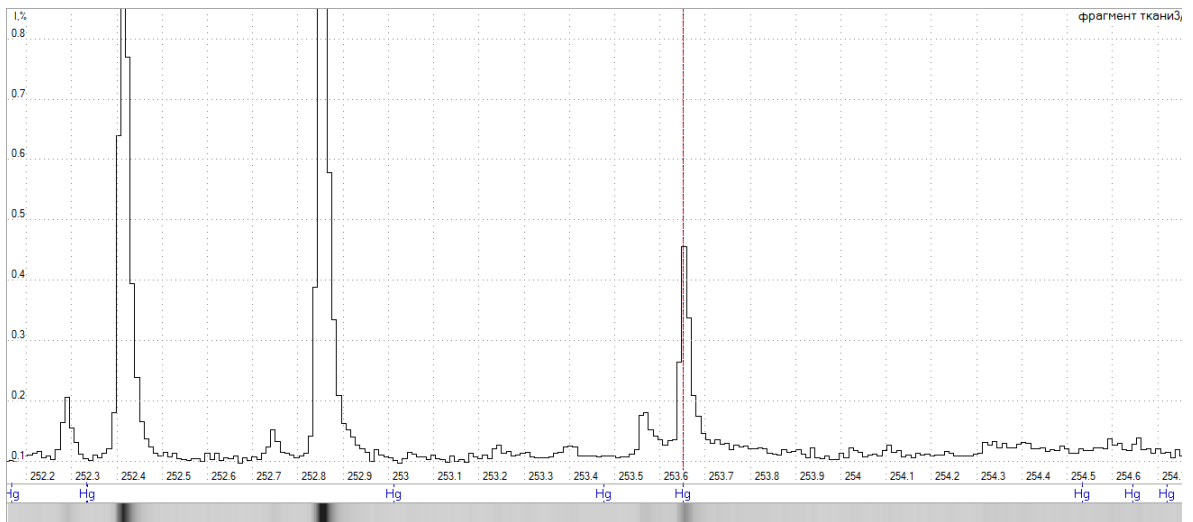


Рисунок 3.9 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм фрагмент ткани № 3

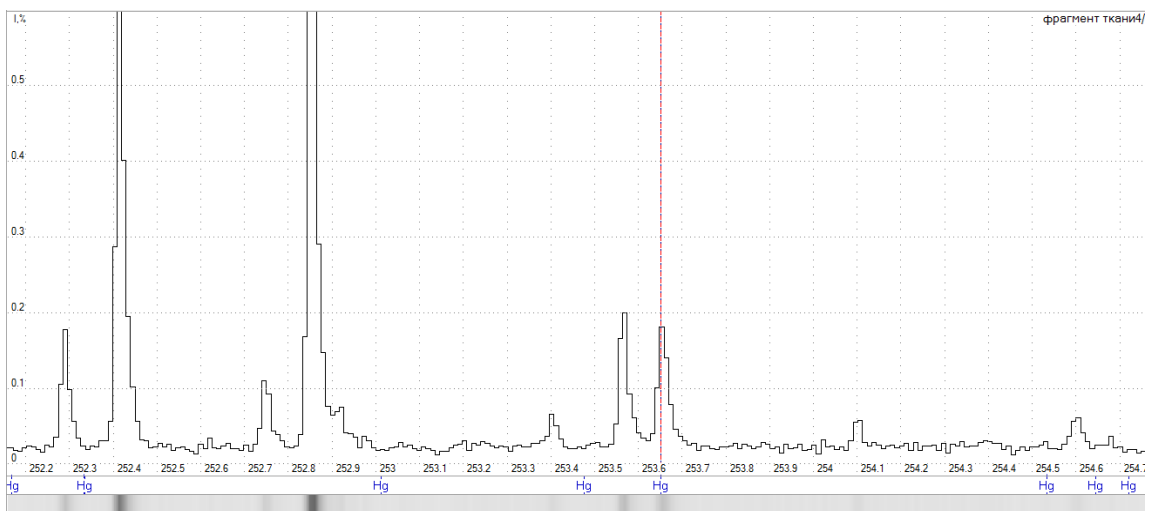


Рисунок 3.10 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм фрагмент ткани № 4

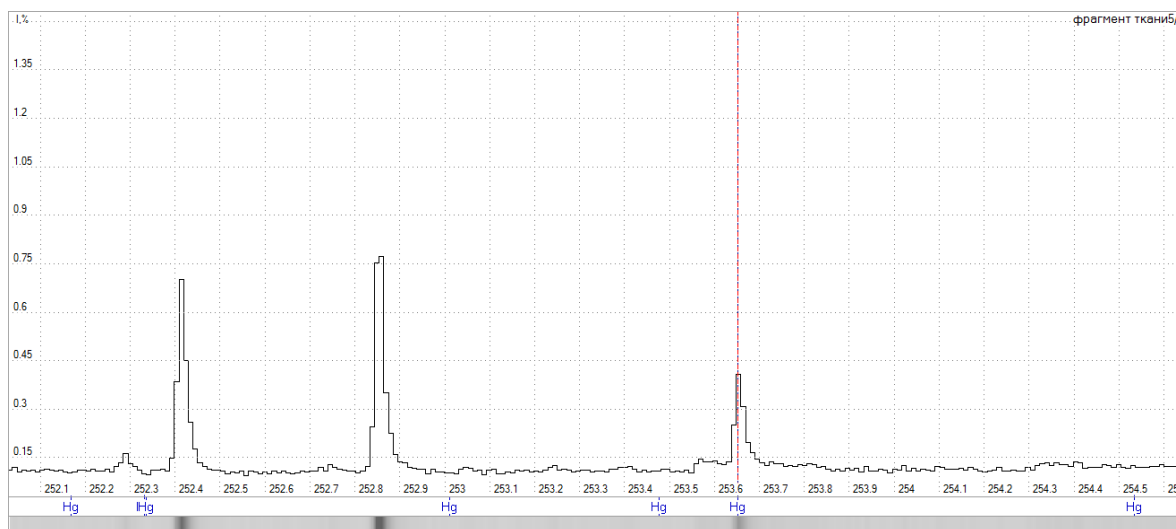


Рисунок 3.11 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм фрагмент ткани № 5

При анализе всех спектров, полученных при условиях анализа № 3, был сделан вывод, что ртуть находилась на всех четырех исследуемых фрагментах ткани (фрагмент ткани №№ 1 – 5).

Условия анализа № 3 являются самыми эффективными для определения ртути в гильзах, а также на фрагментах ткани. Обнаружить ртуть удалось на всех анализируемых объектах.

3.5 Исследование следов ртути в гильзах методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 4

Методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях анализа №4 был проведен анализ четырех гильз (гильзы №№ 13 – 16). Результаты анализа представлены на рисунках 3.12 – 3.15.

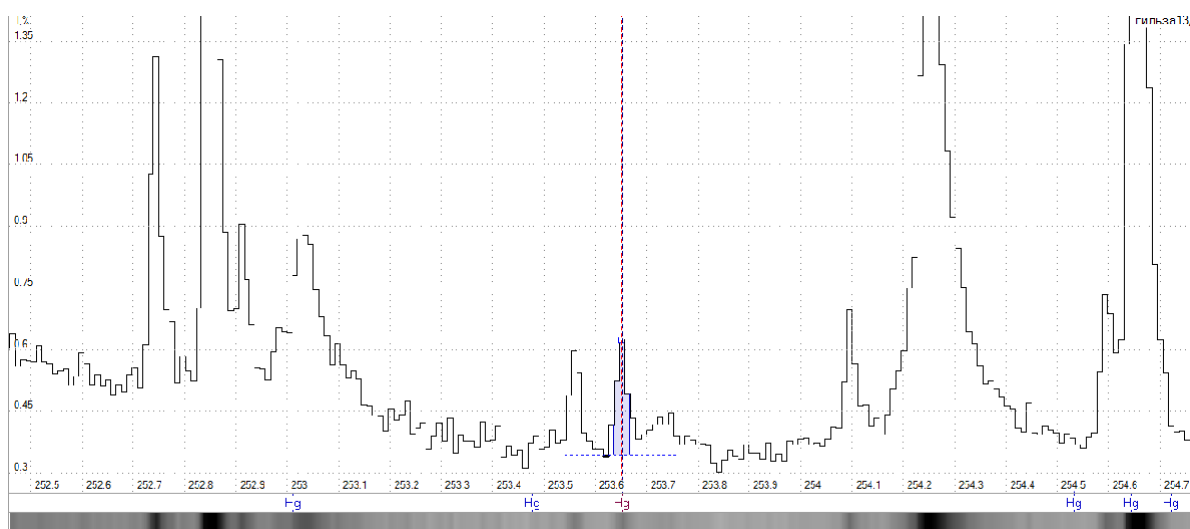


Рисунок 3.12 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильзы № 13

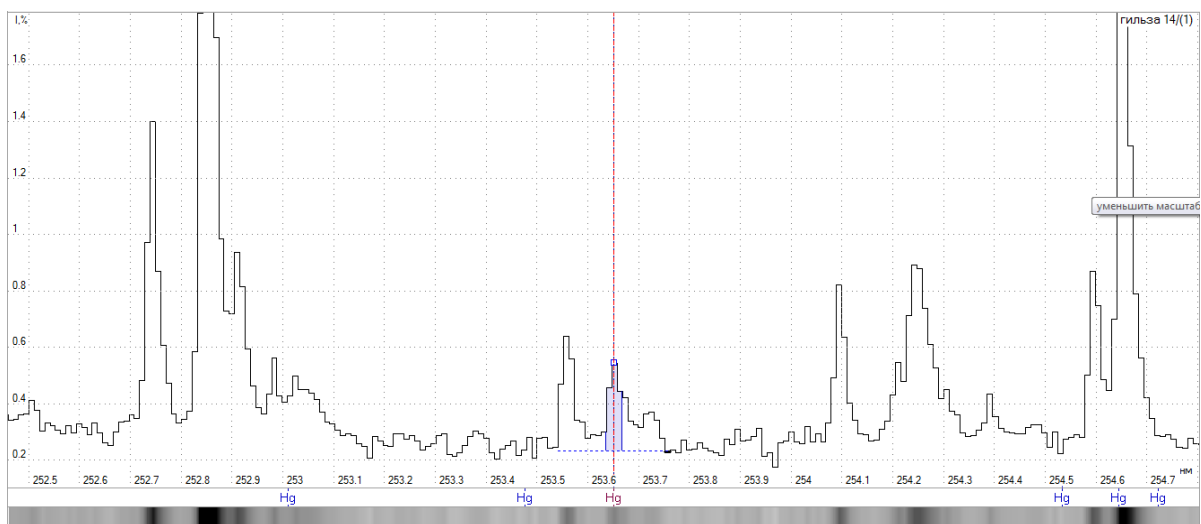


Рисунок 3.13 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильзы № 14

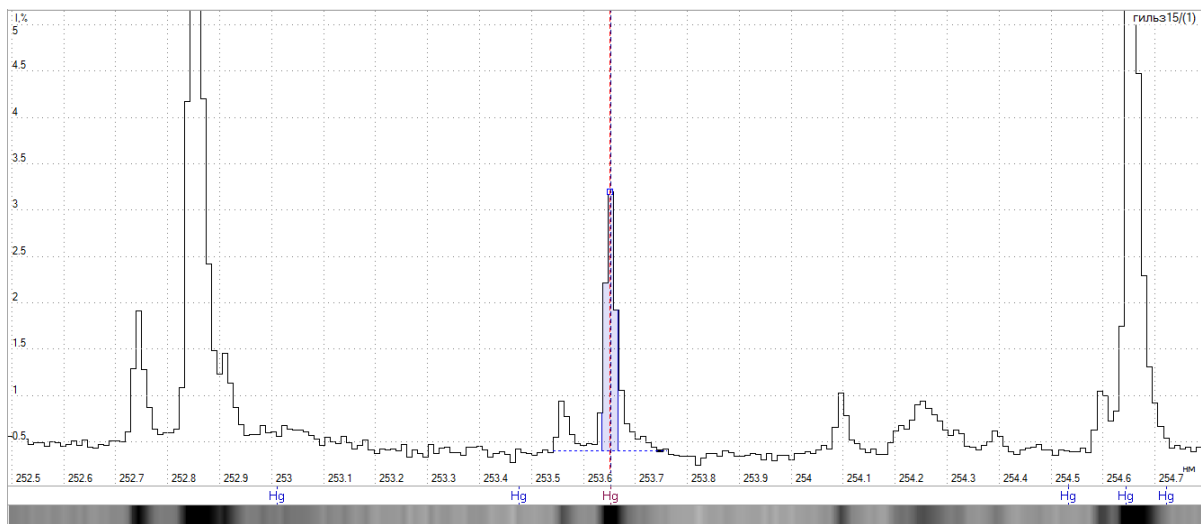


Рисунок 3.14 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильзы № 15

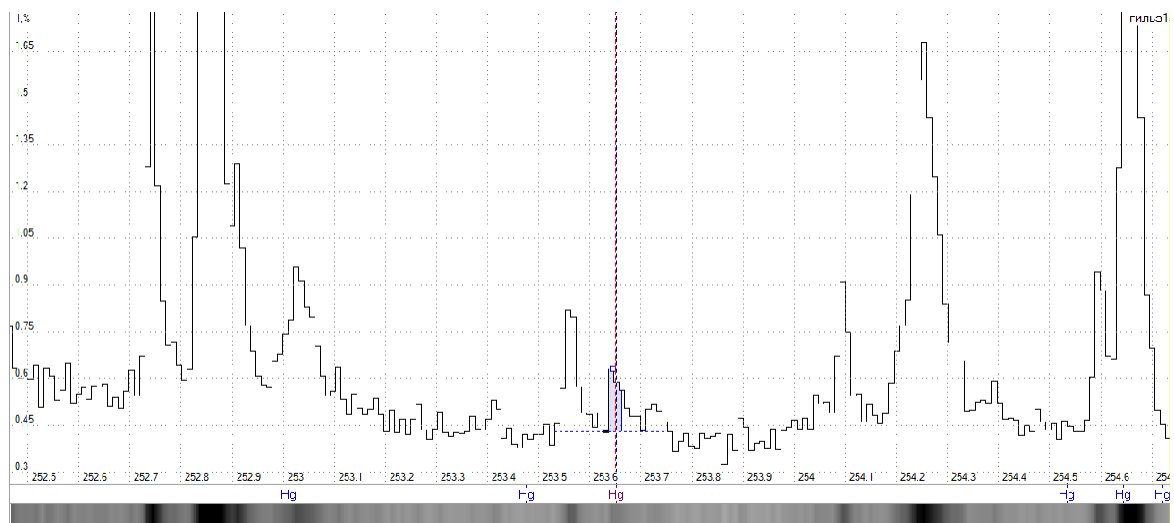


Рисунок 3.15 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521нм гильзы № 16

В результате расшифровки всех спектров, полученных при анализе гильз условиями анализа № 4, доказано, что таким образом (условия анализа № 4 и пробоподготовка № 2) позволяет выявить ртуть в смывах, полученных с гильз №№ 13 – 16.

3.6 Исследование следов ртути на материале пораженного объекта методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях № 4

Методом атомно-эмиссионного спектрального при условиях анализа № 4 был проведен анализ пяти материалов пораженного объекта (фрагмент ткани №№ 6 – 10).

Выстрелы по фрагментам ткани были произведены с разного расстояния: 0,5, 10, 20, 30 см. Нумерация ткани идет с увеличением расстояния. Результаты анализа, представлены на рисунках 3.16 – 3.20.

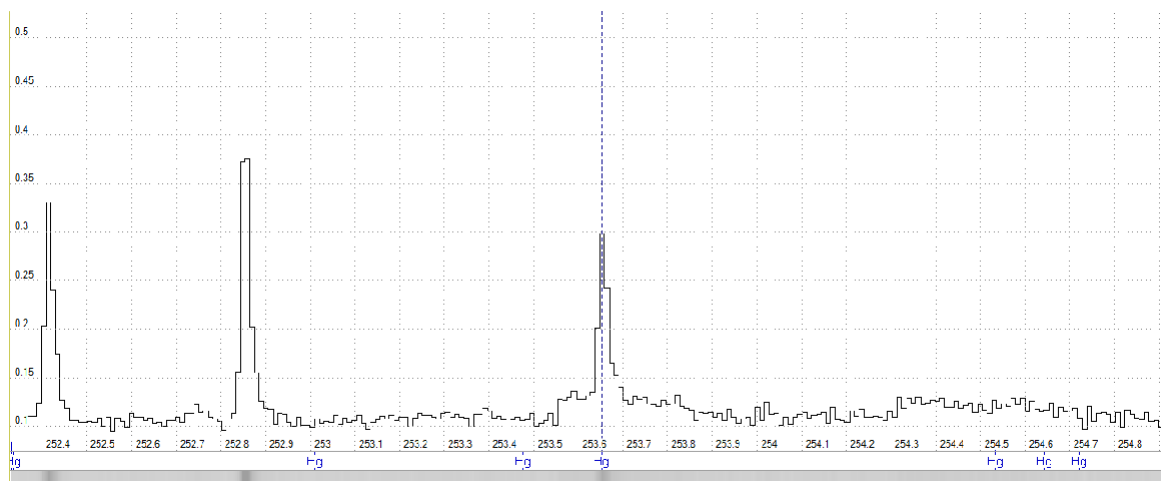


Рисунок 3.16 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм, фрагмент ткани № 6

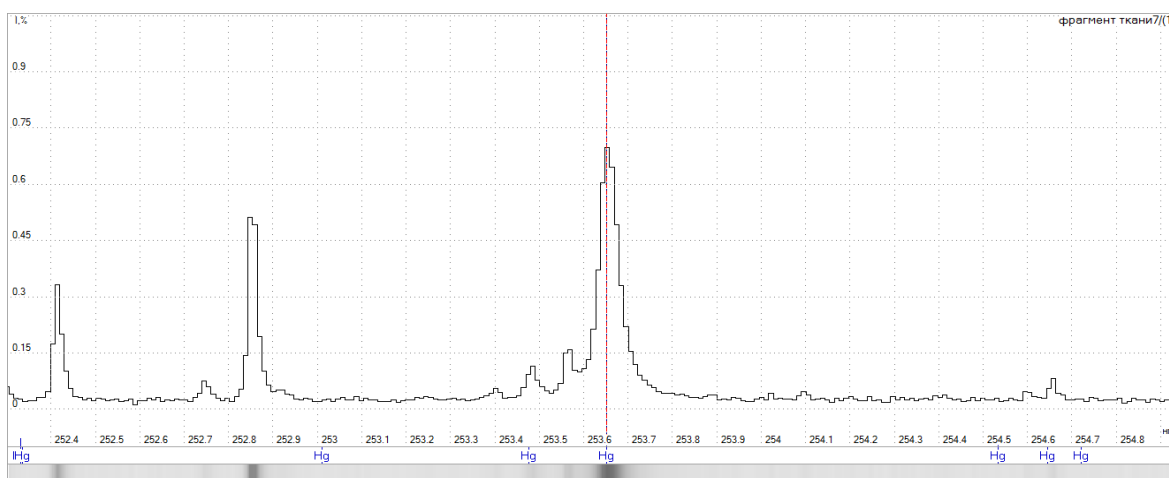


Рисунок 3.17 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм, фрагмент ткани № 7

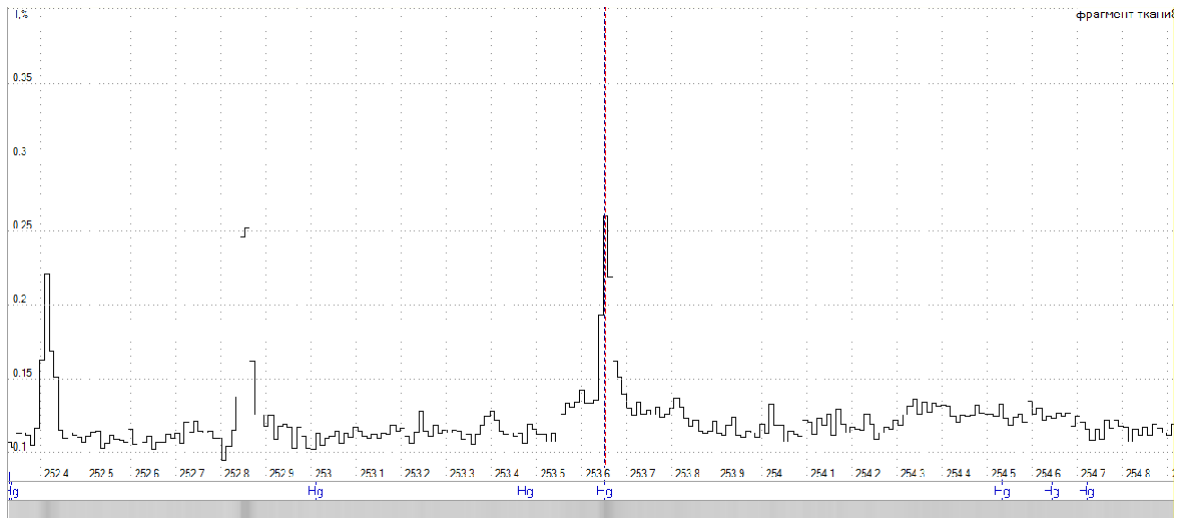


Рисунок 3.18 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм,
фрагмент ткани № 8

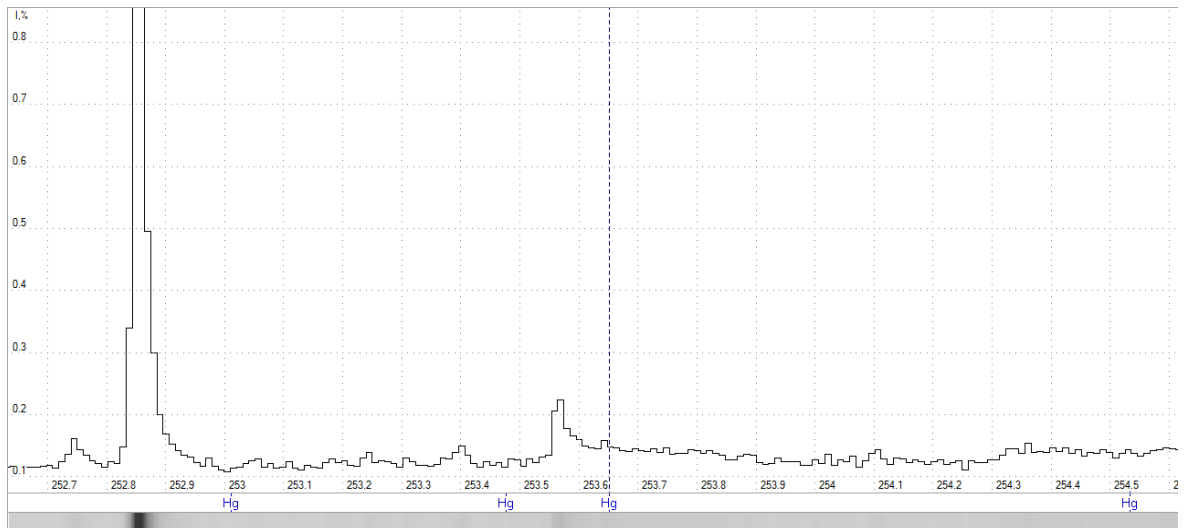


Рисунок 3.19 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм,
фрагмент ткани № 9

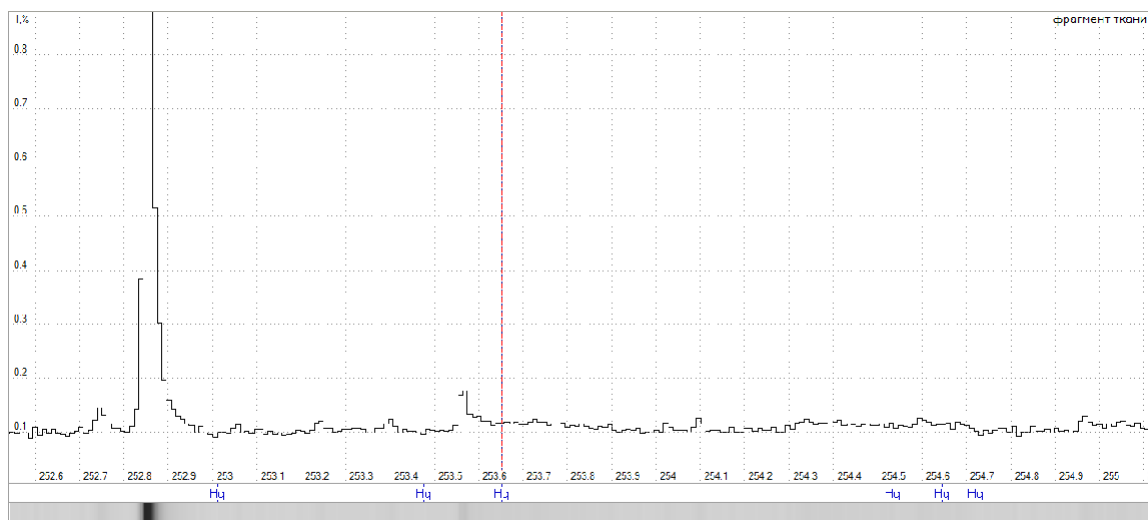


Рисунок 3.20 – Участок спектра линии ртути (Hg) 253,6521 нм, фрагмент ткани № 10

Применение условий анализа № 4 в методе атомно-эмиссионного спектрального анализа оказалось менее эффективно, чем применение условий анализа № 3. При анализе фрагментов тканей ртуть была обнаружена только на трех экземплярах (фрагмент ткани №№ 6 – 8) из пяти экземпляров (фрагмент ткани №№ 6 – 10).

Самый чувствительный и эффективный методом атомно-эмиссионного спектрального анализа для определения ртути в следах продуктов выстрела на объектах криминалистического исследования является анализ при условиях № 3. Анализом при условиях № 3 можно зафиксировать наличие ртути на гильзах, а также на материале пораженного объекта.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) На основе изучения различных видов капсульных составов для анализа был выбран оржавляющий состав (основным элементом данного состава является ртуть) по причине его распространенности и однозначности результатов при криминалистическом исследовании.

2) Разработана схема пробоподготовки объектов исследования (гильзы, материалы преград) без этапа озоления для определения ртути методом атомно-эмиссионного спектрального анализа.

3) Подобраны условия для идентификации ртути на объектах исследования методом атомно-эмиссионного спектрального анализа. Основными параметрами были выделены количество спектров, сила и частота тока, а также время полной экспозиции. Проанализированы все подобранные условия для идентификации ртути на объектах исследования, выбраны самые эффективные условия анализа (условие № 3): источник возбуждения непрерывная дуга переменного тока генератора «Шаровая молния» ШМ - 250 при силе тока 5 А с частотой 50 Гц в течение 5 секунд, затем при силе тока 10 А с частотой 100 Гц в течение 5 секунд, далее при силе тока 18 А с частотой 200 Гц в течение 60 секунд, полная экспозиция 70 секунд – до полного выгорания пробы. При данных условиях ртуть была выявлена во всех объектах исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белькевич, Я.П. Руководство по спектральному анализу металлов: монография / Я.П. Белькевич. – Л.: Судпромгиз, 1950. – 158 с.
2. Тактическая подготовка курсантов учебных военных центров: учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Байрамуков, В.С. Янович, Е.А. Драбатулин и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – 511 с.
3. Соколов, С.М. Судебнохимическая экспертиза вещественных доказательств: монография / С.М. Соколов – М.: Наука, 1964. – 135 с .
4. Определение сурьмы в продуктах выстрела с помощью диффузно-контактного метода: методические указания / сост. С.А. Николаева. – М., 1988. – С. 5.
5. Колосова, В.М. Спектральный эмиссионный анализ при исследовании вещественных доказательств / В.М. Колосова, В.С. Митричев, Т.Ф. Одиноккина. М.: ВНИИ МВД, 1974. – 143 с.
6. Основы криминалистической экспертизы материалов, веществ и изделий / под ред. В. Г. Савченко. – М., 1993. – 23 с.
7. Химический энциклопедический словарь / под ред. И. Л. Кнунянц. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 792 с.
8. Химическая энциклопедия : в 5 т. / под ред. И. Л. Кнунянц. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1 : Абл-Дар. – 623 с.
9. Бабак, Ф.К. Основы стрелкового оружия / Ф.К. Бабак. – СПб.: Полигон, 2003. – 253 с.
10. Соколов, С.М. Судебнохимическая экспертиза материалов документов, копоти выстрела, волокнистых веществ и других вещественных доказательств / С.М. Соколов. – М.: Медицина, 1964. – 310 с.
11. Ануфриев, М.В. Выявление продуктов выстрела на руках и одежде проверяемых лиц с целью установления факта производства ими стрельбы: методические рекомендации / М.В. Ануфриев, Л.В. Бачурин, А.А. Мокроусов и др. – М.: ЭКЦ МВД России, 1999. – 33 с.
12. Беляков, А.Л. Оружиеведение: Часть 3. Судебная баллистика: учебное пособие / А.Л. Беляков, А.Н. Матюшенков, Т.В. Попова. – Челябинск: Челябинский юридический институт МВД России, 2004. – 200 с.
13. Лазари, М.А. Состояние экспертной практики определения дистанции выстрела и перспективы ее развития: монография / М.А. Лазари. – СПб.: Санкт - Петербургский университет МВД России, 2014. – 84 с.
14. Корнеев, В.А. Криминалистическое исследование золото-серебряно-медных сплавов с помощью без эталонного микроспектрального анализа: методические рекомендации / В.А. Корнеев, А.М. Пчелинцев, Е.А. Ивченко. – М.: ВНИСЭ, 1986. – 57 с.
15. Казимиров, В.И. Применение атомно-абсорбционной спектроскопии для определения компонентов продуктов выстрела на руках стрелявшего

человека / В.И. Казимиров, А.Д. Зорин, В.Ф. Занозина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского.– 2007. – №6 – С. 81–86.

16. Основы криминалистической экспертизы материалов, веществ и изделий : учебное пособие / под ред. В.Г. Савенко. – М.: ЭКЦ МВД России, 1993. – 320 с.

17. Лосев, Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный метод анализа: монография / Н.Ф. Лосев. – М.: Наука, 1969. – 336 с.

18. Хрусталеv, В.Н. Криминалистическое исследование веществ, материалов и изделий : курс лекций / В.Н. Хрусталеv, В.М. Райгородский. – Саратов: СЮИ МВД России, 2003. – 186 с.

19. Звонарев, А.Г. Определение продуктов выстрела на ткани карманов одежды лиц, контактировавших с огнестрельным и газовым оружием / А.Г. Звонарев, Т.В. Попова, П.В. Панфилов. // Экспертная практика. – М.: ЭКЦ МВД России, 2004. – 88 с.

20. Колосова, В.М. Спектральный эмиссионный анализ при исследовании вещественных доказательств: методическое пособие / В.М. Колосова, В.С. Митричев, Т.Ф. Одинокина. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1974. – 144 с.

21. Гордон, Б.Е. Спектральный эмиссионный анализ и его применение в криминалистике, судебной химии и судебной медицине / Б.Е. Гордон. – Киев: Гостехиздат УССР, 1962. – 304 с.

22. Митричев, В.С. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них / В.С. Митричев, В.Н. Хрусталеv. – СПб.: Питер, 2003. – 591 с.

23. Зайдель, А.Н. Основы спектрального анализа. – М.: Наука, 1965. – 322 с.

ABSTRACT

Bulgakova E.V. Determination of mercury in cartridge discharge residues at forensic research facilities. - Chelyabinsk: SUSU, ET-431, 2020. - 48 pp., 32 ill., 1 tab., References – 23 items.

Atomic emission spectral analysis, shot products, rusty capsule composition, mercury, forensic investigations.

The object of research was the traces of the products of a shot at the objects of forensic investigation.

The purpose of the work was to identify the features of the study and to determine of mercury by atomic emission spectral analysis at the objects of forensic investigation.

To achieve this purpose, the following objectives have been met:

- 1) to consider the concepts of judicial ballistics and shot products;
- 2) to study the basic methods for determining the products of the shot;
- 3) a scheme for sample preparation of research objects (sleeves, barrier materials) without an ashing step was developed to determine mercury by atomic emission spectral analysis;
- 4) conditions were selected for the identification of mercury at the objects of study by atomic emission spectral analysis.

By varying parameters, the number of spectra, the strength and frequency of the current, and the time of full exposure were chosen. It has been established that the most effective conditions for detecting mercury at the objects of study by the MAES method are: excitation source continuous arc of the ShM-250 alternating current generator with a current of 5 A with a frequency of 50 Hz for 5 seconds, then with a force of current 10 A with a frequency of 100 Hz for 5 seconds, then with a current of 18 A with a frequency of 200 Hz for 60 seconds, a full exposure of 70 seconds - until the sample is completely burned out.

Scope: the results obtained can serve as the basis for the development of a method for detecting mercury in the traces of shot products at objects of forensic investigation using atomic emission spectral analysis.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Фотографии исследуемых гильз.



Рисунок А.1 – Исследуемые гильзы



Рисунок А.2 – Исследуемые гильзы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Фоторафии фрагментов ткани исследуемые методом атомно-эмиссионного спектрального анализа при условии № 3.



Рисунок Б.1 – фрагмент ткани №1



Рисунок Б.2 фрагмент ткани №2



Рисунок Б.3 фрагмент ткани №3



Рисунок Б.4 фрагмент ткани №4

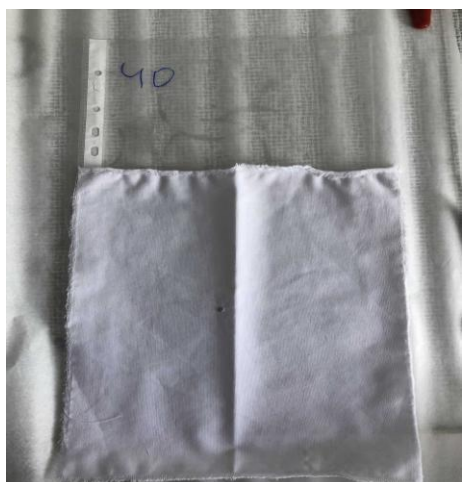


Рисунок Б.5 фрагмент ткани №5

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Фоторафии фрагментов ткани исследуемые методом атомно-эмиссионного спектрального анализа при условии № 4.



Рисунок В.1 – фрагмент ткани №6



Рисунок В.2 – фрагмент ткани №7



Рисунок В.3 – фрагмент ткани №8



Рисунок В.4 – фрагмент ткани №9



Рисунок В.5 – фрагмент ткани №10