



УДК 343.98

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ДАЛЬНОГО ВЫСТРЕЛА С ПОМОЩЬЮ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

В. А. Федоренко, А. М. Захаревич*, Д. И. Биленко**, С. Б. Вениг***, Л. С. Гвоздкова****

Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем
Саратовского государственного университета
E-mail: fed77@yandex.ru

*E-mail: lab-15@mail.ru

Саратовский государственный университет

**E-mail: bilenko@yandex.ru

***E-mail: sergey.venig@gmail.com

Экспертно-криминалистический центр ГУВД по Саратовской области

****E-mail: vedmochka1985.24@mail.ru



В работе представлены результаты исследований с помощью РЭМ продуктов выстрелов, произведенных различными патронами. Были исследованы элементный состав продуктов выстрела и срабатывания капсюльного состава и морфология осажденных частичек.

Ключевые слова: продукты выстрела, растровый электронный микроскоп, капсюльный состав, дальний выстрел.

Research of Products of a Distant Shot by Means of a Scanning Electronic Microscope

V. A. Fedorenko, A. M. Zaharevich, D. I. Bilenko, S. B. Venig, L. S. Gvozdokva

This paper presents the results of studies using SEM product shots fired various ammunition. The elemental composition of the product shots, tripping primer composition and morphology of the deposited particles were investigated in this paper.

Key words: shot products, scanning electronic microscope, primer composition, distant shot.

В настоящее время широкое распространение находят растровые электронные микроскопы (РЭМ), которые используются во многих научных учреждениях и в ряде экспертных подразделений России. С их помощью можно определять элементный состав продуктов выстрела, исследовать морфологию микрочастичек металлов и других веществ, присутствующих на поверхности выстреленной пули и выбрасываемых пороховой струей на преграду. Это, в целом, позволяет усилить доказательную базу реконструкции места преступления, связанного с применением огнестрельного оружия. В работе предложены основные этапы действий эксперта при криминалистическом исследовании продуктов выстрела с помощью РЭМ.

Для экспериментальных исследований в качестве мишеней были выбраны отрезки хлопчатобумажной ткани. Выбор мишеней определялся тем фактом, что наиболее часто в качестве объектов, содержащих продукты выстрела, на экспертизу поступает одежда пострадавшего.

Вначале были получены экспериментальные образцы со следами срабатывания капсюльного состава патронов. Затем были произведены выстрелы с дальних дистанций (4–5 метров) в аналогичные мишени из различных моделей оружия патронами 9×18мм «539 95», 9 × 18 мм «ППО 80 539», 9 × 19 мм «PARAB LAPUA», 9×19 мм «st ak 42», 7.62 × 25 мм «38 86», 7.62 × 39 мм «3 73», 7.63 мм «K DWM K 403», 7.65 × 17 мм «S & B 7.65 B», 9 × 29 мм «FEDERAL 38 SPL», 6.35 × 15 мм «SBP 6.35», 5.56 × 45 мм «66 TCW», 5.6 × 15 мм «V» кольцевого воспламенения (в кавычках указаны маркировки гильз патронов). Кроме того, было исследовано несколько аналогичных объектов со следами дальних выстрелов давностью несколько лет.

Подготовка образцов для последующего анализа с помощью растрового микроскопа заключалась в следующем. На предметном столе РЭМ закреплялся двусторонний электропроводящий скотч, свободная поверхность которого плотно прижималась несколько раз к исследуемому участку мишени (пояску обтирания огнестрельного повреждения). Таким образом пробы микроколичеств веществ с каждой мишени переносились на поверхность углеродного скотча размером от 2 до 4 мм².

Вещества, изъятые с тканей-мишеней, исследовались по двум направлениям: изучался элементный состав продуктов срабатывания капсюльного состава и выстрела; исследовалась морфология осажденных частичек. Исследования проводились с помощью РЭМ фирмы TESCAN модель MIRA 2 LMU, снабженного системой рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350. Используемый РЭМ имеет разрешение до 1 нм в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении 30 кэВ, а система микроанализа позволяет качественно и количественно определять химический элементный состав с выбором исследуемой области (точки). Имеется возможность получения карты распределения



элементов по площади и профилей изменения состава вдоль линии.

Определение химического элементного состава продуктов срабатывания капсюля и выстрела проводилось методом рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа. Исследования проводили при ускоряющем напряжении 20 кэВ в вакууме $\sim 10^{-2}$ Па. Предварительными экспериментами было установлено, что в используемых для переноса и закрепления материалах (скотче и отрезках ткани) характерных для последующего анализа химических элементов не было, за исключением углерода и кислорода. Изображения морфологии осажденных на поверхности скотча частичек получали во вторичных электронах и в выбранных областях анализировали элементный состав. Проведенные исследования показали, что весовые компоненты элементов продуктов капсюльного состава и продуктов выстрела в целом зависят от дисперсности исследуемых частичек, неравномерности их отложения и случайности процесса их переноса на скотч. Поэтому для

формирования статистически более объективной элементной картины были использованы следующие правила:

1) измерения проводили на разных участках каждого скотча-пробника при различном увеличении, количество измерений на каждом участке не менее 10 (рис. 1);

2) элементы, встречающиеся единожды в измерениях исследуемого скотча-пробника, исключались, поскольку они могли быть вызваны случайными загрязнениями мишени взвешенными в воздухе микрочастицами;

3) элементам, суммарная частота появления которых в измерениях не превышала 30%, присваивался коэффициент 1. Элементом, вероятность появления которых во всех реализациях была более 30%, но менее 70%, присваивался коэффициент 2. Элементом, вероятность появления которых в измерениях превышает 70%, присваивался коэффициент 3. При этом размеры частиц не учитывались, поскольку измерения проводились на участках различных размеров (от десятков микрон до сотен нанометров).

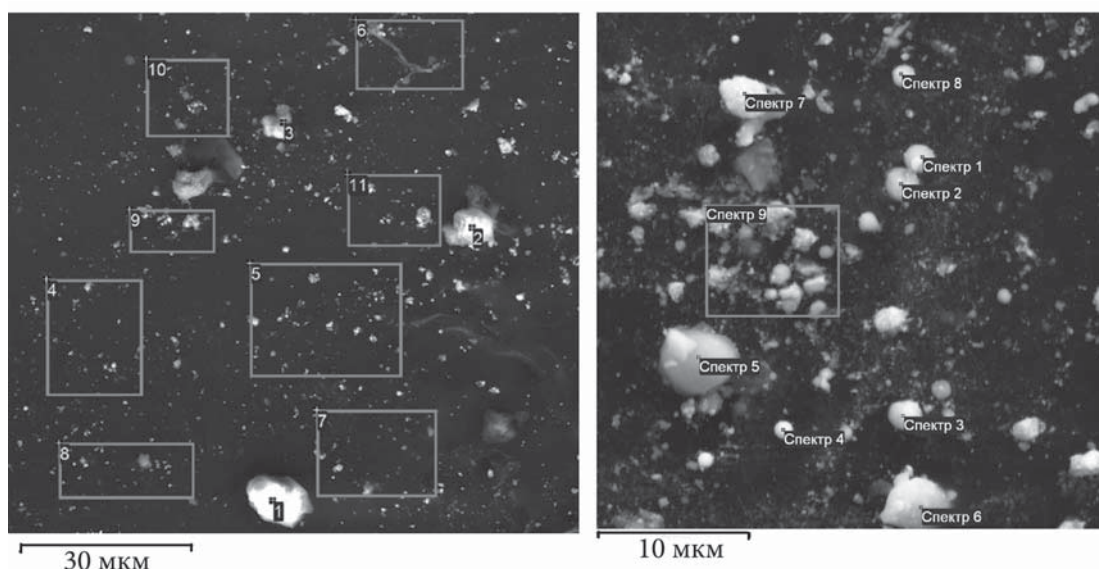


Рис. 1. Характерные участки скотча-пробника с продуктами выстрела, на которых проводился элементный анализ

Таким образом, с использованием предложенных правил были сформированы обобщенные спектры элементного состава для каждого исследуемого объекта. Результаты исследований продуктов срабатывания капсюльного состава представлены на рис. 2. Из рисунка видно, что патроны российского производства имеют капсюльный состав оржавляющего типа, а импортного производства – неоржавляющий состав. Устойчивыми признаками оржавляющего состава являются наличие в продуктах инициирования таких элементов, как Sn и K, а неоржавляющего состава – Ba и Pb и отсутствие олова. Высокое содержание углерода и кислорода в данном случае определяется под-

ложкой из закрепляющего материала – скотча. Если исключить из рассмотрения углерод и кислород, то на первые места по весовым характеристикам выходят элементы-индикаторы: Sn, K и Ba, Pb.

Обобщенные спектры продуктов выстрела, произведенного с дальней дистанции, формировались по результатам исследования элементного состава поясков обтирания на тканевой мишени (рис. 3). Из спектрограмм видно, что в продуктах выстрела патронами российского производства, в капсюльный состав которых входят гремушечная ртуть, хлорид калия и антимоний, удастся надежно фиксировать присутствие таких элементов, как Sn, Sb, K, Cl.

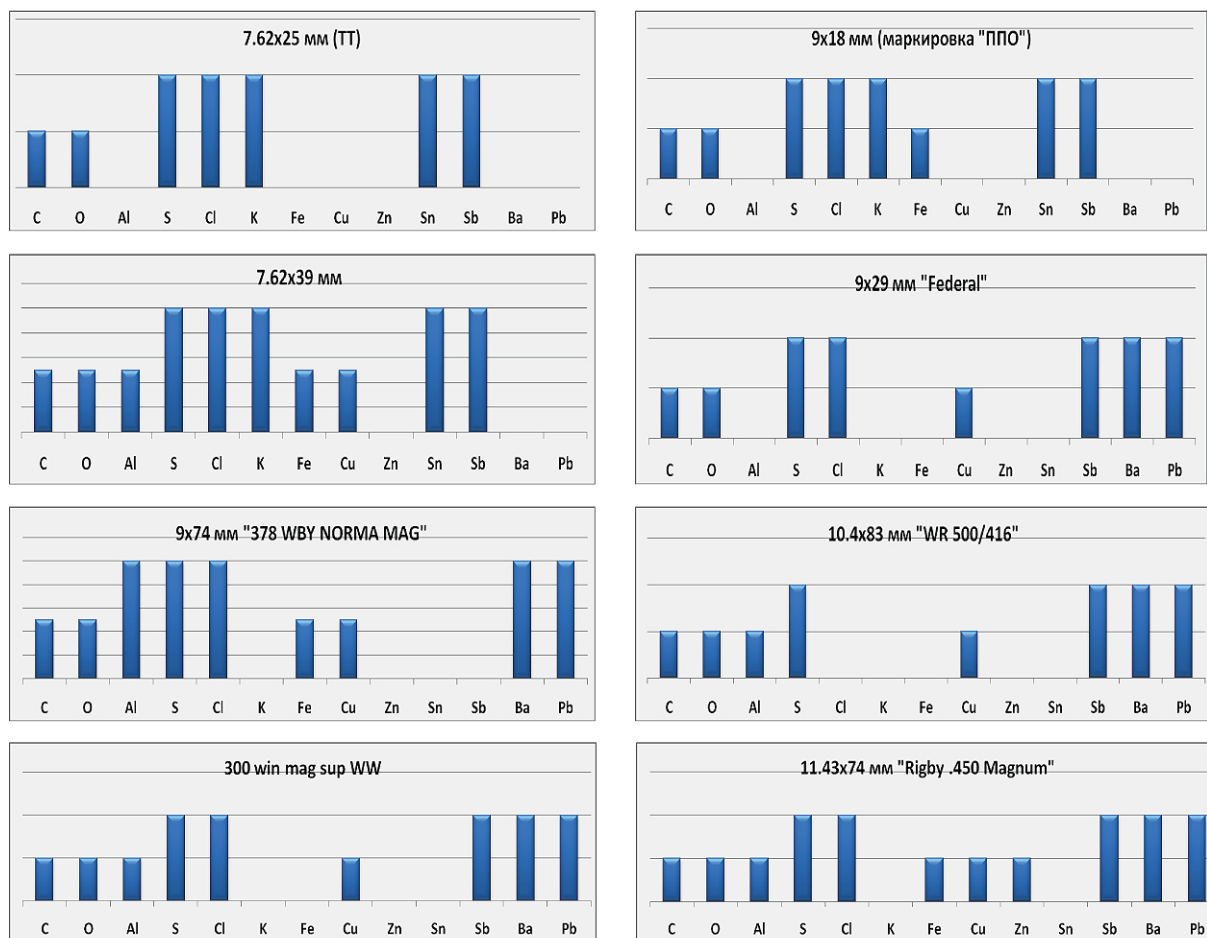


Рис. 2. Элементный состав продуктов срабатывания капсюльного состава

В следах выстрела патронами зарубежного производства надежно выявляются такие элементы, как Ba и Pb, характерные для неоржавляющего капсюльного состава. Следует отметить, что в следах на уровне шумов проявляются Co, Na, Zn, Si, а в следах выстрела патронами 9×29 мм с маркировкой «Federal SPL» на уровне шумов артефактов иногда удается обнаружить K.

В поясках обтирания присутствует большое содержание меди и железа при стрельбе патронами с оболочечной пулей, покрытой томпаком. При стрельбе патронами 7.65×17 мм «Browning» в пояске обтирания удастся зафиксировать присутствие никеля. Для пули с выступающей в донной части свинцовой рубашкой, полуоболочечных или безоболочечных, в следах пояска обтирания одним из доминирующих элементов является свинец. При стрельбе из ствола, имеющего признаки ржавления, доминирующим элементом в пояске обтирания (после исключения C и O) является железо.

Следует отметить, что патроны 9×19 мм и 7.63×21 мм с маркировками «st ak 42» и «K DWM K 403» соответственно произведены в начале 40-х годов XX в. В продуктах их выстрела отсутствует такой характерный элемент, как барий. Давность выстрелов, произведенных патронами 7.62×25 мм,

составляла 3 и 6 месяцев, а патронами 7.62×25 мм – 2 года.

В целом с помощью растрового электронного микроскопа в пояске обтирания при исследовании дальнего выстрела удастся определить все те же элементы (за исключением порошинок), что и в следах близкого выстрела, однако здесь концентрация химических элементов выше, чем в пояске обтирания при дальнем выстреле. К неожиданным результатам можно отнести слабое присутствие цинка как в пояске обтирания, так и в следах близкого выстрела при стрельбе патронами отечественного производства с оболочечными пулями, покрытыми томпаком.

Проведенные эксперименты показали, что наиболее эффективно определять состав не всей поверхности скотча-пробника, а отдельных частиц и наслоений. В этом случае уменьшается фоновое содержание углерода и кислорода, обусловленное подложкой скотча-пробника, что позволяет вести более качественный и полный элементный анализ продуктов выстрела.

Исследование морфологических признаков частиц продуктов выстрела показало следующее. Крупные частицы металла размерами около 50 мкм, обнаруженные на мишени, характери-



Рис. 3. Элементный состав продуктов выстрелов, произведенных различными патронами

зуются наличием изрезанных рваных краев, а частицы металла размером 1–3 мкм и менее имеют уже достаточно гладкую поверхность и форму,

близкую к сферической. Линейные характеристики частиц продуктов выстрела могут различаться более чем в 1000 раз и лежат в диапазоне от де-



сятков микрон до десятков нанометров. Наличие на преграде металлических частиц оболочки пули таких размеров и с такой морфологией является признаком огнестрельной природы их происхождения.

В целом можно резюмировать, что исследование продуктов выстрела с помощью растрового электронного микроскопа позволяет:

– зафиксировать присутствие на мишени комплекса химических элементов, характерных для продуктов выстрела;

– определить тип капсюльного состава использовавшегося патрона (оржавляющий, неоржавляющий);

– выявить присутствие частичек металлов микронных и субмикронных размеров, характерных для выстрела пулей из огнестрельного оружия;

– выявить морфологические признаки микрочастиц, характерные для продуктов выстрела.

Проведенные исследования позволили сформировать основные этапы криминалисти-

ческого анализа продуктов выстрела с помощью РЭМ:

1) копирование (перенос) микроколичеств продуктов выстрела с исследуемого объекта (вещественного доказательства) на скотч-пробник;

2) предварительное исследование микроколичества продуктов выстрела на скотче-пробнике при увеличениях 50–300 крат с целью выявления наиболее информативных участков наслоений, характерных для продуктов выстрела;

3) исследование элементного состава выделенных участков наслоений общим числом не менее 10 при увеличениях 1000–10000 крат, построение обобщенного спектра;

4) исследование морфологии микрочастиц, определение наличия или отсутствия признаков, характерных для частичек продуктов выстрела (микрочастиц металла оболочки пули, продуктов срабатывания капсюльного состава, продуктов горения пороха).

УДК 343.98

О ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА МЕТОДОВ СОБИРАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ВЫСТРЕЛА

Т. В. Попова

Южно-Уральский государственный университет
E-mail: PopovaTVi@gmail.com

В статье показана перспективность исследования продуктов выстрела методами растровой электронной микроскопии. Представлена спектрограмма элементного состава частиц продуктов выстрела.

Ключевые слова: растровый электронный микроскоп, продукты выстрела.

Problem of a Choice of Methods of Collecting and Research of Products of a Shot

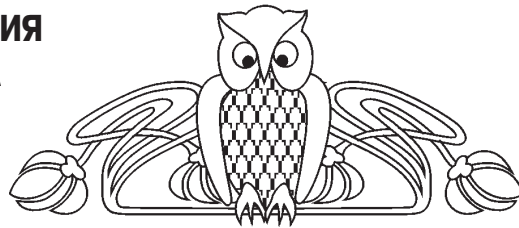
T. V. Popova

The article shows the promise of research products shot by scanning electron microscopy. Spectrogram of the elemental composition of particulate product shot is presented.

Key words: scanning electron microscope, products of the shot.

В настоящее время возможность введения в практику расследования преступлений современных научных методов значительно расширила перечень объектов, используемых в процессе уголовно-процессуального доказывания. В полной мере к таким объектам можно отнести следы выстрела.

Процесс работы со следами выстрела может быть разделен на несколько стадий: их поиск



и обнаружение; фиксация результатов осмотра следов выстрела; изъятие и сохранение следов выстрела; исследование следов выстрела; толкование результатов исследования; составление экспертного заключения. Действия, проведенные на более ранних этапах работы со следами выстрела, определяют качество конечного результата.

Для сбора следов выстрела разработаны и могут использоваться различные методы. Выбор метода для каждого конкретного случая не всегда прост и зависит от ряда факторов, среди которых можно выделить следующие: природа самих следов выстрела; природа и состояние объектов-носителей следов выстрела; отношение следов выстрела к расследуемому событию; предполагаемый метод последующего экспертного исследования следов выстрела; иные факторы и обстоятельства, возникающие при осмотре на месте преступления или в ходе исследования следов выстрела.

За последние пятьдесят лет с развитием науки и техники значительно расширился перечень технических средств и методов, используемых для исследования следов выстрела. Для работы с ними стали использоваться физи-