



УДК 343.983.2
doi: 10.25724/VAMVD.A140

О ВОЗДЕЙСТВИИ ЧАСТИЦ КОПОТИ ВЫСТРЕЛА НА ПРЕГРАДУ

Владимир Дмитриевич Исаков

Бюро судебно-медицинской экспертизы, Санкт-Петербург, Россия,
profivd@mail.ru

Аннотация. В статье изучены особенности отложений частиц копоти выстрела из ручного огнестрельного оружия на лицевой поверхности преграды, поражаемой с разных расстояний второй зоны близкой дистанции. В качестве мишеней использовали листы алюминия, меди или свинца, а в части опытов – белую бязь. Обнаруживаемые в опытах микрочастицы продуктов выстрела исследовались с помощью световых микроскопов при увеличениях от 300–600х до 1 250х, а также электронного сканирующего микроскопа при увеличениях до 5 000х. Было установлено, что копоть состоит из мельчайших малодифференцированных микрочастиц сферической формы размерами около 1–5 мк. Микрочастицы копоти способны оказывать на мишень ударное воздействие и формировать на ее поверхности микрократеры. Размеры микрократеров зависят от мощности использованного оружия, расстояния выстрела и материала преграды.

Ключевые слова: ручное огнестрельное оружие, копоть выстрела, микрочастицы, поверхность преграды, ударное воздействие, микрократеры

Для цитирования: Исаков В. Д. О воздействии частиц копоти выстрела на преграду // Судебная экспертиза. 2023. № 3 (75). С. 41–48. doi: 10.25724/VAMVD.A140

ABOUT THE IMPACT OF SOOT PARTICLES OF A SHOT ON AN OBSTACLE

Vladimir Dmitrievich Isakov

Bureau of forensic medical examination, Saint Petersburg, Russia,
profivd@mail.ru

Abstract. The article studies the features of deposits of soot particles from a shot from a hand-held firearm on the front surface of an obstacle struck from different distances of the second zone of close range. Sheets of aluminum, copper or lead were used as targets, and white calico was used in part of the experiments. The microparticles of the shot products detected in the experiments were studied using light microscopes at magnifications from 300–600x to 1 250x, as well as using an electronic scanning microscope at magnifications up to 5 000x. It was found that the soot consists of the smallest poorly differentiated spherical microparticles, about 1–5 microns in size. Soot microparticles are capable of impacting the target and forming surface microcraters on its surface. The size of the microcraters depends on the power of the weapon used, the distance of the shot and the material of the barrier.

© Исаков В. Д., 2023



Keywords: hand-held firearms, shot soot, microparticles, barrier surface, impact, microcraters

For citation: Isakov V. D. About the impact of soot particles of a shot on an obstacle. Forensic Examination, 41–48, 2023. (In Russ.). doi: 10.25724/VAMVD.A140

Одним из основных продуктов выстрела из огнестрельного оружия является копоть. Принято считать, что она состоит из углеродистых соединений с оксидами металлов и другими химическими элементами. Копоть при близкой дистанции выстрела способна откладываться на преграде вокруг входной огнестрельной раны, оказывая на нее комбинированное действие [1–7].

Целью настоящего экспериментального исследования было изучение микроскопической картины копоти близкого выстрела из огнестрельного оружия и особенностей ее отложения на поверхности преграды.

Для получения образцов копоти проводились экспериментальные выстрелы из ПМ, ПСМ и автоматов АКМ, АК-74 штатными боеприпасами с расстояния от 5 до 10 см (вторая зона близкой дистанции выстрела). В качестве мишеней использовались листы алюминия, меди или свинца, а в части опытов – белая хлопчатобумажная бязь. Поражаемая поверхность металла предварительно тщательно полировалась, а непосредственно перед отстрелом очищалась и обезжиривалась путем многократного протирания ацетоном и спиртоэфирной смесью. Для повышения качества изображения часть объектов перед микроскопией подвергалась специальному молекулярному покрытию (напылению) токопроводящими материалами: медью или углеродом.

Но, как показали эксперименты, копоть на металлических преградах оказалась возможным исследовать без какой-либо дополнительной подготовки, что связано с наличием в ее составе токопроводящих элементов: металлов выстрела и углерода. Это существенно упрощало методику и сокращало трудоемкость исследований. Всего проведено 132 опыта.

Обнаруживаемые в опытах микрочастицы продуктов выстрела исследовали с помощью стереомикроскопа и биологического микроскопа «Биолам» при увеличениях до 300–600х. Затем последовательно применялись: микроскопия в поляризованном свете и ультрафиолетовых лучах с использованием микроскопа «Поливар» при увеличениях до 1 250х. Детально частицы копоти изучали посредством электронного сканирующего микроскопа «Хитачи-Н-300» при увеличениях от 1 500х до 5 000х.

В результате оказалось, что копоть выстрела под сканирующим микроскопом имела вид отдельных хорошо различимых глыбок (микрочастиц) размерами преимущественно от 1 до 5 микрон (что сопоставимо с размерами эритроцита человека – 7 мк).

Форма этих глыбок зависела от толщины слоя копоти на поверхности мишени, но при прочих равных условиях была практически одинаковой для разных видов порохов, т. е. не обладала какими-либо индивидуальными особенностями, присущими использованному пороху.

При небольшой толщине копоти, преимущественно в один слой, большинство микрочастиц имели неправильную овальную форму и были «сплющены» в сторону мишени (рис. 1а). На поверхности преграды они находились на небольших расстояниях друг от друга, сравнимых с размерами частиц.



Если копоть на пораженном объекте имела бóльшую толщину, т. е. откладывалась на его поверхности в несколько слоев в виде сплошного конгломерата, то для большинства из поверхностно расположенных микрочастиц была свойственна преимущественно правильная сферическая форма (рис. 1б).

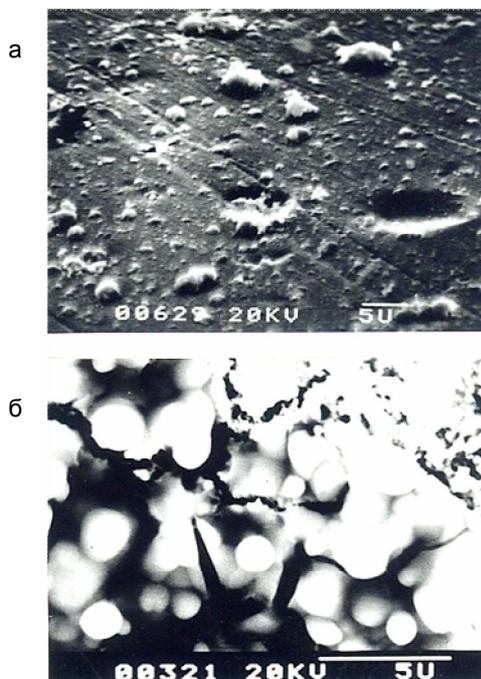


Рис. 1. Микрочастицы копоти выстрела:

а – неправильная сферическая форма частиц в результате их деформации при ударе о преграду, наличие микрократеров; б – правильная сферическая форма микрочастиц, поверхностно лежащих в многослойных отложениях копоти

Обнаруживаемые на поверхности металлических мишеней микрочастицы копоти исследовали также с помощью биологического светового микроскопа «Поливар» (в отраженных лучах при максимально возможных увеличениях до 1 250х). В ходе опытов оказалось возможным отчетливо различить и изучить лишь отдельные, наиболее крупные микрочастицы. Кроме того, на гладкой поверхности металла выявлены множественные круглые точечные дефекты.

При изучении поверхности алюминиевых мишеней с помощью электронного микроскопа с увеличением от 2 500х и более на гладкой поверхности металла под слоем копоти отчетливо наблюдалось значительное число кратерообразных дефектов, преимущественно круглой формы, с приподнятыми, вывернутыми краями и неровным чашеобразным дном. Диаметр микрократеров соответствовал форме и размерам глыбок копоти, находящихся на поверхности мишеней, и составлял в среднем 1–5 мк. Наличие таких поверхностных дефектов маскировалось наложениями по краям и вокруг них частиц копоти и их деформированных остатков, что затрудняло исследование обнаруживаемых дефектов металла (рис. 1б, 2).

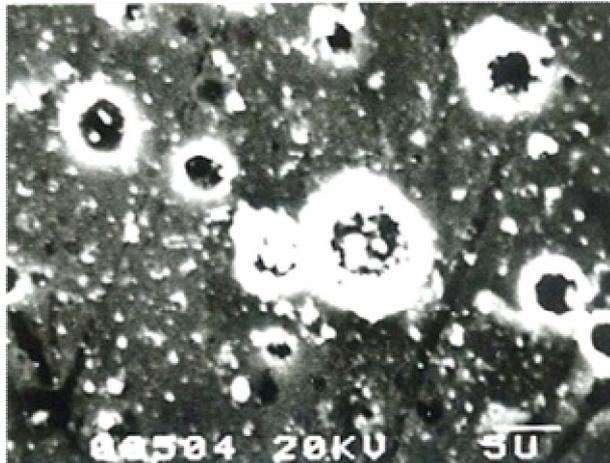


Рис. 2. Микрократеры на поверхности металлической преграды: по краям и в глубине кратеров видны отложения деформированных остатков микрочастиц копоти

Для удаления с мишеней копоти, мешающей изучению микрократеров, самой эффективной оказалась протирка их поверхности ватным тампоном, смоченным в ацетоне (последний – хороший растворитель вещества бездымного пороха). В результате поверхность мишени полностью освобождалась от посторонних наложений, за исключением дна наиболее выраженных микрократеров. Стали хорошо различимы особенности самих повреждений на мишени: их форма, размеры, края и дно (рис. 3).

Помимо получения плоскостного изображения микрообъектов, с помощью специального режима сканирующего электронного микроскопа оказалось возможным изучать и объемные характеристики объектов: размеры частиц копоти и глубину микрократеров (рис. 4). Последняя составляла в среднем около 0,5–1,5 мк и находилась в прямой зависимости от мощности примененного огнестрельного оружия и расстояния выстрела.

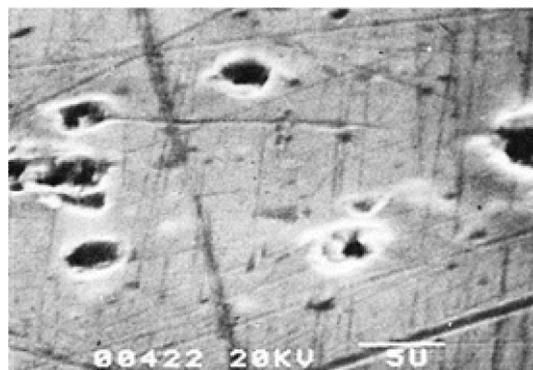


Рис. 3. Микрократеры на поверхности металлической преграды после очистки ее поверхности от вещества микрочастиц копоти

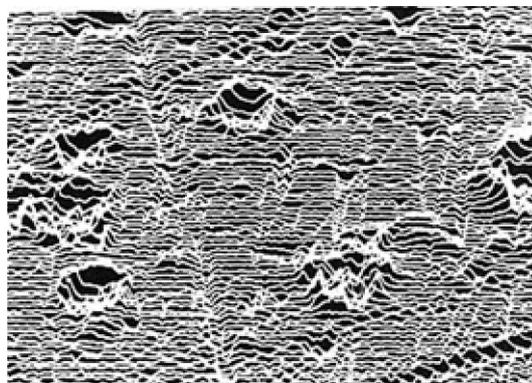


Рис. 4. Объемная визуализация тех же повреждений с помощью электронного микроскопа

В большем количестве микрократеры выявлялись при выстрелах из: а) автомата АКМ с расстояния до 12–15 см; б) автомата АК-74 с расстояния до 10–11 см; в) пистолета ПМ с расстояния до 5–7 см. Образования микрократеров в опытах с 5,45-мм пистолетом ПСМ зарегистрировано не было.

Для уточнения механизма описываемого явления и с целью исключения возможности образования микрократеров в результате термического воздействия частиц на поверхность относительно мягкого алюминия указанные опыты были повторены на мишенях из более стойких и теплоемких материалов (свинца и меди). Полученные результаты оказались полностью аналогичны проведенным ранее опытам: микрократеры возникали и четко регистрировались на поверхности пластинок из свинца и меди. Вышесказанное указывает на преимущественно механическую природу регистрируемого явления, т. е. образование дефектов поверхностного слоя мишени за счет механического, ударного воздействия микрочастиц коפות выстрела на поверхность преграды.

В режиме люминесцентной микроскопии микроскопа «Поливар» большинство определяемых при максимальных увеличениях (до 1 250х) микрочастиц давало желто-зеленоватое свечение, характерное для несгоревшего вещества бездымного пороха (нитроклетчатки). Аналогичная люминесценция была обнаружена по краям, и в глубине выявляемых микрократеров светились остатки частиц коפות выстрела, причинивших эти повреждения поверхности металла.

Дополнительно выполнялись эксперименты с лоскутами ткани одежды (белой хлопчатобумажной бязи), которые отстреливались в тех же условиях (оружие, расстояния). После экспериментов из пораженных лоскутов готовили препараты для электронной микроскопии: вырезали участки ткани прямоугольной формы размерами 1,0 × 1,0 см, наклеивали их с помощью токопроводящего клея на металлическую подложку, на поверхность ткани напыляли медь или углерод, а затем подвергали исследованию. В результате оказалось, что волокна ткани одежды подвержены таким же изменениям, что и поверхность металлических преград: на них происходило отложение большого числа глыбок коפות с формированием микрократеров, сходных с вышеуказанными (рис. 5).

Полученные данные объясняют механизм описанной в литературе прочной фиксации коפות близкого выстрела на поверхности пораженного объекта (напри-

мер, одежде пострадавшего) в виде своеобразной «татуировки» и высокой устойчивости отложений копоти к различного рода повреждающим воздействиям, например стирке [8].

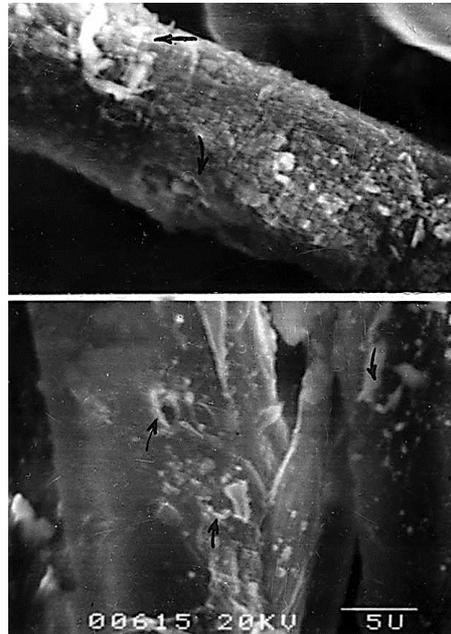


Рис. 5. Отложение микрочастиц копоти выстрела на волокнах нитей хлопчатобумажной ткани с образованием микрократеров (показано стрелками)

Кроме того, становятся понятными и результаты практических наблюдений Э. Кноблоха (1959 г.), который описывает положительную реакцию на нитраты (образование синего окрашивания, отхождение синих струек) от погруженных в раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте кусочков ткани одежды с имеющейся на ней только копотью близкого выстрела [9].

Следовательно, результаты выполненных микроскопических и электронно-микроскопических исследований отложений копоти близкого выстрела указывают, что: 1) копоть состоит из мельчайших малодифференцированных микрочастиц сферической формы размерами около 1–5 мк; 2) значительное количество микрочастиц содержит в своем составе несгоревшее вещество бездымного пороха; 3) микрочастицы копоти способны оказывать на мишень ударное воздействие и формировать на ее поверхности микрократеры; 4) наличие таких кратеров может служить дифференциально-диагностическим признаком, свидетельствующим об огнестрельной природе повреждения; 5) размеры микрократеров зависят от мощности использованного оружия, расстояния выстрела и материала преграды. Данный процесс подчиняется строгим физическим закономерностям и носит универсальный характер. Это позволяет применить известные формулы для расчета искомых параметров, в том числе контактной скорости микрочастиц при их ударе о поверхность соответствующего материала преграды [10].



$$W = \frac{mv^2}{2,62 H} \quad (1)$$

где

W – объем кратера, см³;

v – скорость микрочастицы, м/с;

H – твердость материала по Бринеллю;

m – масса микрочастицы, кг.

Преобразуя формулу (1), получаем:

$$v = \sqrt{\frac{W \cdot 2,62 H}{m}} \quad (2)$$

Рассмотрим пример расчета скорости частиц копоти на расстоянии 5 см от дульного конца 9,0-мм пистолета ПМ.

Пораженная преграда: пластина из алюминия ($H = 100$). Средний диаметр микрочастиц копоти – 1 мк; диаметр микрократеров около 1 мк, средний объем микрочастиц – 0,523 мк³; средняя масса микрочастиц – 0,785 мг (с учетом удельного веса пороха 1,5). Глубина микрократеров – 0,2–0,3 мк; объем микрократеров – 0,260 мк³. Подставляя в формулу (2) найденные значения параметров (в соответствующих единицах), получаем искомую ориентировочную контактную скорость микрочастиц – 93,2 м/с.

Список источников

1. Пиголкин Ю. И., Дубровин И. А. Судебная медицина: учебник. Москва: Мед. информ. агентство, 2015. 360 с.
2. Хохлов В. В. Судебная медицина: руководство. Смоленск: [Б. и.], 2008. 699 с.
3. Молчанов В. И., Попов В. Л., Калмыков К. Н. Огнестрельные повреждения и их судебно-медицинская экспертиза. Ленинград: Медицина, 1990. 270 с.
4. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза: учебник / А. В. Стальмахов, А. М. Сумарока, А. Г. Егоров, А. Г. Сухарев. Саратов: СЮИ, 1998. 167 с.
5. Кокин А. В., Ярмач К. В. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза: учебник. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 350 с.
6. Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза: практикум / А. Г. Андреев, Н. Ю. Жигалов, В. Ф. Зайцев [и др.]. Волгоград: ВА МВД России, 2003. 164 с.
7. Кустанович С. Д. Исследование повреждений одежды. Ленинград: Медицина, 1965. 217 с.
8. Мовшович А. А. Критерии близкой и дальней дистанции выстрела // Материалы расшир. науч.-практ. конф. Смол. науч. о-ва судеб. медиков и Бюро судеб.-мед. экспертизы Смол. облздравотдела. Смоленск, 1974. Вып. 2. С. 43–46.
9. Кноблех Э. Медицинская криминалистика. Прага: Гос. изд-во мед. лит., 1959. 419 с.
10. Васильев В. А., Николаевский В. Н. Высокоскоростные ударные явления. Москва: Мир, 1973. 533 с.



References

1. Pigolkin Yu. I., Dubrovin I. A. Forensic medicine. Textbook. Moscow: Medical News Agency; 2015: 360. (In Russ.).
2. Khokhlov V. V. Forensic medicine. Guide. Smolensk; 2008: 699. (In Russ.).
3. Molchanov V. I., Popov V. L., Kalmykov K. N. Gunshot injuries and their forensic examination. Leningrad: Medicine; 1990: 270. (In Russ.).
4. Stalmakhov A. V., Sumaroka A. M., Egorov A. G., Sukharev A. G. Ballistics and forensic ballistics. Textbook. Saratov: Saratov Legal Institute; 1998: 167. (In Russ.).
5. Kokin A. V., Yarmak K. V. Forensic ballistics and forensic ballistics. Textbook. Moscow: UNITY-DANA; 2017: 350. (In Russ.).
6. Andreev A. G., Zhigalov N. Yu., Zaitsev V. F. (et al.). Forensic ballistics and forensic ballistic examination. Workshop. Volgograd: Volgograd Academy of the Russian Ministry of Internal Affairs; 2003: 164. (In Russ.).
7. Kustanovich S. D. Research of clothing injuries. Leningrad: Medicine; 1965: 217. (In Russ.).
8. Movshovich A. A. Criteria of close and long range shot. In: Materials of the extended scientific and practical conference of the Smolensk scientific society of forensic physicians and the Bureau of forensic medicine expertise of the Smolensk regional health department. Smolensk; 1974: 43–46. (In Russ.).
9. Knolbox E. Medical forensics. Prague: State publishing house of medical literature; 1959: 419. (In Russ.).
10. Vasiliev V. A., Mykolaiv V. N. High-speed shock phenomena. Moscow: Mir; 1973: 533. (In Russ.).

Исаков Владимир Дмитриевич,

заведующий кабинетом управления качеством экспертной работы
Санкт-Петербургского Бюро судебно-медицинской экспертизы,
доктор медицинских наук, профессор; profivd@mail.ru

Isakov Vladimir Dmitrievich,

head of the quality management office of expert work
of the Saint Petersburg Bureau of forensic medical examination,
doctor of medical sciences, professor; profivd@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.06.2023; одобрена после рецензирования 29.06.2023; принята к публикации 12.09.2023.

The article was submitted 15.06.2023; approved after reviewing 29.06.2023; accepted for publication 12.09.2023.

* * *