



Дальневосточный медицинский журнал. 2022. № 2
Far Eastern Medical Journal. 2022. № 2

Оригинальное исследование
УДК 340.624.1:537.533.35-001.8
<http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2022-2-8>

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛА ПРЕГРАДЫ ПРИ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ ТРАВМЕ

Вера Александровна Кузьмина¹, Павел Васильевич Пинчук², Сергей Валерьевич Леонов^{3✉},
Игорь Валентинович Власюк⁴, Марина Анатольевна Сухарева⁵

¹⁻³111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз Минобороны России, Москва, Россия

¹kuzminava@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0694-673X>

²pinchuk1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>

^{3✉}sleonoff@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-04228-8973>

⁴Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия, vlasuik1971@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9023-6898>

⁵Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Россия, ma-suha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования с применением сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионного анализа (EDX) по установлению факта переноса огнестрельным снарядом материала преграды при выстрелах патронами 5,45×39 из автомата Калашникова специального укороченного (АКСУ) и охотничьего карабина «Сайга» через заднюю дверь автомобиля Renault Laguna II по биологическому имитатору тела человека с расстояния 5 м. Деформированные пули и их фрагменты исследовались с применением микроскопа «Leica M125», сканирующего электронного микроскопа «Hitachi FlexSem1000 II» и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра «Bruker Quantax 80». Проведенное посредством SEM/EDX исследование огнестрельных снарядов и их фрагментов позволило выявить во всех случаях наличие частиц лакокрасочного покрытия двери на оболочке и сердечнике деформированных и фрагментированных пуль. Полученные результаты свидетельствуют о том, что SEM/EDX может достоверно доказывать факт огнестрельного ранения человека через преграду и при рикошете огнестрельного снаряда.

Ключевые слова: огнестрельная травма, запреградная травма, рикошет, электронная микроскопия

Для цитирования: Современные возможности идентификации материала преграды при огнестрельной травме / В.А. Кузьмина, П.В. Пинчук, С.В. Леонов и др. // Дальневосточный медицинский журнал. – 2022. – № 2. – С. 46-50. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2022-2-8>.

MODERN POSSIBILITIES OF IDENTIFICATION OF THE BARRIER MATERIAL IN CASE OF A GUNSHOT INJURY

Vera A. Kuzmina¹, Pavel V. Pinchuk², Sergey V. Leonov^{3✉}, Igor V. Vlasjuk⁴, Marina A. Suhareva⁵

¹⁻³111 Chief state center for medical forensic and criminalistical examinations» of the Ministry of Defense Russian Federation, Moscow, Russia

¹kuzminava@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0694-673X>

²pinchuk1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>

^{3✉}sleonoff@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-04228-8973>

⁴Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia, vlasuik1971@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9023-6898>

⁵A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medical and Dentistry» of the Ministry of Healthcare Russian Federation, Moscow, Russia, ma-suha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>

Abstract. The article presents the results of an experimental study using scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersion analysis (EDX) to establish the fact of transfer by a firearm of the barrier material when fired with 5,45×39 cartridges from a Kalashnikov special shortened (AKSU) and hunting carbine «Saiga» through the rear door



of a Renault Laguna II car on parts of a pig carcass from a distance of 5 m. Deformed bullets and their fragments were examined using a Leica M125 microscope, a Hitachi FlexSem1000 II scanning electron microscope and a Bruker Quantax 80 energy dispersive X-ray spectrometer. The study of firearms shells and their fragments carried out by SEM/EDX revealed in all cases the presence of particles of the door paint coating on the shell and core of deformed and fragmented bullets, and also proved that SEM/EDX can reliably prove the fact of a gunshot wound to a person through an obstacle and during the ricochet of a firearm shell.

Keywords: gunshot injury, retrograde injury, ricochet, electron microscopy, energy dispersion analysis, SEM/EDX

For citation: Modern possibilities of identification of the barrier material in case of a gunshot injury / V.A. Kuzmina, P.V. Pinchuk, S.V. Leonov, et al. // Far Eastern medical journal. – 2022. – № 2. – P. 46-50. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2022-2-8>.

В условиях достаточно высокой доступности огнестрельного оружия, наличия военных конфликтов, совершенствования огнестрельного оружия и боеприпасов к нему, а также средств пулезащиты всё большую актуальность для медицинских работников приобретает запреградная травма, которая нередко встречается в условиях салона автомобиля. С огнестрельными повреждениями, полученными в подобных условиях, часто сталкиваются не только судебно-медицинские эксперты, но и врачи клинических специальностей, и в первую очередь – хирурги и травматологи. Не менее интересен этот вид травмы для экспертов-криминалистов (в рамках проведения баллистических и идентификационных криминалистических экспертиз) и сотрудников правоохранительных органов.

Актуальность темы запреградской огнестрельной травмы обусловлена тем, что при наличии большого количества научных исследований, посвященных различным аспектам запреградской травмы, причиненной при различных условиях и из различных видов огнестрельного оружия, вопросы, посвященные обнаружению и идентификации материала преграды на огнестрельном снаряде, остаются малоизученными [3, 4, 5, 6, 7]. Современное развитие науки и техники позволяет расширить перечень обычно решаемых при огнестрельной травме вопросов и повысить эффективность и доказательность проводимых судебно-медицинскими

экспертами специальных исследований биологических и небиологических объектов. Одними из таких методов исследования является сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионный анализ (далее – SEM/EDX), которые позволяют обнаруживать перенос мельчайших частиц преграды на огнестрельном снаряде после их контактного взаимодействия (в первую очередь, пенетрационного и фрикционного) друг с другом и не требуют сложной пробоподготовки [1, 2].

Нами были проанализированы несколько случаев из судебно-медицинской экспертной практики, когда выстрелы из огнестрельного оружия осуществлялись преступниками по стеклам и кузову движущегося автомобиля с находящимися в нем водителем и пассажиром заднего сиденья. При осмотре автомобиля в салоне обнаруживалось значительное количество как пуль, так и их фрагментов. В каждом из указанных криминальных событий следователями правоохранительных органов перед судебно-медицинскими экспертами и криминалистами ставились задачи по дифференцировке фрагментов разрушенных огнестрельных снарядов в зависимости от материала пробитой ими преграды. При решении указанной задачи эксперты сталкивались с серьезными проблемами, обусловленными отсутствием научно-методической базы для решения подобных экспертных задач. Это, в свою очередь, послужило основанием для настоящего экспериментального исследования.

Материалы и методы

Целью работы явилось экспериментальное исследование с применением SEM/EDX по установлению факта и особенностей переноса огнестрельным снарядом материала преграды при выстрелах гражданскими (охотничьими) и боевыми патронами 5,45×39 из АКСУ и охотничьего карабина «Сайга».

В качестве преграды применялась задняя дверь от автомобиля Renault Laguna II, которая устанавливалась под углом 30-35° в специально оборудованном пулеулавителе (установка для отстрела оружия «Скорость»). В качестве наполнителя использовались специальные резиновые листы. Выстрелы из АКСУ производились патроном 7Н6М с обычной пулей (массой 3,4 г) со стальным сердечником из стали 65Г (массой 1,43 г). Из охотничьего карабина «Сайга» выстрелы производились гражданским (охотничьим) патроном

5,45×39 с оболочечной пулей без сердечника (массой 3,85 г). Выстрелы осуществлялись с расстояния 5 м (всего было произведено 20 выстрелов – по 10 из каждого вида оружия) для исключения влияния на результаты проводимого исследования сопутствующих факторов выстрела. В качестве биологической мишени применялся биологический имитатор тела человека – части туши свиньи (почерёвок и карбонат), которые с целью моделирования передней и задней поверхности тела человека складывались в несколько слоев и устанавливались на расстоянии 25 см от преграды.

Каждый эксперимент фиксировался посредством скоростной видеосъемки с применением видеокамеры «Sony RX0» с частотой 1 000 кадров в секунду. Выполнялось покадровое изучение процесса поражения преграды и мишени. Исследованию подвергались

деформированные пули, извлеченные из пулеулавливателя, и фрагменты пуль, извлеченные из биологической мишени. Пули, извлеченные из пулеулавливателя, перед проведением исследований помещались в чистую чашку Петри. Фрагменты пуль, извлеченные из биологической мишени, очищались от крупных наложений мягких тканей, дважды на 5 минут погружались в растворитель (ацетон) с целью удаления жира, просушивались и затем подвергались SEM/EDX. Для контроля также исследовались фрагмент резинового листа пулеулавливателя и пули патрона 5,45×39 после выстрела из АКСУ и охотничьего карабина «Сайга» без прохождения преграды.

Исследования проводились с применением микроскопа «Leica M125» на увеличении ×10-80,

Результаты и обсуждение

Во всех наблюдениях после пробития преграды регистрировалось отклонение траектории огнестрельного снаряда кверху на 10-20°, после чего наблюдался его рикошет от стенки пулеулавливателя под углом 70° вниз (вероятность 0,5) с последующим поражением биологической мишени, либо под углом 15-20° вниз, и в этом случае деформированная пуля обнаруживалась в резиновых листах пулеулавливателя (рис. 1). По ходу раневого канала в биологической мишени регистрировались фрагменты оболочки пули. При выстрелах из АКСУ в мягких тканях мишени также обнаруживался деформированный стальной сердечник (рис. 2).

В рамках поставленной цели первоначально нами был исследован с двух сторон фрагмент лакокрасочного покрытия автомобильной двери. EDX лакокрасочного покрытия показал, что наружный слой краски состоит преимущественно из следующих химических элементов: свинца (Pb) и железа (Fe), в существенно меньших количествах – из алюминия (Al), магния (Mg), натрия (Na), серы (S), кремния (Si) и хлора (Cl). Внутренний слой краски состоит в большей массе из следующих химических элементов: кислорода (O) и углерода (C), в меньшем количестве состоит из цинка (Zn), титана (Ti), фосфора (P) и в минимальном количестве – из алюминия (Al), кремния (Si), магния (Mg), серы (S) и хлора (Cl). EDX пуль после выстрела из АКСУ и охотничьего карабина «Сайга» без пробития преграды показал, что пуля патрона 5,45×39 состоит из железа (Fe), меди (Cu), свинца (Pb), алюминия (Al) и кислорода (O). EDX специального резинового листа показал, что он состоит из следующих стабильно встречающихся химических элементов: в большей массе из углерода (C) и кислорода (O), в существенно меньшем количестве из цинка (Zn), кремния (Si), серы (S) и кальция (Ca).

На следующем этапе нами макроскопически и микроскопически посредством микроскопа «Leica M125» на увеличениях ×10-80 были исследованы деформированные пули, извлеченные из пулеулавливателя. Исследование показало наличие уплощения

сканирующего электронного микроскопа «Hitachi FlexSem1000 П» и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра «Bruker Quantax 80». Сканирование производилось в режиме низкого вакуума (VP-SEM 30 Pa). Применялось увеличение от ×70 до ×1500. Ускоряющее напряжение составило 15 кВ, величина силы поглощенного тока – 600-800 пА, рабочая дистанция – 8,4-14 мм. Набор спектра осуществлялся в автоматическом режиме до получения статистически достоверного результата (1 миллион импульсов). При исследовании производилась визуальная оценка морфологии частиц огнестрельных снарядов и преграды, их элементный состав и картирование (получение карт распределения химических элементов).

головной части пули в области её вершинки (вероятность 0,33), её воронкообразную деформацию (вероятность 0,33), либо полное разрушение вершинки (0,33), которое было более характерно для снарядов охотничьих патронов. Каких-либо привнесений на поверхности пуль выявлено не было.

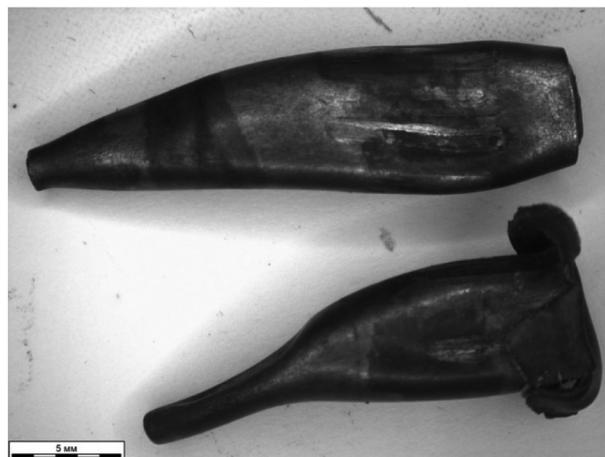


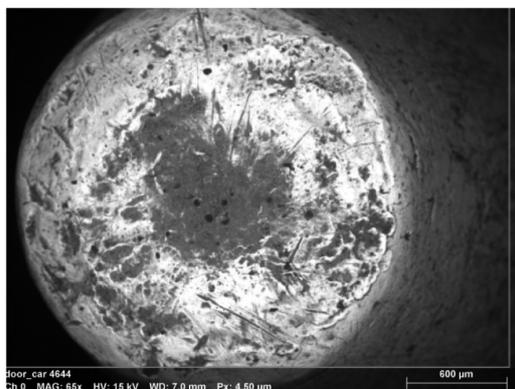
Рис. 1. Деформированные пули патрона 5,45×39 после пробития преграды из автомобильной двери и рикошета, извлеченные из пулеулавливателя



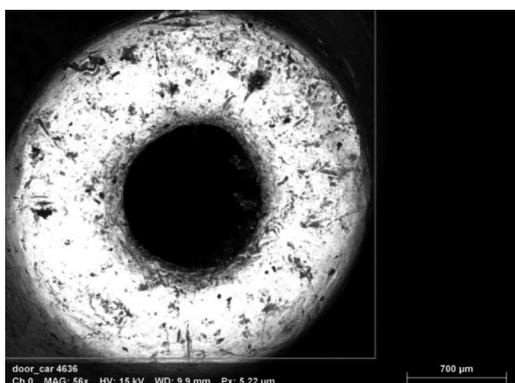
Рис. 2. Фрагменты пули патрона 5,45×39 после пробития преграды из автомобильной двери и рикошета, извлеченные из биологической мишени



При SEM головной (деформированной) части пули выявлялась неоднородность их поверхности со множественными направленными, преимущественно, радиально, бороздами и наложениями плотного светлого вещества (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Электронограмма наложений на оболочке головной части пули патрона 5,45×39 после её прохождения через автомобильную дверь и рикошет (а – пуля с целой вершинкой; б – пуля с разрушенной вершинкой)

Аналогичного характера наложения обнаруживались на деформированном сердечнике и фрагментах оболочки пули, извлеченных из биологического имитатора тела человека после рикошета (рис. 4).

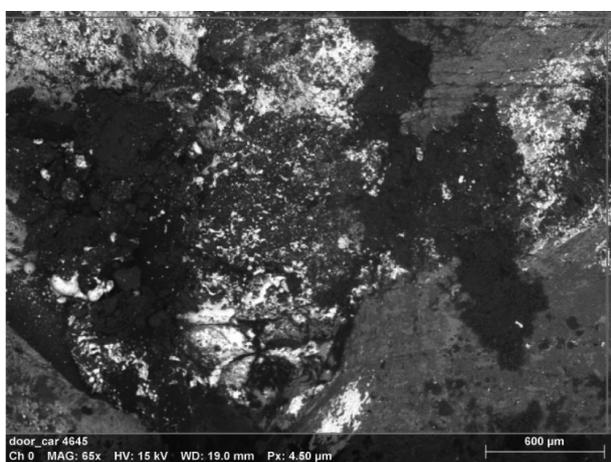
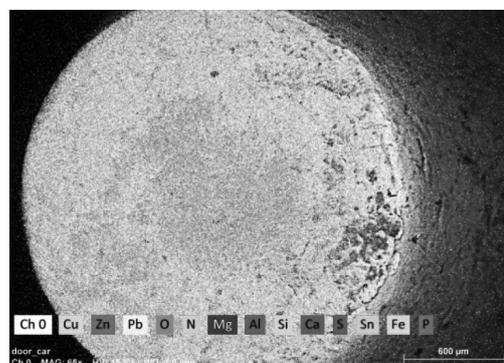
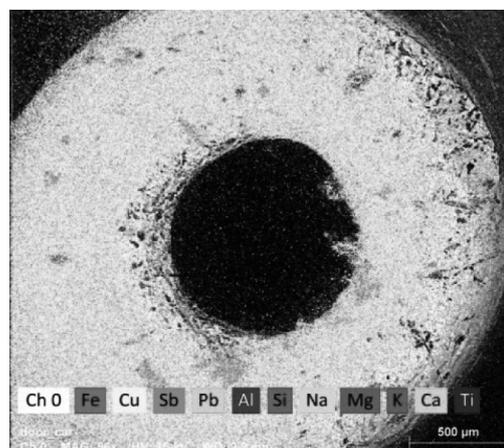


Рис. 4. Электронограмма наложений на деформированном сердечнике пули патрона 5,45×39, извлеченного из биологической мишени после рикошета

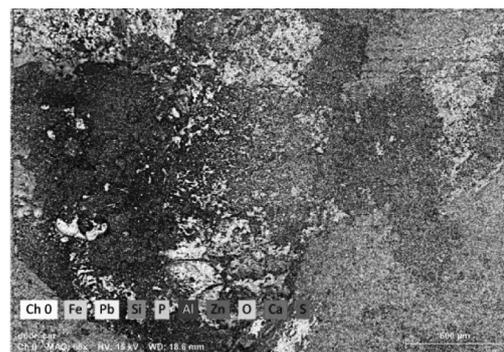
EDX наложений показал, что они состоят, в большей массе, из углерода (С), кислорода (О), серы (S) и меди (Cu), в меньшей – из цинка (Zn), кремния (Si) и магния (Mg), в минимальном количестве – из фосфора (P), кальция (Ca), алюминия (Al), железа (Fe), олова (Sn), свинца (Pb), натрия (Na) и титана (Ti) (рис. 5).



а



б



в

Рис. 5. Электронограмма наложений на пуле боевого патрона 5,45×39 с визуализированием распределения химических элементов (а, б – на головной части деформированных пуль, извлеченных из пулеулавливателя, в – на деформированном сердечнике, извлеченном из биологической мишени)

При проведении сравнительного исследования элементного состава лакокрасочного покрытия автомобильной двери, пули патрона 5,45×39, резиновых листов пулеулавливателя и наложений на пуле и её фрагментах после пробития автомобильной двери, установлено стабильное обнаружение



специфического отложения вещества лакокрасочного покрытия автомобильной двери на головной части пули, фрагментах её оболочки и сердечнике: титана (Ti), магния (Mg), натрия (Na) и фосфора (P).

Во всех экспериментах установлено стабильное отклонение траектории полета пули в сторону рикошета на 10-20° после пробития автомобильной двери.

Результаты проведенного экспериментального исследования убедительно свидетельствуют о том, что на головной части пули, вне зависимости от того, какой применялся патрон (боевой или охотничий), и её фрагментах после пробития автомобильной двери и рикошете происходит специфическое отложение частиц преграды. SEM/EDX позволяет достоверно обнаружить химические элементы материала пре-

грады на огнестрельном снаряде и его фрагментах после рикошета и поражения биологической мишени.

Применение SEM/EDX позволяет доказать факт огнестрельного ранения человека через преграду или при рикошете от неё огнестрельного снаряда.

Извлеченные из тела человека в ходе хирургической операции или секционного исследования огнестрельные снаряды и их фрагменты нельзя подвергать какой-либо обработке, чтобы избежать утери имеющихся на них наложений или привнесения новых. Указанные объекты необходимо без какой-либо обработки передать соответствующему уполномоченному лицу для организации дальнейших специальных исследований в условиях соответствующего государственного судебно-экспертного учреждения.

Список источников

1. Бояркина О.В. Физические методы исследования твердых тел: электронная микроскопия и рентгеноструктурный анализ: учеб. пособие / О.В. Бояркина, М.И. Зотов, В.М. Кяшкин [и др.] – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. – 96 с.
2. Гусева С.В., Леонов С.В., Пинчук П.В., Шакирьянова Ю.П. Возможности сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом при исследовании огнестрельных повреждений // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – № 3. – С. 41-44.
3. Гусенцов А.О. Судебно-медицинская диагностика входных пулевых огнестрельных повреждений, образовавшихся в результате рикошета: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2013. – 100 с.
4. Гусенцов А.О., Е.М. Кильдошов, Туманов Э.В. Современное состояние судебно-медицинской экспертизы и экспериментальных исследований запреградной огнестрельной травмы // Судебно-медицинская экспертиза. – 2019. – № 2. – С. 61-66.
5. Демин А.А., Титов И.А., Верещагин П.В. Моделирование разрушения пуль стрелкового оружия при рикошете // Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 28-32.
6. Калмыков К.Н. Судебно-медицинская характеристика поражений обыкновенными и специальными пулями образца 1943 г., предварительно преодолевшими преграду: дис... канд. мед. наук: 14.00.24. – Л., 1961. – Т. 1, 2. – 462 с.
7. Vermeij E., Rijnders M., Pieper P., Hermsen R. Interaction of bullets with intermediate targets: Material transfer and damage // Forensic Science International. – 2012. – Vol. 223. – P. 125-135.

References

1. Boyarkina O.V. Physical methods for the study of solids: electron microscopy and X-ray diffraction analysis: a textbook / O.V. Boyarkina, M.I. Zotov, V.M. Kyashkin, et al. – Saransk: Publishing House of Mordovian University, 2012. – 96 p.
2. Demin A.A., Titov I.A., Vereshchagin P.V. Modeling the destruction of small arms bullets at ricochet // South Siberian Scientific Bulletin. – 2019. – Vol. 26 (2). – P. 28-32.
3. Gusentsov A.O. Forensic medical diagnostics of entrance bullet gunshot injuries resulting from rebounding shot: Thesis of ... a Candidate of Med. Science. – Minsk, 2013. – 100 p.
4. Gusentsov A.O., Kildiushov E.M., Tumanov E.V. The current state of forensic medical expertise and the experimental studies of the after-penetration gunshot wound // Forensic Medical Examination. – 2019. – Vol. 62 (2). – P. 61-66.
5. Guseva S.V., Leonov S.V., Pinchuk P.V., Shakiryanova Yu.P. Possibilities of scanning electron microscopy with energy dispersive analysis in the study of gunshot injuries // Forensic Medical Examination. – 2021. – № 3. – P. 41-44.
6. Kalmykov K.N. Forensic medical characteristics of lesions obtained from ordinary and special bullets of the 1943 model, which had previously overcome the barrier: Thesis of ... a Candidate of Med. Science. – L., 1961.
7. Vermeij E., Rijnders M., Pieper P., Hermsen R. (2012) Interaction of bullets with intermediate targets: Material transfer and damage. – Forensic Science International. – 2012. – № 223. – P. 125-135.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 21.03.2022.

The article was accepted for publication 21.03.2022.