

Установление факта и особенностей переноса огнестрельным снарядом вещества преграды из многослойных и комбинированных материалов

В.А. Кузьмина¹, П.В. Пинчук^{1,2}, С.В. Леонов^{1,3}, М.А. Сухарева³

¹ 111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз, Москва, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

³ Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время вопросы установления факта ранения человека огнестрельным снарядом через конкретный вид преграды или вследствие рикошета от неё, а также идентификации материала преграды практически не изучены.

Цель исследования — установление факта и особенностей переноса огнестрельным снарядом материалов многослойных и комбинированных преград (триплекс, комбинированная преграда из керамогранита и пенобетона) при выстрелах патронами 5,45×39 из автомата Калашникова специального укороченного.

Материал и методы. Выстрелы производились через различные виды преград по биологическому имитатору тела человека с расстояния 5 м. Все эксперименты фиксировались посредством скоростной видеосъёмки с применением видеокамеры Sony RX0 с частотой 1000 кадров/сек. Пули и их фрагменты, извлечённые из пулеулавливателя или тканей биологической мишени, после соответствующей обработки исследовали посредством микроскопа Leica M125, сканирующего электронного микроскопа Hitachi FlexSem 1000 II и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра Bruker Quantax 80.

Результаты. Световая микроскопия огнестрельных снарядов, преодолевших преграду, выявила наличие характерной деформации пуль при пробитии ими каждого вида исследованных преград. Сканирующая электронная микроскопия (SEM) и энергодисперсионный анализ (EDX) позволили выявить в каждом случае наличие наложений частиц преграды по всем поверхностям как деформированных пуль, так и фрагментов их оболочек и сердечников.

Заключение. Проведённое экспериментальное исследование доказало, что посредством сканирующей электронной микроскопии (SEM/EDX) возможно достоверно устанавливать факт огнестрельного ранения человека через преграду из многослойных и комбинированных материалов.

Ключевые слова: огнестрельная травма; запреградная травма; триплекс; комбинированная преграда; сканирующая электронная микроскопия; SEM; энергодисперсионный анализ; EDX.

Как цитировать

Кузьмина В.А., Пинчук П.В., Леонов С.В., Сухарева М.А. Установление факта и особенностей переноса огнестрельным снарядом вещества преграды из многослойных и комбинированных материалов // Судебная медицина. 2022. Т. 8, № 3. С. 00–00. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm681>

Рукопись получена: 03.01.2022 Рукопись одобрена: 21.09.2022 Опубликовано: 18.10.2022

Establishment of the fact and features of the transfer by a firearm of a substance barrier made of multilayer and combined materials

Vera A. Kuzmina¹, Pavel V. Pinchuk^{1,2}, Sergey V. Leonov^{1,3}, Marina A. Suhareva³

¹ Chief State Center for Forensic Medicine and Forensic Expertise 111, Moscow, Russian Federation

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Currently, the issues of establishing the fact of a person being wounded by a firearm through a specific type of obstacle or due to a ricochet from it, as well as the identification of the material of the obstacle, have not been practically studied.

AIMS: Establishment of the fact and features of the transfer by a firearm of materials of multilayer and combined barriers (triplex, combined barrier made of keremogranite and foam concrete) when fired with 5.45×39 cartridges from a special shortened Kalashnikov assault rifle.

MATERIAL AND METHODS: Shots were fired through various types of obstacles using a biological simulator of the human body from a distance of 5 meters. All experiments were recorded by means of high-speed video shooting using a Sony RX0 video camera with a frequency of 1000 frames per second. Bullets and their fragments extracted from the bullet trap or biological target tissues, after appropriate processing, were examined using a Leica M125 microscope, a Hitachi FlexSem 1000 II scanning electron microscope and a Bruker Quantax 80 energy dispersive X-ray spectrometer.

RESULTS: Light microscopy of the firearms that overcame the obstacle revealed the presence of a characteristic deformation of the bullet when it breaks through each type of the studied obstacles. Scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersion analysis (EDX) revealed in each case the presence of overlays of barrier particles on the entire surface of both deformed bullets and fragments of their shells and cores.

CONCLUSION: The conducted experimental study proved that by means of SEM/EDX it is possible to reliably establish the fact of a gunshot wound of a person through a barrier of multilayer and combined materials.

Keywords: gunshot injury; post-barrier injury; triplex; combined barrier; scanning electron microscopy; SEM; energy dispersion analysis; EDX.

To cite this article

Kuzmina VA, Pinchuk PV, Leonov SV, Suhareva MA. Establishment of the fact and features of the transfer by a firearm of a substance barrier made of multilayer and combined materials. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2022;0(0):00–00. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm681>

Received: 03.01.2022

Accepted: 21.09.2022

Published: 18.10.2022

ОБОСНОВАНИЕ

Поражение человека огнестрельным снарядом или его частями после прохождения ими различных преград или при рикошете — один из актуальных вопросов судебно-медицинской экспертизы огнестрельной травмы. К настоящему времени накоплен значительный объём знаний, посвящённых пробитию преград из разнообразных материалов различными видами боеприпасов, моделированию процесса проникновения огнестрельного снаряда в те или иные материалы и их комбинации (в рамках создания средств коллективной и индивидуальной пулезащиты), диагностике огнестрельных повреждений, причинённых в условиях выстрела через преграду или при рикошете [1–9]. В то же время в отечественной судебно-медицинской экспертной практике отсутствуют научные разработки, позволяющие достоверно устанавливать факт прохождения пули через конкретную преграду. В иностранной литературе нам встретилась лишь одна публикация [10], в которой изложены результаты экспериментального исследования возможности переноса выстреленными из пистолета и револьвера оболочечными и полуоболочечными пулями с низкой скоростью (до 500 м/с) таких материалов, как стекло, металл и гипс.

Цель исследования — с помощью сканирующей электронной микроскопии (scanning electron microscopy, SEM) и энергодисперсионного рентгеновского анализа (energy dispersion analysis, EDX) установить возможность и особенности переноса огнестрельным снарядом материала многослойных и комбинированных преград при выстрелах патронами 5,45×39 из автомата Калашникова специального укороченного (АКСУ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено экспериментальное одноцентровое одномоментное неконтролируемое исследование.

Условия проведения

Выстрелы производили из АКСУ, снаряжённых патронами 5,45×39 (7Н6М), с расстояния 5 м (для исключения влияния сопутствующих факторов выстрела и стабилизации пули) в условиях тира ФГКУ «111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз» Министерства обороны России в период с 2020 по 2021 г.

Описание исследования

Объектом исследования являлись материалы изучаемых преград, пули патрона 5,45×39 со стальным сердечником (7Н6М) и их фрагменты, выстреленные из АКСУ, после прохождения через различные материалы преград и биологическую мишень. В качестве преграды применяли автомобильные многослойные лобовые стёкла (триплекс) от автомобилей BMW и Mercedes-Benz различных моделей и комбинированную преграду из композитных материалов (керамогранит и пенобетон). В качестве биологической мишени использовали биологический имитатор тела человека — части туши свиньи (почерёвок, сложенный в несколько слоёв с целью моделирования передней и задней поверхности тела человека). Расстояние между преградой и мишенью составляло 25 см.

Исследование объектов проводили сначала с помощью микроскопа Leica M125

(Германия) при увеличении до 100, затем посредством сканирующего электронного микроскопа Hitachi FlexSem 1000 II (Hitachi HT, Япония) и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра Bruker Quantax 80 (Bruker Physik AG, Германия). Сканирование производили в режиме низкого вакуума (VP-SEM 30 Pa). Применяли увеличение от 45 до 1500 крат. Ускоряющее напряжение составило 15 кВ, величина силы поглощённого тока — 600–800 пА, рабочая дистанция — 12 мм. Набор спектра осуществлялся в автоматическом режиме до получения статистически достоверного результата (1 млн импульсов). При исследовании производили визуальную макроскопическую оценку морфологии частиц огнестрельных снарядов и преграды, установление их элементного состава и картирование (получение карт распределения химических элементов). Перед проведением SEM/EDX пулю и их фрагменты, извлечённые из биологической мишени, удаляли крупные наложения мягких тканей, затем проводили двукратное обезжиривание в ацетоне пулю и их фрагменты в течение 5 мин.

В качестве контроля использовали фрагмент резинового листа пулеулавливателя и пулю патрона 5,45×39 после выстрела из АКСУ без прохождения преграды, которые также исследовались методами SEM/EDX.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех экспериментах наблюдалось пробитие огнестрельным снарядом преграды. Пробитие биологической мишени наблюдалось только при выстрелах через комбинированную преграду из керамогранита и пенобетона. Преодоление пулей каждой исследованной преграды придавало характерную деформацию огнестрельному снаряду:

- при пробитии триплекса пуля фрагментировалась с отделением сердечника, который оставался недеформированным (рис. 1, а);
- при пробитии комбинированной преграды из керамогранита с пенобетоном и биологической мишени отмечались деформация головной части пули в виде сплющивания и наличие грибовидной деформации головной части пули (рис. 1, б).

При преодолении каждой из указанных преград фиксировался характерный выброс частиц преграды в виде двух конусов, обращённых вершинами друг к другу:

- при пробитии триплекса величина углов конусов составляет 25° (наружный) и 50° (внутренний) с отклонением внутреннего конуса вверх под углом 55° к линии прицеливания, а наружного — вниз на 30° (рис. 2, а);
- при прохождении комбинированной преграды из пенобетона и керамогранита величина угла наружного конуса составляет около 45–50°, внутреннего — 70° с незначительным отклонением от линии прицеливания внутреннего конуса кверху, наружного — книзу (рис. 2, б).

EDX пулю после выстрела из АКСУ без пробития преграды показал, что пуля патрона 5,45×39 состоит из железа (Fe), меди (Cu), свинца (Pb), алюминия (Al) и кислорода (O). EDX резинового листа пулеулавливателя показал, что он состоит в большей массе из углерода (C) и кислорода (O), в существенно меньшей — из цинка (Zn), кремния (Si), серы (S) и кальция (Ca). EDX триплекса показал, что он состоит из кремния (Si), кислорода (O), натрия (Na), алюминия (Al), магния (Mg) и кальция (Ca), EDX пенобетона показал, что он состоит из алюминия (Al), кремния (Si), железа (Fe), кальция (Ca), серы (S) и титана (Ti). EDX керамогранита показал, что он состоит из кремния (Si), алюминия (Al), натрия (Na), кислорода (O), кальция (Ca), магния (Mg) и калия (K).

Во всех наблюдениях отмечался стабильный перенос вещества преграды (химических элементов) на огнестрельный снаряд и его фрагменты:

- при пробитии триплекса — перенос кремния (Si), кальция (Ca), магния (Mg) и натрия (Na), а также прилипших к мягким тканям биологической мишени частиц стекла, сферических частиц железа (Fe); (рис. 3, а);
- при преодолении комбинированной преграды из керамогранита и пенобетона, а также биологической мишени — магния (Mg), характерного для керамогранита, и титана (Ti), характерного для пенобетона (рис. 3, б).

Стабильно выявляемые алюминий (Al) и кислород (O) на поверхности пули после пробития преграды не могут использоваться для идентификации материала преграды, так как являются составным элементом и пули патрона 5,45×39, и материала всех изученных видов преград.

Проведённое исследование подтвердило, что стабильный перенос вещества преграды на огнестрельный снаряд и его фрагменты отмечается как при выстрелах патронами с низкоскоростными пулями без поражения биологического объекта [10], так и высокоскоростными пулями после поражения биологического имитатора тела человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённого экспериментального исследования свидетельствуют, что при производстве медико-криминалистической экспертизы огнестрельной травмы макро- и микроскопическим методом, а также с помощью SEM/EDX возможно достоверно установить факт огнестрельного ранения человека через многослойные и комбинированные преграды по совокупности характерных признаков, а именно: характеру деформации огнестрельного снаряда, характеру выброса и распространения частиц преграды, элементному составу обнаруженных на огнестрельном снаряде отложений.

Методы SEM/EDX удобны в работе криминального эксперта, так как не требуют много времени для подготовки объекта исследования, а также его изменения и/или уничтожения.

Извлечённые из тела человека в ходе хирургических оперативных вмешательств или секционного исследования трупа огнестрельные снаряды и их фрагменты категорически нельзя подвергать какой-либо обработке (мыть, вытирать и т.д.) во избежание возможного уничтожения имеющихся на них наложений или привнесения чужеродного материала.

Характер повреждений тела человека вторичными снарядами с учётом полученных данных об их направлении и величине конуса выброса позволяет более точно позиционировать пострадавшего относительно преграды.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: С.В. Леонов, В.А. Кузьмина, М.А. Сухарева — сбор данных; В.А. Кузьмина — написание черновика рукописи; П.В. Пинчук, С.В. Леонов — научная редакция рукописи; П.В. Пинчук,

С.В. Леонов, В.А. Кузьмина, М.А. Сухарева — рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The study had no sponsorship.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All of the authors read and approved the final version of the manuscript before publication, agreed to be responsible for all aspects of the work, implying proper examination and resolution of issues relating to the accuracy or integrity of any part of the work. S.V. Leonov, V.A. Kuzmina, M.A. Sukhareva — data collection; V.A. Kuzmina — drafting of the manuscript; P.V. Pinchuk, S.V. Leonov — critical revision of the manuscript for important intellectual content; P.V. Pinchuk, S.V. Leonov, V.A. Kuzmina, M.A. Subareva — review and approve the final manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калмыков К.Н. Судебно-медицинская характеристика поражения обыкновенными и специальными пулями образца 1943 г., предварительно преодолевшими преграду: Дис. ... канд. мед. наук. Ленинград, 1961. 462 с.
2. Исаков В.Д. К вопросу взаимодействия пули с преградой // Актуальные вопросы теории и практики судебной медицины: материалы научно-практической конференции, посвященной 40-летию снятия блокады Ленинграда и полному освобождению Ленинградской области от немецко-фашистских захватчиков. Ленинград, 1986.
3. Гусенцов А.О. Судебно-медицинская диагностика входных пулевых огнестрельных повреждений, образовавшихся в результате рикошета: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Минск, 2013. 23 с.
4. Гусенцов А.О., Кильдюшов Е.М., Туманов Э.В. Современное состояние судебно-медицинской экспертизы и экспериментальных исследований запреградной огнестрельной травмы // Судебно-медицинская экспертиза. 2019. Т. 62, № 2. С. 61–66. doi: 10.17116/sudmed20196202161
5. Гусенцов А.О., Кильдюшов Е.М. Имитатор тела человека как входной параметр баллистического эксперимента // Судебно-медицинская экспертиза. 2020. Т. 63, № 5. С. 23–29. doi: 10.17116/sudmed20206305123
6. Денисов А.В., Тюрин М.В., Сохранов М.В., и др. Особенности поражения живых целей в зоне рикошета пуль при стрельбе по твердым преградам // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2014. № 1. С. 179–183.
7. Mattijssen E., Pater K., Stoel R. Ricochet behavior on glass-critical ricochet angles, ricochet angles, and deflection angles // J Forensic Sci. 2016. Vol. 61, N 6. P. 1456–1460. doi: 10.1111/1556-4029.13201
8. Thornton J.L., Cashman P.J. The effect of tempered glass on bullet trajectory // J Forensic Sci. 1986. Vol. 31, N 2. P. 743–746.
9. Kerkhoff W., Alberink I., Mattijssen E. An empirical study on the relation between the critical angle for bullet ricochet and the properties of wood // J Forensic Sci. 2015. Vol. 60, N 3. P. 605–610. doi: 10.1111/1556-4029.12738
10. Vermeij E., Rijnders M., Pieper P., Hermsen R. Interaction of bullets with intermediate targets: material transfer and damage // Forensic Sci Int. 2012. Vol. 223, N 1-3. P. 125–135. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.08.016

REFERENCES

1. Kalmykov KN. Forensic medical characteristics of the defeat by ordinary and special bullets of the 1943 model, which previously overcame the obstacle [dissertation]. Leningrad; 1961. 462 p. (In Russ).
2. Isakov VD. On the issue of the interaction of a bullet with an obstacle. In: Current issues of the theory and practice of forensic medicine: Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 40th anniversary of the lifting of the siege of Leningrad and the complete liberation of the Leningrad region from the German-fascist invaders. Leningrad; 1986. (In Russ).
3. Gusentsov AO. Forensic diagnostics of entrance bullet gunshot injuries resulting from ricochet [dissertation abstract]. Minsk; 2013. 23 p. (In Russ).
4. Gusentsov AO, Kil'diushov EM, Tumanov EV. The current state of forensic medical expertise and the experimental studies of the after-penetration gunshot wound. *Forensic Medical Expertise*. 2019;62(2):61–66. (In Russ). doi: 10.17116/sudmed20196202161
5. Gusentsov AO, Kildyushov EM. A human body simulator as an input parameter of ballistic experiment. *Forensic Medical Expertise*. 2020;63(5):23–29. (In Russ). doi: 10.17116/sudmed20206305123
6. Denisov AV, Tjurin MV, Sohranov MV, et al. Features of hitting live targets in the bullet ricochet zone when shooting at solid obstacles. *Bulletin of the Russian military medical academy*. 2014;(1):179–183. (In Russ).
7. Mattijssen E, Pater K, Stoel R. Ricochet behavior on glass-critical ricochet angles, ricochet angles, and deflection angles. *J Forensic Sci*. 2016;61(6):1456–1460. doi: 10.1111/1556-4029.13201
8. Thornton JJ, Cashman PJ. The effect of tempered glass on bullet trajectory. *J Forensic Sci*. 1986;31(2):743–746.
9. Kerkhoff W, Alberink I, Mattijssen EJ. An empirical study on the relation between the critical angle for bullet ricochet and the properties of wood. *J Forensic Sci*. 2015;60(3):605–610. doi: 10.1111/1556-4029.12738
10. Vermeij E, Rijnders M, Pieper P, Hermsen R. Interaction of bullets with intermediate targets: material transfer and damage. *Forensic Sci Int*. 2012;223(1-3):125–135. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.08.016

| ОБ АВТОРАХ | AUTHORS' INFO |
|--|---|
| * Леонов Сергей Валерьевич , д.м.н., профессор; адрес: Россия, 105094, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0428-8973 ; eLibrary SPIN: 2326-2920; e-mail: sleonoff@inbox.ru | * Sergey V. Leonov , MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; address: 3, Hospital square, Moscow, 105094, Russia; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0428-8973 ; eLibrary SPIN: 2326-2920; e-mail: sleonoff@inbox.ru |
| Кузьмина Вера Александровна ; ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0694-673X ; eLibrary SPIN: 1167-4112; e-mail: kuzminava@yandex.ru | Vera A. Kuzmina , ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0694-673X ; eLibrary SPIN: 1167-4112; e-mail: kuzminava@yandex.ru |
| Пинчук Павел Васильевич , д.м.н., доцент; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0223-2433 ; eLibrary SPIN: 7357-3038; e-mail: pinchuk1967@mail.ru | Pavel V. Pinchuk , MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0223-2433 ; eLibrary SPIN: 7357-3038; e-mail: pinchuk1967@mail.ru |
| Сухарева Марина Анатольевна , к.м.н.; | Marina A. Suhareva , MD, Cand. Sci. (Med.); |

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>;
eLibrary SPIN: 4692-0197;
e-mail: suha@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>;
eLibrary SPIN: 4692-0197;
e-mail: suha@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

ARTICLE IN PRESS



Рис. 1. Вид пуль патрона 5,45×39 после пробития преграды: *a* — из триплекса; *b* — комбинированной преграды из керамогранита с пенобетоном и биологической мишени.

Fig. 1. Type of bullets of the 5.45×39 cartridge: *a* — after breaking through the triplex barrier; *b* — after breaking through the combined barrier of porcelain stoneware with foam concrete, as well as a biological target.

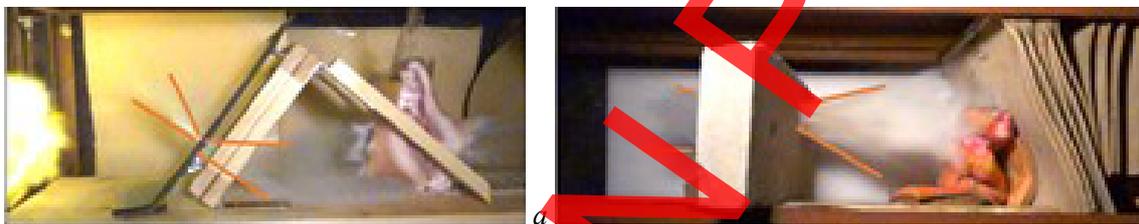


Рис. 2. Покадровое воспроизведение прохождения огнестрельного снаряда через преграду и биологическую мишень: *a* — триплекс; *b* — комбинированная преграда из керамогранита и пенобетона.

Fig. 2. Frame-by-frame reproduction of the passage of a firearm projectile through an obstacle and a biological target: *a* — triplex; *b* — a combined barrier of granite and foam concrete.

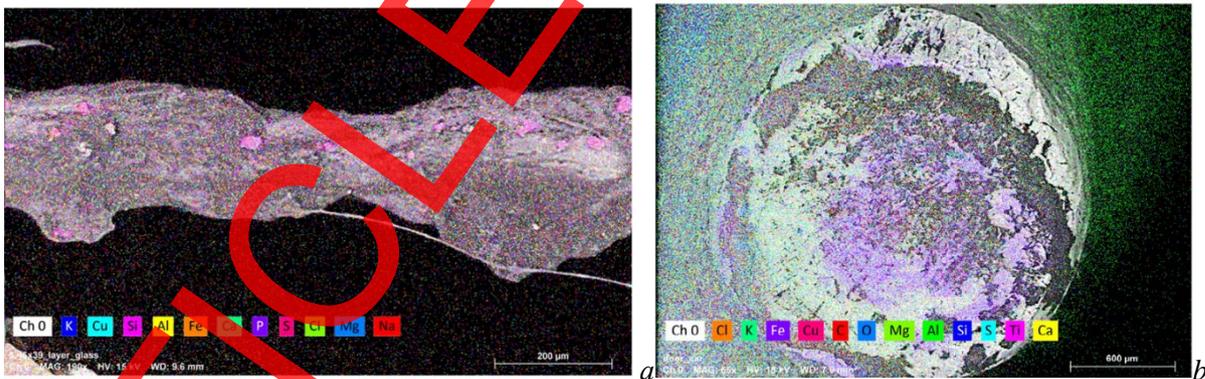


Рис. 3. Электронограмма наложений на оболочке пули после её прохождения через триплекс (*a*) и комбинированную преграду из керамогранита с пенобетоном и биологическую мишень (*b*) с визуализацией распределения химических элементов.

Fig. 3. Electronogram of overlays on the bullet shell after its passage through a triplex (*a*) and a combined barrier of porcelain stoneware with foam concrete and a biological target (*b*) with visualization of the distribution of chemical elements.