

ДОЦЕНКО ОЛЕГ

Хмельницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
<https://orcid.org/0009-0005-1050-1823>
e-mail: ukrdotsenko@gmail.com

ШЕЛЕСТИЮК ОЛЕКСАНДР

Хмельницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
<https://orcid.org/0000-0002-1377-8802>
e-mail: shelestyk1975@ukr.net

АНТОНІУК ОЛЕКСАНДР

Хмельницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
<https://orcid.org/0009-0008-7045-6325>
e-mail: antonykseva@gmail.com

СТРЕМЕЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР

Хмельницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
<https://orcid.org/0000-0001-6137-4557>
e-mail: aistrem@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ ПОСТРІЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛІЗУ

В роботі наведено результати досліджень продуктів пострілу з використанням рентгенофлуоресцентного аналізу. Показано, що склад продуктів пострілу практично не залежить від складу порохового заряду, що пояснюється невеликою концентрацією важких модифікуючих елементів, які знаходяться в органічній матриці, але залежить від капсульного заряду та матеріалу поверхні кулі, які були використані для пострілу. Встановлено, що залежність розподілу інтенсивностей випромінювання елементів, які входять до складу продуктів пострілу, від відстані дозволяє визначити відстань до цілі в момент пострілу.

Ключові слова: рентгенофлуоресцентний аналіз, порох, продукти пострілу, капсульний заряд.

DOTSENKO OLEH, SHELESTIUK OLEKSANDR, ANTONIUK OLEKSANDR, STREMETSKYI OLEKSANDR
Khmelnitskyi Scientific Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine

RESEARCH OF GUNSHOT PRODUCTS USING X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

Detection and research of gunshot products using modern devices and research methods is an urgent scientific and practical task. In the literary sources, it is proposed to use X-ray fluorescence analysis, electron microscopy, and optical emission spectroscopy in forensics both to study the product of the shot and to determine the composition of gunpowder and other elements of the charge.

The aim of the presented work was to establish the dependence of the nature of the shot products on the composition of the charge elements and the distance to the target using X-ray fluorescence analysis. The composition of the charge elements should be understood as the chemical composition of the powder charge, capsule charge, casing material and the material of the bullet or its shell.

As a result of the use of X-ray fluorescence analysis to establish the dependence of the nature of the shot products on the composition of the charge elements and the distance to the target, processing and analysis of the obtained results, a number of conclusions can be drawn. The Elvax Pro device for X-ray fluorescence analysis can be used to study the products of the shot and establish the regularity of the distribution of elements depending on the distance. Studies have shown that the composition of the shot products practically does not depend on the composition of the powder charge, which is explained by the small concentration of modifying elements that are in the organic matrix, but it depends on the capsule charge and the material of the surface of the bullet that was used for the shot. The established dependence of the distribution of the radiation intensities of the elements that are part of the shot products on the distance makes it possible to establish the distance from the weapon to the target. The best marker for determining the distance to the target using X-ray fluorescence analysis due to its sufficiently high content in the shot products is lead.

Keywords: X-ray fluorescence analysis, gunpowder, shot products, capsule charge

Постановка проблеми

Значна кількість злочинів вчиняється з застосуванням вогнепальної зброї. Це пов'язано перш за все з тим, що ринок вогнепальної зброї став ліберальнішим, а також з'явилося більше можливостей для здобуття зброї незаконним шляхом. Суспільна небезпечність злочинів вчинених з використанням вогнепальної зброї дуже велика, адже ставить під загрозу життя і здоров'я однієї чи декількох осіб.

В результаті проведення пострілу утворюються продукти, що відкладаються на зброї, перешкодах, об'єктах речової обстановки на місці злочину, а також на руках та предметах одягу людини, яка стріляла, вхідних та вихідних ранах потерпілого. Виявлення унікальних речовин, притаманних тільки продуктам пострілу – таких, як свинець, цинк, мідь, стибій, дифеніламін надає можливість встановити факт здійснення пострілу, визначити дистанцію пострілу, надати інформацію про тип використаної зброї, боєприпасу тощо [1-3].

Аналіз останніх джерел

Виявлення та дослідження продуктів пострілу з застосуванням сучасних приладів та методів дослідження представляється актуальним науково-практичним завданням. В літературних джерелах пропонується використовувати в криміналістиці рентгенофлуоресцентний аналіз, електронну мікроскопію, оптико-емісійну спектроскопію як для дослідження продуктів пострілу, так і для встановлення складу порохів та інших елементів набою [4, 5, 6].

Метою представленої роботи було встановлення залежності природи продуктів пострілу від складу елементів набою та відстані до цілі з застосуванням рентгенофлуоресцентного аналізу. Під складом елементів

набою треба розуміти хімічний склад порохового заряду, капсульного заряду, матеріалу гільзи та матеріалу кулі або її оболонки.

Для досягнення мети необхідне вирішення ряду завдань, а саме:

1. Дослідити якісний склад порохового заряду набою;
2. Дослідити якісний склад продуктів пострілу;
3. Встановити залежність складу продуктів пострілу від складу пороху та елементів набою.
4. Встановити залежність складу продуктів пострілу від відстані до цілі.

Об'єктом дослідження є продукти пострілу, які утворюються при пострілі з вогнепальної зброї.

Предметом дослідження є залежність складу продуктів пострілу від складу елементів набою та відстані до цілі.

Виклад основного матеріалу

Під час вирішення першого та другого завдання використовували зразки пороху та продуктів пострілу для отримання даних про їх якісний склад, визначення переліку хімічних елементів, які найчастіше зустрічаються в зразках, їх порівняння зі складом елементів набою. Ці зразки походять від різних набоїв, тому їх не використовували для встановлення залежності між продуктами пострілу та складом елементів набою.

Дослідження пороху різних марок проводили для встановлення його елементного складу, а саме добавок металів або їх сполук, які покращують характеристики горіння та можуть залишатися у продуктах пострілу. Рентгенофлуоресцентний аналіз на основі приладу, який був використаний для досліджень, не дозволяє визначити елементи легші за натрій, тому зафіксованими будуть тільки добавки до пороху, або склад димного пороху [6, 7]. Зразки пороху насипали на шматок тонкої поліетиленової плівки (4 мкм), яку розміщали над віконцем аналізатора. Інформація про використані зразки наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Зразки пороху для дослідження його якісного складу

Номер зразка	Назва зразка	Додаткова інформація
1-1	Контроль – плівка	Поліетиленова плівка товщиною 4 мкм
1-2	Сигнальний порох	Виробник: завод «Азот», Кранозаводськ, СРСР, димний порох
1-3	Порох ТАХО-12-20	Виробник: НВФ «Тахо», Україна, мисливський порох
1-4	Порох з набою 7,62x25-1945	Виробник: Тульський патронний завод, 1945 рік випуску, СРСР
1-5	Порох з набою 7,62x54 ЛПС	Виробник: Новосибірський завод низьковольтної апаратури, 1986 рік випуску, СРСР
1-6	Порох з набою 7,62x39мм 1970	Виробник: Ульяновський машинобудівний завод, 1986 рік випуску, СРСР
1-7	Порох з набою 5,6 мм Восток	Торгова марка «Восток», спортивно-мисливський, СРСР
1-8	Порох з набою 8x57 Sellier&Bellot	Виробник: Sellier&Bellot, Чехія
1-9	Порох з набою .303 British	Країна виробник: Британія
1-10	Порох з набою .308 Win	Країна виробник: Литва

Дослідження продуктів пострілу проводили для встановлення їх елементного складу та порівняння зі складом порохових зарядів. Продукти пострілу знаходилися на носії – марлевому тампоні, куди попадали після протирання каналу ствола. Зразки розміщувалися над віконцем аналізатора без додаткової підготовки та орієнтували найбільш забрудненою стороною до рентгенівської трубки. Зразки продуктів пострілу для дослідження їх якісного складу представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Зразки продуктів пострілу для дослідження їх якісного складу

Номер зразка	Назва зразка	Патрон, зброя	Матеріал верхньої частини кулі
2-1	Контроль – марлевий тампон	–	–
2-2	ПМ-РФ	Патрон Терен 3	Гума
2-3	МКМ-072С6	Карабін	Латунь
2-4	ОП-СКС	Патрон БПЗ	Латунь
2-5	Blaser R-93	Карабін	Латунь
2-6	ПСМ-Р	Патрон АКБС	Гума
2-7	Форт-12Р	Патрон ПС-9	Гума
2-8	ТОЗ-78-01	Гвинтівка	Свинець
2-9	Marlin mod 60 SV	Карабін	Свинець
2-10	Safari mod 8206	Патрон ПС-9	Гума
2-11	Форт-207	Карабін	Латунь
2-12	СВТ-40	Карабін	Латунь

При вирішенні третього завдання зразки порошу та продуктів пострілу, які пов'язані з одним типом набоїв та зброї, були використані для встановлення залежності між природою продуктів пострілу та складом елементів набою. В таблиці 3 наведені зразки порошу, а в таблиці 4 зразки продуктів пострілу, які використовувалися для встановлення залежності між природою продуктів пострілу та складом елементів набою.

Таблиця 3

Зразки порошу для встановлення залежності між природою продуктів пострілу та складом елементів набою

Номер зразка	Назва зразка	Додаткова інформація
3-1	Контроль – поліетиленова плівка	Поліетиленова плівка товщиною 4 мкм
3-2	Порох Шумовий	Патрон OZK
3-3	Порох 9 мм Шумовий	–
3-4	Порох 5.6 CM	Дрібний калібр, виробництво СРСР
3-5	Порох 5,6 Lapua	Дрібний калібр, виробництво Nammo Lapua, Фінляндія

Таблиця 4

Зразки продуктів пострілу для встановлення залежності між природою продуктів пострілу та складом елементів набою

Номер зразка	Назва зразка	Патрон, зброя	Матеріал верхньої частини кулі
4-1	Контроль – марлевий тампон	–	–
4-2	Me38Compact	Патрон OZK, газовий револьвер, холостий патрон	Гума
4-3	9 мм Шумовий	Пістолет газовий	Гума
4-4	5.6 CM	Гвинтівка	Свинець
4-5	5,6 Lapua	Гвинтівка	Свинець

Для вирішення четвертого завдання використовували постріл з використанням дрібнокаліберного набою у бавовняне трикотажне полотно, яке фіксувало продукти пострілу на відстані 0, 50, 100, 200 см від дульного зрізу. Матеріал верхньої частини кулі – латунь.

Всі дослідження були виконані на спектрометрі енергій рентгенівського випромінювання Elvax Pro. Для отримання важких (важкі елементи) та легких спектрів (легкі елементи) застосовували настройки для звичайних та легких задач, параметри яких наведені в таблиці 5. Для легких задач продували гелієм робочу камеру.

Таблиця 5

Параметри випромінювача

Параметри	Напруга і фільтри		Параметри	Струми і стабілізація завантаження	
	Задача			Задача	
	Звичайна	Легка		Звичайна	Легка
Напруга, кВ	45	10	Струм трубки, мкА	270	25
Фільтр, мкм	Ni, 300+Al, 300	Без фільтра	Стабілізація, імпл/с	99000	235000

Обробка результатів дослідження відбувалася з використанням вбудованого програмного забезпечення, яке поставляється разом зі спектрометром.

В умовах, коли елементи, які визначаються, знаходяться в легкій матриці (рідина, полімери, органічні сполуки, органічна основа порохів), отримати якісні результати кількісного аналізу складно. В цьому випадку доцільно зупинитися на дослідженні якісного складу об'єктів дослідження. При обробці результатів використовували не концентрацію елементів, а інтенсивність сигналу К-серій або L-серій у разі відсутності К-серій визначених елементів. Для врахування відмінності в інтенсивностях сигналу К-серій або L-серій у зразках, обумовленої різною кількістю продуктів пострілу на носії або різною насипною щільністю зразків порошу, використовували відносні (відсоткові) значення від сумарної інтенсивності сигналів. Для елементів, інтенсивність сигналу яких не досягала межі їх визначення, приймали нульову інтенсивність. За результатами опрацювання літературних джерел для дослідження були вибрані наступні елементи: Pb, Ba, Sb, Sn, Zn, Cu, Fe, Ca, K, S [1-3].

Для визначення впливу фону його наведено на діаграмах залежності інтенсивності К- або L-серій елементів. Спектр фону знімали при відсутності зразка, але при наявності носіїв та полімерних плівок на яких аналізували зразки.

Дослідження якісного складу порохів, доступного рентгенофлуоресцентному аналізу, дозволяє визначити елементи, які можуть зустрічатися в продуктах його горіння, а отже в продуктах пострілу. Відомо, що димний порох при згоранні утворює 56% твердих речовин та 44% газоподібних. До складу твердих

продуктів входять вуглець, сульфіді та сульфати калію. До складу самого порошу входять нітрат калію, сірка та деревне вугілля, природно, що ці елементи будуть присутні при аналізі. Димному порошу відповідає тільки один зразок №1-2 (Рис. 1). Наявність сірки та калію з високою інтенсивністю ліній та відсутністю елементів фону (зразок №1-1, Рис. 1) дозволяє стверджувати, що саме ці елементи і входять до складу порошу.

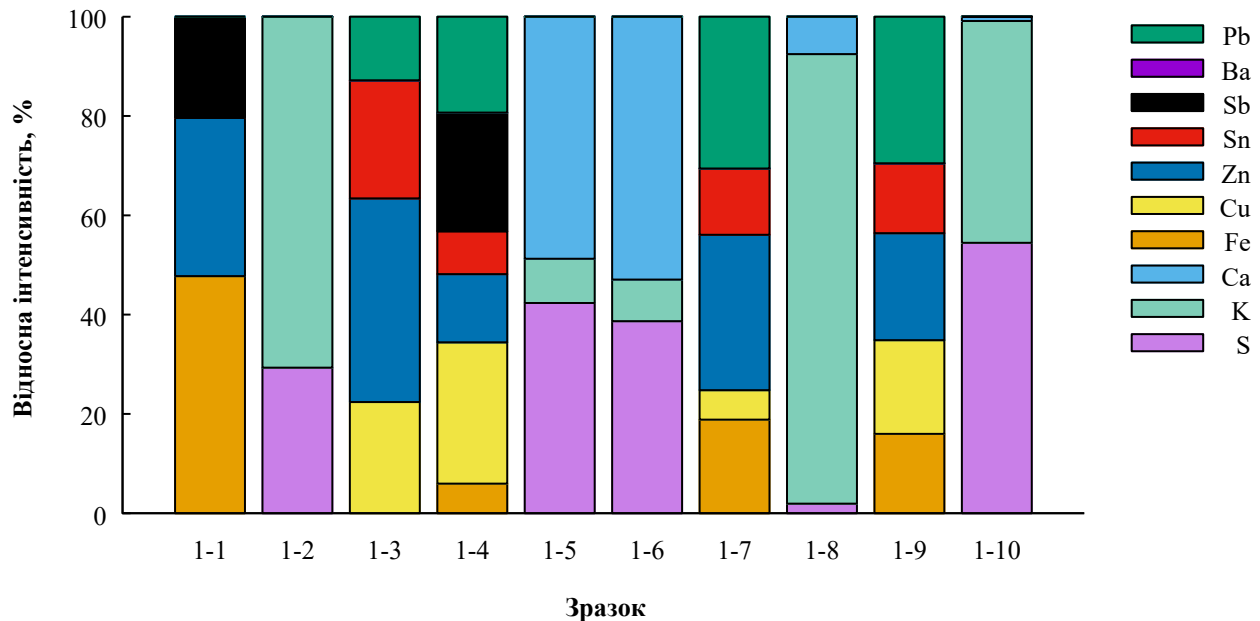


Рис. 1. Стекова діаграма відносних інтенсивностей у відсотках К- та L-серій елементів у зразках порошу

Інша картина спостерігається в порошків, які виготовлені на основі нітратів целюлози, оскільки елементний склад органічних сполук не ідентифікується рентгенофлуоресцентним аналізом. Можна сподіватися тільки на наявність елементів, які попадають в порошок на етапі його виготовлення, або додаються спеціально, як каталізатори та стабілізатори. Сульфатна кислота може входити до нітруючої суміші, що забезпечить деяку кількість сірки в результатах аналізу. Стосовно каталізаторів, то найбільш часто згадуються оксиди міді та свинцю, як каталізатори горіння. У складі порошків аналізом визначається і калій, де він знаходиться у вигляді сульфату, тартрату, гексанітрокобальтату [6]. Загалом інтенсивність ліній елементів, які входять до порошків на основі нітратів целюлози істотно менша, ніж спостерігалось для димного порошу (Рис. 1, зразки №1-3 – №1-10), що пояснюється незначною концентрацією елементів, які знаходяться в легкій матриці, яка не визначається рентгенофлуоресцентним аналізом. Відмічається наявність сірки та калію у зразка №1-10 й калію у зразка №1-8 з високою інтенсивністю у відсотках (Рис. 1).

Цікавим є наявність кальцію з високою відносною інтенсивністю, який відсутній у фоновому зразку (Рис. 1, зразки №1-5, №1-6, №1-8), він практично не згадується в літературних джерелах, як елемент, сполуки якого застосовуються в технології виготовлення порошу. Слід відмітити, що на деяких зразках помітну відносну інтенсивність у відсотках має елемент свинець (Рис. 1, зразки №1-4, №1-7, №1-9), який може входити у якості каталізатора до складу порошу.

За результатами дослідження якісного складу порошків можна зробити попередні висновки щодо можливості порівняння складу порошків різних виробників та терміну зберігання. Кожний зразок має унікальний склад, який можна використати для його ідентифікації, з високою надійністю можна розрізнити димний порошок та порошок на основі нітроцелюлози.

Продукти згорання порошу поряд з продуктами згорання вмісту капсуля утворюють продукти пострілу, які залишаються в каналі ствола та вилітають з нього разом з газами. Саме тому, важливим є інформація про склад вмісту капсуля. До останнього часу широко використовували капсулі з капсульним складом, який може викликати корозію: гримуча ртуть – $\text{Hg}(\text{OCN})_2$, бертолетова сіль – KClO_3 та антимоніт – Sb_2S_3 [3].

В даний час увагу фахівців все більше привертають капсулі з капсульним складом, який не викликає корозію: тринітрорезорцинат свинцю (ТНРС) – $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3(\text{OPb})_2$, тетразен – $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, азотнокислий барій – $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, двоокис свинцю – PbO , гранульована суміш антимоніту та алюмінієвої пудри – $\text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{Al}$. Після 2000 року у промислове виробництво було запущено виготовлення капсуля з органічним капсульним складом, розкладання якого супроводжується утворенням води, окису вуглецю та вуглекислого калію [3].

Поміщений у ковпачок склад капсуля прикривається зверху металевою фольгою або пергаментом, а у виняткових випадках – лише шаром лаку. У військових набоях для надання їм жорсткості використовують кружки з чистого олова з добавкою стибію, а в мисливських – свинцеву фольгу, плаковану шаром олова.

При згоранні кружків або фольги утворюються металеве олово та його оксиди. Оскільки газоподібні продукти згорання капсульних складів і металеве ртуть швидко випаровуються з поверхні, сліди пострілу формуються із твердих продуктів – хлористого калію, оксидів свинцю, стибію, барію, алюмінію та олова [3].

Зразки продуктів пострілу на спектрах мають більші інтенсивності К- та L-серій вибраних елементів, що пояснюється їх концентрованим станом після протирання каналу ствола марлевым тампоном. З одного боку вони знаходяться на носії, який може вносити фонові елементи (особливо Ca, Рис. 2, зразок №2-1), з іншого – вони ущільнені на певних ділянках тампону.

Діаграма відносних інтенсивностей продуктів пострілу показує іншу картину в порівнянні з діаграмою порохів (Рис. 2). Майже всі зразки показують зростання відносних інтенсивностей важких елементів, тобто їх відсоткового вмісту (Рис. 2), особливо свинцю, підвищилися відносні інтенсивності стибію, інколи барію та олова. Цей факт свідчить, що вклад капсульного складу у накопичення продуктів пострілу перевищує вклад складу пороху. У зразків №2-3, №2-4, №2-5, №2-11, №2-12 (Рис. 2) відбувається збільшення відносної інтенсивності міді, її наявність обумовлена матеріалом кулі – у всіх зразків вона має латунну поверхневу оболонку, те саме частково стосується і цинку.

Вплив матеріалу кулі на накопичення продуктів пострілу та їх склад підтверджується тим, що для всіх полімерних куль та заглушок холостих патронів не спостерігається значних відносних кількостей міді та цинку, вони мають відносні інтенсивності не більше за фонові. У зразка №2-4 (Рис. 2) залишається помітною велика відносна інтенсивність К-серії калію.

За результатами дослідження якісного складу продуктів пострілу можна зробити попередні висновки щодо можливості порівняння складу продуктів, які отримані в каналі ствола від різних набоїв. Кожний зразок має унікальний склад, який складається, в першу чергу, з продуктів згорання капсуля та матеріалу кулі, що можна використати для ідентифікації набоїв.

При вирішенні попередніх завдань було встановлено, що найбільший вклад в утворення продуктів пострілу вносить склад капсуля набою, частково склад верхньої оболонки кулі і дуже незначно склад пороху. Дослідження з порівняння складу пороху з продуктами пострілу, які він утворює, відповідають вирішенню третього завдання.

Для порівняння використовували чотири пари зразків, пов'язаних одним набоем (перший зразок в парі склад пороху, другий – продукти пострілу): зразки №3-2 та №4-2 (Рис. 3 та 4); зразки №3-3 та №4-3 (Рис. 3 та 4); зразки №3-4 та №4-4 (Рис. 3 та 4); зразки №3-5 та №4-5 (Рис. 3 та 4).

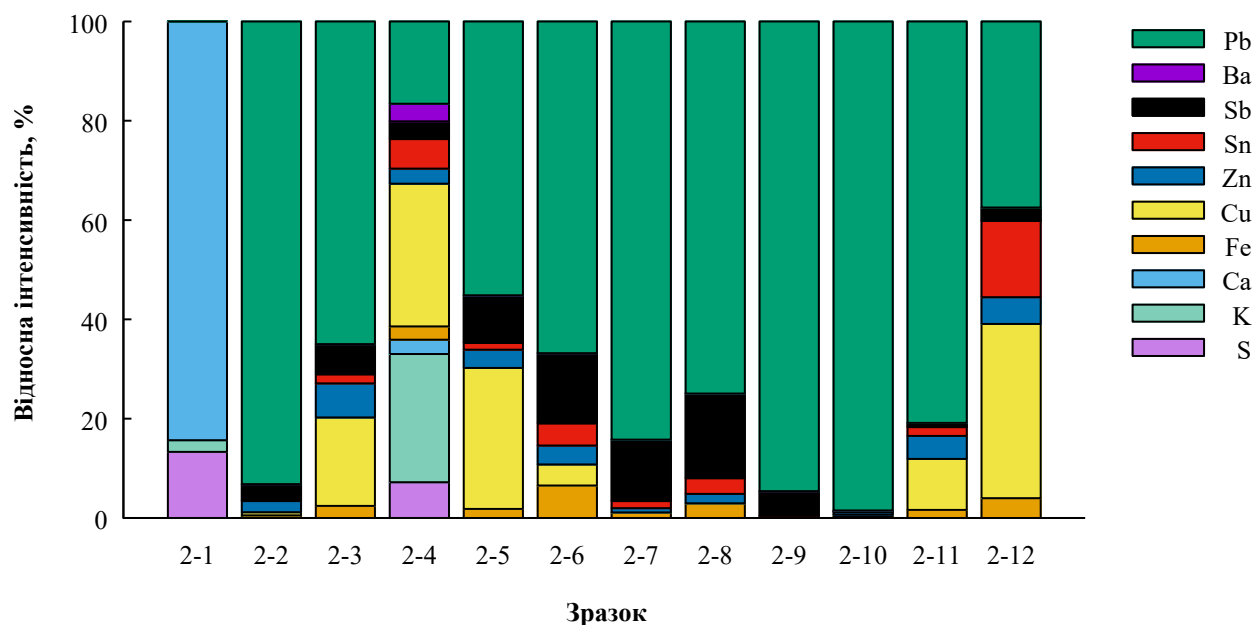


Рис. 2. Стегова діаграма відносні інтенсивностей у відсотках К- та L-серій елементів у зразках продуктів пострілу

Досліди підтвердили, що склад продуктів пострілу, дуже мало залежить від склад пороху і прогнозувати, який порох привів при згоранні до певних продуктів дуже складно. Наприклад, склад пороху першої пари складається з легких елементів, а продукти пострілу містять важкі елементи (Рис. 3 та 4, зразки №3-2 та №4-2). Добре помітно, що незалежно від складу пороху у продуктах пострілу будуть присутні важкі елементи Sn, Sb, Pb (Рис. 3 та 4, зразки №3-2 та №4-2, №3-3 та №4-3, №3-4 та №4-4, №3-5 та №4-5). Характерно, що для всіх пар зразків у продуктах пострілу з'являється олово, якого не було у складі пороху.

Вивчення можливої залежності між природою продуктів пострілу та складом набоїв приводить до висновку, що пороховий заряд через незначну кількість сполук металів, що застосовуються для каталізу та стабілізації, не вносять значного внеску у склад продуктів пострілу. Незначний внесок, ймовірно, вносить також матеріал гільзи. Найбільша внесок в утворення продуктів пострілу вносить склад капсуля, додатковий вплив може чинити матеріал кулі, яка використана в набойі.

Вивчення залежності складу продуктів пострілу та інтенсивності їх характеристичного випромінювання від відстані до цілі, що складає четверте завдання, має найбільше практичне значення, оскільки дозволяє зафіксувати не тільки факт пострілу, а й визначити відстань від дульного зрізу до цілі. На

даному етапі було використано для дослідження тільки важкі елементи, які виступали маркерами, за якими можна визначити розподіл інтенсивності випромінювання в залежності від відстані.

Результати дослідження дозволили встановити, що найбільш надійним маркером в продуктах пострілу для визначення відстані до цілі є свинець. Інтенсивність випромінювання цього елемента має великий діапазон та монотонно знижується при збільшенні відстані. Основна зміна інтенсивності випромінювання відбувається на відстані до 50 см, залежність ймовірно можна описати лінійною функцією. Подальша зміна інтенсивності з відстанню менш відчутна, її можна описати за допомогою степеневою функції. Слід зазначити, що отримана залежність справедлива тільки для умов експерименту, або наближених до них (калібр набою, зброя).

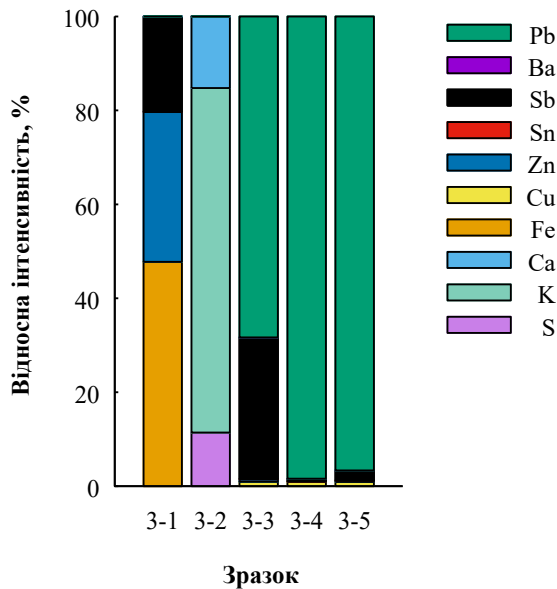


Рис. 3. Стекова діаграма відносних інтенсивностей у відсотках К- та L-серій елементів у зразках пороху

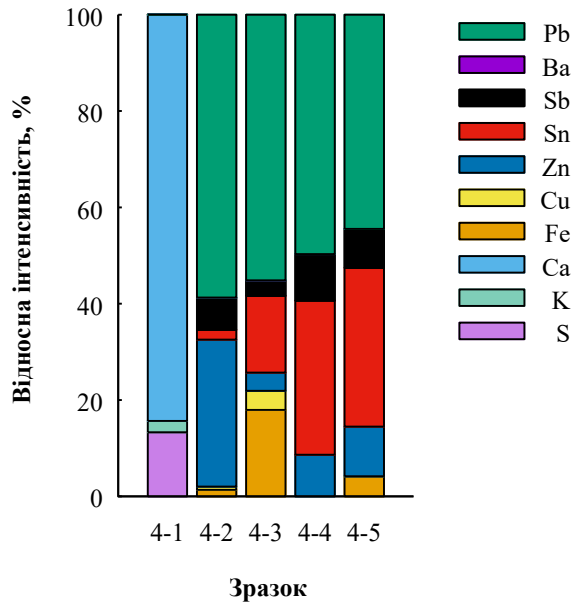


Рис. 4. Стекова діаграма відносних інтенсивностей у відсотках К- та L-серій елементів у продуктів пострілу

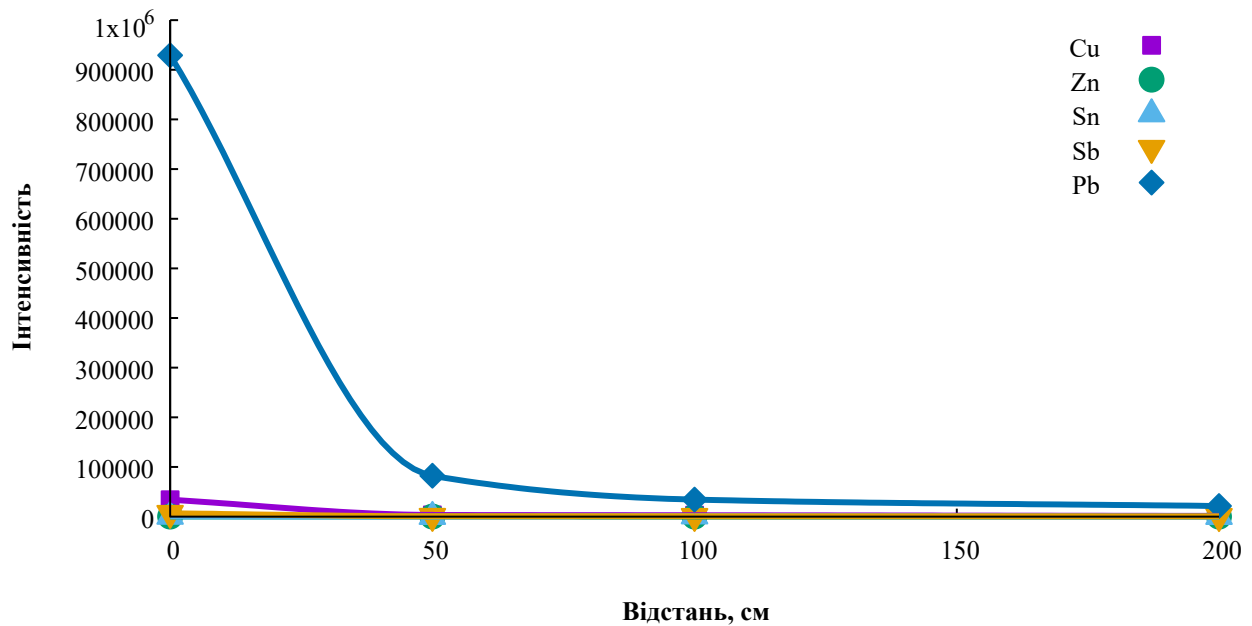


Рис. 5. Залежність інтенсивності випромінювання важких елементів від відстані до цілі.

Висновки

В результаті використання рентгенофлуоресцентного аналізу для встановлення залежності між природою продуктів пострілу від складу елементів набою та відстані до цілі обробки та аналізу отриманих результатів можна зробити ряд висновків.

Прилад Elvax Pro для рентгенофлуоресцентного аналізу може бути використаний для дослідження продуктів пострілу та встановлення закономірності розподілу елементів в залежності від відстані. Дослідження показали, що склад продуктів пострілу практично не залежить від складу порохового заряду, що пояснюється невеликою концентрацією модифікуючих елементів, які знаходяться в органічній матриці, але залежить від капсульного заряду та матеріалу поверхні кулі, які були використані для пострілу. Маючи заздалегідь встановлену залежність розподілу інтенсивностей елементів, які входять до складу продуктів пострілу, від відстані до експериментальної цілі можна встановити відстань до цілі в інших випадках при умові однакових характеристик набою та зброї. Найкращим маркером для визначення відстані до цілі з використанням рентгенофлуоресцентного аналізу завдяки достатньо високому вмісту у продуктах пострілу є свинець.

Література

1. Салтевський М. В. Криміналістика (у сучасному вигляді) : підручник / М. В. Салтевський. – К. : Кондор, 2005. – 588 с.
2. Бондар В. С. Інформаційно-аналітичне забезпечення дослідження змісту мікрочасток, притаманних продуктам пострілу [Електронний ресурс] / В. С. Бондар // Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ імені Е.О. Дідоренка. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://journal.lduvs.lg.ua/index.php/journal/article/view/243>.
3. Микляева О. В. Криминалистическая экспертиза следов и обстоятельств выстрела / О. В. Микляева. – Н.Новгород: Вектор ТиС, 2009. – 276 с.
4. López-López M. Recent non-chemical approaches to estimate the shooting distance / M. López-López, C. García-Ruiz. // Forensic Science International. – 2014. – №239. – С. 79–85.
5. Fonseca J. F. Muzzle-to-target distance determination by X-ray fluorescence spectrometry / J. F. Fonseca, M. M. Cruz, M. L. Carvalho. // X-Ray Spectrometry. – 2014. – №43. – С. 49–55.
6. Альмашев Р. О. Определение металлосодержащих компонентов в составе порохов [Електронний ресурс] / Р. О. Альмашев, А. В. Косточко // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-metalloderzhaschih-komponentov-v-sostave-porohov>.
7. Особенности катализа горения баллиститного пороха в различных условиях [Електронний ресурс] / Д. В. Зиновьев, Ньен Чан Аунг, А. П. Денисюк, Л. А. Демидова // Успехи в химии и химической технологии. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-kataliza-goreniya-ballistitnogo-poroha-v-razlichnyh-usloviyah>.

References

1. Saltevskiy M. V. Kryminalistyka (u suchasnomu vygliadi) : pidruchnyk / M. V. Saltevskiy. – K. : Kondor, 2005. – 588 s.
2. Bondar V. S. Informatsiino-analitychne zabezpechennia doslidzhennia zmistu mikrochastok, prytamannykh produktam postrilu [Elektronnyi resurs] / V. S. Bondar // Visnyk Luhanskoho derzhavnoho universytetu vnutrishnikh sprav imeni E.O. Didorenka. – 2017. – Rezhym dostupu do resursu: <https://journal.lduvs.lg.ua/index.php/journal/article/view/243>.
3. Miklyaeva O. V. Kriminalisticheskaya ekspertiza sledov i obstoyatelstv vystrela / O. V. Miklyaeva. – N.Novgorod: Vektor TiS, 2009. – 276 s.
4. López-López M. Recent non-chemical approaches to estimate the shooting distance / M. López-López, C. García-Ruiz. // Forensic Science International. – 2014. – №239. – С. 79–85.
5. Fonseca J. F. Muzzle-to-target distance determination by X-ray fluorescence spectrometry / J. F. Fonseca, M. M. Cruz, M. L. Carvalho. // X-Ray Spectrometry. – 2014. – №43. – С. 49–55.
6. Almashev R. O. Opredelenie metallosoderzhaschih komponentov v sostave porohov [Elektronnij resurs] / R. O. Almashev, A. V. Kostochko // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2014. – Rezhim dostupu do resursu: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-metalloderzhaschih-komponentov-v-sostave-porohov>.
7. Osobennosti kataliza goreniya ballistitnogo poroha v razlichnyh usloviyah [Elektronnij resurs] / D. V. Zinovev, Nen Chan Aung, A. P. Denisjuk, L. A. Demidova // Uspеhi v himii i himicheskoy tehnologii. – 2007. – Rezhim dostupu do resursu: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-kataliza-goreniya-ballistitnogo-poroha-v-razlichnyh-usloviyah>.