

FORMAREA EXPERTILOR ÎN CRIMINALISTICA NUCLEARĂ: O PERSPECTIVĂ INTERDISCIPLINARĂ

CZU: 343.98

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.2-77.11>Doctorandă **Alina NITREAN**¹E-mail: nitreanalina@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6700-0377>Doctor în științe fizico-matematice **Vasile BENEĂ**²ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2898-7977>E-mail: vasile.benea@customs.gov.md¹Universitatea de Stat din Moldova²Serviciul Vamal al Republicii Moldova

TRAINING EXPERTS IN NUCLEAR FORENSICS: AN INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVE

Summary. The growing risks linked to crimes involving nuclear or other radioactive materials have brought nuclear forensics at the centre of global security concerns. In this context, the investigation of radiological crimes requires more than the application of forensic knowledge, involving the integration of traditional forensic methods with advanced nuclear analysis techniques. This underlines the importance of specialized training for experts capable of addressing these challenges. This study explores international practices in training nuclear forensic experts, emphasizing educational programmes and collaborative initiatives promoted by key organizations such as the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Nuclear Forensics International Technical Working Group (ITWG). The experiences of countries with consolidated capabilities, such as Germany, Hungary, and the United States, are examined in parallel with those of developing countries, such as the Republic of Moldova, presenting the diversity of capacity-building approaches in nuclear forensics. Based on this analysis, key directions have been defined to guide the development of expert training programmes, ensuring their alignment with both national priorities and international standards.

Keywords: nuclear forensics, traditional forensics, nuclear or other radioactive material, forensic expert, training program, specialized laboratories.

Rezumat. Riscurile crescând asociate crimelor ce implică materialele nucleare sau altele radioactive au plasat criminalistica nucleară în centrul preocupărilor privind securitatea globală. În acest context, investigarea crimelor radiologice necesită mai mult decât aplicarea cunoștințelor juridice, presupunând integrarea metodelor tradiționale de criminalistică cu tehnici avansate de analiză nucleară. Acest fapt subliniază importanța formării specializate a experților capabili să răspundă provocărilor actuale. Lucrarea de față analizează practica internațională privind formarea experților în criminalistica nucleară, evidențiind programele educaționale și eforturile de colaborare promovate de organizații precum Agenția Internațională pentru Energie Atomică (IAEA) și Grupul Internațional de Lucru Tehnic pentru Criminalistica Nucleară (ITWG). Sunt analizate exemplele unor state cu experiență consolidată – Germania, Ungaria, SUA – alături de cele aflate în dezvoltare, precum Republica Moldova, reliefând diversitatea modelelor de consolidare a capacităților în domeniul criminalisticii nucleare. Pe baza acestei analize sunt conturate direcții relevante pentru dezvoltarea programelor de formare a experților, adaptate atât nevoilor naționale, cât și cerințelor internaționale.

Cuvinte-cheie: criminalistică nucleară, criminalistică tradițională, material nuclear sau altul radioactiv, expert criminalist, program de instruire, laboratoare specializate.

INTRODUCERE

Criminalistica nucleară reprezintă o ramură specializată a științei criminalistice, având un rol esențial în investigarea incidentelor ce implică materiale nucleare sau altele radioactive (MNR), precum și obiecte contaminate cu radionuclizi. Deși acest domeniu este puțin explorat, el contribuie semnificativ la consolidarea securității globale, prevenind traficul ilegal de

materiale periculoase și întărind măsurile de protecție împotriva amenințărilor radiologice și nucleare.

Riscurile sporite asociate criminalității transfrontaliere organizate poziționează Republica Moldova drept punct de interes geostrategic, având tendința de a deveni o zonă de tranzit pentru activități infracționale, printre care se remarcă și traficul ilicit de MNR. Tentativele de trafic ilicit cu MNR din ultimii ani au confirmat prezența acestui fenomen pe teritoriul țării.

Mai mult decât atât, pierderea controlului asupra centralelor nucleare, provocată de războiul din Ucraina, sporește semnificativ vulnerabilitatea resurselor critice. Acestea pot fi avariate, abandonate sau capturate de grupuri criminale, crescând probabilitatea ca MNR să fie introduse în trafic ilegal, reprezentând astfel o amenințare semnificativă pentru securitatea regională.

În contextul riscurilor persistente și al impactului negativ generat de utilizarea ilicită a MNR este esențial ca organele de aplicare a legii să fie pregătite să răspundă provocărilor respective. În acest sens, consolidarea capacităților instituționale, precum formarea și calificarea experților în domeniul criminalisticii nucleare, devine nu doar o necesitate, ci o prioritate esențială pentru orice stat.

Prin publicația de față, ne propunem să evidențiem rolul criminalisticii nucleare în prevenirea și investigarea incidentelor cu MNR, precum și să conturăm importanța formării experților în acest domeniu. De asemenea, vom marca relevanța unei perspective interdisciplinare în dezvoltarea competențelor necesare și vom sublinia necesitatea colaborării internaționale pentru a răspunde provocărilor actuale.

MATERIALE ȘI METODE

Metodologia aplicată în redactarea acestui articol s-a bazat pe analiza literaturii de specialitate și a cadrului juridic relevant pentru criminalistica nucleară și formarea experților în domeniul dat, având în vedere atât perspectivele naționale, cât și cele internaționale. Au fost studiate programele de instruire, exercițiile desfășurate de organisme internaționale precum Agenția Internațională pentru Energie Atomică (IAEA) și Grupul Internațional de Lucru Tehnic pentru Criminalistica Nucleară (ITWG), dar și exemple de bune practici care reflectă tendințele actuale și abordările educaționale din diverse state. De asemenea, a fost aplicată metoda comparativă pentru a evidenția asemănările și diferențele dintre capacitățile și practicile educaționale ale statelor. Rezultatele obținute au fost sintetizate pentru a fundamenta acțiuni menite să sprijine dezvoltarea competențelor interdisciplinare ale experților.

REZULTATE ȘI DISCUȚII CONCEPTUL ȘI ROLUL CRIMINALISTICII NUCLEARE ÎN PREVENIREA ȘI INVESTIGAREA INFRAȚIUNILOR CU MNR

Criminalistica nucleară este o componentă importantă a securității nucleare, având un rol semnificativ în identificarea, monitorizarea și investigarea utilizării ilicite a MNR. Datele recente ale IAEA arată o tendin-

ță constantă de creștere a incidentelor legate de traficul ilicit și utilizarea neautorizată a MNR. În anul 2024, în baza de date de monitorizare a incidentelor gestionată de IAEA au fost raportate puțin sub 150 de cazuri de activități ilegale cu MNR, aducând numărul total de incidente raportate, din 1993 și până în prezent, la 4.390 [1].

Pentru a răspunde provocărilor generate de utilizarea ilicită a MNR, criminalistica nucleară oferă soluții avansate pentru identificarea și caracterizarea MNR. În plus, contribuie decisiv la elucidarea circumstanțelor incidentelor, stabilirea rutelor de transport și a lanțului de custodie, precum și la prevenirea traficului ilicit și întărirea măsurilor de securitate.

Importanța criminalisticii nucleare a fost recunoscută în mod explicit în cadrul unor evenimente de referință organizate de IAEA. Astfel, deja la Conferința IAEA *Advances in Nuclear Forensics: Countering the Evolving Threat of Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control* (2014), problematica expertizei criminalistice a MNR a fost abordată ca un subiect prioritar [2]. Ulterior, această abordare a fost consolidată la Reuniunea Tehnică IAEA *Nuclear Forensics: Beyond the Science* (2019), unde colaborarea dintre specialiștii în materiale nucleare și experții din domeniul criminalisticii tradiționale a devenit un punct central al discuțiilor [3].

Pentru a înțelege pe deplin rolul și locul criminalisticii nucleare în cadrul științelor criminalistice, este necesar să vedem, inițial, care sunt originile și fundamentele criminalisticii generale. În calitate de știință aplicativă a dreptului penal, criminalistica dispune de o doctrină solidă, fundamentată pe cercetările unor autori consacrați. De-a lungul timpului, ei au abordat această disciplină din diferite perspective, accentuând fie latura sa științifică, fie cea metodologică sau practică, fiecare contribuind la definirea și consolidarea statutului său ca instrument esențial în investigarea infracțiunilor.

Primele contururi ale criminalisticii ca disciplină distinctă au apărut în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, odată cu contribuția profesorului austriac Hans Gross. Acesta a introdus conceptul unei științe dedicate investigării infracțiunilor, definind-o drept „știința stărilor de fapt în procesul penal” în lucrarea sa de referință *Manualul judecătorului de instrucție* [4]. Pe măsură ce s-a dezvoltat și a dobândit recunoaștere științifică, criminalistica a devenit subiectul unor analize teoretice din ce în ce mai aprofundate. Numeroși cercetători și practicieni au contribuit la definirea sa, evidențind diverse aspecte ale investigării infracțiunilor.

În viziunea sa, Ion Anghelescu pune accent pe latura tehnico-științifică a criminalisticii, definind-o ca „o știință multidisciplinară care se ocupă cu ela-

borarea mijloacelor tehnico-științifice, a metodelor și a procedurilor tactice de descoperire, fixare, administrare și examinare a probelor, în scopul cercetării și prevenirii infracțiunilor” [5]. Prin această abordare, criminalistica este prezentată ca o disciplină orientată prioritar spre dezvoltarea de instrumente și tehnici practice, pentru investigarea infracțiunilor.

Într-o altă perspectivă, Lazăr Cârjan și Mihai Chiperi definesc criminalistica drept „o știință judiciară, pluridisciplinară, care are ca principale ținte descoperirea infracțiunilor, identificarea infractorilor și probarea științifică a activității lor delictuoase, asigurarea măsurilor de prevenție împotriva criminalității” [6]. Această definiție scoate în evidență rolul judiciar și multidisciplinar al criminalisticii, subliniind că, dincolo de elaborarea metodelor tehnico-științifice, scopul acestei științe este de a contribui la realizarea justiției penale.

O viziune care pune accent pe caracterul autonom și unitar al criminalisticii reiese din definiția propusă de Constantin Drăghici, Adrian Iacob și Ramona Dobreanu, potrivit căreia „criminalistica este o știință multidisciplinară cu caracter autonom și unitar care elaborează și folosește metode și mijloace tehnico-științifice de descoperire, fixare, ridicare, examinare și interpretare a urmelor infracțiunii, procedee tactice și metodologice de cercetare a infracțiunilor în vederea identificării autorilor și prevenirii faptelor antisociale” [7].

Analiza acestor definiții arată că criminalistica este privită ca o știință cu caracter multidisciplinar, judiciar, autonom și unitar, care combină elaborarea și aplicarea mijloacelor, metodelor și procedurilor tehnico-științifice cu tactici care ajută la descoperirea și investigarea infracțiunilor.

Apariția unor tipuri de infracțiuni tot mai variate a determinat necesitatea dezvoltării unor ramuri specializate ale criminalisticii, adaptate la particularitățile fiecărui tip de infracțiune sau categorie de obiecte supuse examinării. Astfel, pe lângă criminalistica generală, au luat naștere subdomenii precum dactiloscopia, traseologia, criminalistica materialelor și substanțelor (examinarea drogurilor, a substanțelor explozive, produselor împușcături etc.). Tot din nevoia reală de a face față amenințărilor legate de traficul ilicit și utilizarea neautorizată a MNR s-a conturat și criminalistica nucleară.

Un aspect important, care trebuie subliniat, este faptul că criminalistica nucleară nu este încă pe deplin integrată în cadrul general al științei criminalistice. Spre deosebire de celelalte ramuri ale criminalisticii, care au istorii bine consolidate, criminalistica nucleară se află încă într-un stadiu incipient de dezvoltare doctrinară.

Este evident că doctrina criminalisticii nucleare trebuie să-și aibă rădăcinile în principiile și metodele criminalisticii generale. Acestea trebuie însă adaptate

la cerințele specifice investigării infracțiunilor ce implică MNR. Dincolo de tehnicile clasice de depistare, fixare, ridicare și examinare a probelor, criminalistica nucleară trebuie să reflecte particularitățile domeniului, având în vedere natura periculoasă a MNR, reglementările stricte privind manipularea acestora și impactul semnificativ asupra siguranței publice.

Prin urmare, pentru a delimita locul criminalisticii nucleare în cadrul științei criminalistice, se impune fundamentarea unei doctrine proprii, care să integreze atât conexiunile cu doctrina criminalisticii tradiționale, cât și particularitățile investigării infracțiunilor ce implică MNR, oferind astfel un fundament teoretic și metodologic solid acestui domeniu specializat.

Criminalistica nucleară s-a conturat ca răspuns la apariția fenomenului de „contrabandă nucleară” în anii 1990. Numeroase cazuri implicând MNR au fost raportate în acea perioadă de Elveția, Italia, Germania, Ungaria și alte țări din Europa Centrală. Această situație a impus necesitatea analizării materialelor confiscate în laboratoare specializate, care au folosit metode analitice din domeniul măsurilor de siguranță nucleară, completate cu tehnici avansate din criminalistica materialelor și substanțelor. În sprijinul acestor activități a fost creată o bază de date pentru MNR, ca parte a colaborării bilaterale între Institutul Bochvar din Moscova și Institutul pentru Elemente Transurancice din Karlsruhe, servind drept ghid pentru analize și atribuirea materialelor [8]. Acest efort multidisciplinar a stat la temelia dezvoltării criminalisticii nucleare, menite să investigheze utilizarea ilicită a MNR, să determine originea acestora și să sprijine organele de aplicare a legii în prevenirea și combaterea infracțiunilor cu implicând MNR.

Ca suport tehnic important pentru gestionarea incidentelor și traficului ilicit cu MNR, în anul 2002, IAEA a emis publicația *IAEA-TECDOC-1313* [9]. Documentul abordează procedurile și răspunsurile necesare în astfel de situații, dar nu introduce în mod explicit conceptul de criminalistică nucleară. Noțiunea de criminalistică nucleară a fost definită mai târziu în publicația *NNS No. 2*, emisă de IAEA în anul 2006. Potrivit acesteia, „criminalistica nucleară reprezintă analiza materialelor nucleare sau radioactive confiscate din activități ilicite, precum și a materialelor asociate, pentru a furniza dovezi necesare atribuirii nucleare” [10]. Deși definiția accentuează specificul MNR și rolul atribuirii nucleare, aceasta redă doar parțial complexitatea criminalisticii nucleare, întrucât nu integrează explicit contribuția sa la investigarea infracțiunilor.

Cu nouă ani mai târziu, IAEA a emis un nou document, *NNS No. 2-G*, care reflectă progresele realizate în domeniul criminalisticii nucleare și servește drept bază pentru dezvoltarea capacităților naționale,

încurajând cooperarea internațională. În acesta este redefinită criminalistica nucleară, consolidându-i statutul de știință criminalistică. Conform noii definiții, „criminalistica nucleară este o subdisciplină a științei criminalistice, ce implică examinarea materialelor nucleare sau altele radioactive sau a probelor contaminate cu radionuclizi, în cadrul procedurilor legate de securitatea nucleară, în conformitate cu legislația națională sau internațională” [11].

Este important de menționat faptul că în definiția actualizată a fost introdus elementul examinării „probelor contaminate”. Această abordare subliniază importanța examinării tuturor probelor prelevate de la locul unui incident radiologic. În același timp, este necesar de precizat că termenul „probă contaminată” are semnificații diferite în criminalistica tradițională și în criminalistica nucleară. În contextul clasic, acest termen desemnează prezența materialelor străine transferate direct sau indirect pe suprafața probei, afectând astfel integritatea și valoarea acesteia în cadrul investigației. În criminalistica nucleară, „proba contaminată” se referă la prezența radionuclizilor pe sau în probele fizice, care pot influența procesul de examinare, precum și timpul necesar examinării. Mai mult decât atât, radionuclizii devin elemente probatorii, oferind informații despre natura, originea și utilizarea MNR implicate și pot contribui în mod decisiv la reconstituirea circumstanțelor unui incident nuclear.

În *NNS No. 2*, exemplele de probe tradiționale se limitau doar la urmele de mâini, în timp ce în documentul *NNS No. 2-G*, gama probelor criminalistice tradiționale a fost extinsă, incluzând: urme de mâini, ADN, urme de încălțăminte și anvelope, urme de instrumente, explozivi, fibre, păr, polen, reflectând astfel o evoluție semnificativă în abordarea integrată a examinărilor. Urmele și probele tradiționale își păstrează importanța, dar dobândesc o dimensiune suplimentară prin riscul de contaminare cu radionuclizi. Deși aparțin metodologic criminalisticii generale, în investigațiile crimelor radiologice probele tradiționale devin parte integrantă a criminalisticii nucleare, necesitând proceduri speciale de manipulare și analiză. Astfel, criminalistica nucleară nu înlocuiește abordările tradiționale, ci le extinde și le adaptează la specificul investigării MNR.

Prin urmare, definiția actualizată a criminalisticii nucleare reflectă integrarea principiilor fundamentale ale criminalisticii generale cu specificul investigării MNR. Aceasta evidențiază atât continuitatea conceptuală față de doctrina tradițională, cât și adaptarea necesară pentru a răspunde eficient infracțiunilor radiologice. Pornind de la definiția menționată, devine evident că rolul criminalisticii nucleare depășește

simpla analiză a materialelor, având multiple funcții practice esențiale pentru sprijinul investigațiilor judiciare. În acest sens, criminalistica nucleară își îndeplinește rolul prin atingerea unor obiective, dintre care se remarcă:

- **Categorizarea MNR** – proces de clasificare pe baza proprietăților și utilizării materialelor. Implică determinarea tipului materialului, compoziției izotopice, nivelului de radiație emisă de material. Categorizarea, de obicei, este realizată în teren, dacă sunt disponibile echipamente portabile adecvate, iar măsurări mai precise și sensibile sunt efectuate în laborator.

- **Identificarea MNR** – proces complex care implică utilizarea unor tehnici avansate pentru analiza și determinarea caracteristicilor fizice, compoziției chimice și izotopice a materialelor, interpretarea rezultatelor pentru stabilirea originii și istoricului acestora.

- **Gestionarea bazelor de date** – proces de stocare, organizare și accesare a informațiilor relevante în investigarea crimelor radiologice. Acestea pot include o bibliotecă de criminalistică nucleară, registre sau sisteme naționale dedicate, care integrează date despre MNR, infracțiuni, persoane implicate în activități ilicite etc.

- **Stabilirea circumstanțelor și conexiunilor**, un proces esențial de stabilire a legăturilor dintre materiale, persoane, locații relevante și evenimente asociate pentru sprijinirea investigațiilor.

- **Conformitatea cu legislația națională și internațională**, care presupune stabilirea respectării instrumentelor juridice relevante, precum reglementările naționale și tratatele internaționale privind controlul MNR, protecția fizică, transportul și depozitarea acestora, prevenirea utilizării neautorizate.

Pentru atingerea acestor obiective este esențială, în primul rând, asigurarea unor condiții adecvate de lucru, dezvoltarea laboratoarelor specializate dotate cu echipamente performante, care să permită aplicarea metodelor specifice domeniului respectiv. Având aceste condiții asigurate, formarea experților devine o etapă esențială, fiind orientată nu doar spre acumularea de cunoștințe teoretice, ci și spre dezvoltarea competențelor practice.

PRACTICA INTERNAȚIONALĂ A FORMĂRII EXPERTILOR ÎN CRIMINALISTICA NUCLEARĂ

Printre principalele organisme internaționale care contribuie la dezvoltarea continuă a experților în domeniul criminalisticii nucleare se remarcă IAEA și Grupul Internațional de Lucru Tehnic (ITWG).

IAEA sprijină activ statele membre printr-o serie de programe educaționale menite să asigure o formare graduală. Statele pot beneficia de cursuri introductive precum *Introduction to Nuclear Forensics*, organizate în clase, care familiarizează participanții cu elementele de bază ale criminalisticii nucleare și cu managementul scenei crimei radiologice. Ulterior, cursul *Practical Introduction to Nuclear Forensics*, desfășurat în laboratoare de renume, oferă instruire practică privind aplicarea metodelor specifice de examinare MNR, precum microscopie, spectrometrie -alfa, -gamma, spectrometrie de masă cu plasmă cuplată inductiv etc., inclusiv examinarea probelor tradiționale contaminate cu radionuclizi [12].

Pentru aprofundarea cunoștințelor, IAEA oferă cursul complex *Nuclear Forensic Methodologies*, cu o durată de două săptămâni, dezvoltat în colaborare cu Departamentul de Energie al SUA și JRC al Comisiei Europene. Acest curs oferă participanților o experiență completă, de la primirea probelor în laborator până la analiza și interpretarea rezultatelor. Instruirea se desfășoară în laboratoare precum Pacific Northwest National Laboratory, SUA și JRC Karlsruhe [13].

În paralel, pentru formarea avansată a experților, IAEA derulează programul *Residential Assignment for Human Capacity Building in Nuclear Forensics Analytical Measurements*, care presupune stagii de 1-3 luni în laboratoare de renume. În cadrul acestor programe, experții sunt integrați într-un laborator de criminalistică nucleară, unde, sub îndrumarea mentorilor, urmează un program de cercetare personalizat, care include instruire intensivă în tehnici specifice domeniului.

Complementar, ITWG joacă un rol de referință în consolidarea comunității internaționale a experților prin organizarea de exerciții, diseminarea bunelor practici și elaborarea ghidurilor metodologice. Exercițiile din seria CMX (Collaborative Materials Exercise) constituie repere importante pentru perfecționarea experților. Acestea sunt structurate pe mai multe etape succesive. Laboratoarele interesate se înregistrează oficial pentru a participa, asumându-și angajamentul de a respecta reglementările privind manipularea probelor radioactive și termenele stabilite pentru raportare. Ulterior, participanților li se furnizează un scenariu care impune investigarea unor MNR de proveniență necunoscută și probe reale pentru analiză. Laboratoarele efectuează o gamă largă de analize, utilizând metode de criminalistică nucleară, precum și metode criminalistice tradiționale adaptate. Se pune accent pe caracterizarea materialului, identificarea originii și modului de producere, precum și pe analiza urmelor criminalistice tradiționale. Participanții sunt obligați să respecte un calendar strict pentru raportarea rezultatelor. Conclu-

ziile exercițiilor CMX sunt discutate în cadrul reuniunilor ITWG, iar lecțiile învățate contribuie la elaborarea ghidurilor de bune practici și la perfecționarea metodelor de analiză. Complexitatea exercițiilor a evoluat pe parcursul anilor și oferă experților un cadru unic de formare și perfecționare continuă, consolidându-le nu doar competențele tehnice, ci și abilitatea de a colabora eficient la nivel internațional [14].

La fel ca și alte state, Republica Moldova și-a afirmat angajamentul față de formarea experților în domeniul criminalisticii nucleare prin participarea activă la programele IAEA și la exercițiile CMX organizate de ITWG. Chiar dacă lipsa infrastructurii specializate a împiedicat finalizarea completă a etapelor CMX-6 și CMX-7, implicarea în aceste inițiative a adus beneficii importante, oferind acces la experiență practică și schimbul de bune practici internaționale.

Deși nu toate statele dispun încă de condițiile necesare pentru dezvoltarea unor programe specializate de instruire, experiența internațională arată că participarea activă la rețele și inițiative globale contribuie semnificativ la consolidarea capacităților naționale. În acest sens, modele de succes au fost implementate în Regatul Unit (laboratorul CFAC – Centre for Forensic Analysis and Characterization) [15], Germania (JRC Karlsruhe – Joint Research Centre) [16], Ungaria (MTA EK – Hungarian Academy of Sciences Centre for Energy Research) [17]. Aceste laboratoare specializate nu se limitează doar la analiza MNR, ci utilizează metode tradiționale de criminalistică, cum ar fi relevarea urmelor de mâini, examinarea ADN-ului, extragerea datelor din dispozitivele electronice etc., adaptate la condițiile de lucru cu materiale radioactive. Un exemplu relevant este laboratorul CFAC, unde, încă din faza de concepție, au fost implicați experți în criminalistică tradițională și specialiști din diferite instituții, pentru a adapta metodele clasice la rigorile de siguranță specifice probelor radioactive. Astfel, a fost creat un laborator dedicat, dotat cu echipamente esențiale și proceduri special concepute pentru a permite investigarea probelor contaminate, reunind expertiza tradițională cu criminalistica nucleară.

Laboratoarele menționate sunt recunoscute de IAEA ca centre de instruire în criminalistica nucleară și reprezintă o bază sigură nu doar pentru pregătirea experților proprii, ci și pentru instruirea specialiștilor din alte state, contribuind astfel la consolidarea cooperării internaționale și schimbului de experiență. Prin urmare, modelele internaționale evidențiază necesitatea unei abordări structurate și integrate a procesului de formare, bazate pe bune practici și cooperare globală, elemente care pot fundamenta elaborarea unui program dedicat instruirii experților în criminalistica nucleară.

CONSIDERAȚII PRIVIND FORMAREA EXPERTILOR ÎN CRIMINALISTICA NUCLEARĂ

Analiza doctrinară a criminalisticii nucleare, coroborată cu studiul practicilor internaționale, a evidențiat atât caracterul multidisciplinar al acestui domeniu, cât și provocările legate de pregătirea profesională a experților. În contextul dat, devine evidentă necesitatea elaborării unui concept clar și aplicabil de formare care să răspundă nevoilor instituționale.

Având în vedere specificul criminalisticii nucleare, formarea experților în acest domeniu reprezintă o provocare nu doar științifică, ci și instituțională. Caracterul multidisciplinar impune integrarea unei game extinse de cunoștințe, de la științele fundamentale (precum fizica nucleară, chimia, radioprotecția), până la domenii juridice, procedurale și etice, indispensabile pentru desfășurarea investigațiilor în conformitate cu legislația națională și internațională. În urma documentării realizate, nu au fost identificate programe consolidate sau curriculumuri specializate care să abordeze în mod integrat criminalistica nucleară, nici la nivel național, nici în practica internațională. Totuși, analiza experienței unor state care au dezvoltat acest domeniu permite conturarea unor direcții orientative pentru fundamentarea unui astfel de program de formare a experților în criminalistica nucleară, și anume:

- **Profilul academic al participanților.** Programul de formare ar trebui să fie destinat persoanelor care dețin o pregătire academică în domenii relevante, precum fizica nucleară, chimia analitică, biologia sau alte științe conexe. Chiar dacă programul trebuie să includă și componente juridice, natura tehnică a acestui domeniu impune ca participanții să aibă o bază științifică tehnică solidă, necesară pentru asimilarea și aplicarea eficientă a metodelor specifice utilizate în investigarea MNR.

- **Forma instituțională a instruirii în criminalistica nucleară.** Având în vedere caracterul complex, multidisciplinar și transnațional al criminalisticii nucleare, organizarea unui program de formare comprehensivă exclusiv în cadrul învățământului superior tradițional (nivel licență) se dovedește a fi dificilă, insuficientă. O abordare mai eficientă o reprezintă integrarea formării în cadrul programelor postuniversitare (masterat, doctorat) sau în instituții specializate în expertiză judiciară, criminalistică ori cercetare științifică, care dispun de infrastructură aplicată și acces la expertiză practică.

- **Elaborarea programului adaptat necesităților naționale, care să cuprindă cel puțin următoarele compartimente:**

Fundamente teoretice ale criminalisticii. Principiile generale ale criminalisticii, metodele de cercetare a locului faptei, fixarea și conservarea urmelor, analiza acestora și menținerea lanțului de custodie, constituie un fundament metodologic de bază pentru experți în acest domeniu. La etapa dată, instruirea ar trebui să vizeze nu doar aplicarea tehnicilor tradiționale, ci și integrarea acestora în condiții speciale de risc și control.

Fundamente teoretice ale criminalisticii nucleare și radioprotecției. Un compartiment integrat, dedicat atât conturării doctrinei criminalisticii nucleare, cât și fundamentelor radioprotecției sunt esențiale pentru acest program. Compartimentul trebuie să acopere atât aspectele teoretice privind definirea, obiectul, metodele și particularitățile criminalisticii nucleare, cât și fundamentele radioprotecției și fizicii radiațiilor, esențiale pentru desfășurarea activității în condiții de siguranță. Sunt necesare cunoștințe privind tipurile de radiații (alfa, beta, gamma, neutroni), unitățile de măsură, interacțiunea radiației cu materia, efectele biologice. Se vor aborda principiile radioprotecției, aplicabile atât în teren, cât și în laborator, precum și măsurile de detecție, măsurare și control al contaminării, alături de utilizarea echipamentelor specifice.

Metodele avansate de analiză în criminalistica nucleară: integrarea abordărilor tradiționale și specializate. Este esențial un compartiment care să abordeze în profunzime tehnicile analitice utilizate în investigarea MNR (spectrometria gamma, alfa și beta, analiza izotopică, microscopia electronică, microanaliza cu raze X, spectrometria de masă etc), corelate cu metodele consacrate din criminalistica tradițională. Acest modul va contribui la formarea competențelor necesare pentru examinarea probelor complexe, adesea contaminate, în condiții ce impun adaptarea riguroasă a procedurilor standard.

Aspecte juridice, normative și procedurale în criminalistica nucleară. Un compartiment distinct al programului trebuie să fie dedicat cunoașterii și înțelegerii cadrului legal aplicabil activităților de investigare a incidentelor care implică MNR. Dincolo de competențele tehnico-științifice, expertul trebuie să fie capabil să opereze în strictă conformitate cu reglementările legale, naționale și internaționale, specifice criminalisticii nucleare.

Acest segment formativ va include legislația națională privind regimul juridic al MNR (deținere, utilizare, transport, depozitare, securizare), principiile procedurale ale expertizei judiciare, acoperirea aspectelor ce țin de responsabilitatea penală și profesională a expertului, precum și de redactarea rapoartelor în conformitate cu normele procesuale. De asemenea, compartimentul trebuie să includă cadrul normativ internațional

relevant, instrumentele operaționale ale organizațiilor și inițiativelor internaționale relevante (IAEA, INTERPOL, ONU, ITWG etc.), standardele, protocoalele și ghidurile de bune practici elaborate pentru investigarea incidentelor nucleare sau radiologice.

Integrarea acestor cunoștințe juridice este indispensabilă pentru ca expertul să poată acționa nu doar competent din punct de vedere tehnic, ci și legal, contribuind eficient la procesul de justiție penală.

▪ **Colaborare internațională și schimb de bune practici.** Criminalistica nucleară este, prin natura sa, un domeniu transnațional, în care investigarea incidentelor implică adesea cooperare între mai multe state și agenții. În acest context, formarea experților nu poate fi eficientă fără integrarea dimensiunii internaționale.

În paralel, colaborarea internațională, devine indispensabilă, mai ales în statele care nu dispun de resursele necesare dezvoltării unor programe naționale specializate. Experiențele din Regatul Unit, Ungaria și Germania subliniază importanța suportului internațional pentru asigurarea unei investigații de succes a incidentelor care implică MNR. În acest context, este esențial ca formarea experților să includă participarea la cursuri și stagii internaționale organizate sub egida IAEA, INTERPOL sau ITWG și schimburi de experiență între experți din domenii complementare.

CONCLUZII

Consolidarea doctrinei criminalisticii nucleare ca subdisciplină a științei criminalistice presupune nu doar definirea conceptuală și metodologică a domeniului, ci și asigurarea resurselor umane capabile să transpună aceste principii în practică. În acest sens, formarea experților reprezintă o componentă esențială a dezvoltării doctrinei.

Analiza realizată evidențiază faptul că formarea experților în criminalistica nucleară reprezintă un proces complex și indispensabil, care trebuie abordat într-o manieră integrată, adaptată specificului acestui domeniu. Pregătirea teoretică solidă, dezvoltarea abilităților practice, cunoașterea aprofundată a reglementărilor naționale și internaționale, dar și aplicarea unor metode analitice specializate sunt componente esențiale pentru asigurarea unui nivel înalt de competență profesională. Totodată, dimensiunea internațională a procesului de instruire, prin schimburi de experiență, participarea la rețele de experți și accesul la programe educaționale globale joacă un rol fundamental în formarea experților.

Experiența Republicii Moldova, aflată încă în faza incipientă în domeniul criminalisticii nucleare, reflectă un angajament ferm față de dezvoltarea acestui domeniu. Participarea activă la inițiative internaționale, implicarea în programe de instruire și schimburile de bune practici demonstrează nu doar dorința de perfecționare profesională a experților, ci și determinarea de a contribui la consolidarea criminalisticii nucleare ca domeniu științific distinct al securității nucleare globale.

BIBLIOGRAFIE

1. IAEA Incident and Trafficking Database (ITDB), [online] itdb-factsheet.pdf (consultat: 12.03.2025).
2. IAEA Advances in Nuclear Forensics: Countering the Evolving Threat of Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control, Proceedings Series, IAEA, Vienna, 2015.
3. IAEA Nuclear Forensics: Beyond the Science, IAEA-TECDOC-1896, IAEA, Vienna, 2020.
4. Gross, H. Gesammelte kriminalistische Aufsatze, Leipzig, 1902, [online] https://archive.org/details/bub_gb_XPAqAAAAMAAJ (consultat: 06.04.2025).
5. Anghelescu, I. Dicționar de Criminalistică. București: Editura Științifică și Enciclopedică, 1984. 219 p.
6. Cârjan, L.; Chiper, M. Criminalistică. Tradiție și Modernism. București: Curtea Veche, 2009. 544 p.
7. Drăghici, C.; Iacob, A., Dobreanu, R. Tratat de tehnică criminalistică, ed. a III-a. Craiova: Sitech, 2018. 572 p.
8. Mayer, K.; Wallenius, M.; Fanghanel, T. Nuclear forensic science-From cradle to maturity. In: Journal of Alloys and Compounds, 2007, 50, 444-445.
9. IAEA, Response to Events Involving the Inadvertent Movement or Illicit Trafficking of Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1313, Vienna, 2002.
10. IAEA, Nuclear Forensics Support, Nuclear Security Series No. 2, Vienna, 2006.
11. IAEA, Nuclear Forensics in Support of Investigations, Nuclear Security Series No. 2-G, Vienna (2015).
12. ITWG nuclear forensics update No. 7 June 2018.
13. ITWG nuclear forensics update No. 18 March 2021.
14. ITWG nuclear forensics update, No. 14 February 2020.
15. Graham, G. et al. Developing traditional forensic science exploitation of contaminated exhibits recovered from a nuclear security event. International Conference Advances in Nuclear Forensics: Countering the Evolving Threat of Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control. Vienna, 2014. IAEA-CN-218-036.
16. Wallenius, M. Nuclear Forensics at JRC, from ad-hoc analysis to full-grown discipline. Technical Meeting on Nuclear Forensics, Beyond the Science. Vienna, 2019. IAEA-CN-218-17.
17. Kovacs-Szeles, E. Nuclear Forensics Capability Building in Hungary. Technical Meeting on Nuclear Forensics, Beyond the Science. Vienna, 2019. IAEA-CN-218-02.