INVESTIGAȚII RECENTE PRIVIND STAREA RADIAȚIEI DE FOND ÎN ECOSISTEMUL URBAN BĂLȚI, REPUBLICA MOLDOVA

RECENT INVESTIGATIONS ON THE STATUS OF BACKGROUND RADIATION IN THE URBAN ECOSYSTEM OF BĂLȚI, REPUBLIC OF MOLDOVA

CZU: 551.521.3:574.4(478-21) **https://doi.org/10.59295/spd2024n.47**

Vasile STEGĂRESCU,
ORCID: 0009-0008-9515-9829
e-mail: stegarescuv1@gmail.com
Institutul de Ecologie şi Geografie, Universitatea de Stat din Moldova
Andrian ȚUGULEA,
ORCID: 0000-0002-7106-8921
e-mail: andrusha_tugulea@yahoo.com
Institutul de Ecologie şi Geografie, Universitatea de Stat din Moldova
Constantin BULIMAGA,
ORCID: 0000-0003-1288-0140
e-mail: cbulimaga@yahoo.com
Institutul de Ecologie şi Geografie, Universitatea de Stat din Moldova
Iurii BEJAN,
ORCID: 0000-0001-5141-0315
e-mail: iurie.bejan@gmail.com
Institutul de Ecologie şi Geografie, Universitatea de Stat din Moldova

Summary. *This material reflects the study of the external gamma radiological fund level and the content of natural and man-made radionuclides in the soils of the Balti urban ecosystem in the Republic of Moldova. Radiometric and radiospectrometric research revealed values of the level of the external gamma dose rate as well as the content of anthropogenic and natural radionuclides (^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) that do not exceed the provisions of the national norms (NFRP-2000). There is still a need to continuously monitor the level of the external gamma radiological background and the content of radionuclides of different origins in the soil and spontaneous flora, resulting from global deposits from nuclear tests and accidents, including from the Chernobyl NPP.*

Keywords: *radioactivity, radiological background, natural radionuclides, man-made radionuclides, urban ecosystem.*

Cuvinte-cheie: *radioactivitate, fond radiologic, radionuclizi naturali, radionuclizi tehnogeni, ecosistem urban.*

INTRODUCERE

Radioactivitatea este un fenomen natural. Ea există pretutindeni în natură şi aproximativ două treimi din radiaţia la care suntem expuși provine din spațiu sau din sol. Cealaltă treime a radiației pe care o primim este datorată tehnicilor de radiologie medicală, sub 1% din radiaţia totală la care suntem expuși este de origine artificială nemedicală şi provine de la industria nucleară, civilă sau militară. O contribuție importantă, în acest ultim caz, au avut-o depunerile radioactive de la testele nucleare militare efectuate înainte de 1960 (0,5%) şi în mai mică măsură efluenții proveniți din industria energetică nucleară (0,003%).

Nici o sursă de energie nu este absolut sigură, iar arderea combustibililor fosili constituie un risc mult mai mare pentru omenire şi chiar pentru civilizație [1].

Poluarea atmosferei cu CO_2 şi alte gaze cu efect de seră nu au efecte imediate, dar continuarea poluării va conduce la schimbări climatice care vor deveni vizibile când va fi prea târziu pentru a mai putea fi luate măsuri de diminuare a acestora.

Energia nucleară reprezintă o sursă uriașă de energie electrică; utilizarea ei în scopuri pașnice are multe avantaje economice şi ecologice dar ca orice altă industrie are riscurile ei.

Un caz nefericit al tehnologiilor electro-nucleare a fost și accidentul de la CAE Cernobîl cu consecințele sale enorme asupra mediului înconjurător din bazinul hidrografic al Mării Negre [2, 3].

Accidentul de la CNE Cernobîl a avut un impact esențial şi asupra stării radiologice a teritoriului Republicii Moldova. Produsele radioactive, formate la explozia nucleară, au fost injectate sub formă de aerosoli în straturile superioare ale atmosferei, de unde continue să cadă pe suprafața terestră până la ora actuală. Conform datelor studiului radiologic al terenurilor agricole efectuate în anii 1986-1988 de către Centrul Republican de Pedologie Aplicată, precum şi a reperării topografice terestre a fotografierii aeriene gama efectuate de Agenția de Stat pentru Geologie a Republicii Moldova în a. 1991, teritoriul republicii este caracterizat ca slab poluat, purtând caracter de pete [4, 5]. Elementele radioactive au devenit componente indispensabile ale poluării mediului pedologic. Ca rezultat al unor procese geochimice de lungă durată, de geneză a solurilor, radionuclizii de origine naturală (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) se acumulează în sol, devin parte componentă a acestuia şi se transformă într-o anumită sursă de radioactivitate. Sursele principale de poluare a solurilor cu radionuclizi de proveniență artificială (în special radionuclizii biologic semnificativi, de viață medie, ^{137}Cs ($T_{1/2}$ = 30,17 ani) şi ^{90}Sr ($T_{1/2}$ = 28,8 ani)), cu produse ale dezintegrării nucleare au devenit precipitațiile globale, ca urmare a experiențelor nucleare şi ale erupțiilor de la CNE Cernobîl (Ucraina) și CNE Fukushima (Japonia).

Scopul lucrării de față este evaluarea nivelului fondului radiologic gama extern și a conținutului radionuclizilor tehnogeni şi naturali în solurile ecosistemului urban Bălți.

MATERIALE ŞI METODE

Evaluarea nivelului fondului radiologic gama extern în teritoriul studiat a fost efectuată cu ajutorul radiometrului geologic Thermo scientific FH 40G-L10 (nSv/h). Măsurările fondului gama se fac la înălțimea de un metru de la suprafața solului (nu mai puțin de 20 măsurări). Pentru fiecare punct de măsurare/recoltare a probelor de sol au fost stabilite coordonatele geografice (longitudinea și latitudinea) cu ajutorul aparatului de poziționare geografică GPS „OREGON 450”.

Selectarea locurilor de măsurare/colectare a probelor a fost efectuată conform literaturii de specialitate [6, 7, 8].

Pentru selectarea/amplasarea punctelor de măsurare/recoltare a probelor de sol a fost utilizată rețeaua sistematică (grid) combinată cu cea aleatorie (rețea sistematică stratificată), ce presupune împărțirea teritoriului studiat în unități omogene (2×2 km) şi plasarea aleatorie, în cadrul fiecărei unități omogene, a câte cel puțin un punct de măsurare/colectare probe [8].

Pentru determinarea conținutului radionuclizilor antropogeni de viață lungă ^{137}Cs şi a celor naturali (telurici) ^{40}K, ^{226}Ra şi ^{232}Th în sol au fost prelevate probe din diferite arii ale ecosistemului urban Bălți a Republicii Moldova.

Luând în considerație faptul că solurile urbane suferă intervenții antropice frecvente, probele de sol au fost recoltate din zonele verzi (parcuri și zone forestiere, luncile râurilor), până la adâncimi de 0-30 cm. Condiționarea probelor a avut loc în laborator.

Analiza probelor de sol la conținutul de ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra și ^{232}Th (Bq/kg) a fost realizată prin radiospectrometrie gama de înaltă rezoluție în Laboratorul de Radiologie al I.P. Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae Dimo”, conform [9].

Reprezentarea cartografică a rezultatelor obținute a fost realizată prin intermediul soft-ului QGIS.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În cadrul expedițiilor de teren a fost evaluat nivelul debitului dozei gama extern în ecosistemul urban Bălți, valorile căruia au variat în limitele 67,4 - 142,2 nSv/h, reflectând, la general, caracterul poluării radioactive a teritoriului Republicii Moldova drept consecință a accidentului de la CAE Cernobîl, stabilit în rezultatul filmării aerogamaspectrometrice (1:200 000) realizate în anul 1991 [10].

Nivelul debitului dozei gama extern se află în dependență de tipul de sol, conținutul clark al radionuclizilor naturali ^{40}K, ^{226}Ra şi ^{232}Th și ai descendenților acestora, gradul de poluare cu radionuclizii antropogeni ^{137}Cs şi ^{90}Sr, cât şi de forma de relief și altitudine (Figura 1). De menționat că aceste valori nu depășesc normele naționale (NFRP-2000) [11], conform cărora debitul dozei efective ambientale al iradierii gama nu trebuie să fie mai mare de 250 nSv/h, debitul dozei la loc deschis.

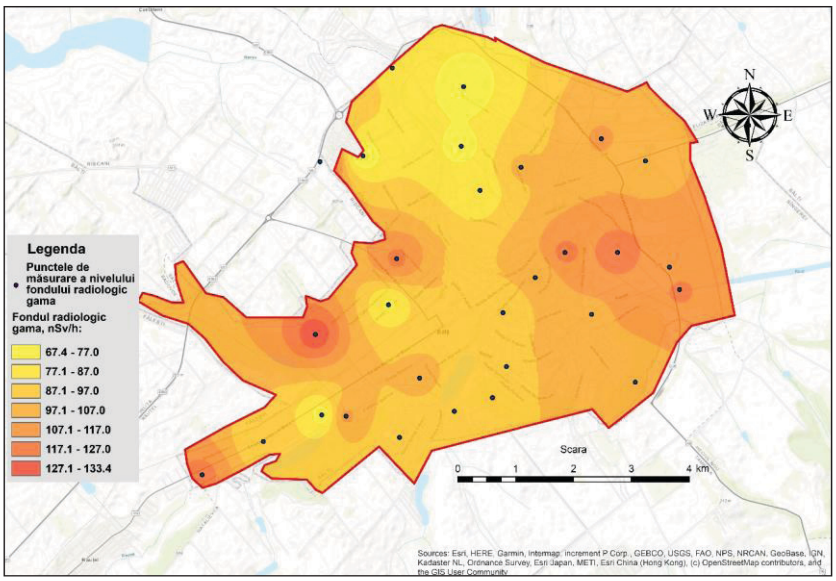


Figura 1. Nivelul fondului radiologic gama extern în or. Bălți, a. 2022, nSv/h.

Investigațiile radiospectrometrice au demonstrat că valorile concentrațiilor radionuclizilor ^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{232}Th și ^{40}K în solul din or. Bălți, nu au depășit Concentrațiile Maxim Admisibele (CMA), stipulate în NFRP-2000 [11]. Astfel, prin analiza radiospectrometrică a radionuclidului ^{137}Cs în solul necultivat (stratul 0-30 cm) s-a demonstrat că valorile maxime ale acestuia au fost cuprinse în intervalul 1,6-17,6 Bq/kg, comparativ cu 363,0 Bq/kg în ecosistemele naturale din s. Valea, r-nul Soroca (a. 2013) [12]. Normele naționale de radioprotecție pentru indicatorul nominalizat prevăd 160 Bq/kg. Nivelul scăzut de ^{137}Cs în or. Bălți este explicat prin lipsa depunerilor radioactive masive de la accidentul CAE Cernobîl, precum și faptului că solul din zonele verzi ale orașului este puternic modificat prin lucrări de excavare, construcții și recultivare, devenind în final un urbosol clasic (Figura 2).

De menționat, că odată cu trecerea timpului are loc o scădere a concentrației radionuclidului ^{137}Cs datorită procesului natural de dezintegrare fizică precum și a proceselor de migrare atât pe verticală cât și pe orizontală.

Studiul caracteristicilor radiologice ale stratului de sol în punctele de control au relevat următoarele: valorile maxime ale radionuclidului de origine naturală potasiu (^{40}K) au fost cuprinse în intervalul 170,0-753,0 Bq/kg, iar cele mai joase au fost remarcate în solul de tip cernoziom tipic moderat humifer din partea de nord a or. Bălți. Valori relativ mari ale conținutului de ^{40}K au fost relevate în solul deluvial molic din partea de centru-sud al orașului (Figura 3).

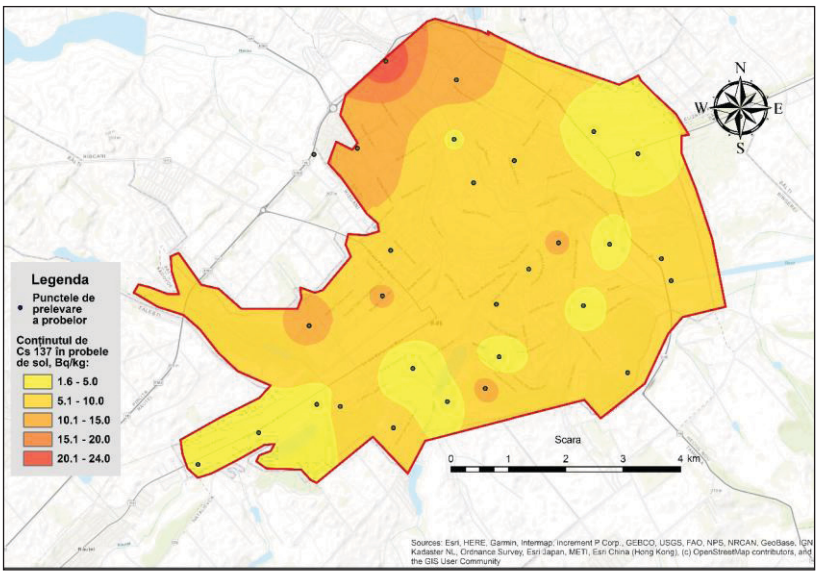


Figura 2. Conținutul ^{137}Cs în sol (Bq/kg), or. Bălți, 2022.

De remarcat că în solurile Republicii Moldova conținutul mediu al ^{40}K constituie 363-545 Bq/ kg [13]. Astfel aceste valori precum și cele obținute de noi sunt mai joase decât clark-ul scoarței terestre și a litosferei 636-681 Bq/kg [13, 14].

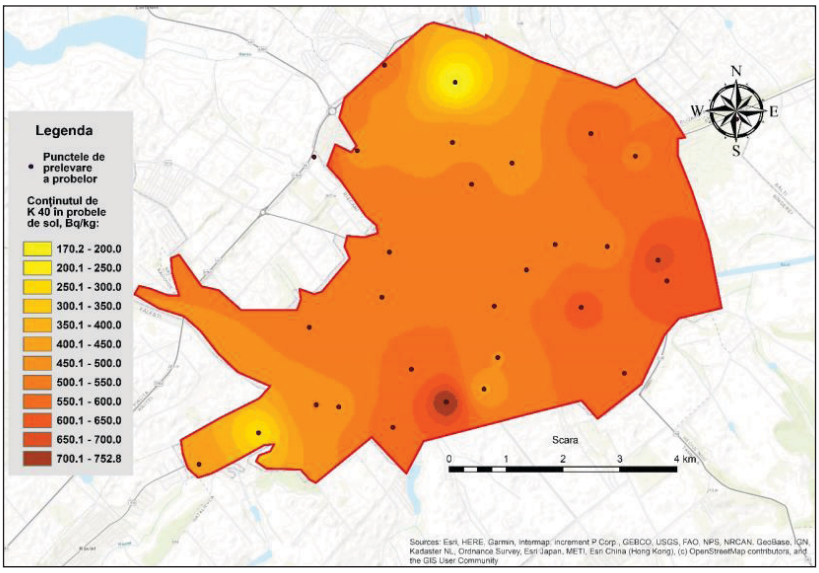


Figura 3. Conținutul ^{40}K în sol (Bq/kg), or. Bălți, 2022.

Privitor la radionuclidul natural ^{226}Ra putem remarca faptul că valorile maxime au fost cuprinse în intervalul 17,0-42,6 Bq/kg, în raport cu locul recoltării și tipul de sol (Figura 4). De menționat că în solurile Republicii Moldova conținutul mediu al radiului-226 este de zeci și sute ori mai mare decât clark-ul acestui element, care constituie 0,74 Bq/ kg în scoarța terestră şi 0,37 Bq/kg în litosferă. Conținutul lui mediu în diferite tipuri şi subtipuri de soluri din Republica Moldova oscilează în limitele 31,1-39,2 Bq/kg [14].

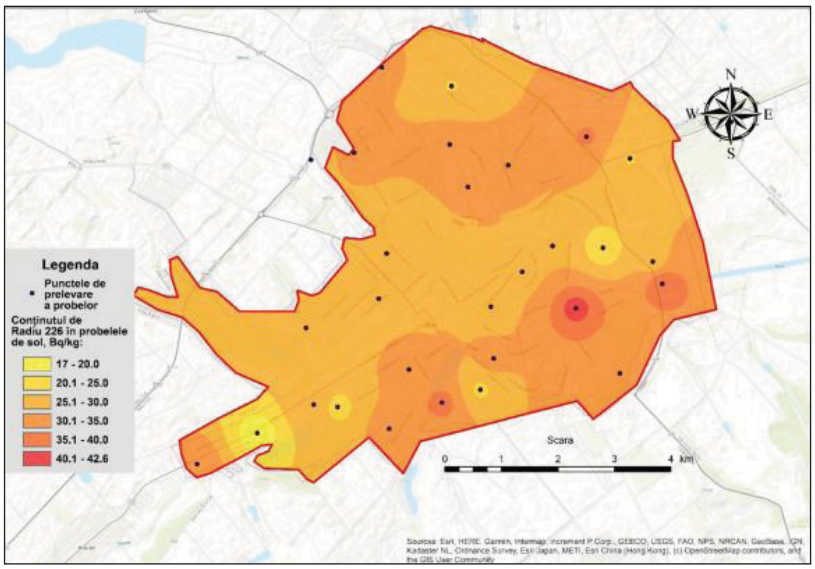


Figura 4. Conținutul ^{226}Ra în sol (Bq/kg), or. Bălți, 2022.

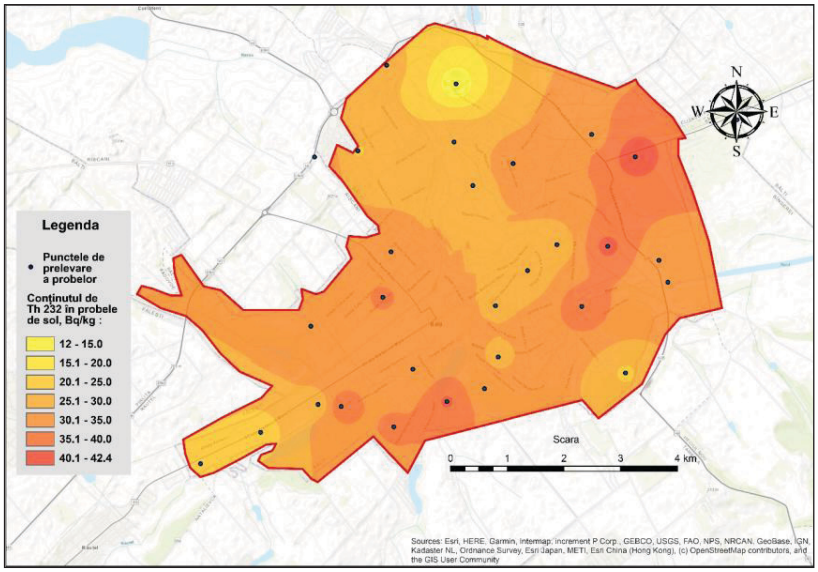


Figura 5. Conținutul ^{232}Th în sol (Bq/kg), or. Bălți, 2022.

Conținutul radionuclidului natural ^{232}Th în solul locațiilor studiate variază în raport cu amplasarea geografică şi tipul de sol. Astfel, concentrația minimă a fost depistată în stratul de sol 0-30 cm cernoziom tipic moderat humifer din partea de nord-centru (12,0 Bq/kg), iar cantitatea maximă (42,4 Bq/kg) a fost relevată în solul de tip cernoziom tipic slab humifer amplasat în partea de est-centru a orașului Bălți (Figura 5). Conform [14] cantitatea toriului-232 în stratul arabil al solurilor Republicii Moldova este sub valorile clark-ului scoarței terestre (41,0 Bq/kg) şi litosferei (53,0 Bq/kg) şi constituie în medie 32,0 Bq/kg.

CONCLUZII

1. Studiile efectuate pe parcursul anilor 2022-2023 au permis stabilirea nivelului debitului de doză gama extern cât și conținutul radionuclizilor antropogeni – cesiu (^{137}Cs), și naturali - potasiu (^{40}K), toriu (^{232}Th), radiu (^{226}Ra) în ecosistemul urban Bălți.
2. Nivelul fondului radiologic gama extern în zona de studiu constituie 67,4 - 142,2 nSv/h nefiind remarcate depășiri ale normelor naționale (NFRP-2000).
3. Conținutul radionuclidului antropogen Cesiu-137 se află în limitele valorilor multianuale de până la accidentul CNE Cernobîl.
4. Valorile conținutului de toriu-232, radiului-226 și potasiu-40 în probele de sol analizate se află în limitele sale firești, la nivelul sau mai jos de clark-ul scoarței terestre.
5. Rezultatele obținute certifică faptul că nivelele de poluare înregistrate nu prezintă pericol direct pentru populație ca surse de iradiere externă.
6. Este necesară o monitorizare radiologică permanentă a nivelului fondului radiologic gama extern și a conținutului radionuclizilor naturali și artificiali ^{137}Cs şi ^{90}Sr în componentele de mediu.

REFERINȚE

1. CATILINA, R., DINCĂ, Gh., BURTIC, Th. *Protecția contra radiațiilor nucleare la cercetarea, extracția și prelucrarea substanțelor minerale*. București: Editura Tehnică, 1986. 435 p.
2. DE CORT, M. et all. *Atlas of Cesium deposition on Europe after the Chernobyl accident*. Luxemburg, 1998. 63. ISBN 92-828-3140-X.
3. MĂRGINEANU, R., BLEBEA-APOSTU, A.-M., DULIU, O.-Gh., VARLAM, C., PATRAȘCU, V. Fondul radioactiv în zona de coastă a Mării Negre. În: *Akademos*. 2012, nr. 1(24), p. 97-100. ISSN 1857-0461.
4. STASIEV, Gr., NEDEALCOV, S., BURLACU, I. *Starea radioecologică a mediului Republicii Moldova*. Chișinău, 1998, 115 p.
5. НЕДЯЛКОВ, С.И. Радиоэкологические аспекты в агрохимическом обслуживании. În: *Agricultura Moldovei*, 2001, nr. 3, p. 16. ISSN 0582-5229.

6. IOJĂ, C. Metode de evaluare și cercetare a stării mediului. Editura Etnologică, 2013. București, 182 p.
7. DE VIVO, B., BELKIN, H.E., LIMA, A. (Eds.), (2008) Environmental Geochemistry: Site Characterization, data Analysis and Case histories.
8. WATTS, S. & L. HALIIIWELL. (2005) Essential Environmental Science - methods and techniques. New York: Routledge.
9. Методические указания по определению содержания Стронция-90 и Цезия-137 в почвах и растениях. Под ред. Державина Л.М. и др. Москва: ЦИНАО, 1985. 64 с.
10. Пояснительная записка о проведении аэрогамма-спектрометрической съемки Молдовы масштаба 1:200 000. ПГО „АЭРОГЕОЛОГИЯ". Комплексная Аэросъемочная Экспедиция. Партия № 36. Москва, 1992.
11. Norme fundamentale de radioprotecție. Cerințe și reguli igienice (NFRP-2000). În Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 40-41. Chișinău, 2001, 114 p. ISSN 2587-389X.
12. STEGĂRESCU, V., MOTELICA, L., CIOLACU, E., ROŞCA, I., VATAMANIUC, G. Evaluarea recentă a zonei intens poluate din raionul Soroca, drept consecință a accidentului de la CNE Cernobîl. În: Culegere de materiale ale Conferinței științifice cu participare internațională, consacrată aniversării a 150-a de la apariția ecologiei ca știință, a 70 de ani de la fondarea primelor instituții științifice academice și a 20 de ani de la înființarea USPEE „C. Stere": „Problemele ecologice și geografice în contextul dezvoltării durabile a Republicii Moldova: realizări și perspective", 14-15 septembrie 2016, Chișinău, Republica Moldova. Iași: Vasiliana ′98, 2016. p. 266-270. ISBN 978-9975-9611-3-4.
13. STASIEV, Gr., NEDEALCOV, S., JIGĂU, Gh. Starea radioecologică a mediului Republicii Moldova. Impactul tehnogen. În: *Noosfera*, 2013, nr. 8, p. 105-112. ISSN 1857-3517.
14. STASIEV, Gr., NEDEALCOV, S., JIGĂU, Gh. Conținutul unor elemente radioactive naturale și radioizotopi artificiali în solurile Moldovei. În: *Mediul ambiant*, 2013, nr. 4(70), p. 38-43. ISSN 1810-9551.

NOTĂ. Cercetările au fost efectuate în cadrul proiectului 20.8000.9.707.11 „*Evaluarea stabilității ecosistemelor urbane și rurale în scopul asigurării dezvoltării durabile*" (2020-2023) și **S**ubprogramului 010801 „*Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu*" (2024-2027).