

ASPECTE PRIVIND REPARTIȚIA DEPUNERILOR DE IONI MINERALI ÎN ECOSISTEMELE FORESTIERE DIN REPUBLICA MOLDOVA ȘI DIN EUROPA

Valeriu BRAȘOVEANU

Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM

Este efectuată o analiză comparativă a depunerilor atmosferice sub coronamentul pădurilor din Republica Moldova cu cele determinate în suprafețele experimentale de monitoring forestier intensiv (nivelul II) din Europa. Monitorizarea ionilor de $S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$ și $N-NH_4^+$ a fost realizată în baza metodologiei recomandate de programul ICP Forests. S-a constatat că în ecosistemele forestiere din nordul Republicii Moldova depunerile atmosferice ale ionilor monitorizați sunt mai reduse față de depunerile înregistrate în ecosistemele forestiere din centrul țării, acestea din urmă amenințând mai grav starea de sănătate a arborilor și funcționalitatea ecosistemelor forestiere. Depunerile ionilor minerali ($S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$) înregistrate sub coronamentul arboretelor studiate în Republica Moldova sunt comparabile cu depunerile înregistrate în regiunile din centrul Europei și în cele central-estice ale ei.

Cuvinte-cheie: *poluare atmosferică, monitoringul depunerilor, ecosistem forestier, ioni minerali.*

ASPECTS OF REPARTITION THE ION MINERAL DEPOSITION IN THE FOREST ECOSYSTEMS IN MOLDOVA AND EUROPE

It performed a comparative analysis of throughfall atmospheric deposition in the Republic of Moldova to that determined in the intensive (level II) forest monitoring plots in Europe. Monitoring ions $S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$ și $N-NH_4^+$ was carried out according to the methodology recommended by the International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests). It was found that the atmospheric ions deposition monitored in forest ecosystems in northern the country are reduced than deposits recorded in forest ecosystems in the center of the country, the latter being subject to increased risk of threat to the health of the trees and functionality forest ecosystems. Throughfall deposits of mineral ions ($S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$) recorded in forests studied in Republic of Moldova are comparable to deposits recorded in the central and central-eastern European regions.

Keywords: *atmospheric pollution, deposition monitoring, forest ecosystem, mineral ions.*

Introducere

Depunerile atmosferice de sulf și azot, care formează compuși acidifianți și azot anorganic ca nutrienți și cationi de bază, constituie un factor major ce influențează și/sau afectează starea pădurilor din Europa. Astfel, acestea cuprind toate procesele ce conduc la depunerea unei anumite cantități de element conținut în aerosoli, ape de precipitații sau compuși gazoși pe o suprafață receptoare, care este, în cazul ecosistemului forestier, partea aeriană a arborilor (ramuri, frunze sau ace), vegetația ierboasă și solul [8].

Poluarea atmosferică, ca factor de stres, în principal antropic, se caracterizează printr-o dinamică mult mai intensă decât procesele naturale adaptive ale pădurilor, deoarece arborii, ca organisme vii, prezintă o capacitate lentă de adaptare la schimbările condițiilor de mediu [7]. În studiul de doctorat Draaijers (1993) [2] face o caracteristică a principalelor tipuri de poluanți atmosferici transportați la distanță, care sunt considerați ca potențială cauză ce contribuie la intensificarea degradării stării ecosistemelor forestiere. Astfel, poluanții atmosferici care influențează direct sau indirect declinul pădurilor sunt: (1) în stare gazoasă – compuși ai sulfului (SO_2 , SO_3), compuși ai azotului (NO , NO_2 , HNO_3 , NH_4NO_3 , HNO_2 , NH_3), fotooxidanți, hidrocarburi, clorofluorocarburi (freonii), amestecuri de poluanți; (2) în stare lichidă – ploi și ceață acide conținând NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , oxidanți (H_2O_2), hidrocarburi; (3) în stare solidă (particule) – compuși acizi ai sulfului și ai azotului conținând NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , metale grele, hidrocarburi [7].

Pentru supravegherea pe scară largă a efectelor poluării aerului asupra pădurii, în anul 1985, în temeiul Convenției privind poluarea transfrontalieră a aerului atmosferic la distanțe mari (Geneva, 1979), la nivel european a fost lansat un program complex de cercetare (ICP Forests – International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) cu două niveluri diferite ale intensității de monitorizare, care derulează pe baza unor metode unitare de investigare, elaborate în comun de specialiști din toate țările europene [11]. Prima rețea (nivelul I) se bazează pe aproximativ 6000 de parcele de observare pe o grilă sistematică transnațională de 16x16 km în întreaga Europă. Nivelul de supraveghere intensivă cuprinde aproximativ 700 de parcele de nivelul II în ecosisteme forestiere din Europa [9].

Pornind de la experiența unor țări europene de monitorizare a depunerilor atmosferice de ioni minerali în ecosistemele forestiere și de la faptul că până în prezent în Republica Moldova astfel de studii nu au fost efectuate [1], scopul cercetărilor noastre este de a evalua cantitativ și calitativ depunerile atmosferice pentru a preveni impactul ecologic și pentru a contribui la ameliorarea stării ecosistemelor forestiere din Republica Moldova.

Material și metode

În calitate de obiecte de studiu au servit ecosistemele forestiere din Republica Moldova în care sunt amplasate suprafețele experimentale (SE) incluse în rețeaua europeană sistematică (16x16 km) de monitoring forestier. Aceasta a fost elaborată la nivelul întregului fond forestier european, țării noastre revenindu-i sarcina de a înregistra date în 10 suprafețe experimentale (Fig.1).

Amplasarea colectoarelor de precipitații în suprafețele experimentale pentru măsurarea și eșantionarea lunară a acestora în vederea analizelor de laborator s-a realizat conform metodologiei recomandate de Programul ICP Forests [11]. Au fost instalate câte 5-8 colectoare de tip deschis (captator cu pungă din polietilenă) pentru precipitații, un colector având suprafața de colectare de 571 cm². Colectoarele de precipitații de sub coronament au fost amplasate în interiorul suprafeței experimentale, la o distanță de 7-10 m între ele, în formă de zig-zag, la înălțimea de 1,2 m de la sol. În scopul de a surprinde variabilitatea precipitațiilor căzute sub coronament, amplasarea a fost realizată pe curba de nivel – în cazul terenurilor înclinate și pe direcția E-V – în cazul terenurilor plane [11].

Colectoarele de precipitații au fost improvizate și confecționate respectându-se anumite cerințe [3,11]. Pentru perioada vegetativă a anului, marginea inferioară a colectorului este conectată la un rezervor (peturi de sub apă minerală/plată cu volumul de 3-3,5 l), care este îngropat în substratul de sol în scopul de a limita influența razelor solare și de a minimaliza procesul de evaporare ș.a. Conexiunea dintre sac și rezervor are un diametru mic, la fel pentru a minimaliza procesul de evaporare a probei colectate.

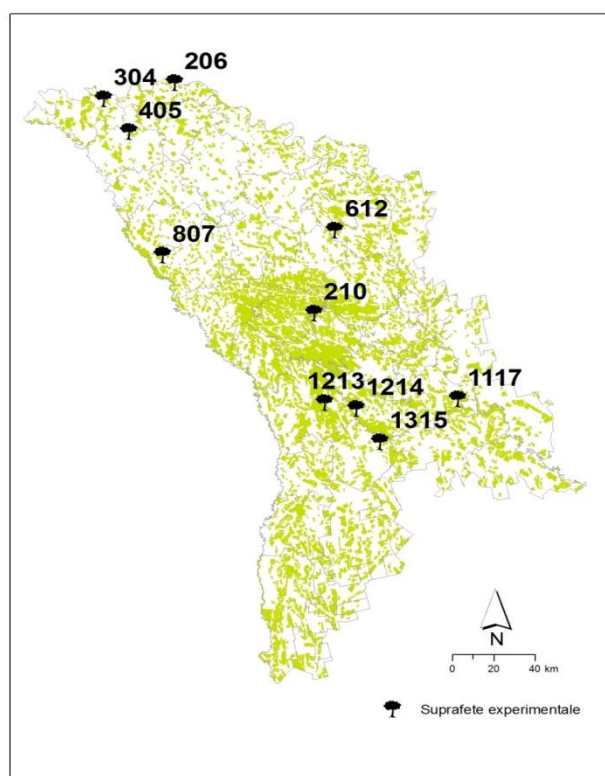


Fig.1. Amplasarea suprafețelor experimentale din Republica Moldova.

După recepționarea probelor, în condiții de laborator a fost efectuată filtrarea probelor și analiza chimică propriu-zisă. Indicii chimici ai apei au fost determinați în cadrul laboratoarelor Calitatea Mediului și Ecobiocindicație și Radioecologie de la Institutul de Ecologie și Geografie, prin metodele recomandate de EMEP (1995). Astfel, ionul NO₃⁻ a fost determinat prin metoda spectrofotometrică cu reactivul Griess; NH₄⁺ – prin metoda spectrofotometrică, cu reactivul Nessler; SO₄²⁻ – prin metoda spectrofotometrică, cu soluție de BaCl₂ [10].

Concentrațiile de sulf și azot din ionii analizați în precipitațiile atmosferice s-au calculat în baza raportului masei atomice a elementului la masa atomică a ionului, pentru ionii de SO_4^{2-} , NO_3^- și NH_4^+ . Pentru a calcula fluxul de ioni pentru o anumită perioadă, s-a folosit formula:

$$F = \sum P_i \cdot C_i / 100,$$

unde:

F – fluxul cantitativ al ionului analizat, în kg/ha/perioadă;

P_i – precipitațiile, în mm, corespunzătoare perioadei i ;

C_i – concentrația unui element sau compus, exprimată în mg/l, corespunzătoare perioadei i .

Rezultate și discuții

Studiul fluxurilor ionilor minerali atmosferici efectuat în 10 ecosisteme forestiere din Republicii Moldova, în care sunt amplasate suprafețele experimentale ale rețelei europene sistematice (16x16 km) de monitoring forestier, denotă unele legități și tendințe de acumulare, în dependență de zona de amplasare și tipul de poluant. Rezultatele analizelor chimice demonstrează că în ecosistemele forestiere din Republica Moldova, pentru anul 2012, depunerile de S-SO_4^{2-} , conform scării de evaluare a depunerilor de sub coronament („throughfall”) la nivel european [6,7,11], se atribuie categoriilor de *depuneri mari* (5,7-8 kg/ha/an) și *depuneri foarte mari* (8-32 kg/ha/an) (Tab.2). Fluxurile ionilor de sulfat (S-SO_4^{2-}) determinate sub coronamentul pădurilor studiate variază de la 7,57 kg/ha/an (SE 807) până la 12,50 kg/ha/an (SE 1117) (Tab.1). Astfel înregistrându-se un coeficient de variație (CV) mic (13,7%), ceea ce demonstrează o distribuție, practic omogenă, a depunerilor de S-SO_4^{2-} pe teritoriul Republicii Moldova. Pentru majoritatea SE studiate (SE 304, 405, 206, 612, 210 și 1315) valorile depunerilor de S-SO_4^{2-} nu înregistrează diferențe statistic demonstrate (DMS – 1,56). Valoarea minimă de 7,57 kgS/ha/an (SE 807) diferă semnificativ de valorile determinate pentru restul SE studiate, cu excepția valorilor din SE 1315 (8,38 kgS/ha/an); la fel, valoarea maximă a depunerilor atmosferice de S-SO_4^{2-} – 12,5 kgS/ha/an (SE 1117) diferă semnificativ față de depunerile înregistrate în restul SE studiate.

Depunerile totale de S-SO_4^{2-} , înregistrate sub coronamentul pădurilor de foioase din Republica Moldova, sunt determinate, în mare parte, de fluxurile transfrontaliere de S-SO_4^{2-} . Conform rapoartelor EMEP [4], în cvadratele EMEP (50x50 km), unde sunt amplasate SE 1315, 807 și 1214 – ecosisteme în care s-au înregistrat depuneri mai reduse, comparativ cu restul SE studiate, cota fluxului transfrontalier constituie 80-90%. În cvadratele unde sunt amplasate SE ce înregistrează depuneri sporite de S-SO_4^{2-} , cota fluxului transfrontalier fiind de peste 90%. Astfel, pe lângă impactul transfrontalier SE cad și sub influența surselor de poluare locală. Acestea, în dependență de poziția fizico-geografică și de factorii biotici și abiotici, manifestă un impact negativ individual pentru fiecare ecosistem studiat, care și determină micile diferențe dintre depunerile înregistrate.

Depunerile totale ale ionilor de nitrat (N-NO_3^-) înregistrate sub coronamentul pădurilor studiate au indicat valori cuprinse între 1,53 și 5,2 kgN/ha/an (Tab.1), fluxuri ce reprezintă o repartizare neuniformă, comparativ cu depunerile de S-SO_4^{2-} . Tendințele cele mai scăzute privind depunerile de N-NO_3^- s-au înregistrat în ecosistemele forestiere amplasate în zona de nord a republicii (SE 304, 405, 206, 807 și 612), ale căror variații nu au diferențe semnificative (DMS – 1,15), cu excepția depunerilor din SE 807 (1,5 kgN/ha/an), care este semnificativ mai mică comparativ cu restul SE studiate, excepție făcând SE 405. Conform scării de evaluare a depunerilor de N-NO_3^- la nivel european, depunerile de N-NO_3^- înregistrate sub coronamentele studiate s-au încadrat, în majoritatea cazurilor, în categoria *depunerilor reduse* (1,8-3,2 kg/ha/an). *Depuneri foarte reduse* (0-1,8 kg/ha/an) sunt specifice pentru SE 807 (1,53 kg/ha/an), *depuneri mijlocii* (3,2-4,5 kg/ha/an) – pentru SE 1214 și 1315 (4,2-3,6 kg/ha/an), iar *depuneri mari* (4,5-6,3 kg/ha/an) – pentru SE 1117 (5,2 kg/ha/an).

Tabelul 1

Depunerile anuale de ioni minerali înregistrate sub coronament („throughfall”) în ecosistemele forestiere studiate din Republica Moldova, 2012

Suprafața experimentală (SE)	Întreprinderea de Stat pentru Silvicultură	Ocolul Silvic	Compoziția dendrologică	S-SO ₄ (kg/ha/an)	N-NO ₃ (kg/ha/an)	N-NH ₄ (kg/ha/an)
SE 304	Edineț	Briceni	7ST2STR1MO	10,42	2,83	6,36
SE 405	Edineț	Edineț	10FR	10,18	2,27	6,15

SE 206	Edineț	Otaci	7GO1FR2TE	10,11	2,79	6,31
SE 807	Glodeni	Călinești	10ST+CI	7,57	1,53	4,04
SE 612	Șoldănești	Olișcani	10ST+FR	10,85	2,81	6,35
SE 210	Călăraș	Vărzărești	7FR2ST1ULC	10,76	3,17	6,77
SE 1214	Hâncești	Buțeni	10ST+FR	9,19	4,16	9,15
SE 1213	Hâncești	Mereșeni	6GO4FR	10,38	2,77	8,99
SE 1117	Tighina	Hârbovăț	10STP+SC	12,50	5,20	9,10
SE 1315	Răzeni	Zloți	10SC	8,38	3,60	6,56
Diferența minimal semnificativă (DMS)				1,56	1,15	1,85
Amplitudinea	Minimală			7,6	1,5	4,0
	Maximală			12,5	5,2	9,2
Media aritmetică				10,0	3,1	7,0
Deviația standard				1,4	1,0	1,6
Coeficientul de variație				13,7	32,7	23,4

Notă: ST – Stejar penduculat (*Quercus robur*), STR – Stejar roșu (*Quercus rubra*), STP – Stejar pufos (*Quercus pubescens*), GO – Gorun (*Quercus petraea*), FR – Frasin comun (*Fraxinus excelsior*), MO – Molid (*Picea abies*), CI – Cireș (*Cerasus avium*), TE – Tei argintiu (*Tilia tomentosa*), SC – Salcâm (*Robinia pseudacacia*), ULC – Ulm de câmp (*Ulmus campestris*).

Suprafețele experimentale 1117 și 1214, amplasate în zone cu impact sporit al emisiilor de la transportul auto (pentru SE 1214 – emisiile de la fluxul sporit al unităților de transport de pe traseul auto Chișinău – Cahul și din or. Chișinău și Hâncești, iar pentru SE 1117 – emisiile de la unitățile de transport de pe traseul auto Chișinău – Tighina – Tiraspol și din orașele respective), înregistrează valori maxime ale depunerilor de N-NO₃⁻ (5,2 și, respectiv, 4,16 kgN/ha/an).

Tabelul 2

Scala europeană pentru aprecierea intensității depunerilor de ioni minerali sub coronament [6,9]

Intensitatea depunerilor (ICP Forests, 2010; 2012)	S-SO ₄ (kg/ha/an)	N-NO ₃ (kg/ha/an)	N-NH ₄ (kg/ha/an)
Depuneri foarte reduse	0-3,3	0-1,8	0-1,6
Depuneri reduse	3,3-4,2	1,8-3,2	1,6-3,3
Depuneri mijlocii	4,2-5,7	3,2-4,5	3,3-5,1
Depuneri mari	5,7-8	4,5-6,3	5,1-7,5
Depuneri foarte mari	8-32	6,3-23,5	7,5-22,4

Fluxul ionilor de N-NH₄⁺ de sub coronament, în 6 cazuri (SE 304, 405, 206, 612, 201 și 1315), se încadrează în categoria *depuerilor mari* (5,1-7,5 kg/ha/an), în trei cazuri (SE 1214, 1213 și 1117) în categoria *depuerilor foarte mari* (7,5-22,4 kg/ha/an) și într-un caz, SE 807, a *depuerilor mijlocii* (3,3-5,1 kg/ha/an) (Tab.1 și 2). Valorile cele mai mari s-au înregistrat în SE 1214, 1117 și 1213, constituind 9,15 kgN/ha/an, 9,10 kgN/ha/an și, respectiv, 8,99 kgN/ha/an, valori statistic semnificativ mai mari (DMS = 1,85) decât în restul SE, indicând un aport mai sporit al influenței emisiilor locale prin sporirea depunerilor uscate alături de depunerile transfrontaliere. În restul ecosistemelor forestiere studiate, depunerile anuale ale N-NH₄⁺ sub coronament au fost, practic, aceleași, cu excepția SE 807, care a avut depuneri semnificativ mai reduse decât în toate ecosistemele forestiere studiate.

Comparând fluxurile ionilor de N-NH₄⁺ cu cel de N-NO₃⁻, determinate sub coronament, constatăm că în majoritatea arboretelor studiate (SE 304, 405, 206, 807, 612, 210 și 1214) fluxurile de N-NH₄⁺ sunt, în medie, de 2,5 ori mai ridicate decât cele de N-NO₃⁻. Rezultatele obținute demonstrează clar dominanța ionului de N-NH₄⁺ față de ionul de N-NO₃⁻ în depunerile atmosferice, rezultate înregistrate și în cercetările efectuate în peste 500 de SE europene în cadrul Programului ICP Forests [9].

În funcție de poziția fizico-geografică a ecosistemelor forestiere studiate, constatăm că în ecosistemele din nordul republicii (SE 304, 405, 206, 807, 612) s-au înregistrat depuneri mai reduse față de ecosistemele din centrul republicii (SE 210, 1214, 1213, 1117, 1315) (Tab.1). O diferență semnificativă se înregistrează

pentru depunerile de azot, unde pentru NO_3^- fluxul mediu înregistrat în ecosistemele din centrul republicii este cu circa 21% mai sporit față de fluxul înregistrat în zona de nord. Pentru NH_4^+ se înregistrează aproximativ același tablou, cu 16% și, în sumă, riscul poluării ecosistemelor forestiere cu azot anorganic total ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) este cu 18% mai sporit pentru ecosistemele din zona de centru față de cele din zona de nord.

Deci, observăm că pentru toți ionii analizați suprafața experimentală 807, amplasată în zona est-nordică a republicii (Întreprinderea de Stat pentru Silvicultură – Glodeni, Ocolul Silvic – Călinești), înregistrează cele mai reduse depuneri totale de ioni atmosferici. Factorul principal, care a influențat aceste depuneri, este deficitul de precipitații anuale înregistrate în această zonă (298 mm). Astfel, cu cantități reduse de precipitații au fost antrenate, respectiv, cantități reduse de depuneri atmosferice umede, depuneri cărora le revine o cotă importantă în depunerile totale.

Analiza comparativă a rezultatelor obținute în anul 2012 în ecosistemele forestiere din țara noastră, cu cele determinate în alte regiuni din Europa, raportate în anii 2010-2012, pentru suprafețele europene de monitoring intensiv (nivelul II), conform „Technical Report of ICP Forests” [5,6,9], s-a realizat prin completarea hărților de distribuție a depunerilor sub coronament cu valori originale pentru Republica Moldova, calculate în baza modelelor prezentate de Fischer et al. (2010) și Lorenz et al. (2012).

Depunerile anuale ale ionilor de S-SO_4^{2-} , înregistrate sub coronamentul pădurilor din Republica Moldova, au fost *mari* și *foarte mari* și sunt comparabile cu cele înregistrate în Europa Centrală: Polonia, Germania, Republica Cehă, Austria și România (Fig.2). Conform rapoartelor Programului ICP Forests [6,9], în suprafețele europene de monitoring intensiv (nivelul II), depunerile medii anuale ale ionilor de S-SO_4^{2-} , pentru ultimii 5 ani, au constituit: 16,3% – *depuneri foarte reduse*, 9,3% – *depuneri reduse*, 18,6% – *depuneri mijlocii*, 29,3% – *depuneri mari* și 26,5% – *depuneri foarte mari*. Astfel, depunerile înregistrate în ecosistemele forestiere din Republica Moldova se încadrează în ultimele două categorii, care sunt cele mai specifice țărilor europene, depuneri (*mari* și *foarte mari*) ce pot spori riscul degradării pădurilor de foioase prin distrugerea clorofilei și diminuarea procesului de fotosinteză.

Depunerile reduse de N-NO_3^- înregistrate sub coronamentul arboretelor studiate în Republica Moldova sunt comparabile cu depunerile înregistrate în România și în alte regiuni din centrul și central-estice ale Europei – Slovacia, Austria, Polonia, Lituania (Fig.3). Pentru ultimii 5 ani aceste depuneri în pădurile din Europa au constituit: 12,6% – *depuneri foarte reduse*, 9,7% – *depuneri reduse*, 11,6% – *depuneri mijlocii*, 24,2% – *depuneri mari* și 41,9% – *depuneri foarte mari*. Deci, majoritatea ecosistemelor studiate din Republica Moldova au înregistrat *depuneri reduse*, categorie căreia îi revine cea mai mică cotă la nivel european, fapt ce exclude riscul provocării unor efecte de poluare și degradare ulterioară a ecosistemelor forestiere.

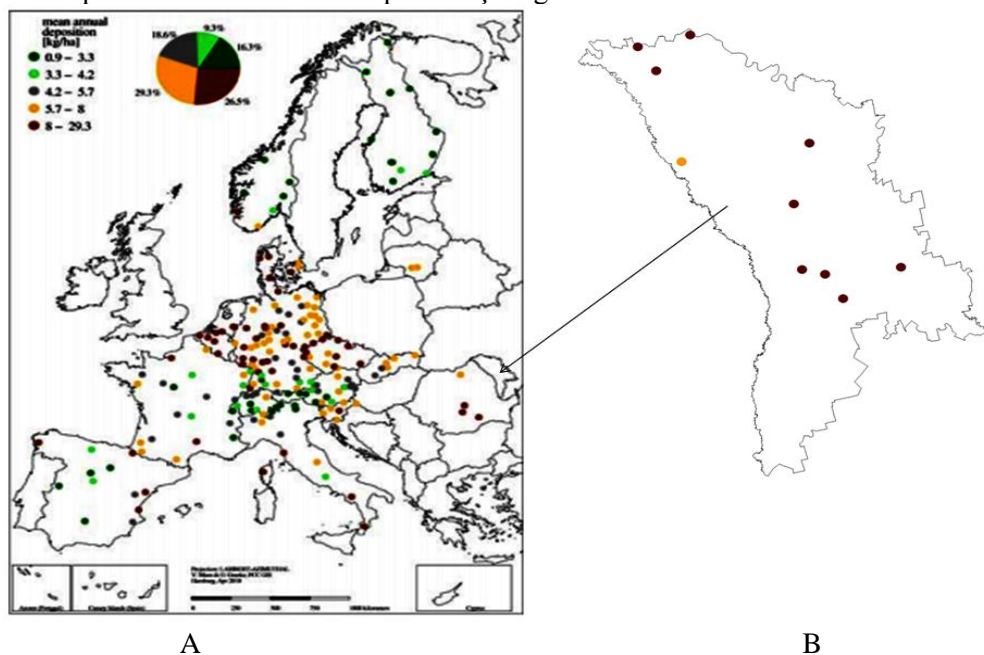


Fig.2. (A) Repartiția depunerilor de S-SO_4^{2-} sub coronament („throughfall”) în suprafețele de monitoring intensiv din Europa, după Fischer et al., 2010 și Lorenz et al., 2012. (B) Valorile depunerilor de S-SO_4^{2-} sub coronament în suprafețele experimentale din Republica Moldova completate de noi constituie date originale pentru anul 2012, kg/ha/an.

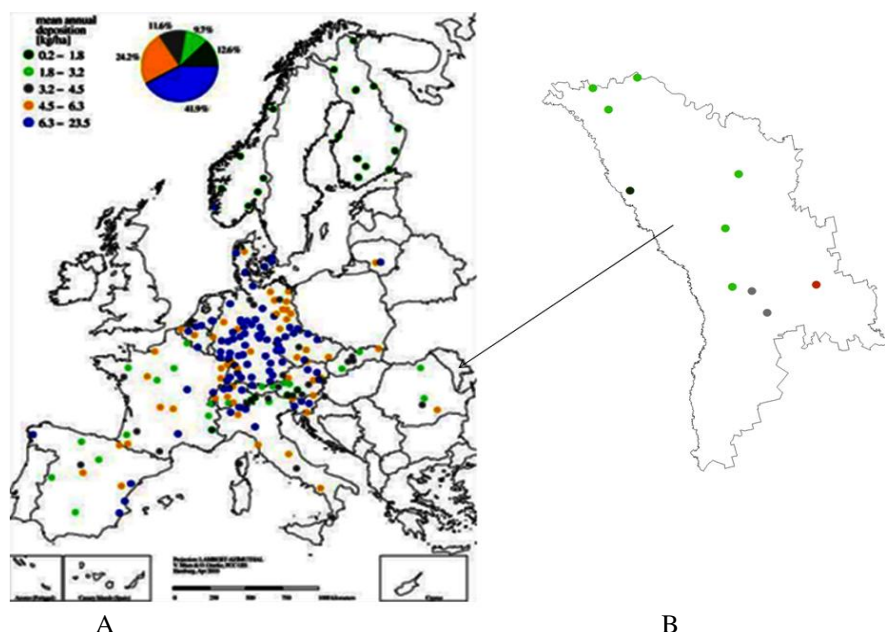


Fig.3. (A) Repartiția depunerilor de $N\text{-NO}_3^-$ sub coronament („throughfall”) în suprafețele de monitoring intensiv din Europa, după Fischer et al., 2010 și Lorenz et al., 2012. (B) Valorile depunerilor de $N\text{-NO}_3^-$ sub coronament în suprafețele experimentale din Republica Moldova completate de noi constituie date originale pentru anul 2012, kg/ha/an.

Fluxul mediu anual al ionilor de $N\text{-NH}_4^+$, înregistrat în ecosistemele forestiere studiate din Republica Moldova, s-a încadrat în categoriile *depuneri mari* și *foarte mari*, valori caracteristice depunerilor din Europa Centrală și Central-Estică: Germania, Republica Cehă, Austria, Polonia, Lituania, Slovacia și România (Fig.4). La nivel european, depunerile medii anuale de $N\text{-NH}_4^+$ sub coronamentul arboretelor au avut următoarea pondere: 13,0% – *depuneri foarte reduse*, 13,0% – *depuneri reduse*, 17,7% – *depuneri mijlocii*, 24,2% – *depuneri mari* și 32,1% – *depuneri foarte mari* [5,6,9]. Ca și în cazul depunerilor de $S\text{-SO}_4^{2-}$, depunerile ionilor de $N\text{-NH}_4^+$, înregistrate în ecosistemele forestiere studiate, se încadrează în categoriile cele mai reprezentative pentru ecosistemele forestiere din Europa – *depuneri mari* și *foarte mari*.

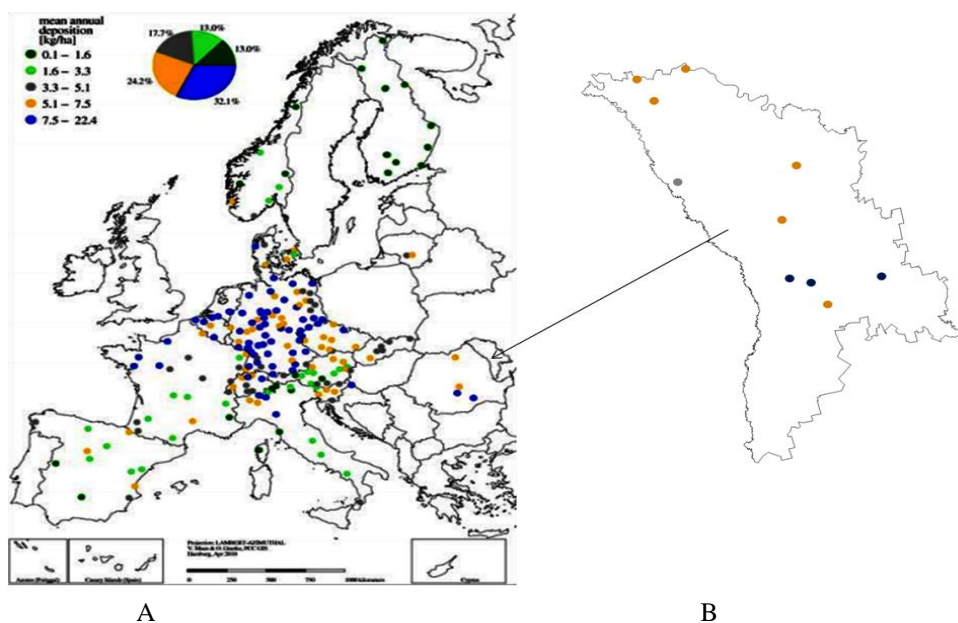


Fig.4. (A) Repartiția depunerilor de $N\text{-NH}_4^+$ sub coronament („throughfall”) în suprafețele de monitoring intensiv din Europa, după Fischer et al., 2010 și Lorenz et al., 2012. (B) Valorile depunerilor de $N\text{-NH}_4^+$ sub coronament în suprafețele experimentale din Republica Moldova completate de noi constituie date originale pentru anul 2012, kg/ha/an.

Concluzii

În ecosistemele forestiere din nordul republicii (SE 304, 405, 206, 807, 612) s-au înregistrat depuneri mai reduse față de ecosistemele din centrul republicii (SE 210, 1214, 1117, 1315). Astfel, cele din urmă sunt supuse unui risc mai sporit de amenințare a stării de sănătate a arborilor și a funcționalității ecosistemelor forestiere.

Depunerile ionilor minerali (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+), înregistrate sub coronamentul arboretelor studiate din Republica Moldova sunt comparabile cu depunerile înregistrate în România și în alte regiuni din centrul Europei și în cele central-estice ale ei (Slovia, Republica Cehă, Austria, Polonia, Lituania).

Bibliografie:

1. BOAGHIE, D. *Monitoring ecologic și forestier*. Chișinău, 2004. 186 p.
2. DRAAIJERS, G. *The variability of atmospheric deposition to forests: the effects of canopy structure and forest edges*. Ph.D. Thesis, University of Utrecht, Netherlands, 1993, 200 p.
3. EMEP, *Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Manual for sampling and chemical analysis*. EMEP/CCC-Report 1/95, Norwegian In. for Air Res., Kjeller, Norway, 1995, 176 p.
4. EMEP *Status Report 1/2013. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM in 2011*. The Republic of Moldova. Joint MSC-W & CCC & CEIP Report, 2013, 24 p. [Accesat 06.09.2013] Disponibil: http://www.emep.int/mscw/index_mscw.html
5. FISCHER, R., LORENZ, M., KÖHL, M. et al. *Forest Condition in Europe, 2010. Technical Report of ICP Forests. Work Report of the Institute for World Forestry 2010/1*. ICP Forests, Hamburg, 2010. 175 p
6. FISCHER, R., WALDNER, P., CARNICER, J. et al. *The Condition of Forests in Europe, 2012. Executive Report*. ICP Forests, Hamburg, 2012, 24 p. [Accesat 03.09.2013] Disponibil: [<http://www.icp-forests.org/RepEx.htm>]
7. IACOBAN, C. *Evaluarea poluării atmosferice în ecosisteme forestiere din România*. București: Editura Silvică, 2009. 243 p.
8. IMPENS, R. *Les pluies acides. Une menace pour nos forets*. An. Gembloux, 1984. p.13-17.
9. LORENZ, M., BECHER, G. *Forest Condition in Europe, 2012*. Technical Report of ICP Forests. Work Report of the Thünen Institute for World Forestry 2012/1. Hamburg, 2012. 167 p.
10. SANDU, M., LOZAN, R., TĂRIȚĂ, A. *Metode și instrucțiuni privind controlul calității apelor*. Chișinău: „Ericon” SRL, 2010. 173 p.
11. UN/ECE, ICP Forests. *Sampling and Analysis of Deposition. Part XIV*. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hamburg, 2010, 66 p. [Accesat: 26.03.2013] Disponibil: [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>]

Prezentat la 01.11.2013