

### Precipitațiile acide și analiza fenomenului în contextul convențiilor internaționale de mediu

<sup>1</sup>Dionisie Buburuz, <sup>2</sup>Lilia Columbina

<sup>1</sup> Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM și Ministerului Mediului, Chișinău, Republica Moldova; <sup>2</sup> Universitatea T. G. Șevcenco, Tiraspol, Republica Moldova.

Autor corespondent: D. Buburuz, [fordinu@mail.ru](mailto:fordinu@mail.ru)

**Abstract: Acid precipitations and analysis of the phenomenon within the context of environment international conventions.** The purviews of international acts: Geneva Convention (13.11.79) and Espoo Convention (25.02.91) emphasize the necessity of taking measures regarding the diminishing of polluting substances emanation and evaluation of transboundary impact of the projects directed to the economic development of the countries. In Republic Moldova the climatic resources are determined by extern baric centers. The regime of atmospheric circulation is predominant anti cyclonic with relatively weak activity of atmospheric processes, with a diversity expressed in seasonal circulation changes. The majority of cyclones pass over RM territory from West, South-West with the average speed of 20-30 km/hour, maximum 80-90 km/hour. The winds from West, North and North-West are prevailing with a lower frequency from South and South-West. The average annual speed is of 2,5-4,5 m/sec. The climatic factors lead to the displacement on RM territory of air masses polluted by substances emanated from industrial processes from adjacent countries. Along with charcoal consumption increasing since 1973 and increasing of quantities of acid substances eliminated in the atmosphere, the transboundary impact of polluting substances upon the air basin of RM increased also, which determined the apparition of acid precipitation. The monitoring of chemical composition of precipitations in the period 1993-2009 showed the presence of acid precipitations in the Republic of Moldova. The value of pH in precipitation water samples was varying within the limits 2.65 - 10.35. In the period 1990-1998 the quantity of acid samples out of the total precipitations increased continuously, in the period 1999-2002 a change was registered, the water samples from precipitations were in the most part neutral and after 2002 until 2009 an increasing of acid sample number is recorded. Among acid gases responsible for precipitation water acidulation the most important are the sulphur and nitrogen oxides. The sulphur and nitrogen oxides are eliminated in high quantities in the atmosphere along with the combustion gases and those from industrial processes. The emanations of sulphur oxides in air space of the Republic of Moldova constituted in 1990 (year of reference for international conventions) about 230 kt of sulphur oxides, then decreased to about 10 kt in 2008. The global emanation of sulphur oxides in the atmosphere is evaluated to approximately 113 mln tonnes/year, of which 98 mln tonnes reach the atmosphere as SO<sub>2</sub>, 3 mln t - as SO<sub>3</sub>, 9 mln t - sulphates aerosols and 3 mln - H<sub>2</sub>S. The studies showed that the precipitations originated from Stratus and Stratocumulus clouds, which absorb the acid pollutants from the lower layers of the atmosphere, thus from the local pollution sources, are less acid than the precipitation samples fallen from Cumulonimbus clouds, which are in contact with the superior part of the atmosphere and which incorporate the pollutants transported by frontal air masses. The content of analyzed ions and the value of pH in precipitations also depend on the direction and structure of the wind at the high altitude. When the wind is descendent the concentration of analyzed ions is higher and the samples are more acid, which prove the contribution of transboundary transfer of acid substances in acid precipitation forming. The above mentioned facts show than within the international environment Convention the Republic of Moldova must benefit the compensation of damage provoked to the environment, economy and population health through transboundary transfer of acid substances.

**Key Words:** acid precipitations, atmosphere, transboundary transfer, ecological impact, environment international conventions.

**Introducere.** Regimul de circulație atmosferică este predominant anticlinal cu activitate relativ slabă a proceselor atmosferice, cu o diversitate exprimată în schimbările de circulație sezonieră. Majoritatea cicloanelor traversează teritoriul RM de la Vest, Sud-Vest cu o viteză medie de 20-30 km/oră, maximal 80-90 km/oră. Predomină vânturi direcționate din Vest, Nord și Nord-Vest, cu o frecvență mai slabă din Sud și Sud-Vest. Viteza medie anuală 2,5-4,5 m/sec. Resursele climaterice sunt determinate de centrele barice externe. Factorii climatici duc la transportarea pe teritoriul RM a maselor de aer poluate cu substanțe acide din țările limitrofe.

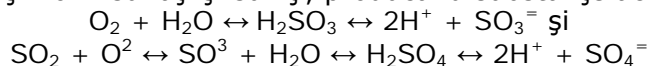
Ploile acide s-au impus ca problemă majoră odată cu introducerea în anul 1973 a embargoului la petrolul arab și țările industriale au trecut la utilizarea masivă a cărbunelui ca agent energetic [13, 15].

Cea mai acidă precipitație atestată documentar s-a produs în localitatea Willing (SUA) în anul 1978 cu valoarea pH = 2,0. Valoarea medie anuală a pH pentru precipitațiile din Europa este de 4,5, pentru nordul Europei - 4,0. Valoarea medie anuală teoretică a valorii pH a precipitațiilor pentru Republica Moldova calculată de CE a ONU este de 5,0 [7].

Dintre gazele acide responsabile pentru acidularea ploilor cele mai importante sunt oxizii de sulf și azot. Ploile acide practic sunt soluții diluate de acizi, în special a acizilor sulfuric și azotic. Sursele de poluare influențează raportul dintre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> și HNO<sub>3</sub> și îl schimbă în limitele de la 1:1 până la 4:1 [5, 8].

Oxidul de sulf în cantități mari este degajat în atmosferă cu gazele de ardere. În Europa degajările de oxizi de sulf constituie circa 30 mln tone pe an, în nord-estul Canadei - 40 mln tone/an, în Japonia și sud-estul Chinei - 10 mln tone/an. În Republica Moldova s-au degajat în anul 1990 (an de referință) 230 kt de oxizi de sulf, care a scăzut până la circa 10 kt în anul 2005. Emisia globală a oxidului de sulf(IV) în atmosferă se evaluează la circa 113 mln tone/an, din care 98 mln tone ajung în atmosferă sub formă de SO<sub>2</sub>, 3 mln t - sub formă de SO<sub>3</sub>, 9 mln t - aerosoli de sulfați și 3 mln - H<sub>2</sub>S [3, 5, 13].

Oxidul de sulf sub acțiunea radiației solare, oxidanților și radicalilor liberi se transformă în compuși noi – sulfați și sulfiți, producând substanțe acide:

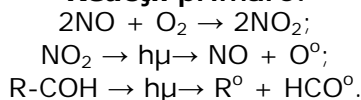


Concentrația NO<sub>x</sub> în atmosferă variază de la miimi la zecimi de mg/m<sup>3</sup>. Surse naturale de producere a oxizilor de azot sunt descărcările electrice în atmosferă, incendiile mari, eliminarea din sol. Intensitatea de degajare de la sursele naturale este de 0,27 kg/km<sup>2</sup> în 24 ore. Cantitatea mondială a emisiilor antropogene de NO<sub>x</sub> se estimează la 40-90 mln t/an. La sursele ambigue se referă transformarea NH<sub>3</sub> în NO<sub>x</sub>. Concentrația medie a amoniacului în atmosferă se estimează la 2,5-3 mkg/m<sup>3</sup> [2, 5, 13].

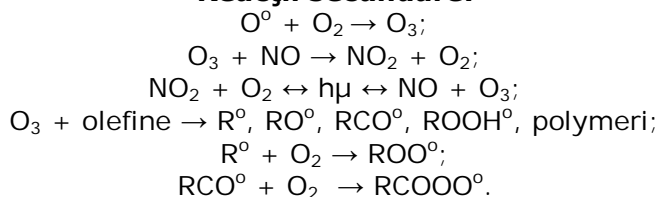
Agresivitatea corozivă a atmosferei este provocată și de formarea smogului fotochimic. Oxizii CO, NO, NO<sub>2</sub> și hidrocarburile sub acțiunea radiației solare favorizează formarea ozonului [5].

Un ciclu tipic de reacții la formarea smogului fotochimic este următorul:

#### Reacții primare:



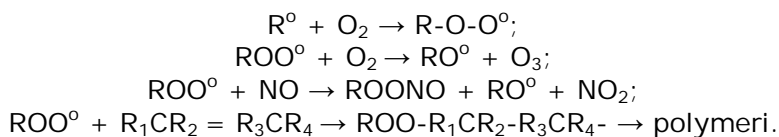
#### Reacții secundare:



Aceste reacții nu iau în considerație multiplele produse chimice caracteristice proceselor din chimia organică. De exemplu, degajarea stirenului, halogenilor, clorului, bromului care sub influența reacțiilor fotochimice, trec ușor în stare excitată [2, 5, 12].

Unele reacții duc la formarea radicalilor liberi, la eliberarea hidrogenului din substanțele organice în reacțiile secundare cu radicalul O<sup>°</sup> și ozonul O<sub>3</sub>. Radicali liberi se formează și la descompunerea fotochimică a nitriților și peroxinitriților formați la etapele inițiale.

O sursă de formare a radicalilor liberi sunt aldehidele degajate cu gazele de eşapament. Cu oxigenul radicalii formează peroxizi, care măresc agresivitatea corozivă a atmosferei [5]:



Hidrocarburile la iradierea cu raze UV în atmosferă se oxidează în aldehide. În Figura 1 se prezintă transformarea în timp a propilenei ( $CH_2=CH-CH_3$ ) în prezența  $NO_x$ . Concentrația  $O_3$  în aer datorită transformărilor fotochimice poate atinge la sol concentrația de  $60 \times 10^{-8}$ , față de  $(3-4) \times 10^{-8}$  concentrația obișnuită. Ozonul este un oxidant foarte puternic și prezența lui în stratosferă este benefică, dar în atmosfera terestră (troposferă) creșterea concentrației lui duce la dereglarea proceselor metabolice în plante și animale, creșterea agresivității corozive a atmosferei. Durata de viață a materialelor de construcție de natură anorganică și organică se reduce brusc. Efectul este și mai puternic în cadrul acțiunii comune cu oxidanții, iradierii ultraviolete, temperaturii înalte și umezelii [5-7].

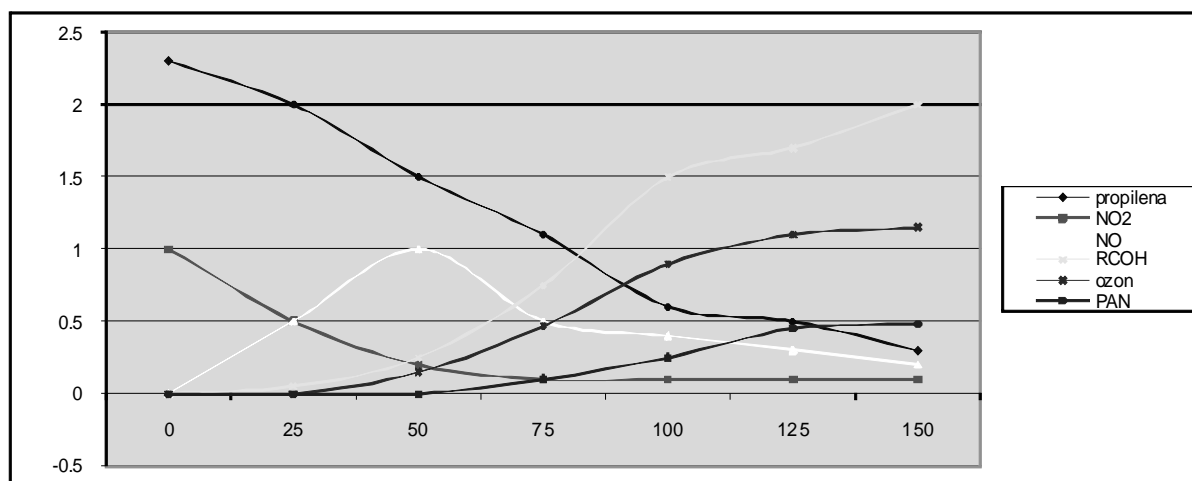


Figura 1. Formarea smogului fotochimic în timp la iradierea cu raze UV a aerului poluat cu propilenă în prezența oxizilor de azot prin transformarea ei în aldehidă (RCOH), ozon și peroxiacetilnitrit (PAN) ( $mg/m^3$ ).

Nivelul de poluare și măsurile de diminuare a concentrației oxizilor acizi în atmosferă se reglementează în cadrul Convențiilor internaționale de mediu. Cele mai importante sunt:

- Convenția asupra poluării atmosferice transfrontiere pe distanțe lungi (Geneva, 13.11.79);
- Convenția privind evaluarea impactului asupra mediului înconjurător în context transfrontier (Espoo, 25.02.91).

Prevederile lor impun aplicarea de măsuri pentru diminuarea degajărilor de substanțe poluatoare și evaluarea impactului în context transfrontier a proiectelor cu eliminări substanțiale de substanțe poluante. Dar realitatea arată că măsurile aplicate în cadrul acestor convenții nu sunt suficiente, impactul transfrontier este în continuă creștere.

**Materiale și metode.** Obiectul de studiu al prezentei cercetări sunt precipitațiile, componența lor chimică, impactul exercitat de ele asupra calității mediului și tendințele de schimbare a componenței chimice.

Metodica de colectare a mostrelor de precipitații (omăt, lapoviță, ploi), analiza chimică a lor, monitoringul concentrației în aer a oxizilor acidiferi ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ) și a sulfatilor, s-a efectuat conform documentului normativ PD 52.04.186-89. Mostrele de precipitații (timpul de colectare 2-60 min) se colectau cu ajutorul pâlniilor de polietilenă cu suprafața totală de  $1,28 m^2$ . Dintr-un ciclu de cădere a unei precipitații se colectau o

serie consecutivă de mostre în cantitatea necesară pentru efectuarea analizelor, care se analizau separat. Se determina valoarea pH-ului, concentrația ionilor  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  și suma  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Paralel se monitoriza concentrația în atmosferă a oxizilor acizi ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) și a sulfatilor. În momentul colectării mostrelor paralel se efectua un complex standard de observații meteorologice [2, 5, 6].

## Rezultate

**Colectarea și analiza mostrelor de precipitații.** Studiul sistematic al precipitațiilor acide s-a organizat la stația de câmp din or. Hâncești, a Institutului Național de Ecologie, din anul 1993.

În perioada de cercetare (1993-2009) au fost colectate mostre de precipitații, efectuată analiza chimică, determinată valoarea pH a soluției de precipitații. Numărul de precipitații și de mostre discrete colectate, valoarea medie anuală a pH-ului și intervalul de variație a valorii pH-ului sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1

Numărul de precipitații, mostre colectate și valoarea pH-ului

Anul	Nr. de precipitații	Nr. de mostre colectate	pH mediu anual	Intervalul valorii pH/an
1993(VIII-X)	9	43	-	2,65-7,60
1994	49	152	6,71	3,51-9,13
1995	93	272	6,11	3,80-10,35
1996	65	177	5,97	3,75-9,70
1997	43	174	5,70	4,20-7,85
1998	54	125	5,21	2,55-7,30
1999	60	306	5,45	4,10-7,85
2000	58	148	6,60	4,40-8,22
2001	82	253	5,34	3,00-6,80
2002	69	192	4,89	4,00-6,50
2003	64	183	5,97	5,00-6,50
2004	46	59	5,26	3,8-6,00
2006	88	108	6,53	4,00-8,40
2007	82	124	6,02	4,20-7,20
2008	92	116	5,28	3,90-8,40
2009	59	65	6,20	4,60-8,30

Valorile medii anuale a pH-ului precipitațiilor în perioada de cercetare se înscriu în limitele 5,21–6,71, deci practic sunt neutre. Se observă o creștere lentă a acidității medii anuale a ploilor din anul 1994 până în 1999, corespunzător: 6,71 – 6,11 – 5,97 – 5,70 – 5,21. În anul 1999 se înregistrează o creștere a bazicității mostrelor mediate la pH = 5,45, în anul 2000 valoarea medie anuală a pH este deja de 6,60. Din anul 2001 se observă o tendință instabilă de acidulare a precipitațiilor: 2001 - valoarea pH 5,34; în 2002 - 4,89; 2003 – 5,97; 2004 – 5,26; 2006 – 6,53; 2007- 6,02; 2008 – 5,28 și în 2009 – 6,20. Tendința de acidulare lentă a precipitațiilor se explică prin micșorarea emisiilor de pulberi alcaline în atmosfera RM datorită crizei economice, pe când alcanizarea lor în 1999-2000 se datorează transferului masiv transfrontier a substanțelor bazice din zona conflictelor armate (Balcani, Cecenia) ce se demonstrează și prin schimbarea bruscă a componenței chimice a precipitațiilor comparativ cu anii precedenți [3, 6, 8, 12].

În perioada de cercetare (1993-2009) valoarea pH a soluțiilor de precipitații colectate discret a variat de la 2,65 până la 10,35 (Tabelele 1 și 2). Conform metodologiei Organizației Meteorologice Mondiale se consideră acide precipitațiile cu valoarea pH<6,5 și alcaline cele cu pH>7,5. Într-o atmosferă nativă, valoarea pH a ploilor va fi egală cu 5,6 datorită dizolvării în apa de ploi a oxidului de carbon(IV) și producerii acidului carbonic. Prima mostră de precipitație puternic acidă a fost înregistrată la 11 august 1993 cu valoarea pH=2,65. Această probă discretă (una dintr-

un șir de probe discrete colectate consecutiv pe parcursul unei precipitații, s-a caracterizat printr-un conținut neobișnuit de ridicat al anionului de sulfat (Tabelul 2). Hidrocarbonații lipseau, ceilalți ioni erau în limitele concentrațiilor obișnuite. Alte mostre discrete colectate din aceeași precipitație au avut valori în limitele pH=5,95-6,68. Cea mai alcalină mostră a fost colectată în anul 1995 la 15 iulie, cu valoarea pH=10,35 (Tabelul 2).

Tabelul 2

Caracteristica chimică a două precipitații (mostre discrete consecutive colectate dintr-o precipitație) (mg.ecv/m<sup>2</sup>.oră)

Data	Timp colectare (min)	pH	[SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	[Cl <sup>-</sup> ]	[Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> ]	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]
11.08. 1993	2	6,68	0,61	0,44	0,10	0,41	0,09
	2	6,17	0,27	0,30	0,09	0,47	0,11
	4	5,95	0,50	0,40	0,10	0,22	0,08
	2	2,65	16,10	0,00	0,10	0,54	0,12
15.07. 1995	5	10,35	3,18	1,68	2,45	4,43	0,0
	5	9,62	0,94	1,18	1,76	2,58	0,0
	10	8,73	0,02	0,37	0,64	1,01	0,0
	7	7,12	0,27	0,63	1,05	2,41	0,0

Analiza compoziției chimice a probelor de precipitații colectate în anii 1993-1998 arată rolul dominant al ionilor de sulfat și hidrocarbonat, de câte 40 și 20% în medie, corespunzător din suma totală a conținutului ionilor. Între cationi suma Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> constituie circa 37%. Conținutul ionilor de hidrocarbonat în probele discrete variază de la 0,0-226,9 mg/l, pentru ionul sulfat de la 0,0-178,0 mg/l, concentrația ionului de clor variază de la 1,06 până la 93,7 mg/l. Componenta chimică a precipitațiilor în anii 1999-2002 diferă de componența precipitațiilor din anii 1993-1998 și 2003-2009. În anul 1999 în prim plan este hidrocarbonat-ionul și a constituit 52% din suma totală a ionilor analizați. Valoarea maximă înregistrată a constituit 44,5 mg.ecv./m<sup>2</sup>.oră. Dintre cationi concentrații mai sporite a înregistrat suma ionilor Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> (33%) cu valoarea maximală de 53,4 mg.ecv/m<sup>2</sup>.oră. Valori sporite în comparație cu anii precedenți s-au înregistrat și pentru ionul de amoniu (valoarea maximală - 24,7 mg.ecv/m<sup>2</sup>.oră). Modificarea componenței chimice a precipitațiilor atmosferice în anul 1999 și 2000 se poate explica prin transferul transfrontier de substanțe alcaline din zonele conflictelor armate.

Conținutul chimic al unei precipitații și valoarea pH se schimbă în timp. Concentrația și raportul diferitor impurități în precipitații depinde și de tipul, intensitatea și durata lor. În primele probe se observă un conținut sporit al tuturor ionilor analizați, dacă durata precipitației depășește 60 min, concentrația ionilor în apa de precipitații se apropie de valoarea minimală. În unele cazuri variația este haotică, ceea ce arată neomogenitatea dispersării poluanților în atmosferă (Tabelul 2).

Analizele mostrelor de precipitații din anul 1994, an secetos, au arătat o variație destul de mare a conținutului chimic cât și a valorii pH în intervalul 3.50-9.10, cu toate că în perioadele cu mai multe precipitații se observă tendința de micșorare a acidității mostrelor, adică diluarea lor. Dar totuși în anul 1994 s-au evidențiat unele particularități. În lunile aprilie-iulie, cele mai sărace în precipitații, le corespunde un conținut mai mărit a rezidului fix. Concentrațiile ionilor au atins valorile, de exemplu pentru suma [Cu<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>] = 19.0 mg.ekv/m<sup>2</sup>.oră, pentru [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] = 10.0-15.0 mg.ekv/m<sup>2</sup>.oră; [Cl<sup>-</sup>] = 15.0-20.0 mg.ekv/m<sup>2</sup>.oră. În luna august intensitatea ploilor a crescut și odată cu aceasta și aciditatea s-a diminuat. Dar totuși s-a ajuns la concluzia că insuficiența precipitațiilor nu trebuie obligatoriu să ducă la micșorarea valorii pH a precipitațiilor.

Comparând cu datele analizelor chimice pentru prima jumătate a anului 1995, care s-a evidențiat cu un număr mare de ploi abundente, constatăm că valoarea pH a apei de ploi a variat în intervalul 4.01-8.35, valoarea medie fiind de 5.86, deci preponderent neutre, dacă excludem aportul oxidului de carbon(IV) la creșterea acidității probelor.

Valorile medii anuale ale pH-ului în perioada de cercetare se înscriu în limitele 5,21–6,71, deci practic neutre, dar dacă analizăm aciditatea mostrelor discrete vedem că până în anul 1998 crește procentul mostrelor de precipitații acide, în anul 1999 brusc crește procentul mostrelor bazice și neutre, după care se observă o creștere neuniformă a numărului mostrelor acide. În anii 2000 și 2001 valoarea pH < 5,60 au avut 35,1% și 60% din mostre; pH 5,61-6,50 au avut 29,5% și 39,1%; pH > 6,50 au avut 35,4% și 0,9% corespunzător. În anul 2002 toate precipitațiile monitorizate au fost acide (Tabelul 3).

Tabelul 3

Repartizarea în (%) a mostrelor de apă din precipitațiile atmosferice după valoarea pH-ului

pH/anul	1976-1995	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<5.60	34.0	22,4	24,0	70.0	43.7	68.8	33.0
5.61-6.50	35.0	26,0	43,0	25.0	36.8	27.2	50.0
6.51-7.50	21.0	30,0	19,6	3.0	16.6	4.0	16.0
>7.51	10.0	21,3	13,4	2.0	2.9	0.0	1.0
pH/anul	2000	2001	2002	2004	2006	2007	2008
<5.60	35.1	60,0	78,15	83	14,8	29	51
5.61-6.50	29.5	39,1	21,85	17	37	49,2	36,1
6.51-7.50	28.4	0,0	0,0	0,0	25,9	16,2	9,5
>7.51	7.0	0,9	0,0	0,0	22,3	5,6	3,4

**Dependența compoziției chimice a precipitațiilor de factorii meteorologici.** S-a studiat dependența componentei chimice a ploilor de direcția de deplasare a maselor de aer frontale și a conținutului în aceste mase a oxizilor acizi. Influența direcției de deplasare a maselor de aer asupra concentrațiilor oxizilor de azot în atmosferă este diferită în diferite perioade ale anului. În perioada rece a anului ele sunt mai mici și practic nu depind de direcția de deplasare a maselor de aer. În perioada mai-septembrie cele mai mari valori ale concentrațiilor ionilor analizați s-au depistat în masele de aer venite din direcțiile N, NW, NE, S, SW (ceea ce coincide cu frecvența apariției maselor de aer frontale), de direcția vântului terestru aceste concentrații practic nu depind. În dependența de direcția de deplasare a maselor frontale de aer se schimbă și caracteristicile chimice ale mostrelor de apă. Aciditatea precipitațiilor sporește puțin pentru direcțiile SE, SW ceea ce ne permite să constatăm că partea preponderentă a poluanților din aer este adusă cu masele de aer frontale. În Tabelul 4 se prezintă variația indicilor analizați în dependență de direcția de deplasare a maselor de aer [3, 5, 6, 8,12].

Tabelul 4

Variația indicilor medii analizați în mostrele de apă (mg.ecv/m<sup>2</sup> oră) în dependență de direcția maselor de aer ciclonice

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
pH	4.80	5.51	5.44	5.43	5.20	5.46	5.53	5.20
SO <sub>2</sub> <sup>=</sup>	1.58	0.16	1.06	0.97	0.19	1.07	0.82	0.70
Cl <sup>-</sup>	0.37	0.16	0.40	0.56	0.12	0.63	1.11	0.36
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.17	0.48	0.90	2.03	0.32	0.98	3.23	1.24
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	0.84	0.51	0.83	1.06	0.29	0.71	2.34	2.07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.307	0.042	0.193	0.170	0.0	0.140	0.0	0.279

În paralel cu analiza precipitațiilor atmosferice s-a analizat conținutul oxizilor acidiferi în atmosferă și a aerosolului SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Rezultatele obținute au demonstrat că în lunile aprilie-iulie, odată cu sporirea mobilității atmosferice, crește concentrația oxizilor analizați în bazinul aerian al Republicii Moldova. Această creștere coincide cu direcția maselor frontale de aer N, NE, SW și W.

Conform datelor Centrului de Vest de Sintetizare Meteorologică, referitoare la media importului/exportului substanțelor poluante calculată sub aspect transfrontier, RM s-a dovedit a fi un importator net de sulf, oxid de azot și amoniu, astfel cota importului constituind 84% pentru emisiile de sulf, 96% pentru depunerile de azot oxidant și 45% pentru cele de azot reducător.

Aceste date confirmă, că transferul transfrontier de substanțe acide joacă un rol decisiv la formarea precipitațiilor acide în Republica Moldova.

Este cunoscut faptul că precipitațiile atmosferice se formează și cad din stratul de jos al atmosferei (până la 2 km). În acest strat se pot forma 3 tipuri de nori: Stratus - St, Stratocumulus - Sc și Nimbostratus - Ns. Mai există două tipuri de nori foarte importanți: Cumulus - Cu și Cumulonimbus - Cb din care cad ploi puternice. Comparând rezultatele analizelor mostrelor de precipitații cu tipul de nori, observăm că din norii Stratus și Stratocumulus, care absorb noxele din stratul de sub nori al atmosferei, cad precipitații mai puțin acide decât din norii Cumulonimbus, care fac legătura cu straturile atmosferice superioare și, probabil, încorporează poluanții aduși cu masele de aer frontale [7, 12].

**Efectul nociv al precipitațiilor acide.** Precipitațiile acide dereglează funcționalitatea ecosistemelor prin modificarea condițiilor de existență a florei și faunei [1, 5-10, 12-14].

Efectul nociv al precipitațiilor acide, ca regulă, se răsfrânge în primul rând asupra apelor de suprafață și constă în acidularea lor, ceea ce duce la modificări esențiale în componența planctonului, florei și faunei acvatice și întreruperea lanțului trofic. Analiza mostrelor de apă colectate din apele de suprafață de pe teritoriul RM a arătat că calitatea apelor de suprafață practic nu este influențată de precipitațiile acide, datorită compoziției chimice a solului din patul apelor, care are un conținut sporit de carbonați dar și probabil valorii pH medii a precipitațiilor, care este în limitele 5,21-6,71. În cazurile când norii erau prelucrați cu agenți antigrindină s-a stabilit cumulara în apele de suprafață a ionilor de plumb și de argint [1, 7, 10, 13].

Cantitățile de poluanți prezente în precipitațiile acide sunt suficiente pentru a influența vegetația și productivitatea culturilor agricole. Experimentele efectuate au permis stabilirea unei corelații empirice care permite calcularea productivității culturilor agricole în dependență de valoarea pH a precipitațiilor și evaluarea pierderilor în urma influenței asupra productivității culturilor a noxelor individuale și în amestec. Ploile și cețurile acide influențează negativ productivitatea culturilor agricole și pozitiv dezvoltarea unor dăunători [5, 7].

Acizii se formează nu numai în atmosferă, dar și în soluția de pe suprafața de sedimentare ori de absorbție, coborând și mai puternic valoarea pH-ului, ridicând gradul de agresivitate a poluanților acizi din atmosferă.

**Instrumentele juridice de protecție a calității aerului în RM.** Protecția juridică a calității aerului atmosferic se manifestă prin reglementarea normativă a raporturilor sociale din acest domeniu în scopul păstrării purității și ameliorării calității aerului atmosferic, prevenirii și reducerii efectelor nocive ale factorilor fizici, chimici, biologici, radioactivi și de altă natură asupra atmosferei, stabilește ordinea de apariție a dreptului de emisii, drepturile și obligațiile posesorilor surselor fixe de poluare, consecințele nerespectării cerințelor de exploatare a acestora etc.

Regimul juridic de protecție a calității aerului atmosferic în Republica Moldova este reglementat de 4 legi, 53 standarde, 6 instrucțiuni și regulamente, 3 Convenții internaționale și 5 Protocoale adiționale Convențiilor [4, 11].

În prezent legislația în vigoare asigură teoretic instrumentele juridice de protecție a calității aerului atmosferic, dar cerințele actelor legislative și normative nu pot fi îndeplinite întotdeauna din motive tehnice și economice. Eficacitatea standardelor depinde de posibilitățile reale de executare ale agentului economic, îndeosebi în perioada de criză economică. Ca să fie efective și realizabile, cerințele trebuie să aibă o anumită flexibilitate. Ele trebuie să prevadă condiții mai dure pentru întreprinderile noi sau re tehnologizate, dar pot fi tolerante pentru întreprinderile strategice vechi. Important

este să se prevadă o perioadă de tranziție până la îndeplinirea standardelor noi în totalitate.

Analiza comparativă a bazei legislative și normative de mediu în vigoare a RM cu cerințele Directivelor UE a arătat că actele legislative, în mare parte, sunt neconforme cu reglementările aquis-ului comunitar, actele legislative din ultimii ani au fost approximate în procesul de elaborare.

Alt aspect este că concentrația de fond a atmosferei în RM și apariția precipitațiilor acide este determinată de transferul transfrontier de noxe, inclusiv acide, ce impune necesitatea inițierii în cadrul Convențiilor internaționale de mediu a procedurii de compensare a prejudiciului provocat mediului, economiei și sănătății populației.

**Discuții.** Rezultatele cercetărilor arată că după valoarea medie anuală a pH-lui precipitațiile colectate la filiala Hâncești în perioada anilor 1993-2009 se situează în limitele 5,21-6,71, adică sunt slab acide. Dar datele obținute la analiza mostrelor discrete de precipitații colectate consecutiv dintr-un ciclu de cădere a unei precipitații arată că spectrul valorilor pH este mai mare: de la 2,65 până la 10,35. Aciditatea precipitațiilor pentru perioada de cercetare crește constant, cu excepția anilor 1999 și 2000, pe fondul micșorării continue în această perioadă a emisiilor de la sursele de poluare locale.

Ploi mai acide se constată în perioada mai caldă a anului când crește mobilitatea atmosferei și se activează schimbul maselor meridionale de aer datorită activizării ciclonice și a transferului transfrontier.

Analiza dependenței valorilor pH de structura vântului, arată că ploi mai acide se produc în cazul vântului descendent.

Din datele obținute constatăm că transferul transfrontier de substanțe acide joacă un rol determinant la formarea precipitațiilor acide în bazinul aerian al Republicii Moldova.

În prezent legislația în vigoare asigură teoretic protecția juridică a calității aerului atmosferic, dar diminuarea impactului precipitațiilor acide depinde de minimalizarea transferului transfrontier, care nu poate fi influențat de măsurile aplicate la nivel local.

Analiza comparativă a bazei legislative de mediu în vigoare a RM cu cerințele Directivelor UE a arătat că actele legislative, în mare parte sunt neconforme cu reglementările aquis-ului comunitar, doar actele legislative elaborate în ultimii ani au fost approximate în procesul de elaborare.

Alt aspect este că concentrația de fond a atmosferei în RM este determinată de transferul transfrontier de noxe; se impune deci necesitatea inițierii în cadrul Convențiilor internaționale a procedurii de compensare a prejudiciului produs mediului și sănătății populației RM.

**Concluzii.** Republica Moldova este supusă influenței precipitațiilor acide. Acestea sunt formate în cea mai mare parte de transferul transfrontier de substanțe acide.

Prejudiciul adus mediului, economiei și sănătății populației din RM prin transferul transfrontier de substanțe acide necesită aplicare unor măsuri compensatorii în cadrul Convențiilor internaționale de mediu.

Legislația de mediu din Republica Moldova asigură mecanismul juridic de minimalizare a impactului ecologic asupra calității aerului atmosferic produs de sursele locale de poluare.

## Bibliografie

- [1] Blancher P. J., Mc Nicol D. K., Ross R. K., 1992 Towards a model of acidification effects on waterfowl in Eastern Canada. *Environ. Pollut.* 78(1-3):57-63.
- [2] Buburuz D., 2006 Direcțiile prioritare de cercetare în domeniul protecției calității aerului atmosferic în RM. *Informație de sinteză.* INEI. Chișinău, 63 pp.
- [3] Buburuz D., 2003 Invazia ploilor acide în RM. *Mediul Ambient* 3(8):12-16.
- [4] Buburuz D., Brega V., Bobeică V., Fasolă R., 2009 Air quality and the legal mechanisms of the quality of the RM. *Studia Universitatis Babeș Bolyai. Geografia.* Cluj Napoca, pp. 64-70.



- [5] Buburuz D., Brega V., Șofransky V., Carabulea B., Nicorici T., 1997 Bazinul aerian: impact și protecție. Informație de sinteză I.C.Ș.I.T.E. al R.M. Chișinău, 89 pp.
- [6] Buburuz D., Nicorici T., Șofransky V., 1995 Precipitațiile acide în Basarabia. Conf. de chimie și inginerie chimică. București, 20-21 oct. Lucr.V.1. P.II-a. pp. 267-270.
- [7] Buburuz D., Șofransky V., Brega V., Nicorici T., 1993 Efectul nociv al precipitațiilor acide. Informație de sinteză. I.C.Ș.I.T.E. al R.M. Chișinău, 58 pp.
- [8] Buburuz D., Șofransky V., Nicorici T., Nicorici V., Dragomir V., Zacasovscaia R., 1997 Basarabia - zonă de influență a ploilor acide (II). A 23-a sesiune de comunicări științifice, 8-10 oct, Râmnicul Vâlcea, Căciulata, Vol. II. pp. 919-922.
- [9] Ianovciuc L., 1997 Ipoteze în cauzalitatea uscării premature a pădurilor. Mediul Înconjurător 2:27-29.
- [10] Kullberg A., 1992 Benthic macroinvertebrate community structure in 20 streams of varying pH and humic content. Environ. Pollut. 78(1-3):103-106.
- [11] \*\*\* Legislația de mediu a Republicii Moldova. <http://www.mediu.md>.
- [12] Nicorici T., Buburuz D., Zacasovscaia R., 2003 Variația pH-ului precipitațiilor în RM. Environment & Progress, pp. 365-367.
- [13] Rodhe H., Crennfelt P., Wisnewski I., 1995 Acid reign'95?. Water, Air and Soil Pollut. 85(1):1-4.
- [14] Rojanschi V., 1991 Posibilități de evaluare globală a impactului poluării asupra calității ecosistemelor. Mediul Înconjurător 2(1-2):45-52.
- [15] Șerban R., State G., Petroaica B., 1993 Aspecte privind incidența ploilor acide în România. Mediul Înconjurător 4(3):39-45.

**Autori:**

Dionisie Buburuz, Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe al Republicii Moldova, Str. Academiei, nr. 1, Chișinău, Republica Moldova, MD 2028, e-mail: [fordinu2000@yahoo.com](mailto:fordinu2000@yahoo.com); [fordinu@mail.ru](mailto:fordinu@mail.ru)  
 Lilia Columbina, Universitatea T. G. Șevcenco, Tiraspol, Republica Moldova

Cum se citează acest articol:

Buburuz D., Columbina L., 2012 Precipitațiile acide și analiza fenomenului în contextul convențiilor internaționale de mediu. Ecoterra 31: 15-23.