

MONITORIZAREA CALITĂȚII AERULUI DIN MUN. CHIȘINĂU PRIN METODA ECOBIOINDICAȚIEI



A. BEGU¹

ABSTRACT. – În scopul evaluării calității mediului, pe parcursul a 9 luni a anului 2007, în mun. Chișinău a fost realizat monitoringul biologic activ, prin expunerea transplanților de licheni în 15 stații din toate sectoarele orașului. Modificările talurilor, fixate prin fotografiere periodică și analize de laborator (până la expunere și după expirarea perioadei de expunere), au demonstrat faptul că cel mai poluat aer este în sec. Buiucani – gradul de afectare a tuturor mostrelor atingea 50-90% din suprafață talului, urmat de sec. Centru și Botanica – 10 -100% din suprafață. Ca zone cu aer comparativ curat se evidențiază sec. Râșcani – mostrele au rămas neafectate, urmat de sec. Ciocana – 10-20% din suprafața talului. Contrar legităților de acumulare a polanților aerieni în depresiuni, cei mai afectați au fost transplanții din stațiile de altitudine, dar dislocate în incinta spațiilor locative. Rezultatele monitoringului biologic constată că sectoarele Centru și Botanica sunt cele mai afectate de emisiile poluante (SO₂, NO_x, formaldehide), ultimul – sectorul Botanica, în mare măsură resimțind influența deplasării frontale a poluanților din sectoarele Centru și Ciocana. Conținutul metalelor grele din talul transplanților este în raport direct cu distanța față de sursa locală și concentrația emisiilor poluante și nu este influențat, semnificativ, de roza vânturilor și altitudine.

Cuvinte cheie: monitoring activ, ecobioindicație, licheni, metale grele.

1. ARGUMENT

Monitorizarea stării mediului poate fi apreciază prin particularitățile cumulative și prin reacția de răspuns a organismelor ecobioindicatoare. Conform [17], în Germania biomonitoringul activ este pe larg aplicat în Cadastrul Efectelor de Poluare Ecologică. Transcrierea rezultatelor, conform unor scale, pe hărți-contur ale localității, oferă posibilități de apreciere curentă a situației și pronosticul efectelor ulterioare.

Lichenii au fost recunoscuți ca potențiali indicatori ai poluării aerului la începutul anilor 1860 ai sec. XIX în Marea Britanie și Europa continentală. [11] au elaborat scala aprecierii calității aerului cu 10 gradații pentru Anglia și Țara Galilor, care a fost utilizată pe larg până în anii '90 ai sec. XX. Francezii [21] propun aprecierea gradului de poluare în baza asociațiilor de licheni. În Germania [6] indică sensibilitatea sporită a lichenilor față de SO₂, F și emisiile auto, recomandându-i ca bioindicatori în diagnosticul poluării aeriene. Italienii [7] menționează particularitățile morfo-anatomice deosebite ale lichenilor, ce-i fac să

¹ Institutul de Ecologie și Geografie, Republica Moldova, Str. Academiei 1, Chisinau, MD – 2028, tel. 0037322731918, e-mail: ieg@asm.md; adambegu@gmail.com



fie indicatori biologici destul de sensibili la poluări în concentrații mici de SO₂, deoarece poluantul transformă clorofila în feofitină, prin substituirea unui atom de Mg cu unul altul de H. Sensibilitatea sporită la gaze și fum a lichenilor este explicată de [25] prin faptul că ei regenerează foarte slab, adică cresc foarte încet, comparativ cu plantele superioare, ce-și pot reînnoi repede țesuturile afectate. În condițiile deficitului îndelungat de H₂O, toxicitatea gazelor pentru licheni sporește.

Uneori în biomonitoringul activ este propusă specia de licheni *Hypogymnia physodes* [12, 20, 27, 22, 2, 24], deoarece are o reacție de răspuns vizibilă la concentrații mici a poluantului [18], modificările structurale putând fi măsurate, numărate, descrise sau fotografiate, iar cantitățile cumulate de poluanți pot fi stabilite prin analize de laborator. Sunt utilizate și alte specii de licheni pentru monitoringul biologic activ: *Ramalina duriaei* (syn. *R. lacera*) – în Israel [8]; *Parmelia sulcata* și *P. caperata* - în Olanda [19] și Italia [1, 14].

Studiile ce propun criterii lichenologice în zona intensității poluării atmosferice, mai des se bazează pe scale de semnificație foarte detaliate, cu multe trepte, precum și scale sumare care includ doar 2-3 trepte. Cel mai mare număr de trepte (10), caracterizate prin diferite concentrații de SO₂, include scala propusă de [11] utilizată pe larg în Anglia și Țara Galilor, reieșind din prezența anumitor specii de licheni și chiar alge. Ulterior ea a fost testată și în Franța – de [9] și în Germania – de [6]. Ceva mai târziu, francezii [13] și [21] reduc această scală la 7 trepte, menționând diferența dintre condițiile ecologice ale Franței și Angliei. O serie de cercetători, pentru o diferențiere mai distinctă a zonelor de poluare atmosferică, propun o scală cu 5 trepte [4, 16, 3, 23, 10, 5].

2. METODOLOGIE

Reieșind din schema amplasării mostrelor de licheni pentru realizarea monitoringului biologic activ (Tabelul 1), la analiza rezultatelor s-a ținut cont de un șir de factori, care ar fi avut un efect mai mult sau mai puțin semnificativ asupra mostrelor. Dintre aceștia mai importanți sau dovedit a fi: poziția geografică a sectorului și stațiilor, altitudinea, roza vânturilor, sursa de poluare, specia-test ș.a. Pe parcursul a 9 luni de expunere a mostrelor (24.XII.06–23.IX.07) au fost efectuate 16 fotografieri a transplanșilor.

3. REZULTATE

În general, primele simptome de afectare a mostrelor au apărut aproximativ după o lună de expunere, constituind 3–5% din suprafața talului către 21.01.2007 (Figura 1). Aceste schimbări se mențin până la 04.03.07 sau chiar 18.03.07, fiind exprimate prin decolorarea talurilor sau uneori, prin distrugerea lui parțială (exemplu: Botanica, Bd. Dacia, *Parmelia caperata*). Primele afectări sunt caracteristice transplanșilor din stațiile intravilane, dislocate pe forme de relief cu altitudine sporită (Alt. iv.) – străzile P. Zadnipru, M. Costin, Academiei, Bd. Dacia, urmate



de stațiile intravilane cu altitudine scăzută, adică depreseuni (Dep. iv.) – străzile M. Cebotari, Muncești. Către 03.04.2007 numai în 17 variante din totalul de 60, transplanții nu erau afectați, restul, circa 73%, manifestau simptome evidente de impact negativ al poluanților aerieni, afectarea atingând uneori 20–27% din suprafața talului, în special 3 variante din sectorul Botanica. Odată cu creșterea duratei de expunere a transplanților, gradul de afectare (schimbarea culori, deteriorarea) crește, intensificându-se, în special, în perioada estivală, îndeosebi la mostrele de pe str. Albișoara (70–90% *Evernia prunastri*), Bd. Dacia (70–80% *Parmelia sulcata* și 55–60% *Parmelia caperata*), Paris (70% *Evernia prunastri*, 80% *Hypogymnia physodes*, 90% *Parmelia sulcata*), Academiei (60% *Evernia prunastri*, 50–80% *Hypogymnia physodes*). Sfârșitul experimentului s-a semnalat, uneori, cu distrugerea completă sau aproape completă, a talului: Albișoara – 100% – *Hypogymnia physodes*, 90% – *Evernia prunastri*; Academiei – 90% – *Evernia prunastri*, 85% – *Hypogymnia physodes*.

Tabelul 1. Amplasarea stațiilor de cercetare în spațiul urban Chișinău

Sectorul	Cifrul	Stațiile de cercetare	Localizarea
1. Ciocana	1.1.	str. P. Zadnipru	Alt. intravilan
	1.2.	str. Milescu Spătaru	Depres. intravilan
	1.3.	Poiana Nucului (Tohatin de Jos)	Alt. extravilan
2. Râșcani	2.1.	str. Bucovinei	Alt. extravilan
	2.2.	str. Miron Costin	Alt. intravilan
	2.3.	str. Albișoara	Depres. intravilan
3. Botanica	3.1.	șos. Muncești	Depres. intravilan
	3.2.	bd. Dacia (stadion „Zimbru”)	Alt. intravilan
	3.3.	bd. Dacia (Inst. de Prot.a Plant.)	Alt. extravilan
4. Buiucani	4.1.	str. Calea Ieșilor	Depres. intravilan
	4.2.	str. Paris	Alt. intravilan
	4.3.	șos. Balcani	Alt. extravilan
5. Centru	5.1.	str. Maria Cebotari	Depres. intravilan
	5.2.	str. Academiei	Alt. intravilan
	5.3.	șos. Hâncești	Alt. extravilan

În ansamblu, cele mai poluate, din punct de vedere al calității aerului, sunt: zona locativă adiacentă str. Paris (sectorul Buiucani) – toate mostrele transplantate au fost afectate de la 50 până la 90% din suprafață și str. Albișoara – 10–100%, urmate de zona locativă adiacentă str. Academiei – 15–90% și Bd. Dacia – 15–80%. Dintre cele mai curate zone, se evidențiază extravilanul din preajma str. Bucovinei (sectorul Râșcani), unde practic mostrele transplantate au rămas neafectate. Urmează celelalte zone extravilane, în care calitatea aerului nu suportă impact evident din partea surselor de poluare – șos. Hâncești (afectarea 7–15%), șos. Balcani (3–20%) și Poiana Nucului (10–20% din suprafața talului).

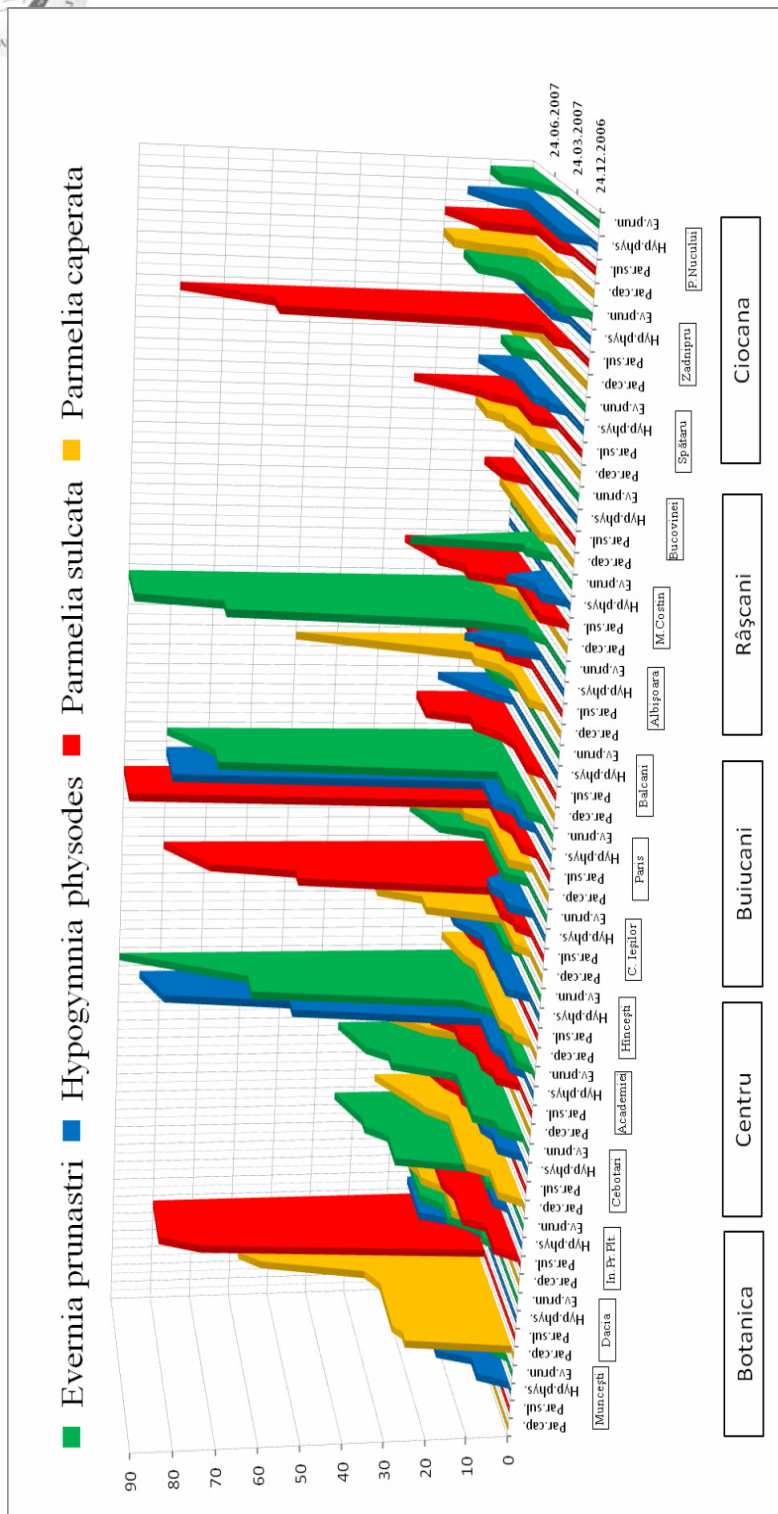


Fig. 1. Gradul de afectare a talurilor lichenilor monitoringului biologic active (%)



Rezumând această analiză, putem accentua cu convingere că contrar presupunerilor noastre și legităților de acumulare a noxelor, variantele dispuse în locuri de depresiune nu au fost cele mai afectate, ci din contra, cele de la altitudine mai mare, dar dislocate în incinta spațiilor locative. Deci emisiile, cu mare preponderanță, de origine auto, sunt reținute în spațiile dintre blocuri. Poluarea descrește de la Alt. iv. spre Dep. iv. și Alt. ev. locative și administrative (majoritatea cu 9–10 etaje), roza vânturilor și altitudinea neputând manifesta efectele de purificare a aerului.

Dintre cele 4 specii transplantate, în 6 cazuri *Parmelia sulcata* atingea cel mai înalt grad de afectare: Bd. Dacia – 80%, str. Paris – 90%, P. Zadnipru – 80%, M. Spătaru – 25%, P. Nucului – 20%, Balcani – 20%, deci s-a dovedit a fi cea mai sensibilă la poluare, urmată de *Hypogymnia physodes* – 2 cazuri (Albișoara – 100%, Calea Ieșilor – 100%, și *Evernia prunastri* – 2 și *Parmelia caperata* – 1, respectiv cazuri. Evident, afectarea talului a depins în mare măsură de tipul și gradul de agresivitate a poluantului (SO₂, NO_x, H₂S etc.). Deseori afectarea mostrelor are loc destul de brusc, fie că apare un nou poluant, dar cel mai probabil, concentrațiile cresc considerabil – Bd. Dacia, *Parmelia sulcata*, prima înregistrare de afectare a talului – 70%, la 23.06.07; Albișoara – 70%, la 29.05.07; Paris – 70%, la 23.06.07.

Analiza imaginilor foto, ne permite să constatăm o schimbare bruscă a aspectului talurilor, din unele variante, începând cu 23.06.07. Probabil, anterior (29.05.07–23.06.07) a avut loc o poluare pronunțată în anumite zone ale municipiului, reflectată și de afectarea talurilor, înregistrată prin imaginile foto. Astfel, *Parmelia sulcata* de la str. P. Zadnipru devine, brusc, de culoare cafenie, de la Bd. Dacia – cenușiu-închis și cenușiu-mediu, iar în variantele de la Calea Ieșilor și Paris talul se distruge. La fel, începând cu 23.06.07 se distruge considerabil talurile de *Evernia prunastri* și *Hypogymnia physodes* (str. Paris, Academiei), precum și *Parmelia caperata* (str. Paris, Bd. Dacia).

Acumularea metalelor grele. Conform prescripțiilor Programului Comisiei Europene de Standardizare, Măsurări și Testări (PCESMT), lichenii sunt aprobați ca material de referință certificat pentru toată Europa [15]. Țări ca Olanda, Italia – propun în calitate de standard în testarea calității aerului atmosferic specia *Parmelia sulcata*; Elveția, SUA, Iugoslavia – *Hypogymnia physodes* și alte specii,. Dintre cele 5 specii, utilizate de noi în monitoringul biologic activ, o reacție de răspuns mai evidentă a fost înregistrată la specia *Parmelia sulcata*. Pentru o evaluare mai convingătoare, noi am analizat conținutul metalelor grele și în specia *Parmelia caperata*. De la bun început putem remarca că valorile indicilor înregistrați pentru cele două specii, în majoritatea cazurilor, sunt similare, deaceia în tabelul 2 sunt prezentate valorile medii.

Mostrele transplantate au confirmat capacitatea sporită de acumulare a metalelor grele pe parcursul a 9 luni de zile. Valori maxime privind conținutul Zn, Cu, Pb, Cd le-au înregistrat lichenii din sectorul Buiucani (strada Paris), stație în care au fost înregistrate, prin fotografiere, cele mai afectate taluri a speciilor din monitoringul biologic activ.



Tabelul 2. Conținutul metalelor grele în mostrele de licheni.

Sectorul municipal/ zona	Stația de amplasare a transplantului	Conținutul metalului, mg/kg s.u.					
		Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni
Codrii Centrali	Rezervația Codrii-martor	23,5	0,5	5,2	0,16	1,6	0,6
Ciocana	Tohatin	25,5	7,8	22,25	0,45	13,7	3,8
Râșcani	Albișoara	125,6	8,1	28,8	0,45	25,5	3,1
Buiușani	Paris	439,5	10,1	30,7	0,7	17,1	3,2
Centru	Gh. Tudor	317,0	7,7	23,4	0,6	23,9	3,4
Botanica	Bul. Traian	132,5	5,9	22,3	0,45	20,7	2,9
DMS: Sectoare		239	29,3	8,8	0,2	7,5	1,0
CMA pentru plante		100	100	10	3	5	10
Nivel critic pentru plante, Europa [26]		15-150	2-12	0,1-5,0	0,05-2	0,2-1	0,1-3

Cele mai mari acumulări le înregistrează Zn, de circa 5–20 ori mai mari decât martorul, în 4 sectoare depășind CMA. Urmează Pb, Ni – de circa 4–6 ori și Cd – de circa 3-4 ori mai mult decât proba martor. Dacă Cu, Cd și Ni rămân sub valorile CMA pentru plante (100, 3 și respectiv, 10 mg/kg s.u.), apoi concentrațiile Pb și Cr înregistrează depășiri statistic semnificative în toate cazurile.

La fel, Pb și Cr totalmente, depășesc nivelele critice pentru plante, stabilite pentru Europa, cât și pentru România. Astfel, riscul prezentat de aceste două elemente (Pb și Cr) este destul de mare, atât pentru vegetație, dar și pentru populația urbei.

Așa dar, capacitatea de acumulare a metalelor grele de către licheni este destul de mare, indicii obținuți sunt similari datelor din literatura de specialitate și confirmă posibilitatea aplicării lor în monitoringul biologic activ al calității aerului. Mai poluate cu metale grele sau dovedit a fi zonele locative – str. Paris (Zn, Pb, Cu, Cd), str. Academiei (Zn, Cd) și str. Albișoara (Pb, Cr).

Rezultatele monitoringului biologic activ și al analizelor chimice efectuate în paralel, denotă o concentrare mai mare a poluanților gazoși în spațiile dintre blocurile locative (altitudini și depresiuni intravilane), iar roza vânturilor, cu dominare NV spre SE, sporește poluarea sectoarelor Centru și Botanica. Specia *Parmelia sulcata* s-a dovedit a fi mai sensibilă la calitatea aerului, prin modificări evidente a talului (morfologice și biochimice), cauzate de poluanții specifici municipiului – NO_x și SO₂, dar și formaldehidele. În condiții urbane, capacitatea de acumulare a metalelor grele în transplant, depinde, în mare măsură, de distanța de la sursa de poluare și mai puțin de altitudine și roza vântului.



4. CONCLUZII


1. Reeșind din gradul de afectare a mostrelor de licheni și cantitatea de metale grele acumulată, cea mai poluată stație, din punct de vedere a calității aerului, este str. Paris (sectorul Buiucani) iar cea mai curată str. Albișoara (sectorul Râșcani).

2. Specia *Parmelia sulcata* a manifestat o sensibilitate sporită la poluarea atmosferei cu SO₂ și capacități semnificative de acumulare a metalelor grele, ceea ce ne permite să propunem în calitate de standard în testarea calității aerului.

3. Rezultatele studiului confirmă faptul că cea mai favorabilă, din punct de vedere ecologic, este partea de N–NV a mun. Chișinău (sectoarele Râșcani și Ciocana) – direcție în care se merită și extinderea spațiului locativ.

BIBLIOGRAFIE

1. Bargagli, R. 1990, *Assessment of metal air pollution by epiphytic lichens: the incidence of crustal materials and possible uptake from substrate barks*. Studia Geobotanica, 10, 97-103.
2. Bennett, J. P. 1995, *Abnormal chemical-element concentrations in lichens of Isle-Royale National-Park*. Environmental and Experimental Botany, 35, 3, 259-277.
3. Bortenschlager, S. (1969) *Flechtenverbreitung und Luftverunreinigung in Wels*, „Naturkundl. Jahrb. Stadt Linz, 1969, Bd 15”, 207-212.
4. Bortenschlager, S., Schmidt, H. (1963), *Luftverunreinigung und Flechtenverbreitung in Linz*, „Ber. Naturwiss-med Vereins Innsbruck”, 53, 23-27.
5. Deruelle, S., Garcia-Schaeffer, F. (1983), *Les lichens bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la région parisienne*, „Cryptogamic. Bryol., Lichénol.”, 4, Nr 1, 47-64.
6. Doll, von R. und Ziebold, A. 1976, *Flechten als lufthygienische Bioindikatoren*.- Biologische Rundschau. Zeitschrift für die gesamte Biologie und ihre Grenzgebiete. Jena 14(2):78-94.
7. Garrou, E. e Castrogiovanni, G. 1991, *Indicatori biologici*.-Piemonte parchi. Numero 42. AnnoVI. № 7. Ottobre. Spedizione in Abbonamento Postale Gr. IV/70%. II° semestre. 30-32
8. Garty, J. and Hagemeyer, J. 1988, *Heavy metals in the lichen "Ramalina duriaei" transplanted at biomonitoring stations in the region of a coal-fired power plant in Israel after three years of operation*. Water, Air and Soil Pollution, 38, 3-4, 311-324.
9. Gehu, J.-M., et. Al. (1973), *Essai de cartographie de la pollution atmosphérique acide dans le Nord de la France en relation avec la toxisensibilité des lichens epiphytes*, „C.r. Acad. sci.” v. 276, № 5, p.729-732.
10. Gutte, P. Hallebach, M., Köhler, H. (1976), *Untersuchungen über die Verbreitung epixylen Flechten zur Feststellung des Umfanges der Luftverunreinigung in Leipziger raum*, „Hercynia”, 13, № 4, 446-458.
11. Hawksworth, D. L. and Rose, F. 1970, *Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens*. - Nature, Lond. 227:145-148.

- 
12. Laaksovirta, K. and Olkkonen, H., *Epiphytic lichen vegetation and element contents of "Hypogymnia physodes" and pine needles examined as indicators of air pollution at Kokkola, W. Finland* // Ann. Bot. Fennici, 14. 1997, p. 112-130.
 13. LeRond, M. (1975), *Les lichens epiphytes du Parc naturel régional de Brotonne. Inténet pratique pour la mise en évidence des zones de pollution atmosphérique*, „Rev. soc. savantes Haute Normandie”, № 78, 5-32.
 14. Loppi, S., ş. a. 1994, *Lichen biomonitoring of trace metals in the Pistoia area (central northern Italy)*. Environmental Monitoring and Assessment, 29, 1, 17.
 15. Quevauviller, P., Herzig, R. and Muntau, H. 1996, *Certified reference material of lichen (Crm-482) for the quality control of trace-element biomonitoring*. Science of the Total Environment, 187, 2, 143-152.
 16. Rao, D. N., Le Blanc, F. (1967), *Influence of an irosintering plant on corticolous epiphytes in Wawa, Ontario*, „Bryologist”, 70, № 2, 141-157.
 17. Schneider T. et al. 03 Aer. 03. 01 Sulfur Dioxide (1994,1997); 03.07 Bioindicators (1996). //in Berlin Digital Atlas. 15p./http//www.stadtentwicklung.berlin.de (vizitat 10.03.08).
 18. Schönbeck, H., Guderian, R. (1976), *Vergleichende Untersuchungen über die Reaktionen höherer Pflanzen und der Blattflechte "Hypogymnia physodes" auf gasförmige Luftverunreinigungen*. In Vorbierietung.
 19. Sloof, J. E. and Wolterbeek, H. T. 1991, *Patterns in trace elements in lichens*. Water, Air and Soil Pollution, 57-58, 785.
 20. Steines, E., Krog, H. Mercury, arsenic and selenium fall-out from an industrial complex studied by means of lichen transplants // Oikos 28: Copenhagen, 1977, p. 160-164.
 21. Van Haluwyn, C., Lerond, M. (1987), *La lichenologie dans l evaluation de la qualite du milieu.*, Colloques phytosociologiques, 15, 233-250.
 22. Vestergarrd, N. K., et al. 1986, *Airbone heavy metal pollution in the environment of a Danish steel plant*. Water, Air and Soil Pollution, 27, 3-4, 363.
 23. Walter, H., Seybold, S. (1975) *Die Zonierung der epiphytischen Flechten im Stuttgarter Talkessel*, „Stuttgart. Beitr. Naturk.” A, № 278, 1-11.
 24. Бязров, Л. Г. *Трансплантация лишайников как метод лишеноиндикации*. 1999.
 25. Гудериан, Р. *Загрязнение воздушной среды*. Перевод с английского Н. С. Гельман. Изд-во "Мир". Москва, 1979. 200с.
 26. Кирилук, В.П. *Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы*. Chişinău. – „Pontos”. 2006. – 156 p.
 27. Шапиро, И. А. *Загадки растения – сфинкса (Лишайники и экологический мониторинг)*. – Л. 1991. – 80с.