



DOI: 10.5281/zenodo.22777222 · UDC: 615.9:546/547+616-074+504.75

BIOMONITORINGUL DIVERSELOR SUBSTANȚE CHIMICE CARE POT AFECTA STAREA DE SĂNĂTATE A POPULAȚIEI

BIOMONITORING OF VARIOUS CHEMICAL SUBSTANCES THAT MAY AFFECT POPULATION HEALTH

Mariana Zavtoni, Iurie Pinzaru, Vladimir Bernic, Inga Miron

Agenția Națională pentru Sănătate Publică, Chișinău, Republica Moldova

REZUMAT

Introducere. Biomonitoringul uman reprezintă una dintre cele mai moderne și eficiente metode de evaluare a impactului substanțelor chimice asupra sănătății populației. Expunerea populației la substanțe chimice actualmente reprezintă una dintre problemele importante ale sănătății publice. Creșterea industrializării, a urbanizării și a utilizării produselor chimice în agricultură și industrie a determinat expunerea continuă a populației la compuși toxici, precum metalele grele, pesticidele, hidrocarburile aromatice policiclice (HAP), compuși organici persistenti și perturbatorii endocrini. Substanțele chimice pătrunzând în organismul uman pot afecta sistemele nervos, cardiovascular, respirator, reproductiv, endocrin și în anumite condiții pot duce la apariția cancerului și a tulburărilor de dezvoltare. Biomonitoringul constă în măsurarea substanțelor chimice, a metabolitelor acestora sau a biomarkerilor de efect în matrice biologice, precum sângele, urina, părul, saliva ori țesuturile, și permite determinarea concentrațiilor acestor substanțe sau ale metabolitelor lor.

Scopul este de a analiza rolul biomonitoringului uman în identificarea și evaluarea expunerii populației la principalele categorii de substanțe chimice cu potențial impact asupra sănătății și cu proprietăți toxice sau de perturbatorii endocrini.

Metodologia s-a bazat pe analiza și sinteza literaturii științifice și a documentelor elaborate de organizații internaționale și instituții de sănătate publică.

Rezultatele analizei evidențiază faptul că biomonitoringul permite măsurarea expunerii interne și integrarea expunerilor provenite din multiple surse și căi de contact. Datele internaționale demonstrează expunerea populației la metale, pesticide, PFAS, ftalați, bisfenoli și alți contaminanți. În același timp, biomonitoringul permite identificarea grupurilor vulnerabile, inclusiv copiii, femeile gravide, lucrătorii expuși profesional și persoanele care locuiesc în zone contaminate.

Concluzii. Biomonitoringul uman constituie un instrument strategic pentru sănătatea publică, deoarece oferă informații directe despre cantitatea de substanțe chimice care pătrunde în organism.

Cuvinte-cheie: organism uman, sănătate, pesticide, afecțiuni, sănătate publică, substanțe chimice

ABSTRACT

Introduction. Human biomonitoring is one of the most modern and effective methods for assessing the impact of chemicals on population health. The exposure of the population to chemicals currently represents one of the important public health problems. Increasing industrialization, urbanization, and the use of chemicals in agriculture and industry have led to continuous population exposure to toxic compounds, such as heavy metals, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), persistent organic pollutants, and endocrine disruptors. Chemicals entering the human body can affect the nervous, cardiovascular, respiratory, reproductive, endocrine systems and under certain conditions can lead to cancer and developmental disorders. Biomonitoring consists of measuring chemicals, their metabolites, or biomarkers of effect in biological matrices, such as blood, urine, hair, saliva, or tissues, and enables the determination of the concentrations of these substances or their metabolites.

The **aim** is to analyze the role of human biomonitoring in identifying and assessing the exposure of the population to the main categories of chemicals with potential impact on health and with toxic properties or endocrine disruptors.

The **methodology** was based on the analysis and synthesis of scientific literature and documents developed by international organizations and public health institutions.

The **results** of the analysis highlight that biomonitoring allows the measurement of internal exposure and the integration of exposures from multiple sources and contact routes. International data demonstrate the exposure of the population to metals, pesticides, PFAS, phthalates, bisphenols and other contaminants. At the same time, biomonitoring allows the identification of vulnerable groups, including children, pregnant women, occupationally exposed workers and people living in contaminated areas.

Conclusions: Human biomonitoring is a strategic tool for public health, as it provides direct information on the amount of chemicals entering the body.

Keywords: human body, health, pesticides, diseases, public health, chemicals

Introducere

Intoxicațiile cu substanțe chimice reprezintă o problemă majoră de sănătate publică, fiind determinate de expunerea îndelungată la substanțe toxice prezente în mediul profesional sau ambiental. În ultimele decenii, dezvoltarea tehnologiilor moderne de analiză a permis detectarea unor concentrații extrem de reduse de substanțe toxice și identificarea unor biomarkeri noi de expunere, iar biomonitoringul uman a devenit una dintre cele mai importante metode de evaluare a expunerii interne la substanțe chimice și de identificare precoce a efectelor biologice adverse [1].

Biomonitoringul reprezintă măsurarea substanțelor chimice, a metaboliților acestora sau a biomarkerilor de efect în matrice biologice, precum sângele, urina, părul, saliva ori țesuturile. Această metodă permite integrarea tuturor căilor de expunere – inhalatorie, digestivă și cutanată –, oferind informații reale despre dozele interne absorbite de organism [2].

Biomonitoringul utilizează metaboliți urinari, concentrații serice și biomarkeri hormonal.

Expunerea populației la substanțe chimice toxice constituie una dintre cele mai importante probleme de sănătate publică ale secolului XXI. Dezvoltarea accelerată a industriei, agricultura intensivă și urbanizarea au contribuit la creșterea concentrației poluanților chimici în aer, apă, sol și produse alimentare. Populația este expusă zilnic la numeroși compuși chimici prin inhalare, ingestie și contact cutanat [3].

Expunerea cronică la substanțe toxice poate determina efecte neurologice, hepatice, renale, endocrine, reproductive și carcinogene. Numeroase studii au demonstrat asocierea dintre expunerea profesională la pesticide organofosforice și apariția bolii Parkinson, a tulburărilor cognitive sau a unor tipuri de cancer [1].

La nivel mondial, biomonitoringul este utilizat cu succes în sănătatea ocupațională modernă, atât pentru supravegherea sănătății lucrătorilor, cât și pentru evaluarea eficienței măsurilor de protecție și prevenție. Dezvoltarea tehnicilor moderne de spectrometrie de masă cu rezoluție înaltă a permis identificarea unor biomarkeri noi, sensibili și specifici, pentru detectarea expunerilor cronice la concentrații reduse [4].

Evaluarea expunerii cronice se bazează pe trei tipuri principale de markeri biologici:

- Markerii de expunere, care indică prezența substanței în organism (de exemplu, plumbul în sânge sau mercurul în urină).
- Markerii de efect, care evidențiază modificările biochimice sau fiziologice precoce cauzate de substanțele toxice, precum inhibarea enzimei colinesterază în cazul expunerii la pesticide.
- Markerii de susceptibilitate, care indică diferențele genetice individuale în metabolizarea substanțelor chimice [1, 4].

Principalele categorii de substanțe monitorizate sunt:

1. Metale grele și toxice: plumb, mercur, cadmiu și arsen, care se acumulează în oase, rinichi și sistemul nervos, cauzând neuropatii, afectare renală și tulburări cognitive.

2. Solvenți organici: benzen, toluen și tricloretilenă. Expunerea cronică poate afecta sistemul nervos central și ficatul și poate crește riscul de afecțiuni hematologice.

3. Pesticide: compuși organofosforici și organoclorurați. Biomonitoringul vizează atât substanța activă, cât și metaboliții urinari, contribuind la protecția împotriva perturbărilor endocrine și a afectării neurologice.

4. Poluanți organici persistenti (POP): substanțe precum dioxinele sau compuși perfluoroalchilați și polifluoroalchilați (PFAS), care se bioacumulează în timp și au efecte carcinogene sau imunotoxice [1, 4, 5].

În acest context, biomonitoringul uman a devenit un instrument indispensabil pentru evaluarea expunerii și identificarea efectelor biologice precoce, contribuind semnificativ la prevenirea bolilor cronice și la elaborarea politicilor de sănătate publică [6].

Un avantaj major al biomonitoringului este capacitatea de a integra toate căile de expunere și de a reflecta doza internă reală absorbită de organism. Această abordare este superioară monitorizării ambientale, deoarece ia în considerare diferențele individuale de absorbție, metabolism și eliminare [7].

Scopul lucrării constă în analiza rolului biomonitoringului în evaluarea impactului diverselor substanțe chimice asupra sănătății populației, prin sintetizarea datelor actuale din literatura științifică indexată în PubMed.

Aplicabilitatea biomonitoringului

- Sănătatea ocupațională: protejarea angajaților care lucrează în industrii cu risc chimic ridicat (vopsitorii, agricultură, metalurgie).

- Sănătatea publică: monitorizarea populațiilor expuse la soluri sau ape contaminate, în vederea adoptării unor măsuri administrative de reducere a poluării.

- Evaluarea dozei interne: spre deosebire de monitorizarea aerului, biomonitoringul indică cantitatea totală de substanță care a pătruns în organism pe toate căile (inhalatorie, digestivă și cutanată) [1, 3, 5, 8].

Materiale și metode

A fost realizată o revizuire a literaturii naționale și internaționale indexate în PubMed și Scopus, completată de o analiză descriptivă secundară a unor date statistice oficiale din Republica Moldova.

A fost evaluat nivelul de utilizare a produselor de uz fitosanitar, pe baza datelor statisticii oficiale din «Raportul privind stocul și utilizarea produselor de uz fitosanitar» (formularul nr. 2/e) și «Structura suprafețelor culturilor agricole» (formularul nr. 10/e), disponibile la Direcția supraveghere fitosanitară a Agenției Naționale pentru

Siguranța Alimentelor. Morbiditatea populației a fost estimată pe baza datelor statistice ale Agenției Naționale pentru Sănătate Publică și ale Biroului Național de Statistică al Republicii Moldova. Pentru procesarea și generalizarea datelor au fost utilizate metode analitice și programul Microsoft Excel.

Strategia de căutare. Au fost selectate articole publicate în perioada 2009–2025, utilizând cuvintele-cheie «biomonitoring uman», «intoxicații chimice cronice», «expunere ocupațională», «biomarkeri» și «pesticide». Au fost selectate sursele considerate relevante pentru tema biomonitoringului uman, expunerii chimice, biomarkerilor și pesticidelor, în conformitate cu criteriile de includere descrise.

Criteriile de includere au cuprins articole și sinteze sistematice, studii epidemiologice, studii ocupaționale și articole privind biomarkerii de expunere.

În baza evaluării articolelor, au fost selectate și extrase informații privind tipul substanței chimice, biomarkerii utilizați, matricea biologică analizată, metodele analitice și efectele asupra sănătății.

Rezultate și discuții

Biomonitoringul uman permite evaluarea expunerii interne prin determinarea directă a substanțelor toxice sau a metaboliților acestora în fluidele biologice. Biomarkerii sunt clasificați în biomarkeri de expunere, de efect și de susceptibilitate [2, 9].

Biomarkerii de expunere reflectă cantitatea de substanță toxică absorbită sau metaboliții acesteia, precum plumbul sanguin, mercurul urinar [3] și metaboliții pesticidelor [4, 10].

Biomarkerii de efect evidențiază modificările biologice produse de substanțele toxice: stres oxidativ, leziuni ale ADN-ului, inflamație, inhibiție enzimatică și perturbări endocrine [6, 11].

Biomarkerii de susceptibilitate evidențiază predispoziția individuală determinată genetic sau metabolic.

Sângele este una dintre cele mai utilizate matrice biologice, deoarece permite determinarea concentrației circulante reale a substanțelor toxice. Este utilizat pentru monitorizarea metalelor grele, a compușilor organici persistenti [12] și a pesticidelor liposolubile [13].

Avantajele acestei metode includ evaluarea concentrației circulante reale, sensibilitatea crescută și posibilitatea monitorizării efectelor acute și cronice.

Urina este matricea preferată pentru biomonitoringul metaboliților hidrosolubili și pentru monitorizarea expunerilor recente sau cronice la HAP, pesticide, ftalați și bisfenol A [4, 5, 11, 14].

Avantajele acestei metode includ recoltarea neinvazivă, analiza facilă și concentrațiile crescute ale metaboliților [3].

Analiza firului de păr permite evaluarea expunerilor pe termen lung, deoarece acesta poate acumula mercur, arsen, pesticide, metale grele și poluanți organici persistenti [4, 5, 11, 15].

Totuși, contaminarea externă și lipsa standardizării

reprezintă limitări importante ale acestei metode.

Saliva și laptele matern sunt matrice utilizate pentru monitorizarea expunerii populațiilor vulnerabile, inclusiv a sugarilor și a femeilor gravide. Metodele moderne investighează utilizarea salivei și a aerului expirat pentru biomonitoringul neinvaziv, însă aplicabilitatea clinică este încă limitată [4, 5, 16].

Metalele grele, precum plumbul, mercurul, cadmiul și arsenul, se acumulează progresiv în organism și determină toxicitate multisistemică. Plumbul reprezintă unul dintre cei mai importanți poluanți toxici. Expunerea poate proveni din industrie, baterii, vopsele și apă contaminată [5, 16, 17]. Plumbul afectează sistemul nervos, hematopoieza, rinichii și sistemul cardiovascular. Biomarkerul principal este concentrația sanguină a plumbului.

Expunerea cronică la aceste substanțe poate produce efecte toxice multisistemice, inclusiv boli cardiovasculare, tulburări endocrine, afecțiuni respiratorii, neurotoxicitate, neuropatie, carcinogeneză, infertilitate, tulburări de dezvoltare la copii, anemie, hipertensiune arterială [2] și afectare renală [6].

Mercurul este asociat cu consumul de pește contaminat, industria chimică și amalgamurile dentare. Expunerea este monitorizată prin determinarea mercurului urinar și sanguin și prin analiza firului de păr.

Expunerea cronică la mercur este asociată cu tulburări neurologice și renale.

O altă substanță este cadmiul, care se acumulează în rinichi, ficat și oase. Expunerea cronică este asociată cu osteoporoza și insuficiența renală.

La nivel mondial, producția de substanțe chimice este în continuă creștere. În contextul implementării REACH, baza ECHA a substanțelor preregistrate cuprinde aproximativ 145.000 de intrări unice; această cifră se referă la preregistrări și nu trebuie interpretată ca numărul substanțelor evaluate integral din perspectiva siguranței. În plus, există estimări potrivit cărora industria chimică se va tripla până în 2050 [4, 5, 14, 15, 18-21]. Problemele legate de utilizarea sigură a substanțelor chimice și reducerea potențialelor efecte asupra sănătății preocupă specialiștii din întreaga lume.

Datele analizate evidențiază caracterul persistent al expunerii populației la multiple substanțe chimice. Există o serie îngrijorătoare de substanțe chimice care pot afecta sănătatea și pot determina diferite afecțiuni. Utilizarea lor în cantități care depășesc limita admisă poate cauza afecțiuni grave [4, 14, 15, 18].

Analiza literaturii naționale și internaționale evidențiază expunerea continuă a populației la multiple substanțe chimice și preocupările privind potențialele efecte ale acestora asupra sănătății. Numeroase studii au argumentat impactul complex al acestora asupra stării de sănătate. Pesticidele sunt asociate cu diverse probleme de sănătate [8, 14, 15, 18].

În prezent, în ceea ce privește pesticidele, îngrijorarea principală este că alimentele consumate și apa pot conține substanțe toxice care afectează sănătatea, deoarece populația trăiește în medii în care pesticidele sunt frecvent prezente. La nivel mondial, peste 1 000 de pesticide sunt utilizate pentru

a spori producția de alimente. Industria pesticidelor s-a dezvoltat în paralel cu industria alimentară; fiecare pesticid a fost creat pentru anumiți dăunători, iar spectrul efectelor toxice posibile este foarte divers [3, 4, 8, 14, 18, 22].

Numeroase studii au demonstrat asocierea dintre expunerea cronică la pesticide și boala Parkinson, cancerle hematologice și tulburările endocrine [1].

Având în vedere că Republica Moldova este o țară agrară, pesticidele utilizate pe scară largă în agricultură constituie o sursă importantă de expunere la substanțe chimice.

Conform datelor Agenției Naționale pentru Siguranța Alimentelor din ultimii ani, anual se utilizează, în medie, peste 971 de denumiri comerciale de pesticide, în cantitate de aproximativ 2 544 de tone [8, 14, 15, 18].

Aceste produse reprezintă o preocupare pentru sănătatea publică, deoarece pot cauza afecțiuni grave ale organismului uman. Problema impactului acestui grup de substanțe asupra

organismului uman are un caracter complex.

În urma analizei informațiilor privind utilizarea pesticidelor, s-a constatat că, în anul 2024, în Republica Moldova a fost utilizată o cantitate raportată de 2 219,38 tone (tabelul 1).

Cea mai mare cantitate de pesticide utilizate a provenit din grupele cu efect erbicid, fungicid și insecticid: 1 074, 799 și, respectiv, 221 de tone (tabelul 1).

Nu toate substanțele produc efecte imediate; unele pot cauza boli mult mai târziu, precum perturbatorii endocriini, care pot reduce fertilitatea și pot contribui la creșterea nivelului colesterolului și la obezitate. Unele substanțe au efecte întârziate și pot atinge un nivel critic, cauzând probleme de sănătate.

Analiza descriptivă a datelor statistice privind morbiditatea generală a populației în perioada 2014–2023 evidențiază o creștere a prevalenței generale raportate, de la 9 607,7 la 11

Tabelul 1. Numărul produselor și cantitatea totală utilizată în Republica Moldova în anul 2024

Nr. crt.	Denumirea grupei de pesticide	Cantitatea utilizată, tone
1	Insecticide și acaricide	221
2	Fungicide	799
3	Erbicide	1074
4	Defolianți și desicanți	3,11
5	Produse pentru tratarea semințelor	30,8
6	Fumiganți	0,75
7	Produse biologice și feromoni sexuali	8,03
8	Substanțe active superficiale și adjuvanți	74,1
9	Reglatori de creștere	8,59
Total		2219,38

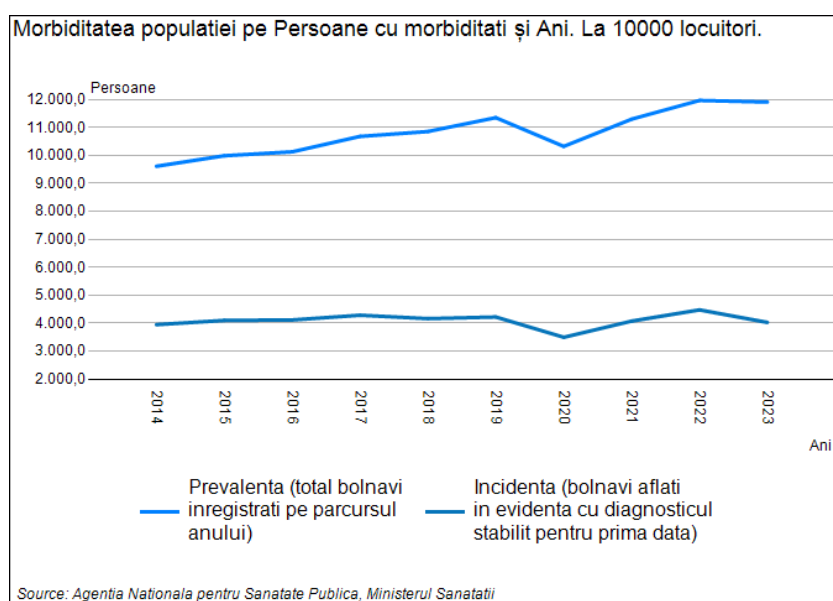


Figura 1. Dinamica morbidității generale a populației Republicii Moldova, 2014–2023

Sursa: date ANSP, raportate și analizate în corelare cu datele Biroului Național de Statistică al Republicii Moldova.

904,6 la 100 000 de locuitori (figura 1). Aceste date sunt prezentate contextual și, în absența unei analize analitice specifice, nu permit atribuirea acestei dinamici expunerii la pesticide sau altor substanțe chimice.

Este importantă conștientizarea pericolelor potențiale asociate substanțelor chimice și adoptarea unor măsuri adecvate pentru protejarea sănătății. O măsură esențială este informarea populației despre substanțele chimice prezente în mediul înconjurător și în produsele utilizate.

Orice neglijență în utilizarea substanțelor chimice poate avea consecințe grave asupra sănătății umane și poate conduce chiar la deces. Prin urmare, este indispensabilă informarea populației cu privire la pericolul substanțelor chimice și la importanța manipulării adecvate a acestora, pentru prevenirea și reducerea impactului asupra sănătății.

De asemenea, sunt necesare utilizarea echipamentului individual de protecție adecvat (măști, mănuși și ochelari), asigurarea unei bune ventilații în timpul lucrului cu substanțe chimice periculoase și limitarea expunerii prin evitarea contactului direct cu pielea sau a inhalării vaporilor.

Viitorul biomonitoringului este orientat către metode neinvazive, analiza multiomică, inteligența artificială și evaluarea expunerilor cumulative și mixte [3]. Programe naționale de biomonitoring sunt implementate în numeroase țări europene și în Statele Unite ale Americii.

Rezultatele indică faptul că biomonitoringul este esențial pentru identificarea precoce a expunerilor toxice și pentru prevenirea bolilor cronice asociate. Biomarkerii de expunere și de efect permit evaluarea riscului de cancer și de boli

neurologice, cardiovasculare, endocrine și reproductive. Tehnologiile moderne, precum spectrometria de masă de înaltă rezoluție, metabolomica și proteomica, au crescut semnificativ sensibilitatea și specificitatea biomonitoringului.

Cele prezentate subliniază importanța implementării biomonitoringului în programele de sănătate publică și ocupațională, în vederea reducerii impactului substanțelor chimice asupra populației.

Concluzii

1. Biomonitoringul uman reprezintă o metodă esențială pentru evaluarea impactului substanțelor chimice asupra sănătății populației, oferind informații precise privind expunerea internă și efectele biologice ale substanțelor toxice. Determinarea biomarkerilor de expunere și de efect permite identificarea precoce a modificărilor biologice, înaintea apariției manifestărilor clinice. Matricele biologice, precum sângele, urina și părul, sunt utile pentru monitorizarea expunerilor ocupaționale și ambientale.

2. Implementarea programelor de biomonitoring în sănătatea publică din Republica Moldova este importantă pentru reducerea impactului toxicologic asupra populației și pentru dezvoltarea strategiilor moderne de prevenție. Aceasta ar contribui la identificarea grupurilor de risc, prevenirea bolilor profesionale, elaborarea politicilor de sănătate publică, reducerea expunerii populației și monitorizarea eficienței intervențiilor preventive.

Bibliografie

1. Kapka-Skrzypczak L, Cyranka M, Skrzypczak M, Kruszewski M. Biomonitoring and biomarkers of organophosphate pesticides exposure: state of the art. *Ann Agric Environ Med*. 2011;18(2):294-303.
2. Ledda C, Rapisarda V. Biomarkers and human biomonitoring in occupational medicine. *Appl Sci*. 2020;10(18):6181. doi:10.3390/app10186181
3. Chen YC, Hsu JF, Chang CW, et al. Connecting chemical exposome to human health using high-resolution mass spectrometry-based biomonitoring: recent advances and future perspectives. *Mass Spectrom Rev*. 2023;42(6):2466-2486. doi:10.1002/mas.21805
4. Louro H, Gomes BC, Saber AT, et al. The use of human biomonitoring to assess occupational exposure to PAHs in Europe: a comprehensive review. *Toxics*. 2022;10(8):480. doi:10.3390/toxics10080480
5. Viegas S, Zare Jeddi M, Hopf NB, et al. Biomonitoring as an underused exposure assessment tool in occupational safety and health context: challenges and way forward. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(16):5884. doi:10.3390/ijerph17165884
6. Rodríguez-Carrillo A, Mustieles V, Salamanca-Fernández E, et al. Implementation of effect biomarkers in human biomonitoring studies: a systematic approach synergizing toxicological and epidemiological knowledge. *Int J Hyg Environ Health*. 2023;249:114140. doi:10.1016/j.ijheh.2023.114140
7. Ochoa-Leite C, Rodrigues S, Ramos AS, et al. Metabolomics and proteomics in occupational medicine: a comprehensive systematic review. *J Occup Med Toxicol*. 2024;19(1):38. doi:10.1186/s12995-024-00436-3
8. Pinzaru I, Miron I, Coretchi R, Bucata E, Zavtoni M. Biomarkerii prioritari pentru includerea în biomonitoringul acțiunii diverselor substanțe chimice asupra stării de sănătate a populației. În: *Abordarea O singură sănătate pentru securitatea sănătății globale*. Ediția a III-a; 20-21 noiembrie 2025; Chișinău, Republica Moldova. Print-Caro; 2025, ISBN 978-5-85748-245-2, CZU: 504.75.05+614.7+614.2, p.:53. Disponibil: <https://repository.usmf.md/handle/20.500.12710/31518>
9. European Agency for Safety and Health at Work. Dangerous substances. Accessed August 10, 2026. <https://osha.europa.eu/en/themes/dangerous-substances>
10. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova. Banca de date statistice. Accessed August 10, 2026. https://statistica.gov.md/ro/statistic_indicator_details/6#data_bank

11. Appenzeller BMR, Tsatsakis AM. Hair analysis for biomonitoring of environmental and occupational exposure to organic pollutants: state of the art, critical review and future needs. *Toxicol Lett.* 2012;210(2):119-140. doi:10.1016/j.toxlet.2011.10.021
12. Esteban M, Castaño A. Non-invasive matrices in human biomonitoring: a review. *Environ Int.* 2009;35(2):438-449. doi:10.1016/j.envint.2008.09.003
13. Faniband M, Lindh CH, Jönsson BAG. Human biological monitoring of suspected endocrine-disrupting compounds. *Asian J Androl.* 2014;16(1):5-16. doi:10.4103/1008-682X.122197
14. Zavtoni M, Opopol N. Starea de sănătate a populației prin prisma utilizării pesticidelor. *Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină.* 2016;6(70):106-109, ISSN 1729-8687 /ISSNe 2587-3873. CZU: 614.2:616-099-084:632.95.
15. Zavtoni M. Siguranța aplicării pesticidelor – cerință dictată de sănătatea populației. *Bul Acad Științe Mold Științe Med.* 2016;1(46):197-200, ISSN 1857-0011.
16. Silins I, Högberg J. Combined toxic exposures and human health: biomarkers of exposure and effect. *Int J Environ Res Public Health.* 2011;8(3):629-647. doi:10.3390/ijerph8030629
17. European Commission. IPCHEM: Information Platform for Chemical Monitoring. Accessed August 10, 2026. <https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/>
18. Zavtoni M, Bernic V, Miron I. Substanțele chimice – pericol potențial pentru sănătate. În: Integrare prin Cercetare și Inovare; 6-7 noiembrie 2025; Chișinău, Republica Moldova. 2025:761-767. doi:10.59295/spd2025e.99. CZU 5(082)=135.1=III=161.1. I-58. <https://doi.org/10.59295/spd2025e>
19. <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/editorial>. Accesat 26.05.2026
20. Posthuma, L., Zipp, M.C., De Zwart, D. et al. Chemical pollution imposes limitations to the ecological status of European surface waters. *Sci Rep* 10, 14825 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71537-2>
21. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289060097>. Accesat 12.05.2026
22. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>. World Health Organization (WHO). Pesticide residues in food. Accesat 14.05.2026

Recepționat – 01.08.2026, Acceptat pentru publicare – 16.09.2026

Autor corespondent: Mariana Zavtoni, mariana.zavtoni@ansp.gov.md

Declarația de conflict de interese: Autorii declară că nu există conflicte de interese.

Declarația de finanțare: Articolul a fost elaborat în cadrul subproiectului "Modelarea biomonitoringului uman ca instrument prioritar în gestionarea riscurilor chimice" (cod 130101), Agenția Națională pentru Sănătate Publică, contract nr. ANSP/01Ș/2026 din 03.02.2026.

Declarația de etică: Studiul a fost aprobat de Comitetul Național de Expertiză Etică a Studiului Clinic, prin avizul nr. 1793 din 30.10.2024.

Contribuția autorilor: Mariana Zavtoni – conceptualizare, documentare, analiza datelor secundare și redactarea versiunii inițiale; Iurie Pinzaru – conceptualizare, coordonare și revizuire critică; Vladimir Bernic – analiză și revizuire critică; Inga Miron – documentare și revizuire critică. Toți autorii au aprobat versiunea finală a manuscrisului.

Citare: Zavtoni M, Pinzaru I, Bernic V, Miron I. Biomonitoringul diverselor substanțe chimice care pot afecta starea de sănătate a populației [Biomonitoring of various chemical substances that may affect population health]. *Arta Medica.* 2026;100(3):e2026338. doi: 10.5281/zenodo.22777222