

CZU: 574.5: 502.4

INDICELE CLORO-ALCALIN AL APELOR SUBTERANE ÎN FUNCȚIE DE CONCENTRAȚIA NITRAȚILOR DIN APĂ

Maria SANDU, Sergiu ȚURCAN

Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM

În articol sunt expuse valorile calculate ale indicelui cloro-alkalin ce indică schimbul (substituirea) ionilor Na^+ și K^+ din apă cu Mg^{2+} și Ca^{2+} din mediul mineral, în funcție de concentrația nitraților din apă pentru apele subterane din Republica Moldova, acestea fiind expuse și în publicațiile din alte țări. Din variantele avute în calcul pe exemplul Monumentelor Naturale Hidrologice s-a evidențiat importanța zonelor de protecție a sursei de apă și impactul activităților economice, în special agricole, asupra procesului de creștere a durtății (Mg^{2+} și Ca^{2+}) apelor subterane.

Cuvinte-cheie: indice cloro-alkalin, ape subterane, schimb de ioni, nitrați, zone de protecție.

GROUNDWATER CHLORO-ALKALINE INDEX AS FUNCTION OF NITRATE CONCENTRATION IN WATER

In the article are exposed the calculated values of chloro-alkaline index, that indicate the exchange of ions Na^+ and K^+ in water with Mg^{2+} and Ca^{2+} from mineral medium, depending of nitrates concentration in groundwater water from the Republic of Moldova and of other countries that being in the publications. Of variants taken into account on the example of Natural Hydrological Monuments it was highlighted the importance of protected areas for water sources and demonstrated impact of economic activities, especially agriculture, on the process of groundwater increasing hardness (Mg^{2+} and Ca^{2+}).

Keywords: chloro-alkaline index, groundwater, ions change, nitrates, protection zone.

Introducere

Abordarea poluării apelor subterane, conform Directivei 2006/118/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 12 decembrie 2006 privind protecția apelor subterane împotriva poluării și deteriorării, presupune o activitate de culegere și tratare a informațiilor.

Una dintre problemele ce țin de calitatea apei este poluarea, inclusiv cu nitrați rezultați din activitatea antropică. O astfel de situație se atestă și în Republica Moldova. Ponderea probelor de apă din fântâni neconforme în ce privește nitrații a constituit 84,2% în 2010 (80,7% în 2009, 86% în 2005) [1].

În conformitate cu Hotărârea Guvernului nr.932 din 20.11.2013 [2], monitorizarea apelor subterane în Republica Moldova se efectuează conform programelor fundamentate științific, constând inclusiv în selectarea indicatorilor de monitorizare.

În cercetare au fost propuși mai mulți indici de calitate a apei: tehnofilia elementului chimic, indicele de calitate a apei (WQI), indicele cloro-alkalin (CAI), indicele poluării apei (IPA), analiza statistică multivariată.

În calitate de indice universal al caracterizării tendinței generale a schimbărilor din apele subterane a fost elaborată tehnofilia elementului chimic [3]. Utilizând datele lui R.Sherlock [4], informația statistică a ONU, Franței, SUA și rezultatele modelării ecologo-economice globale, în baza concepției optimismului tehnocrat au fost calculate valorile indicelui universal, numit tehnofilie, a cca 30 de elemente chimice pentru perioada anilor 1800 – 2025 [5].

Pentru evidențierea efectelor generate de activitatea agricolă asupra mediului (calitatea apei din Brazilia) a fost utilizat indicele analizei statistice multivariate și demonstrată dependența conținutului indicatorilor chimici de calitate a apei de cel al compușilor azotului [6].

Un studiu corelațional al componenței apelor subterane (izvoarelor și cișmelelor din bazinul r. Prut și fl. Nistru) și al concentrației ionilor de NO_3^- a fost efectuat și în Republica Moldova, evidențiindu-se că la un conținut al nitraților mai mare de 50 mg/L (CMA) există o corelare pozitivă cu durtatea (Mg^{2+} și Ca^{2+}) și mineralizarea apei, ceea ce indică la modificarea cumulativă a calității ei [7,8].

Indicele de calitate a apei (WQI) dezvoltat de Horton (1965) [9] a fost aplicat în Statele Unite ale Americii prin selectarea celor mai frecvent utilizați indicatori de calitate a apei (oxigenul dizolvat, pH-ul, coliformii, conductibilitatea, alcalinitatea și clorurile etc.). Indicele de calitate a apei WQI a fost aplicat pe scară largă și acceptat în țările din Europa, Africa și Asia. Un indice de calitate a apelor naturale, numit indicele poluării

apei (IPA), este utilizat și în Republica Moldova de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat pentru caracterizarea apelor de suprafață după un număr fix de parametri (N-NH₄, N-NO₂, produse petroliere, fenoli, oxigen dizolvat și CBO₅) [10].

Indicele cloro-alkalin (CAI), ce se bazează pe schimbul ionic Na⁺ și K⁺ din apă cu Mg²⁺ și Ca²⁺ între apa subterană și mediul mineralogic/sol în timpul de contact sau în procesul de migrare a apei în subteran, a fost propus de H.Schoeller 1977 [11] și evaluat pe apele subterane de către diferiți autori [12-14], nefiind însă studiat în funcție de conținutul nitraților din apă.

Reieșind din faptul că nivelul de poluare cu nitrați a apelor subterane din Republica Moldova depășește limita admisibilă pentru apa potabilă, iar indicele cloro-alkalin nu a fost evaluat în raport cu nivelul de poluare a apei cu nitrați, în prezentul studiu este cercetată calitatea apei subterane, folosind indicele CAI în funcție de conținutul ionilor NO₃⁻ din apă.

Material și metode

Pentru a evidenția dependența conținutului de nitrați de valoarea indicelui cloro-alkalin (CAI-1) din apele naturale freatice în calcul a fost folosită informația din diverse materiale publicate în Republica Moldova, Ucraina, Spania, India, Portugalia, Arabia Saudită privind componența apelor subterane din terenuri protejate de stat, cu activitate agricolă, teritorii urbane și rurale [6,12,15-23].

Ca material de comparație a influenței conținutului nitraților asupra indicelui cloro-alkalin al apelor subterane din Republica Moldova a fost utilizată informația privind componența apei din Monumentele Naturale Hidrologice (29 izvoare) [15]. Evaluarea dependenței a două componente specifice apei (CAI și conținutul ionilor NO₃⁻) a fost realizată prin metoda dublei analize corelative [24]. S-a luat în considerare că indicele cloro-alkalin pozitiv indică schimbul ionilor Na⁺ și K⁺ din apă cu Mg²⁺ și Ca²⁺ din mediu, iar valoarea negativă a CAI apare atunci când nu există acest schimb de ioni sau apare un schimb inversat de ioni [11,25].

Rezultate și discuții

Indicele CAI-1 al apei Monumentelor Naturale Hidrologice. Monumentul Natural Hidrologic (MNH) reprezintă un obiect unic al naturii, având o deosebită valoare ecologică, științifică, culturală, istorică și estetică [26]. Rezultatele cercetărilor științifice efectuate în scopul evaluării stării ecologice a MNH denotă o calitate a apei corespunzătoare diferitelor scopuri (potabilă, minerală etc.), aceste ape fiind luate în studiu ca probe de comparație [15]. În baza indicelui cloro-alkalin calculat se constată că doar 2 din 29 MNH (7%) au apă cu CAI-1 pozitiv, deci are loc schimbul de ioni Mg²⁺ și Ca²⁺ din apă prin ionii de Na⁺ și K⁺ din mediul mineral (Fig.1), ambele fiind din s. Nișcani, r-nul Călărași. În apa altor MNH CAI-1 are valori negative, argumentul fiind nivelul de protecție a lor ca arii naturale protejate de stat [27].

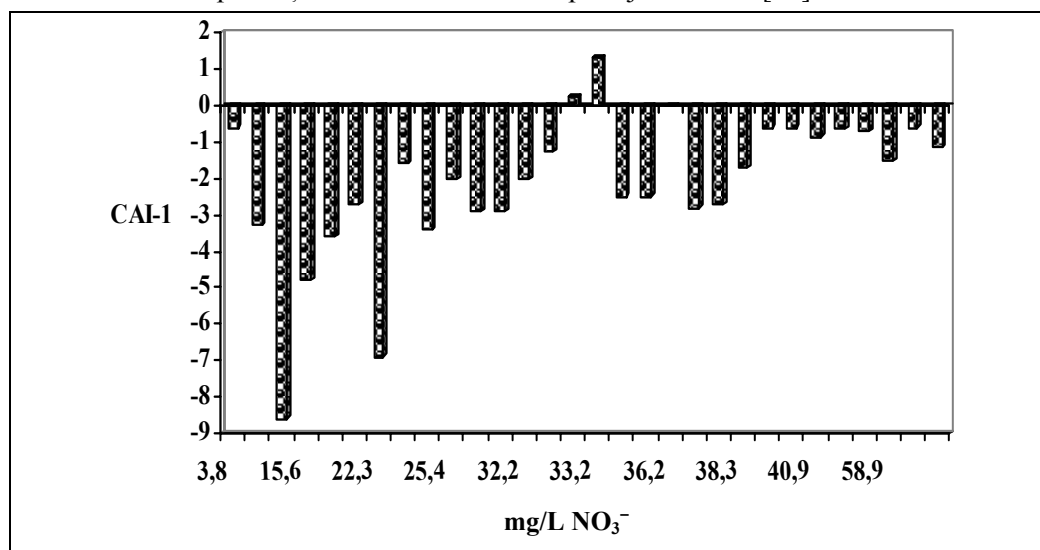


Fig.1. Indicele cloro-alkalin al apelor MNH în funcție de conținutul ionilor NO₃⁻ din apă.

Indicele CAI-1 al apei izvoarelor din bazinul fl. Nistru. În baza rezultatelor studiului realizat în cadrul Programului de Stat „Cercetări științifice și de management al calității apelor” (coordonator acad. Gh.Duca), ce include evaluarea stării chimice a apelor subterane din bazinul hidrografic al fl. Nistru (cca 360 de izvoare

și cișmele) [7,8,15] a fost calculat indicele cloro-alkalin al apei surselor, care nu sunt obiecte ale fondului ariilor naturale protejate de stat și se află în preajma terenurilor agricole, în spații rurale și urbane.

Prin sistematizarea corelațională a indicelui cloro-alkalin obținut s-a evidențiat o dinamică pozitivă a lui în funcție de conținutul nitraților în sursele din raionul Rezina, unde în 23 (19%) din 119 izvoare apa are un conținut de nitrați ce depășește concentrația maxim admisibilă pentru apa potabilă (CMA, 50 mg/L). Estimarea denotă că apa din 23 (47%) de surse cu un conținut de nitrați ce depășește CMA au indicele cloro-alkalin pozitiv (Fig. 2a).

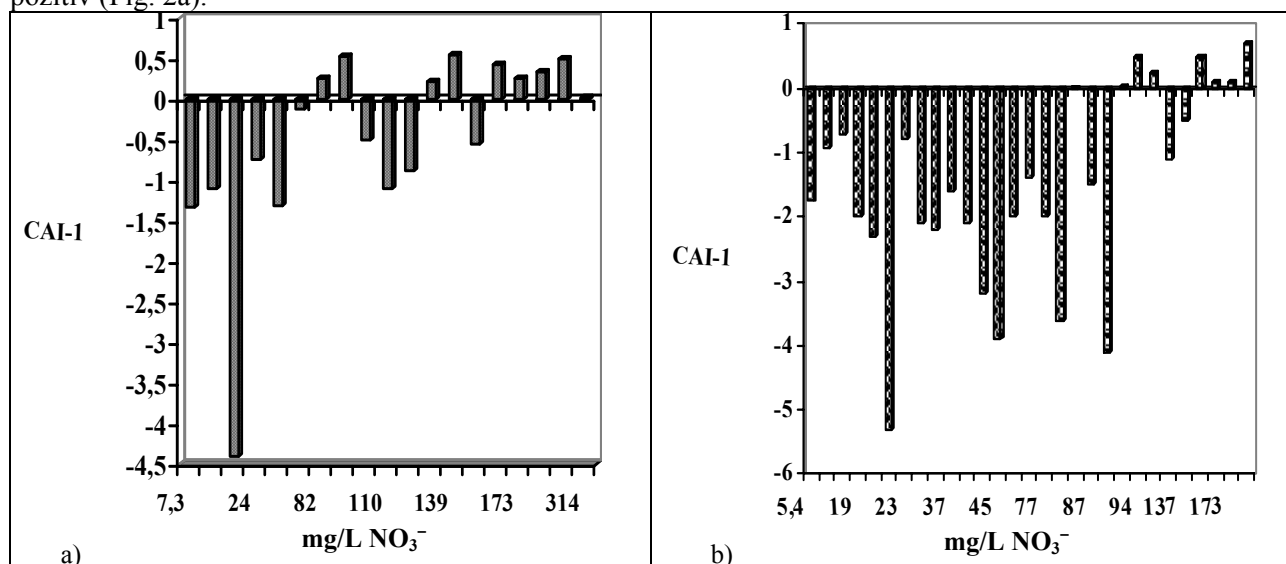


Fig.2. Indicele cloro-alkalin al apei izvoarelor și cișmelelor din raioanele Rezina (a) și Ialoveni (b) în funcție de concentrația nitraților din apă.

Indicele cloro-alkalin s-a evidențiat pozitiv și în izvoarele cu un conținut de nitrați în apă, ce depășește CMA din alte raioane: în raionul Ialoveni apa din 7 surse (47%) (Fig. 2b), raioanele Anenii Noi și Șoldănești în 2 izvoare, raioanele Orhei și Criuleni în câte un izvor. În raioanele Telenеști, Strășeni, Căușeni și Ștefan Vodă (conținutul NO₃⁻ este mai mic de 80-100 mg/L) nu sunt indici CAI-1 pozitivi pentru apa din izvoarele studiate.

Indicele CAI-1 al apei din fântâni. Spațiul urban. În apa subterană din fântânile de mină, care a fost evaluată în spațiul urban, mun. Chișinău (aa. 1992 și 2005) [18], CAI-1 pozitiv s-a evidențiat doar în 4 fântâni din 17 (cca 23%). Chiar și la concentrații de nitrați de 131-351 mg/L NO₃⁻ (2,6-5,0 CMA) indicele cloro-alkalin are valori negative (Fig. 3a). Un rezultat similar s-a evidențiat și la indicele CAI-1 al apei din fântânile or. Odesa și Vatutino (Ucraina, reg. Odesa), care are valori negative chiar la un conținut al nitraților egal cu 10 CMA [22] (Fig. 3b), argumentul fiind lipsa schimbului ionic.

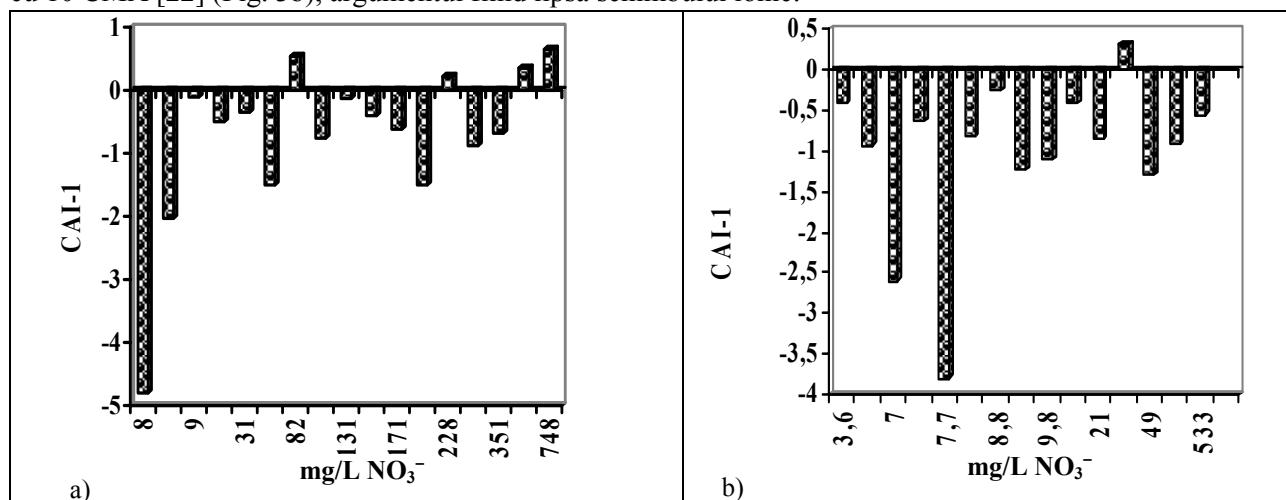


Fig.3. Indicele CAI-1 al apei fântânilor din mun. Chișinău (a) și din or. Odesa și Vatutino, Ucraina (b) în funcție de conținutul nitraților.

Indicele CAI-1 al apei din fântâni. Spațiul rural. Prin evaluarea stării ecologice a apei din fântânile rurale s-a constatat că cca 82% din sursele studiate din s. Pitușca, raionul Călărași, au avut un conținut de NO_3^- ce depășește CMA de la 1,6 până la 14 ori [16]. Indicele CAI-1 cu valori pozitive apare la o concentrație mai mare de 40 mg/L NO_3^- în apa din 12 surse (70%) (Fig. 4a). În s. Recea, raionul Râșcani, cca 76% din sursele studiate au avut un conținut de NO_3^- ce depășește CMA de la 1,2 până la 14,9 ori, iar indicele CAI-1 cu valori pozitive apare în apa din 11 (din 12) surse (91%) (Fig. 4b).

Interes a prezentat comparația CAI al apelor din spațiul rural cu activități agrare și un teritoriu rural protejat – comuna Trebujeni, satele Morovaia și Butuceni, raionul Orhei, componente ale teritoriului Complexului istorico-natural „Orheiul Vechi”, ce constituie un sistem alcătuit din elemente naturale și culturale: cadru natural originar, biodiversitate (masive vegetale și faună conservate), cadru arheologic de excepție [28,29].

În componența apelor din orizontul freatic al comunei Trebujeni, al satelor Morovaia, Butuceni, raionul Orhei (2007), poluare a apei cu nitrați s-a evidențiat în 7 din 21 probe (33%) cu concentrația maximă de doar 109 mg/L [17], astfel și CAI-1 cu valori pozitive (schimbul ionic Na^+ și K^+ din apă cu Mg^{2+} și Ca^{2+}) fiind caracteristic doar pentru 4 probe (19%) (Fig. 4c), ceea ce este de 3,5-4,5 ori mai puține surse ca în teritoriul rural neprotejat (ex., satele Pitușca și Recea).

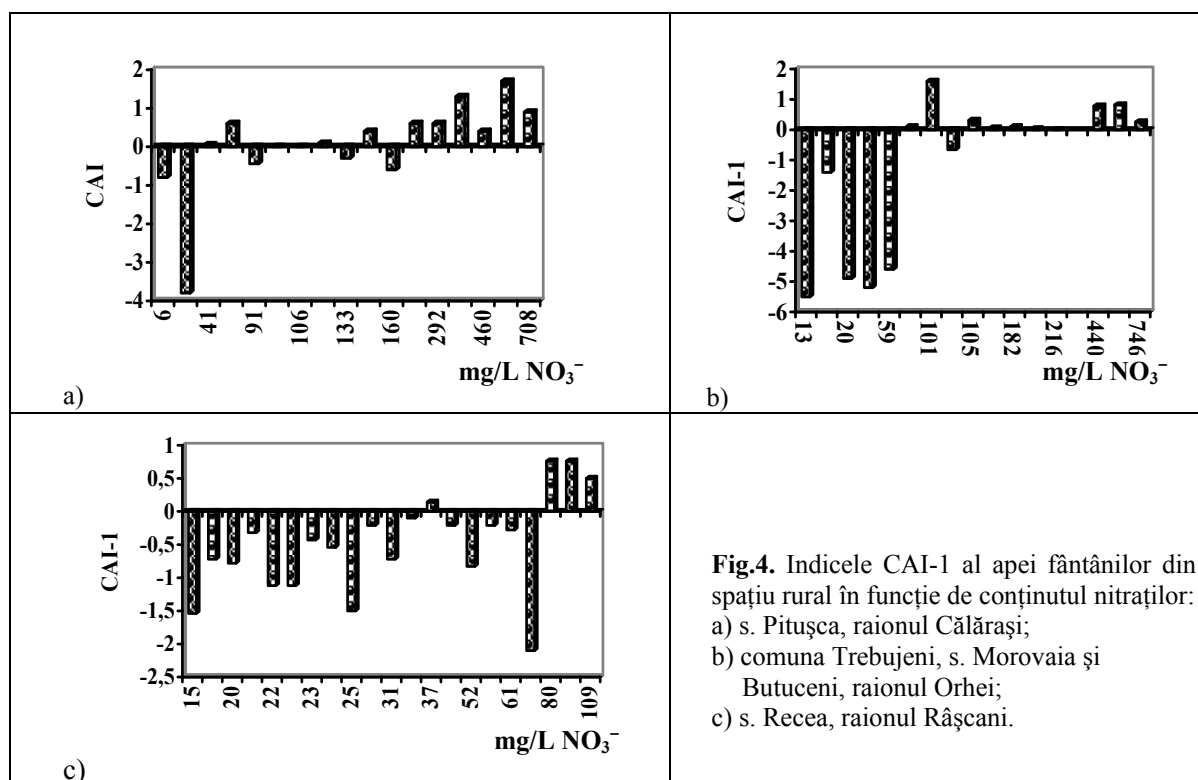


Fig.4. Indicele CAI-1 al apei fântânilor din spațiul rural în funcție de conținutul nitraților: a) s. Pitușca, raionul Călărași; b) comuna Trebujeni, s. Morovaia și Butuceni, raionul Orhei; c) s. Recea, raionul Râșcani.

Astfel, este foarte importantă protecția apei subterane pe principiul de prevenire a poluării în concordanță cu obiectivele Directivei 2010/75/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 24 noiembrie 2010 cu referire la calitatea apei, ce includ: protejarea faunei acvatice, protejarea habitatului, menținerea potabilității apei potabile, protejarea apei de scăldat.

Indicele CAI-1 al apei fântânilor din alte țări. Pentru comparația stării ecologice a apelor freactice din Republica Moldova cu cea din alte țări a fost determinat indicele CAI al apelor fântânilor din țări cu activitate agricolă (Spania, India și Portugalia) în baza informației din publicațiile existente.

CAI al apei din Spania. Pentru a investiga acumularea nitraților în apele subterane, au fost studiate surse de apă subterană din regiunea Osona (NE Spaniei) în 2010-2011 în terenuri agricole [20]. Concentrații mari de nitrați sunt frecvent întâlnite în apele subterane din zonă cu valori cuprinse între 8 și 380 mg/L NO_3^- în apa din izvoare, iar în fântâni – de la 10 până la 529 mg/L NO_3^- . S-a evidențiat că din 26 de probe de apă freatică 18 (69%) au un conținut de nitrați ce-l depășește de 1-7 ori pe cel maxim admisibil pentru apa potabilă, indicele cloro-alkalin fiind pozitiv (în creștere, $r^2=0,6935$) în apa cu conținut mai mare de 50 mg/L ioni NO_3^- (Fig. 5a).

CAI al apei din Portugalia. Incidența privind calitatea apei subterane în terenuri agricole a fost evaluată și în regiunea Campina de Faro (sudul Portugaliei), unde se practică o agricultură intensivă, apa subterană fiind intens exploatată pentru irigații și alimentarea cu apă a populației municipale. Prin analiza a 27 de probe de apă din diferite puncte s-a constatat că conținutul nitraților în 21 dintre ele (78%) depășește limitele recomandate atât pentru consumul uman, cât și pentru adăpatul vitelor, acviferele zonei fiind contaminate de la 38 la 434 mg/L NO_3^- [21]. Calculul CAI-1 prin aranjarea lui în ordinea creșterii concentrației nitraților din ape a demonstrat că în 81% din probe concomitent cu acumularea ionilor NO_3^- crește valoarea indicelui cu un coeficient mediu de corelare ($r^2 = 0,3729$) (Fig. 5b).

CAI al apei din India. Informația K.Sriniyasamoorthy etc. (2014) ține de componența apelor subterane din bazinul r. Pungar, partea de nord-est a districtului Karur, unde cea mai importantă activitate economică este agricultura. Schimbul ionic între apa subterană și mediul mineralogic a fost verificat de către autori folosind indicele cloro-alkalin, valoarea căruia în condițiile studiului este pozitivă (de la +0,05 la +0,88) pentru toate concentrațiile nitraților de la 2 la 345 mg/L. Autorii argumentată procesul prin activitatea agricolă intensă și prezența nitraților în spațiul acvatic, sărurile cărora sunt utilizate permanent ca îngrășăminte [12] (Fig. 5c).

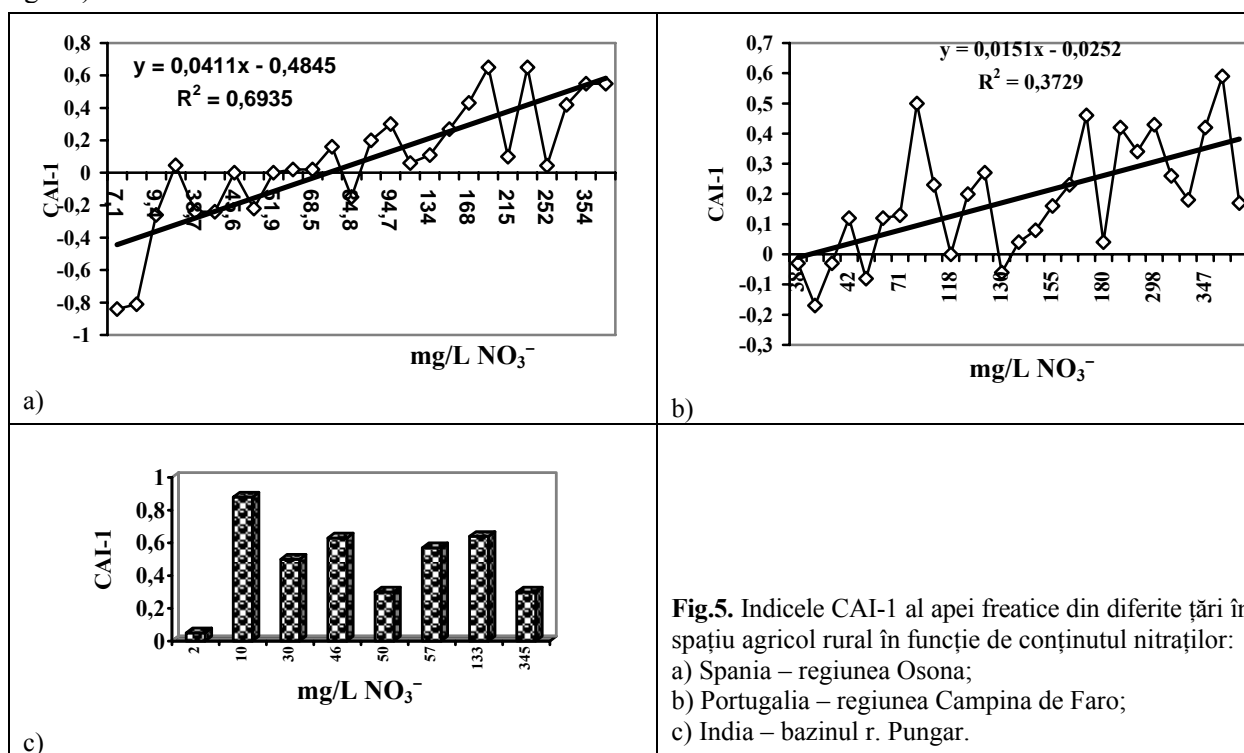


Fig.5. Indicele CAI-1 al apei freatice din diferite țări în spațiu agricol rural în funcție de conținutul nitraților:
a) Spania – regiunea Osona;
b) Portugalia – regiunea Campina de Faro;
c) India – bazinul r. Pungar.

Cercetarea apei freatice din teren fără activitate agricolă din orașul Sikar (20 de probe), India, care este în curs de industrializare și urbanizare rapidă [19], demonstrează că CAI-1 al apelor are valori pozitive doar în 7 cazuri (35%), spre deosebire de apa freatică din bazinul r. Pungar (teritoriu agrar), unde el are prezență pozitivă în 100% din surse, rezultat similar teritoriilor urbane descrise (mun. Chișinău, Republica Moldova, or. Odesa și Vatutino, Ucraina).

CAI al apei din Arabia Saudită. Cercetările realizate în 2011 pe apa din 42 de fântâni din zona Wadi Sayyah, care se află în bazinul r. Rabigh, vestul Arabiei Saudite, zonă cu teren agricol irigat, au depistat în apele subterane diferite concentrații de nitrați (de la 11,7 la 450,2 mg/L), ca rezultat al folosirii îngrășămintelor, descompunerii materiei organice, deversării apelor menajere și s-a constatat că în 43% din probe concentrația nitraților depășește limitele admisibile pentru apa potabilă. Indicele cloro-alkalin, calculat de autori [23], arată că în 88% din probele de apă subterană valorile CAI-1 sunt pozitive, în timp ce doar 12% din probe au valoare negativă. Pentru apele cu media concentrației minime a ionilor NO_3^- CAI-1 este negativ (-0,02), deci lipsește schimbul ionic, iar la o medie a nitraților de 450 mg/L coeficientul CAI-1 este pozitiv (+0,89), fiind confirmat de autori că a avut loc schimbul Na^+ și K^+ din apă cu Mg^{2+} și Ca^{2+} din mediul mineral.

Indicele cloro-alkalin propus de H.Schoeller în 1967 [11] și evaluat pentru apele subterane de diferiți autori [12-14] confirmă rezultatele cercetărilor de corelare între conținutul nitraților și cel al Ca^{2+} , Mg^{2+} , duritatea și mineralizarea apelor subterane din Republica Moldova [15]. Indiferent de țară, în apele freactice din teren urban CAI-1 are valori pozitive în proporții mult mai mici decât în terenurile cu activitate agricolă sau în spații rurale. Astfel, se propune utilizarea îngrășămintelor ecologice și depozitarea regulamentară a deșeurilor pentru prevenirea poluării apelor freactice cu nitrați.

Concluzii

- Conform indicelui cloro-alkalin calculat, se constată că doar 7% din Monumentele Naturale Hidrologice au apă cu CAI-1 pozitiv, în apa altor MNH CAI-1 are valori negative, deoarece în jurul monumentelor naturii se delimitează o zonă de protecție.
- Cercetările denotă că în apa izvoarelor naturale, spre deosebire de MNH, nivelul de poluare cu nitrați este un factor ce contribuie la schimbul ionic $\text{Na}^+ - \text{K}^+ / \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ cumulativ conținutului ionilor NO_3^- din apele subterane de la 20 la 50% din surse.
- Indicele cloro-alkalin al apei din fântânile urbane (mun. Chișinău, or. Odesa și Vatutino din Ucraina) are valori negative chiar la un conținut al nitraților de 10 CMA, deci în procesul de poluare nu are loc schimbul ionic din apă cu cel din mediul mineral.
- În teritoriul natural rural protejat (Complexul istorico-natural „Orheiul Vechi”) în componența apelor din orizontul freatic s-a evidențiat o poluare cu nitrați în 33% din probe și CAI-1 are valori pozitive doar pentru 4 probe (19%).
- În teren rural indicele CAI-1 cu valori pozitive apare la o concentrație mai mare de 40-60 mg/L NO_3^- , fiind caracteristic la o cotă considerabilă de surse: cca 82% în s. Pitușca, raionul Călărași, și 91% în s. Recea, raionul Râșcani.
- Cea mai înaltă influență a ionilor NO_3^- asupra indicelui CAI-1 s-a evidențiat în apele freactice din terenuri cu activitate agrară: în Spania în 65% din probe este pozitiv (în creștere); în Portugalia – în 81% din probe; în India indicele este pozitiv (de la +0,05 la +0,88) pentru toate concentrațiile nitraților (2-345 mg/L NO_3^-), fiind argumentată (de autori) prin activitatea agricolă intensă.
- Se propune utilizarea îngrășămintelor ecologice pentru prevenirea poluării apelor freactice cu nitrați și depozitarea regulamentară a deșeurilor cu respectarea zonelor de protecție a sursei de apă subterană.

Referințe:

1. MUSTEA, M., BOIAN, I., GALCĂ, G., SANDU, M., TĂRIȚĂ, A. etc. Starea resurselor de apă. În: „Starea mediului în Republica Moldova în 2007-2010 (Raport Național)”. Chișinău, 2011, p.75-80.
2. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea Regulamentului privind monitorizarea și evidența sistematică a stării apelor de suprafață și a apelor subterane, nr.932 din 20.11.2013. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2013, nr.276-280, art.1038.
3. ПЕРЕЛЬМАН, А.И. *Геохимия биосферы и ноосферы. Биогеохимические циклы в биосфере*. Москва: Наука, 1976, c.86-98.
4. SHERLOCK, R.L. *Man as geological agent. An account of his action on inanimate nature*. London: High Holborn, 1922. 372 p.
5. ТЮТЮНОВА, Ф.И. *Гидрохимия техногенеза*. Москва: Наука, 1987. 335 с.
6. COLETTI, Ch., TESTEZLAF, R., RIBEIRO, TÚLIO A.P. et al. Water quality index using multivariate factorial analysis. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. In: *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2010, vol.14, no.5, p.517-522.
7. HORTON, R.K. An index number system for rating water quality. In: *J. Water Pollu. Cont. Fed.*, 1965, no.37(3), p.300-305.
8. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. CCME WATER QUALITY INDEX 1.0. Technical Report. [Accesat: 09.08.2016] Disponibil: [http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20User's%20Manual%20\(en\).pdf](http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20User's%20Manual%20(en).pdf)
9. Anuar. Starea calității apelor de suprafață conform indicatorilor hidrochimici pe teritoriul Republicii Moldova în a. 2013. [Accesat: 12.04.2016] Disponibil: http://www.meteo.md/monitor/anuare/2013/anuarapei_2013.pdf.
10. SCHOELLER, H. *Geochemistry of groundwater. An international guide for research and practice*. UNESCO, 1967, nr. 15, chap. 15, p.1-18. Citat: SUBRAMANI, T., RAJMOHAN, N. and ELANGO, L. In: *Environ. Monit. Assess.*, 2010, vol.162, no.1, p.123-137.

11. SRINIYASAMOORTHY, K., GOPINATH, M., CHIDAMBARAM, S., VASANTHAVIGAR, SARMA, V.S. Hydrochemical characterization and quality appraisal of groundwater from Pungar sub basin, Tamilnadu, India. In: *Journal of King Saud University – Science*. Volume 26, Issue 1, January 2014, p.37-52.
12. RADHEY, Sh., KALWANIA, G.S. Ground water chemistry: A case study of eastern part of Sikar city (Rajasthan), India. In: *International Journal of Applied Engineering Research*, DINDIGUL, 2011, vol.2, no.2, p.378-389.
13. SWAINE, S., SCHNEIDER, P.J. The chemistry of surface water in prairie ponds. In: *Am. Chem. Soc. Adv. Chem. Ser.*, 1971, vol.106, p.99-104.
14. SANDU, M., MOSANU, E., GLADCHI, V., TARITA, A., DUCA, GH., etc. Study of spring's water quality as sources of potable water and for irrigation in Rezina district. In: *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*, 2010, no.5 (1), p.84-89.
15. SANDU, M., TARITA, A., LOZAN, R., GLADCHI, V., DUCA, GH., TURCAN, S., MOSANU, E., PREPELITA, A. Water of springs – sources for water supply and irrigation in the Nistru river basin. In: *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*, 2013, no.8(2), p.42-50.
16. LOZAN, R., TĂRIȚĂ, A., SANDU, M., GAIDĂU, A., ZLOTEA, A., SIDOREN, I., ANDRIUCA, V. *Starea geo-ecologică a apelor de suprafață și subterane în bazinul hidrografic al Mării Negre (în limitele Republicii Moldova)*. Chișinău, 2015. 326 p.
17. PITUȘCAN, S., ȚURCAN, S., SANDU, M. Calitatea apei din fântânile s. Pitușca, jud. Ungheni, și măsurile de îmbunătățire a ei. In: *Rezultatele comunicărilor Conferinței științifice republicane a tinerilor cercetători*. Ed. a V-a. Chișinău, 2001, p.20-22.
18. BOBOC, N., CHIRICĂ, L., SANDU, M., BREGA, V., SPĂTARU, P., TOFAN, E. Aspecte hidrochimice ale apelor freatice din aria Complexului istorico-natural „Orheiul Vechi”. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei*. Seria „Științele vieții”, 2008, nr.2, p.164-169.
19. МЫРЛЕАН, Н.Ф., МОРАРУ, К.Е., НАСТАС, Г.И. *Эколого-геохимический атлас Кишинева*. Кишинев: Штиинца, 1992. 116 с.
20. RADHEY, Sh., KALWANIA, G.S. Ground water chemistry: A case study of eastern part of Sikar city (Rajasthan), India. In: *International Journal of Applied Engineering Research*, DINDIGUL, 2011, vol.2, no.2, p.367-368.
21. MERCÈ, BOY-ROURA; ANNA, MENCIO; JOSEP, MAS-PLA. Temporal analysis of spring water data to assess nitrate inputs to groundwater in an agricultural area (Osona, NE Spain). In: *Science of the Total Environment*, 2013, p.433-445.
22. ALMEIDA, C. e SILVA, M.L. Incidence of Agriculture on water quality at Campinade Faro (South Portugal). In: *Hidrogeologia y Recursos Hidráulicos*. IV Simposio de Hidrogeologia, 1987, t. XII, p.249-257.
23. ЛИТВИНА, Т.М., БЕЛТЮКОВА, С.В., КЛИМЕНТИЙ, Л.В., УСТИЧЕНКО, О.И. О качественном составе питьевой воды альтернативных источников Одессы и Черкасской области. В: *Вода и здоровье: Сборник научных статей*. Одесса: ОЦНТЭИ, 2001, с.126-131.
24. AL-AHMADI, M.E. Hydrochemical characterization of groundwater in wadi Sayyah, Western Saudi Arabia. In: *Applied Water Sci.*, 2013, vol.3, no.4, p.721-732.
25. ФЕДОРОВА, Т.К. *Физико-химические процессы в подземных водах*. Москва: Недра, 1985. 182 с.
26. ARVETI, NAGARAJU et al. Hydrogeochemistry of waters of Mangampeta Barite mining area, Cuddapah Basin, Andhra Pradesh, India. In: *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 2006, vol.30, p.203-219.
27. Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat, nr.1538 din 25.02.1998. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2000, nr.66-68, art.442.
28. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea regulamentelor-cadru ale parcurilor naționale, monumentelor naturii, rezervațiilor de resurse și rezervațiilor biosferei, nr.782 din 03.08.2000. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2000, nr.102.
29. Complexul arheologic „Orheiul Vechi”. [Accesat: 19.05.2016] Disponibil: http://www.orhei.net/news/complexul_arheologic_orheiul_vechi/2011-07-30-9

Notă: Articolul a fost elaborat în cadrul Proiectului aplicativ 15.817.02.21A: „Evaluarea integrată a impactului antropic asupra ecosistemelor reprezentative în scopul conservării și extinderii Ariilor Naturale Protejate de Stat în contextul cerințelor Directivelor UE”.

Prezentat la 14.09.2016