

PRIORITĂȚILE HIPOCLORITULUI DE SODIU ÎN EFICIENTIZAREA PROCESULUI DE DEZINFECTARE A APEI POTABILE

Lidia CALMUȚCHI, dr., conf. inter.

Eugenia MELENTIEV, dr., conf. universitar

Nadejda ȘATOV, masterand

Catedra Chimie, Universitatea de Stat din Tiraspol

Abstract. The paper presents the efficiency of drinking water disinfection with sodium hypochlorite. The study of drinking water found that drinking water Chisinau, which is disinfected with sodium hypochlorite, meets all international parameters. It defines its quality. And most importantly, drinking water does not contain an excess of chlorine - a toxic substance, which is one of the most harmful substances to human health.

Apa este cel mai important aliment, care nu poate fi înlocuit, fiind un constituent fundamental și indispensabil al organismului uman. Cu toate că proporția de apă din organism variază după vârstă, în medie apa totală alcătuiește aproximativ 60% din greutatea corporală: apa intracelulară (40%) și apa extracelulară (20%). Apa în organismul uman deține mai multe funcții: structurală, mediu de reacție prin asigurarea proceselor metabolice, sursă de Ca, Mg, Na, K și alte substanțe necesare organismului, dar uneori și de substanțe nocive, agenți patogeni ș.a. Atât deshidratarea, hiperhidratarea, cât și consumul apei potabile care nu corespunde calității, provoacă dereglări fiziologice în organism.

Aprovizionarea populației Republicii Moldova cu apă potabilă de calitate este dificilă, resursele de apă potabilă sunt limitate, alcătuiesc aproximativ $3,8\text{km}^3$, cu un grad de regenerare de 11% anual, ceea ce este insuficient pentru menținerea ciclului resurselor acvatice la nivel durabil. Consumul mediu zilnic este de 163l, față de 255l/persoană pentru Europa, în timp ce situația ecologică a apei potabile în localitățile rurale este apreciată la nivel de criză, doar numai 30% din resursele acvatice corespund standardelor naționale. *Poluarea microbiană* a apelor naturale conduce la apariția unui număr mare de boli infecțioase, uneori cu caracter *epidemic*.

Pentru preîntâmpinarea acestui pericol s-au elaborat diferite *metode de dezinfectare* a apei potabile, atât *fizico-chimice: utilizarea radiației ultraviolete, ultrasunetelor, fierbere, distilare, filtrare*, cât și prin *mijloace chimice: utilizarea clorului și a compușilor lui, ozonului, bromului ș.a.*

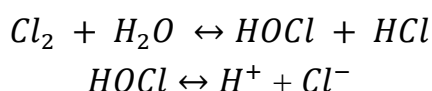
Mijloacele chimice de dezinfectare sunt sigure, pe larg utilizate, dar trebuie să îndeplinească și anumite condiții: să fie eficiente, economice, să nu modifice calitatea apei, ușor de manipulat, să nu prezinte pericol pentru cei care le efectuează.

Pentru dezinfectarea apei clorul și compușii lui manifestă o acțiune deosebită prin conținutul clorului activ (tab. 1).

Tabelul 1. Conținutul clorului activ în compușii lui, utilizați la dezinfectarea apei.

Compușii clorului	Formula chimică	Conținutul „clorului activ”, %
Clorul	Cl ₂	100
Hipocloritul de sodiu	NaClO	10-20
Varul clorat	CaCl ₂ O, CaO	30-35
Hipocloritul de calciu	Ca(ClO) ₂	45
Dioxidul de clor	ClO ₂	26,3

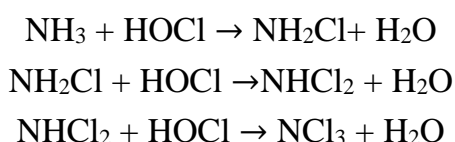
Clorul și compușii lui care conțin „clor activ” sunt oxidanți puternici și sunt utilizați la purificarea apei potabile prin faptul că la introducerea în apă a clorului activ se hidrolizează:



În cazul dat, atât Cl₂ cât și HOCl, OCl⁻ formează „clorul activ” liber. Drept surse de „clor activ” servesc și compușii deja menționați în tabelul de mai sus.

În cazul apelor ce conțin NH₃ și săruri de amoniu NH₄⁺, alți compuși ai clorului și azotului, are loc formarea „compușilor activi ai clorului”, care reacționează mai lent decât clorul în dezinfectarea apei.

În prezența amoniacului, sărurilor de amoniu, acidului hipocloros, hipocloriților are loc formarea NH₂Cl, NHCl₂ și NCl₃ conform:



Cantitatea totală de clor consumată în astfel de procese este cunoscută sub numele de „cerere de clor a apei”.

În urma cercetărilor s-a demonstrat că la dezinfectarea apei potabile 10% din cantitatea de clor utilizată formează *compuși halogenați nocivi, periculoși pentru sănătate.*

Toți acești compuși fac parte din clase înalte de nocivitate: trihalogenogaloni ca dibromdiclormetan (CMA - 0,03mg/l), tricloracetoneitril (CMA - 0,01mg/l), dioxine (nu se admit), care sunt de 68000 mai nocive decât cianura de potasiu, clasa I de nocivitate și bromoform (CMA - 0,1mg/l), cloroform (CMA - 0,2mg/l), 2,4-dicloroform (CMA - 0,02mg/l), dicloroacetoneitril (CMA - 0,1mg/l) din clasa II de nocivitate după determinarea procesului de clorurare: oxidarea substanțelor organice și a celor anorganice, dezinfectării se stabilește conținutul clorului liber a cărui concentrație după norma trebuie să fie de 0,3 - 0,5mg/l, fapt ce determină garanția dezinfectării apei potabile.

Se menționează faptul că numai stabilirea normelor standarde adecvate condițiilor reale, studiul minuțios, perfect, continuu a compoziției apei ar putea conduce la utilizarea

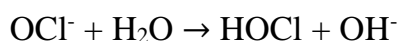
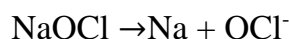
clorului pentru dezinfectarea fără urmări grave asupra sănătății. Cu scopul de ameliorare a calității apei în municipiul Chișinău a fost implementată o nouă tehnologie de dezinfectare a apei potabile cu ajutorul hipocloritului de sodiu. Utilizarea hipocloritului de sodiu este o metodă eficientă în combaterea microflorei patogene, distrugând virusii, germenii, inclusiv microbacteriile de tuberculoză și hepatita.

Hipocloritul de sodiu NaClO este o substanță care relativ ușor se poate obține prin clorurarea NaOH sau prin electroliza NaCl . Hipocloritul este o substanță cristalină incoloră, nestabilă, ușor solubilă în H_2O , solubilitatea crește odată cu creșterea temperaturii apei, încât la 30°C solubilitatea alcătuiește 50%. Soluțiile de hipoclorit sunt la fel instabile și se pot descompune chiar la temperaturi obișnuite. Acest proces este intensificat de razele solare, prezența cationilor, metalelor grele, clorurilor metalelor alcaline, pe când prezența sulfatilor de Ca și Mg , acidului boric, silicaților, încetinează procesul descompunerii.

Hipocloritul de sodiu este cunoscut sub formă decristalohidrați:

- monohidrat $\text{NaClO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (foarte instabil)
- $\text{NaClO} \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (stabilitate medie)
- pentahidrat $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (cea mai stabilă dintre cristalohidrați)

În contact cu apa NaOCl formează HOCl conform transformărilor:



Formele clorului activ sunt în dependență de pH-ul soluției (fig. 1).

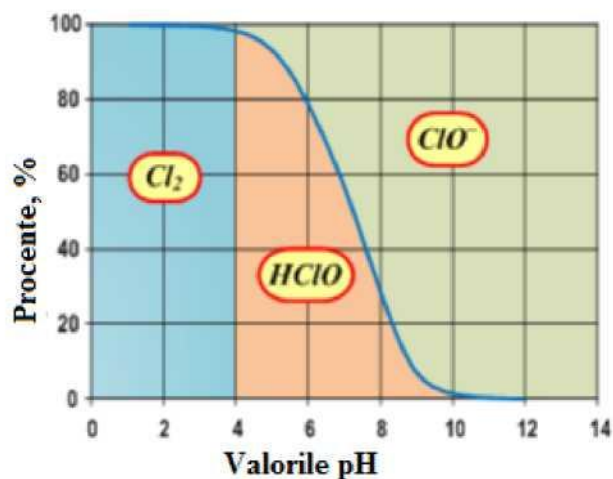
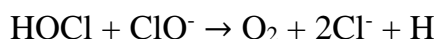
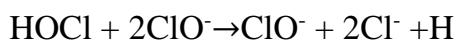


Fig. 1. Variația formelor clorului activ în soluția de hipoclorit de sodiu în funcție de pH-ul soluției.

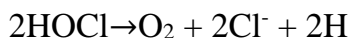
În intervalul pH-ului de la 5 până la 10 și concentrația HOCl este mai mare, descompunerea se petrece:



Dacă pH se micșorează încontinuu în soluție nu se mai găsește ClO^- și descompunerea HClO se petrece în felul următor:



+

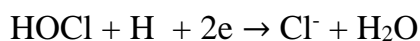
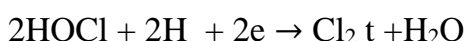
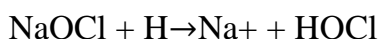


La valorii ale pH-ului de 3 și mai mic are loc eliminarea clorului molecular:

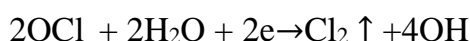


Prioritatea utilizării hipocloritului de sodiu constă în capacitățile *antioxiodante puternice* ale acestei substanțe de a reacționa:

- în mediul acid:



- în mediul neutru și bazic:



În acest context sub influența hipocloritului de sodiu sulfii se oxidează până la sulfați, nitriții în nitrați, oxalații și formații în carbonați, iar amoniacul trece în cloramină. Toate aceste procese sunt importante, deoarece participă activ la potabilizarea apei de consum.

Spre deosebire de clor hipocloritul contribuie la formarea mediului bazic, se mărește pH-ul, iar odată cu acesta se schimbă raportul dintre HClO și ClO^- (tab.2)

Tabelul 2. Impactul pH-ului asupra raportului HClO/ClO^- în apa potabilă

Valorile pH-ului, unități	Dinamica variației	
	HClO , %	ClO^- , %
6	97	3
7	78	22
8	24	76

De rând cu creșterea valorilor pH în probele de apă dezinfectate cu hipocloritul de sodiu are loc micșorarea potențialului redox al apei Eh (mV), fapt ce a fost confirmat prin cercetările proprii (tab.3). Probele au fost colectate din diferite sectoare a municipiului Chișinău.

Tabelul 3. Valorile pH-ului și Eh în diferite probe de apă

Sursa de apă	Valoarea pH, unități	Valoarea Eh, mV
sec. Centru	7,35	-23,9
sec. Ciocana	7,54	-28,8
sec. Buicani	7,69	-42,7

sec.Botanica	7,38	-30,0
Apa minerală”Izvorul minunilor”,România	6,95	-13,7
Apa minerală „OM”	6,62	+23,7
Apa minerală „Morshinsca”,Ucraina	6,92	+6,4

Pentru determinarea unor parametri fizico-chimici a fost colectate și analizate probele de apă din r-Nistru și apă potabilă pe parcursul anilor 2011-2015. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4.Variația valorilor unor parametri fizico-chimici din apa r.Nistru și a apei potabile din mun.Chișinău pe parcursul anilor 2011-2015 (valori medii anuale).

Parametri fizico-chimici	Conținutul unor parametri fizico-chimici în apa analizată (mg / l).										
	din r. Nistru					apa potabilă					
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015	CMA
Cloruri	24,16	26,13	24,60	26,68	27,31	26,31	28,11	28,68	28,59	28,01	250
Amoniac, Ioni de NH ₄ ⁺	0,068	0,089	0,090	0,088	0,080	0,032	0,036	0,029	0,034	0,035	0,5
Nitriți	0,042	0,050	0,040	0,042	0,033	0,0030	0,0028	0,0029	0,0026	0,0027	0,5
Nitrați	7,48	6,89	7,09	6,27	6,09	4,54	5,81	4,03	4,27	3,92	50
Fier Fe ²⁺ ,Fe ³⁺	0,070	0,072	0,079	0,078	0,082	0,046	0,049	0,051	0,047	0,045	0,3

Dinamica conținutului ionilor de clor Cl⁻ în apa r.Nistru și apa potabilă pe parcursul anilor 2011-2015 este redată în fig.2.

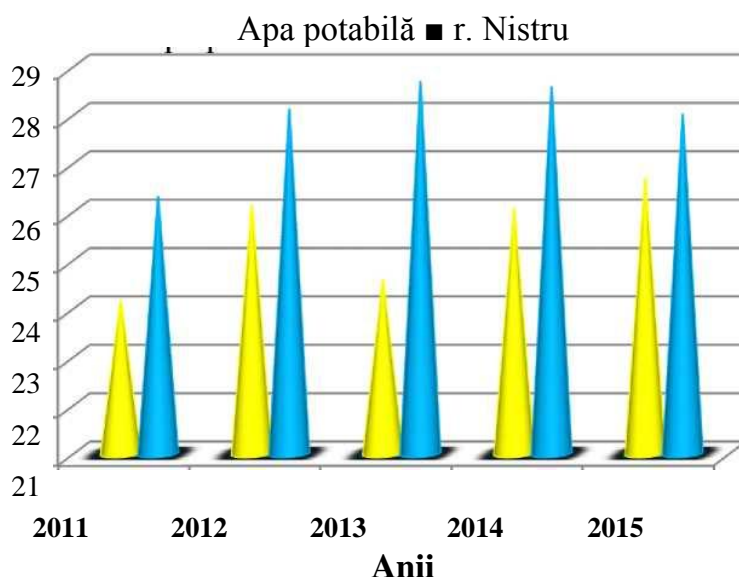


Fig.2. Dinamica conținutului ionilor de clorură Cl⁻ în apa r.Nistru și apa potabilă pe parcursul anilor 2011-2015 (valori medii anuale).

În baza rezultatelor incluse în tabelul 4 și fig. 2 se denotă că conținutul ionilor de cloruri, nitriți, nitrați, de fier în apele analizate pe parcursul anilor 2011-2015 este stabilă. Dacă comparăm conținutul ionilor de fier în apa r.Nistru și apa potabilă se observă o micșorare a ionilor de fier, care rezultă o acțiune din partea coagulantului și cărbunelui activat, unde are loc sorbția pe suprafața acestora.

Conținutul clorului în apa r.Nistru, în perioada de cercetare variază în intervalul 24.16-26,68 mg / l . După purificarea apei concentrația clorului parțial crește și se află în intervalul 26,31- 28,58 mg / l. probabil că acesta influențează utilizarea hipocloritului de sodiu la dezinfectare.

Pentru determinarea cantității de hipoclorit de sodiu este necesar așa factor important ca oxidabilitatea.

Variația oxidabilității după permanganat în apa r.Nistru și apa potabilă este indicată în fig.3.

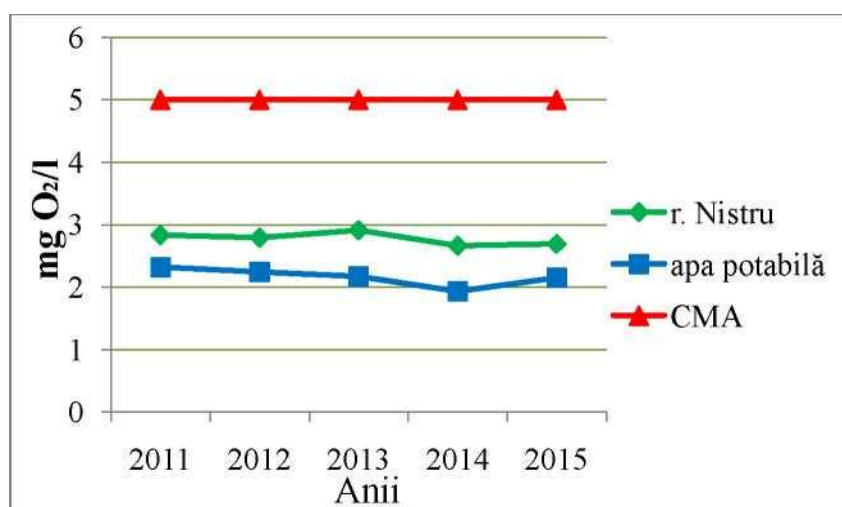


Fig.3. Dinamica variației oxidabilității după permanganat în apa r.Nistru și apa potabilă pe parcursul anilor 2011-2015 (valori medii anuale).

Din datele fig.3 rezultă că oxidabilitatea după permanganat a apei r.Nistru variază în intervalul 2,66-2,91 mgO₂ / l, dar se află sub limita CMA (5mgO₂ / l). Această micșorare a substanțelor organice este determinată de utilizarea în sistemele tehnologice a cărbunelui activat, unde are loc sorbția, dar și procesul de oxidare și reducere sub influența hipocloritului de sodiu.

Cercetarea conținutului de clor total și activ este monitorizat permanent.

Concentrația clorului activ liber (X ,mg / l) în probele de apă analizate se determină conform relației:

$$X = \frac{K_p \cdot n \cdot 1000}{V}$$

unde, K_p - coeficientul pipetei, mg;

n - numărul de picături soluție Na₂S₂O₃;

V - volumul probei de apă analizată, cm .

Rezultatele analizei probelor de apă colectate în diferite perioade a anului 2015 sunt incluse în tabelul 5.

Tabelul 5. Conținutul clorului total și clorului liber în probele de apă potabilă pe parcursul anului 2015.

Conținutul clorului, mg/l	Trimestru I	Trimestru II	Trimestru III	Trimestru IV	Valoarea medie
Clorul liber	0,44	0,52	0,61	0,51	0,520
Clorul total	1,40	1,36	1,68	1,78	1,305

Din datele obținute rezultă că concentrația clorului liber variază în intervalul 0,44 - 0,61 mg/l, care și corespund normelor, unde conținutul clorului liber trebuie să constituie 0,3-0,5 în perioada de iarnă și 0,5-0,7 mg/l în perioada de vară.

În urma cercetărilor efectuate se denotă că utilizarea hipocloritului de sodiu este prioritar față de folosirea clorului lichid, în ameliorarea calității apei potabile. Astfel, apa nu conține exces de clor, este o apă structurată compatibilă cu mediul soluției interne a organismului uman.

Bibliografie:

1. R.Lozan, „Calitatea chimică a apelor din râuri”, Chisinău, 2002.
2. R.Cecan, „Uzina de apă Chișinău”, Chișinău, 2012.
3. ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия»
4. ГОСТ 4192-82 Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.
5. ГОСТ 18190-72 Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора.
6. SM SR EN ISO/CEI 17025:2006. Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări.