

## INVESTIGAȚII EXPERIMENTALE ASUPRA UNOR CARACTERISTICI FIZICO-CHIMICI DE DETERMINARE A CALITĂȚII APEI

Luchian E.<sup>1\*</sup>, Evtodiev S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea de Stat din Moldova, str. A. Mateevici 60, MD-2009, Chișinău, Republica Moldova

<sup>2</sup>Didact Vega SRL, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt 200, MD-2004, Chișinău, Republica Moldova

\*e-mail: [efimia\\_86@mail.ru](mailto:efimia_86@mail.ru)

Caracteristicile fizico-chimice joacă un rol esențial la determinarea calității apei. Unele din aceste caracteristici sunt: conductivitatea electrică, concentrația ionilor de hidrogen, oxigenul dizolvat. Determinarea conductivității apei oferă informație asupra gradului de impuritate în eșantioanele analizate. Cercetările asupra determinării concentrației ionilor de hidrogen reprezintă gradul de aciditate sau alcalinitate a apei, caracteristici care direct influențează sănătatea populației. Lipsa de oxigen din apă duce la pierderea caracterului de prospețime, apa devenind nepotabilă. Caracteristicile fizico-chimice experimentale au fost investigate cu ajutorul senzorului multifuncțional de determinare a calității apei PS-2169.

Cuvinte-cheie: apă, calitate, conductivitate, pH, oxigen dizolvat.

Physical and chemical characteristics play an essential role in determining water quality. Some of these features are: the electrical conductivity, hydrogen ion concentration and dissolved oxygen. Determination of the water conductivity offers information of the degree of impurity in the analyzed samples. Investigation of hydrogen ion concentration provides information about the acidity or alkalinity of water, characteristics that directly influence the human health. Shortage of oxygen in the water leads to loss of character of freshness, the water becoming the undrinkable. Experimental physico-chemical characteristics were investigated with Water Quality Multi Measure Sensor PS-2169.

Key words: water, quality, conductivity, pH, dissolved oxygen.

### INTRODUCERE

Apa este un nutrient de bază a corpului uman și este esențială pentru viața populației. Aceasta susține digestia alimentelor, adsorbția, transportul și utilizarea de substanțe nutritive și eliminarea toxinelor și a deșeurilor din organism. Apa este, de asemenea, esențială pentru prepararea alimentelor și cerințele pentru pregătirea alimentelor sunt incluse în discutarea cerințelor de consum [1].

Consumul total de apă include apa potabilă, apa din alte băuturi, precum și apa (umiditatea) în produsele alimentare. Un consum scăzut de apă a fost asociat cu unele boli cronice, iar un consum corespunzător de apă previne efectele nocive (în primul rând acute) de deshidratare, care includ anomalii metabolice și funcționale. Starea de hidratare este indicatorul principal utilizat pentru apă. Activitatea fizică și condițiile de mediu au o influență semnificativă asupra nevoilor de apă. Totuși, un consum excesiv al apei conduce la intoxicație, care poate pune viața în pericol datorită manifestării hiponatremiei (micșorarea cantității de sodiu în sânge) ceea ce poate duce la edema sistemului nervos central, congestie

pulmonară, și slăbiciune musculară. În circumstanțe neobișnuite hiponatremia poate apărea datorită consumului excesiv de lichide, înlocuirea sodiului, sau ambele în timpul sau după efort fizic prelungit. Hiponatremia simptomatică de exercițiu este de obicei asociată cu mai mult de 6 ore de exerciții stresante prelungite. Toxicitatea acută de apă a fost raportată ca urmare a consumului rapid al unor cantități mari de lichide care au depășit considerabil rata de excreție maximă a rinichilor de 0,7-1,0 l/oră [2].

Consumul zilnic de apă variază în funcție de diferiți factori, cum ar fi: temperatura, umiditatea, activitatea fizică și alți factori care variază larg. Consumul mediu de apă (lichid) de persoană pe zi calculat conform cercetărilor din diferite surse reprezintă 1,63 litri. Totuși, un volum mai mare, de ~2 litri/zi, a fost adoptat ca reprezentând consumul de persoană pe zi [3].

Consumul de apă potabilă variază într-un oraș modern între 100 și 530 litri pe zi de persoană [4], ajungându-se chiar și la valori de 600 litri pe zi [5]. Totuși, în anul 2007, la nivel global consumul domestic de apă constituia doar 5 %, iar în industrie fiind consumate 9 %

din cantitatea totală (în cadrul întreprinderilor, la prelucrarea materiei prime ș.a.), cea mai mare cantitate (86 %) fiind utilizată în agricultură (irigații, creșterea animalelor ș.a.) [6]. În prezent aceste valori reprezintă 8 % pentru consumul domestic, 12 % industrie și 80 % agricultură [5].

Întrucât apa reprezintă unul dintre cele mai importante elemente în viața și activitatea umană, evaluarea și asigurarea calității acesteia îi revine un rol foarte important.

Un rol deosebit în evaluarea calității apei îi revine atât indicilor de calitate (organoleptici, fizico-chimici, microbiologici, toxicologici, radioactivi, etc.), cât și metodelor de determinare a lor, prezentate în Documentele Normative în vigoare [7].

Apa plată este produsă sub control sanitar, dar proveniența ei poate fi atât de la un izvor, cât și de la un puț de adâncime, verificat și avizat sanitar anume pentru comercializare și consum. Principala calitate a apei plate, în comparație cu cea livrată de rețeaua publică de alimentare cu apă, este aceea că ea nu a străbătut țevile rețelei urbane de aducțiune și, deci, nu conține clor rezidual, nu preia și nu poartă produsele rezultate din depunerile pe țevă, din oxidarea metalului, din alte procese, foarte fine, care pot avea loc în timpul transportului [8].

Conductivitatea, pH, temperatura și oxigenul dizolvat sunt indici fizico-chimici care joacă un rol important la aprecierea calității apei. Lucrarea are ca obiectiv exemplificarea măsurătorilor acestor parametri în vederea verificării calității apei.

Scopul lucrării este efectuarea studiului de cercetare asupra indicilor de calitate a eșantioanelor analizate și corespunderea valorilor obținute cu normele stabilite în Documentele Normative.

## METODICA CERCETĂRII ȘI EȘANTIOANELE

Cercetările asupra apei plate s-au efectuat pe un lot de eșantioane prelevate din ape îmbuteliate, a căror mărci comerciale sunt pe piața Republicii Moldova.

Drept indici ai proprietăților fizico-chimice a fost selectată conductivitatea electrică, determinată cu ajutorul senzorului

multifuncțional de determinare a calității apei (Water Quality MultiMeasure Sensor PS-2169) și în special cu senzorul de testare a conductivității. De asemenea, prin aceeași metodă, cu senzorul multifuncțional, s-au mai investigat și concentrația ionilor de hidrogen din apă, adică pH-ul și s-a determinat oxigenul dizolvat ( $DO_2$ ), fiecărui din indicii investigați corespunzându-i senzorul cu electrod specific.

Conductivitatea (sau în mod specific, conductivitatea electrolică) este definită ca abilitatea unei substanțe de a conduce curentul electric. Este inversul rezistivității. Toate substanțele posedă conductivitate într-o oarecare măsură, dar suma variază foarte mult, de la extrem de mici (izolatoare, cum ar fi benzenul și sticla) la foarte mari (argint, cupru și metale în general). Un interes sporit în industrie este în măsurarea conductivității lichidelor care, în general, constau din compuși ionici dizolvați în apă. Valoarea conductivității acestor soluții sunt plasate între valorile izolatoarelor și a conductorilor metalici. Conductivitatea poate fi măsurată destul de ușor prin mijloace electronice, care permit un test simplu, valoarea căreia poate spune multe despre calitatea apei [9].

Pentru a începe prelevarea măsurătorilor și achiziționarea de date s-a conectat senzorul multifuncțional de determinare a calității apei la interfața PASPORT, așa cum este ilustrat în fig. 1 și ulterior la calculator și se dă click pe butonul de start pentru a începe procedura de colectare a datelor.

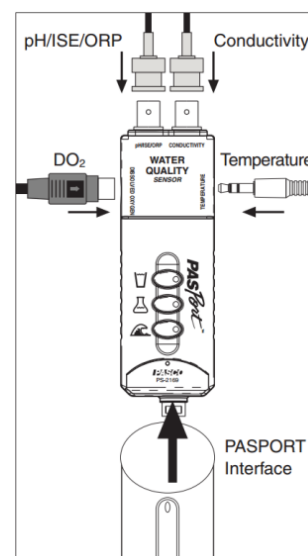


Fig. 1. Senzorul multifuncțional de determinare a calității apei cu modalitatea de conexiune la interfața PASPORT

Componenta senzorului de conductivitate (fig. 2) măsoară conductivitatea electrică a soluțiilor apoase. Ea determină conductivitatea prin aplicarea unei tensiuni alternative la celula electrodului de la capătul sondei și măsoară curentul rezultat [10].

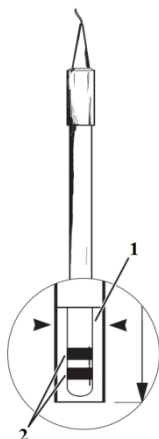


Fig. 2. Electrocul de conductivitate:  
1-tijă de sticlă; 2-conductori de platină platinăți

Înainte de a utiliza electrocul de conductivitate este necesară înmuierea capătului său în apă distilată pentru 5÷10 minute, apoi, electrocul se conectează la senzorul multifuncțional și se începe prelevarea datelor nu înainte de a selecta unul dintre cele trei intervale de măsurare: de la 0  $\mu\text{S/cm}$  până la 1000  $\mu\text{S/cm}$ , de la 0  $\mu\text{S/cm}$  până la 10000  $\mu\text{S/cm}$  sau de la 0  $\mu\text{S/cm}$  până la 100000  $\mu\text{S/cm}$ , în cazul nostru de la 0  $\mu\text{S/cm}$  până la 10000  $\mu\text{S/cm}$ . Capătul electrodului se scufundă în eșantionul analizat și se așteaptă puțin până se stabilizează citirea de date. Operațiunea se repetă pentru fiecare eșantion nu înainte ca electrocul să fie clătit în apă distilată. Instalația pentru determinarea conductivității eșantioanelor analizate este prezentată în fig. 3.

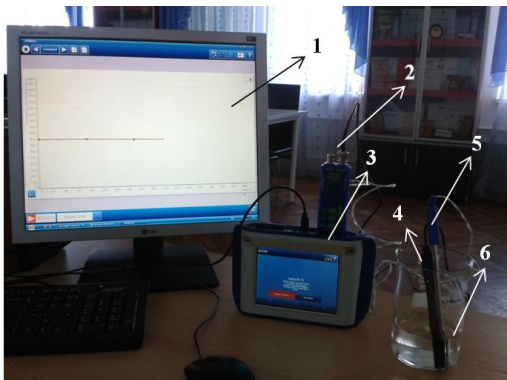


Fig. 3. Instalația de determinare a conductivității apei:  
1 – calculator, 2 – senzor multifuncțional, 3 – sistem de achiziții de date (SPARK SLS), 4 – electrocul de conductivitate, 5 – electrocul de temperatură, 6 – pahar gradat cu eșantionul analizat

În metale odată cu creșterea temperaturii conductivitatea scade. Pentru a observa dependența de temperatură a conductivității în apă am conectat la multi-senzor și o probă din oțel inoxidabil pentru măsurarea temperaturii.

De asemenea, cu ajutorul conductivității se pot estima solidele dizolvate total (TDS) cu următoarea formulă de calcul:

$$TDS \text{ (mg/l)} = \frac{\sigma \text{ (\mu S/cm)}}{2} \quad (1)$$

unde  $\sigma$  – conductivitatea eșantionului analizat.

Determinarea valorii pH a eșantioanelor analizate a fost făcută cu electrocul pH al multisenzorului de determinare a calității apei. pH este prescurtarea de la „pondus hydrogenii” și reprezintă logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor din soluție [11]. Concentrația ionilor de hidrogen al unei ape pure la temperatura camerei este 7, adică neutră. Sub valoarea de 7 apa devine acidă, iar peste valoarea de 7 devine bazică sau alcalină [12].

Electrocul pH se conectează la portul corespunzător și se începe procedura de colectare a datelor de la interfața SPARK SLS (fig. 4).



Fig.4. Instalația de determinare a concentrației ionilor de hidrogen: 1 – senzor multifuncțional, 2 – sistem de achiziții de date (SPARK SLS), 3 – electrocul pH, 4 – proba de analizat

Electrocul pH produce o tensiune proporțională cu pH-ul soluției în care este cufundat. Această tensiune este măsurată de multi-senzor, care și reprezintă pH calculat. Înaintea oricărei măsurători electrocul se clătește cu apă distilată.

Se scoate cu grijă sticluța de depozitare de pe capătul electrodului, astfel încât să nu se verse soluția de stocare. Inelul și capacul

flaconului se împing în sus, spre mânerul electrodului. Capătul electrodului se clătește cu apă distilată. Dacă se observă bule de aer în bulbul electrodului, acesta se agită ușor în jos (similar cu agitarea în jos a unui termometru). Se începe prelevarea datelor. Electrocul se plasează în soluția de măsurat și se așteaptă câteva minute până se stabilizează citirea datelor de la computer.

Determinarea cantității de oxigen dizolvat în apă este predominantă în analiza apelor, deoarece, oxigenul este necesar supraviețuirii și creșterii multor organisme. Pentru această determinare s-a folosit componenta  $DO_2$  a multi-senzorului.

Cantitatea de oxigen dizolvat în apă depinde de temperatura apei, presiunea aerului și de conținutul în substanțe oxidabile și microorganisme. Scăderea cantității de oxigen din apă duce la pierderea caracterului de prospețime, un gust fad, devenind nepotabilă. De asemenea, scăderea oxigenului reduce capacitatea de autopurificare a apelor naturale, favorizând persistența poluării cu toate consecințele nedorite [13].

Electrodul de oxigen dizolvat este dotat cu sondă polarografică constituită dintr-un catod din  $Pt$  și dintr-un anod din  $Ag$  înconjurați de soluție de clorură de potasiu ( $KCl_{(aq)}$ ), iar în vârf are o membrană ce separară mediul respectiv de soluția de analizat (fig. 5).



Fig. 5. Părțile componente ale electrodului de oxigen dizolvat: 1 – anod din  $Ag$ , 2 – soluție de electrolit ( $KCl_{(aq)}$ ), 3 – carcasa sondei, 4 – izolatorul catodului, 5 – catod din  $Pt$ , 6 – membrană

Senzorul se bazează pe măsurarea curentului electric produs în urma reacției chimice care are loc pe sondă. Această reacție implică recuperarea moleculelor de oxigen ( $O_2$ ) și oxidarea atomilor de argint ( $Ag$ ), la anod. Printre electrozi trece o diferență de potențial

de 0,7 V, care și susține decurgerea reacției redox dorită.

Când sonda oxigenului dizolvat este plasată într-un mediu apos, cum ar fi apa, care conține oxigen, molecule de  $O_2$  difuziază printr-o membrană subțire în soluția de electrolit, care înconjoară electrozii sondei.

Această membrană este semipermeabilă și permite trecerea  $O_2$  dizolvat, dar nu permite trecerea majoritatea altor molecule care pot interfera cu cursul normal al reacțiilor chimice de pe electrozi. Aceste reacții produc electroni care cauzează trecerea curentului prin circuitul senzorului. Deoarece rata de difuzie depinde de concentrația oxigenului dizolvat, cantitatea de molecule  $O_2$  va fi direct proporțională cu concentrația oxigenului dizolvat în soluția de testare. Când sonda este plasată într-un mediu apos, care conține oxigen dizolvat, moleculele  $O_2$  difuză prin membrană și reacționează cu moleculele de apă ( $H_2O$ ) în prezența electronilor de la catod, pentru a forma ioni de hidroxid ( $OH$ ). Ionii de hidroxid difuzează la anod și reacționează cu atomii de argint, formând oxidul de argint ( $Ag_2O$ ),  $H_2O$ , și electroni liberi. Prin urmare, numărul de electroni produși în timpul reacției redox va fi aproape direct proporțional cu concentrația de  $O_2$  dizolvat în soluția de testare.

După procedura de calibrare se începe colectarea datelor. S-a scos flaconul de stocare de la sondă și s-a scufundat capătul sondei în soluția eșantionului. S-a agitat ușor sonda pentru prevenirea epuizării oxigenului localizat la capătul sondei și se așteaptă până se stabilizează datele. Înainte de a efectua o altă măsurare la o probă diferită electrodul s-a clătit cu apă distilată.

## REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI INTERPRETĂRI

Indicii de calitate caracteristici pentru apă oferă informația corespunzătoare calității acesteia. În acest scop, rolul principal le revin metodelor experimentale de analiză, cu ajutorul cărora se determină corespunderea acestor caracteristici cu normele stabilite în Documentele Normative. Caracteristicile fizico-chimice investigate au permis determinarea conductivității și dependența

acestea de temperatură, concentrația de oxigen dizolvat și a concentrației ionilor de hidrogen.

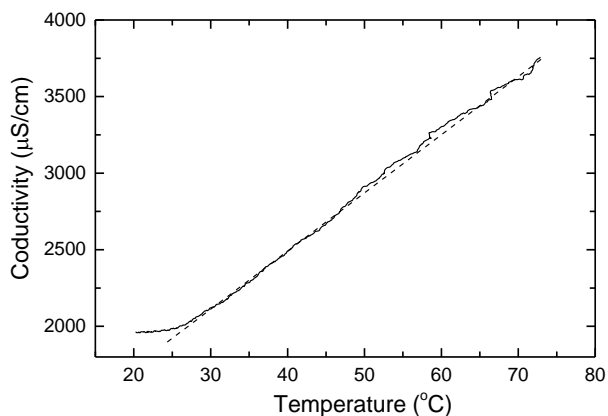
În metale, odată cu creșterea temperaturii conductivitatea scade. Pentru a observa dependența de temperatură a conductivității în apă s-a conectat la multi-senzor și o probă din oțel inoxidabil pentru măsurarea temperaturii.

În experiment, viteza de încălzire a apei cu temperatura a fost de 5,4 °C/min. În fig. 6 este prezentată dinamica conductivității apei plate în intervalul de temperaturi de la 20 până la 73 °C. Din grafic observăm o creștere liniară a conductivității apei cu temperatura, descrisă prin funcția liniară:

$$\sigma = \sigma_0 + mt$$

unde viteza de creștere a conductivității

$$m = 54,7 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1},$$



iar  $\sigma_0 = 1020 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Fig. 6. Dependența conductivității de temperatură

Creșterea conductivității apei este cauzată de mărirea mobilității ionilor cu temperatura, atunci când pH este în continuă descreștere.

Toate datele experimentale obținute în urma testelor efectuate pentru caracteristicile analizate sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Nr. Eșantion	Denumire	pH	DO <sub>2</sub> (mg/l)	Conductivitatea la 25°C (μS/cm)	TDS (ppm)
1	Aqua Uniqa	8,75	13,6	536	268
2	Dorna	8,96	10,0	267	133,5
3	Gura Căinarului	8,49	13,8	2634	1317
4	Morșinskaia	8,48	18,5	179	89,5
5	OM	8,32	14,1	369	184,5
6	Varnița	8,95	18,2	1984	992

## CONCLUZII

În baza experimentului efectuat asupra conductivității s-a constatat că nivelul de impuritate este mai ridicat doar la un singur eșantion, valoarea căruia a depășit norma de 2500 μS/cm, stipulată în Documentele Normative, valorile celorlalte eșantioane fiind sub limita specificată. În urma investigațiilor efectuate s-a observat că la mărirea liniară a temperaturii apei cu 5,4°C/min, conductivitatea electrică crește cu 54,7 μS·cm<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>. În urma determinării solidelor dizolvate total nici o probă nu a depășit limita de 1500 mg/l.

La cercetarea concentrației ionilor de hidrogen am observat că nici un eșantion analizat nu întrece limitele stipulate (6,5÷9,5), acest indice variind de la 8,32÷8,96, deci putem spune că apa este alcalină.

În cazul oxigenului dizolvat, cea mai mare concentrație o are eșantionul nr. 4 (18,5 mg/l) iar cea mai mică de 10,0 mg/l o are eșantionul nr. 2. Astfel, toate probele întrec concentrația maximă admisibilă, mai mult de 4 și mai puțin de 10 mg/l.

## BIBLIOGRAFIE

- Howard, G. Domestic water quantity, service level, and health, 2003. 3 p.
- Sawka, M. N. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Washington, D. C.: The national Academic Press, 2005.
- Committee, Safe Drinking Water. Drinking water and health. s.l.: National Academies Press, 1977. Vol. 1.
- Gleick, P. H. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. 1996, Water international, Vol. 21 (2), pp. 83-92.
- <http://webworld.unesco.org/water/ihp/publications/waterway/webpc/pag19.html>. [Interactiv]
- Hoekstra A. Y., Chapagain K. C. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. 2007, Water resources management, Vol. 21 (1), pp. 35-48.
- Luchian E., Evtodiev I. Indici de calitate și expertiza apei din Republica Moldova. Chișinău: CEP USM, 2010.

8. [www.ziare.com/viata-sanatoasa/alimente/bautura-cea-mai-buna-este-apa-de-izvor-1050860](http://www.ziare.com/viata-sanatoasa/alimente/bautura-cea-mai-buna-este-apa-de-izvor-1050860). [Interactiv]
9. Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific. p-3, PASCO scientific, 1997.
10. [www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2169\\_pasport-water-quality-](http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2169_pasport-water-quality-)
11. [/wiki/PH. http://ro.wikipedia.org](http://ro.wikipedia.org/wiki/PH). [Interactiv]
12. [/www.alcalinia.ro/informatii/ce-este-ph-ul.html](http://www.alcalinia.ro/informatii/ce-este-ph-ul.html). <http://> [Interactiv]
13. [www.watermag.ro/determinarea-oxigenului-dizolvat/p-131](http://www.watermag.ro/determinarea-oxigenului-dizolvat/p-131)[Interactiv]
14. Jackson, Sheila. *Anatomy & Physiology for Nurses. Nurses' Aids Series (9th ed.)*. London: Bailliere Tindall, 1985. ISBN 0-7020-0737-4.
15. Guyton, Arthur C. *Textbook of Medical Physiology*. 5. Philadelphia: W. B. Saunders, 1976. 424 p. ISBN 0-7216-4393-0.
16. Guyton, A. C. *Textbook of Medical Physiology*. 8. Philadelphia : W. B. Saunders, 1991. 274 p. ISBN 0-7216-3994-1.
17. Hsieh Y. H., Rudloe J. Potential of utilizing jellyfish as food in Western countries. 1994, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 5 (7), pp. 225-229.

Prezentat la redacție la 12.09.2015