

# EFECTELE ANOMALICE ALE APEI

Vladislav COLESNIC

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat:** În lucrarea dată vor fi abordate anomaliile apei, proprietățile fizico-chimie și efectele apei în diverse condiții climaterice. Un aspect important al lucrării îl va constitui suprarăcirea apei, efectul opus suprarăcirii, stările de agregare. Vor fi explicați factorii ce influențează asupra stării apei și anume: densitatea, căldura specifică, conductivitatea termică etc.

**Cuvinte cheie:** apa, fenomen, anomalie, suprarăcire, stare.

## Introducere

### Formularea problemei

Apa a jucat mereu un rol important pentru mediul înconjurător. În jurul a doi atomi de hidrogen și a unuia de oxigen s-a format viața, din care în cele din urmă s-a format baza societății care o cunoaștem în prezent. Însă un aspect curios și important îl prezintă caracteristicile apei, comportamentul acesteia, fiind supusă diverselor încercări, factorii perturbatori fiind presiunea și temperatura.

Legile naturii sugerează o formulă prin care se exprimă un raport concret și stabil. și repetabil, efectele apei obținute în urma încercărilor cu abateri de la aceste legi pot fi numite – anomalice. Acest efect se explică prin faptul că în condiții naturale și de laborator comportamentul diferă de cel al altor substanțe.

## 1. Suprarăcirea

Să examinăm cazul când se obține efectul anomalic și care sunt factorii perturbatori.

Efectul anomalic de bază al apei, îl constituie suprarăcirea, acest efect se datorează nucleației, care se ivește a fi primul pas în formarea, fie a unei noi faze termodinamice, fie a unei noi structuri prin auto-asamblare sau autoorganizare. Nucleația este de obicei definită ca un proces care determină timpul în care trebuie să aștepte un observator, înainte ca o nouă fază sau o nouă structură autoorganizată să apară.

De aici apare efectul de suprarăcire a apei, când lichidul este răcit dincolo de temperatura sa de îngheț, atunci când persistă unele perturbații, cum ar fi schimbarea brusca a presiunii. În condiții normale, substanța ar îngheța sub forma unor cristale în jurul nucleului, proces cunoscut ca nucleație eterogenă. În fig. 1 putem observa cazurile când structura cristalină a unei substanțe se modifică pas cu pas în mod obișnuit și când se modifică forțat, prin două metode și anume metoda nucleației clasice (a-b-d-e) și metoda în doi pași (a-c-d-e). Factorii perturbatori îi vor juca temperatura și îndeosebi presiunea.

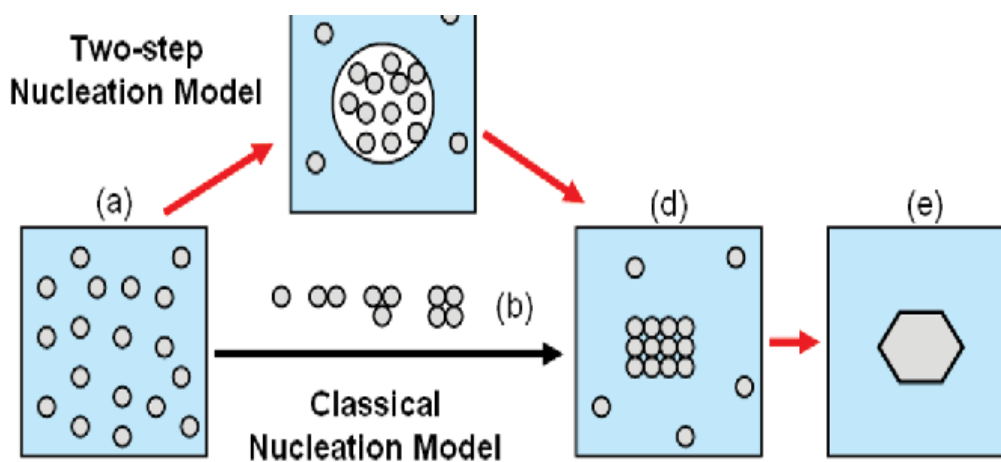


Fig. 1. Procesul de nucleație [7]

Când nu există un nucleu sau o altă formă de cristal, substanța poate rămâne în stare lichidă până la punctul de nucleație eterogenă, care apare la o temperatură mult mai mică. Apa pură îngheață în mod normal la 273.15 K (0 °C/ 32 °F), dar poate fi de asemenea „suprarăcită” până la -43.6 °F (-42 °C). Temperatura sa de tranziție este mult mai mică și mai greu de determinat, dar studiile arată că se situează în jurul valorii de 165 K (-108 °C/-162.4 °F).

Însă pe lângă suprarăcire, apa are capacitatea de a fi supusă efectului opus suprarăcirii (exemplu ar fi topirea unui solid deasupra punctului său de îngheț) este unul mult mai dificil, iar solidul se va topi de cele mai multe ori la aceeași temperatură pentru o presiune stabilită. Din acest motiv, punctul de topire este determinat cu ajutorul unor aparate speciale. Este totuși posibil, ca la o presiune stabilită, un lichid să se supra-încălzească, fără a deveni gazos.

## 2. Criteriile care contribuie la efectele anormale

**Căldura latentă** - este o expresie care se referă la cantitatea de energie eliberată sau absorbită de către o substanță chimică în timpul unei transformări de fază fără schimbare de temperatură, cum ar fi topirea zăpezii sau fierberea apei (fig.2)

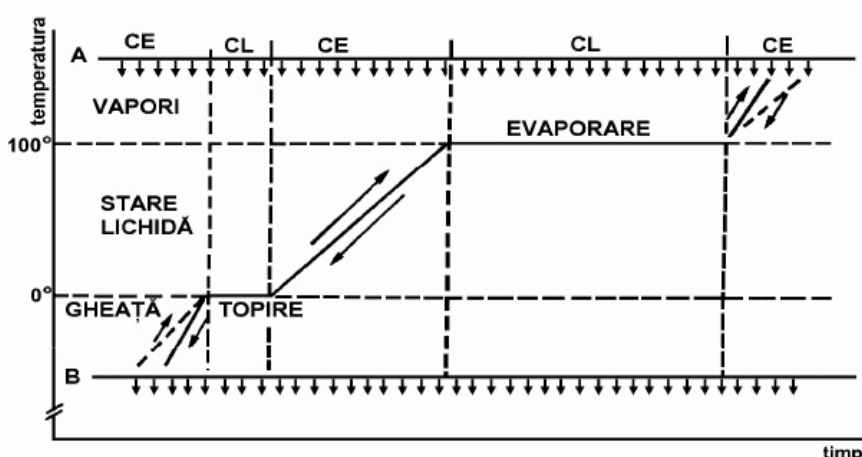


Fig. 2. Variația temperaturii apei la trecerea de la o stare de agregare la alta [1]

**Densitatea** - apa spre deosebire de alte lichide, prin solidificare, își mărește volumul, determinând micșorarea densității. Densitatea variază neliniar cu temperatura.

Anomalia dilatării apei constă în faptul că în domeniul 0°C și 4°C volumul se mărește prin răcire, deci densitatea scade. Astfel, la 0°C densitatea are valoarea de 999,87 kg/m<sup>3</sup>, iar la 4°C are valoarea maximă de 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>. După cum s-a arătat mai sus, această creștere a densității se datorează pătrunderii monomerilor liberi în spațiile intermoleculare ale rețelei hexagonale. Comportamentul apei în funcție de temperatură explică existența vieții acvatice în anotimpul rece, straturile de apă de sub crusta de gheață formată la suprafață au temperaturi mai ridicate decât cea de îngheț.

**Căldura specifică** - reprezintă cantitatea de căldură necesară unității de masă pentru a-și ridica temperatura cu un grad. Căldura specifică a apei are valoarea de 4180 J/kg·K și este mai mare decât a altor lichide și a majorității solidelor. Ea variază cu temperatura, având un minim la 35°C.

Valoarea mare a căldurii specifice permite apei să anihileze variațiile mari de temperatură. Astfel, cantitatea mare de apă din țesuturi va împiedica supraîncălzirea sau răcirea acestora înainte ca sistemele de termoreglaj să intre în funcțiune.

**Căldura latentă de vaporizare** - reprezintă cantitatea de căldură necesară unității de masă ca să treacă din stare lichidă în stare de vapori. Pentru apă această constantă este de  $2,3 \cdot 10^6$  J/kg, valoare foarte mare în raport cu alte lichide. Aceasta permite ca la temperaturi ridicate, surplusul de căldură din organismele vii să fie eliminat prin evaporare pulmonară ( $0,73 \cdot 10^6$  J/zi) sau prin evaporare cutanată ( $1,73 \cdot 10^6$  J/zi).

**Conductivitatea termică** - este fluxul termic ce se propagă prin unitatea de suprafață între două puncte aflate la distanța de 1 cm și când între ele există o diferență de temperatură de un grad.

La 20°C conductivitatea termică a apei are valoarea de 0,59 J/s×cm×K, mai mare decât a majorității lichidelor. Această valoare ridicată permite menținerea constantă a temperaturii corpului (homeostazia termică), atunci când căldura nu poate fi evacuată prin circulația fluidelor biologice.

**Temperaturi nete la transformări de fază:** topire la 0°C și fierbere la 100°C, valori ridicate comparativ cu cele ale compușilor similari cu doi atomi de hidrogen, de exemplu H<sub>2</sub>S.

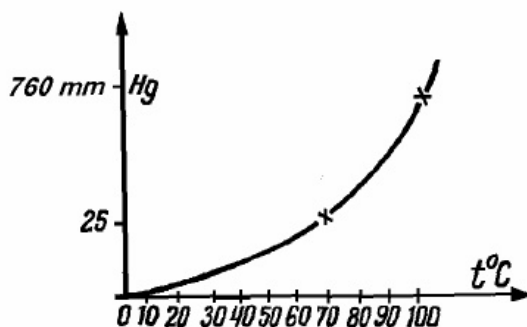
**Coeficientul de tensiune superficială** are valoarea de 0,0725 N/m la interfață apă-aer. Această valoare mare este o consecință a existenței punților de hidrogen. Moleculele de la interfață apă-substanță nepolară nu pot realiza numărul complet de legături de hidrogen, astfel încât energia lor potențială va fi mai mare decât a moleculelor din straturile interne.

**Coeficientul de vâscozitate dinamică** are valoarea de 1,0050 · 10<sup>-3</sup> N×s/m<sup>2</sup> la 20°C. Variaza anormal cu presiunea, întâi scade și apoi crește liniar cu creșterea presiunii.

**Constanta dielectrică relativă** este aproximativ 80, valoare mare care arată capacitatea apei de a ioniza substanțele ce sunt dizolvate în ea.

**Proprietăți optice.** Apa este transparentă, lăsând să treacă lumina vizibilă, ceea ce permite dezvoltarea vieții în mediul apos. Apa absoarbe total radiațiile infraroșii și parțial pe cele ultraviolete.

**Viteza de evaporare** a apei depinde de temperatura suprafeței, de viteza vântului, de gradul de saturare atmosferei, toate acestea favorizându-o și de presiunea atmosferică care o împiedică. Sub formă de vapori nu și păstrează forma și volumul, vaporii rezultați dintr-un cm<sup>3</sup> de apă putând ocupa, la aceeași presiune de 760 mm Hg, un volum de 1653 cm<sup>3</sup>. Presiunea vaporilor de apă dintr-un spațiu dat crește odată cu temperatura (fig. 3) [1]



**Fig. 3.** Variația presiunii vaporilor de apă în funcție de temperatură [1]

Din graficul de sinteză al trecerii apei prin cele trei stări de agregare, vom constata că cele trei domenii au un punct de interferență numit punct ternar sau triplu, unde se întretaie curbele (fig.4). Acest punct, dovedește că la presiunea de 4,58 mm Hg și la temperatura de 0,0075 C apa poate exista concomitent în toate cele trei stări de agregare. Pornind de la acest punct, graficul este disecat de trei curbe care delimitează stările - lichidă, solidă și gazoasă, în funcție de temperatură și de presiune. Astfel, curba OA, numită și curbă de sublimare, separă starea de vapori de cea solidă, OC sau curba de evaporare, pe cea lichidă de starea de vapori și OB sau curba de topire, pe cea solidă de cea lichidă. (fig. 3) [1]

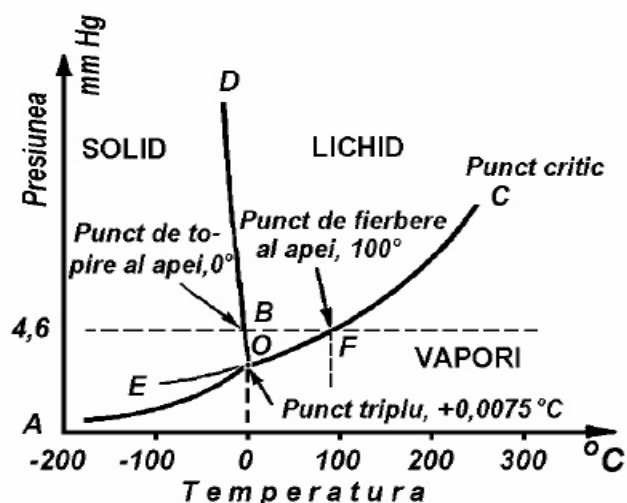


Fig. 4. Graficul trecerii apei prin trei stări de agregare [1]

### 3. Structura apei și stările de agregare

- *Starea solidă* - datorită polarizării, moleculele de apă au tendința de a se ordona în spațiu astfel încât atomul de oxigen al unei molecule să fie îndreptat spre atomii de hidrogen din moleculele vecine, cu care formează legături de hidrogen. Fiecare moleculă de apă are tendința de a avea în jurul ei 4 molecule vecine apropiate. Această structură a moleculelor de apă poate fi reprezentată din nou, conform structurii cristalografice, cu ajutorul tetraedrului. De data aceasta, în centrul tetraedrului se consideră molecula de apă, iar în cele patru vârfuri câte o moleculă vecină, fiecare fiind legată de molecula din centru printr-o legătură de hidrogen. Tot cu ajutorul radiațiilor "X" s-a determinat lungimea unei legături de hidrogen, de 1,77 Å. În ansamblu, prin legăturile hidrogen, moleculele de apă se asociază și formează rețele cu atât mai ordonate cu cât temperatura este mai scăzută și deci agitația termică mai redusă. În gheață, foarte puternic răcită, toți atomii de hidrogen formează legături de hidrogen. În acest fel se generează structuri hexagonale, datorită acestei structuri cristaline sub formă de rețea deschisă cu ochiuri mari, gheața are densitatea mai mică decât a apei. [4]
- *Starea lichidă* - apa lichidă este formată dintr-un amestec de molecule libere (monomeri sau monohidroli), dimeri (dihidroli), tetrameri și octometri, proporția lor fiind în funcție de temperatură. Cu cât temperatura este mai ridicată cu atât predomină formele monomere și dimere. [4]
- *Starea gazoasă* - se caracterizează prin faptul că se rup toate legăturile de hidrogen, moleculele devin libere și izolate. Uneori în starea gazoasă mai persistă unii dimeri. Deci, din punct de vedere structural, apa este structurată în masă când se găsește în stare solidă, are regiuni structurate în stare lichidă și este nestructurată în stare de vapori. [4]

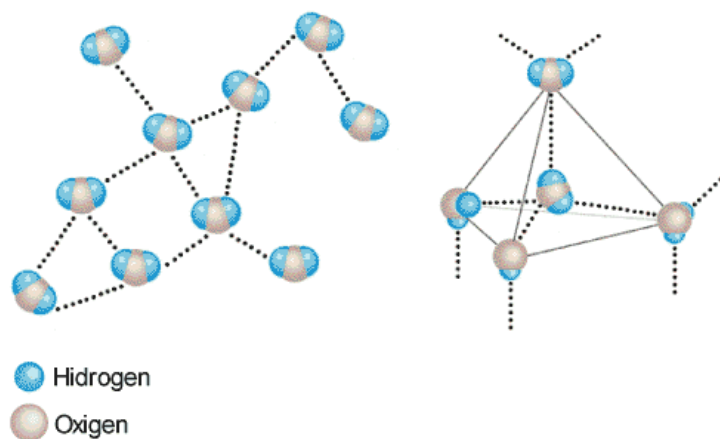


Fig. 5. Structura moleculară a apei [6]

## Concluzii

În lucrare a fost abordat și explicat procesul de nucleație al apei , efectul de suprarăcire, caracteristicile fizice și chimice ale apei, precum și stările de agregare ale acesteia. Necesitatea studierii efectului de suprarăcire a apei se explică prin avansarea progresivă în domeniul hidromecanicii și anume a utilizării acesteia ca agent în diverse sisteme.

În fine putem spune că apa fiind un produs atât de simplu din punct de vedere chimic, a provocat mereu atenție sporită asupra sa atât în aspect social, dăruind viață, cât și științific, permițându-ne să facem un pas nou către cunoaștere.

## Bibliografie

1. Zavoianu I., Hidrologie. Bucuresti, Editura Fundatiei Romania de Maine, 2006. – 256 p. ISBN (10) 973-725-716-2 ;
2. Sfetcu N., Caldura Termodinamica Fenomenologica , 2018, ISBN: 9780463885277
3. <https://ru.scribd.com/doc/240795290/Anomaliile-Apei>
4. <https://ru.scribd.com/document/199569674/Structura-Apei-in-Cele-Trei-Stari-de-Agregare>
5. <http://www.rasfoiesc.com/educatie/fizica/APA-Structura-si-proprietatile22.php>
6. <http://www.scribub.com/stiinta/fizica/Apa-si-proprietatile-sale18412162322.php>
7. <http://myersongroup.mit.edu/research/>