

UOT 532.1

SUYUN ƏSAS FİZİKİ VƏ KİMYƏVİ XASSƏLƏRİ VƏ METROLOJİ TƏMİNATI

Həsənov Y.N., Şıxaliyeva H.P.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

Az1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18

E-mail: yusif.hasanov@asco.az., hokumakhanim.shikhaliyeva@asco.az

Xülasə. Məqalə suyun (H_2O) əsas fiziki və kimyəvi xassələrini, təbiətdəki yayılmasını və molekulyar formalarını (hidrol, dihidrol, trihidrol) təhlil edir. Əsas diqqət suyun iki anomal xüsusiyyətinə yönəlib: donduqda genişlənmə (həcm 10% artması) və maksimal sıxlığa $+4^{\circ}C$ -də çatması. Bu anomallıqlar su hövzələrindəki canlı orqanizmlərin sağ qalması üçün həlledicidir. Məqalədə suyun digər mühüm fiziki xassələri, o cümlədən sıxlıq ($4^{\circ}C$ -də 1000 kq/m^3), yüksək istilik tutumu, buxarlanma və ərimənin gizli istiliyi, həmçinin axın prosesləri üçün vacib olan özlülük (μ və ν) və kapilyarlıq xassələri ətraflı izah olunur. Sonda su nümunələrinin keyfiyyət analizi və Azərbaycan Metrologiya İnstitutunda istifadə olunan Dövlət Sıxlıq Etalonları (DMA 5000 M, DMA 4500 M) barədə məlumat verilir. Mətn suyun hidrologiya və ekologiya üçün müstəsna əhəmiyyətini elmi dəlillərlə əsaslandırır.

Abstract. This article analyzes the fundamental physical and chemical properties of water (H_2O), its distribution in nature, and its molecular forms (hydrol, dihydrol, trihydrol). The main focus is on water's two anomalous properties: expansion upon freezing (a 10% increase in volume) and reaching its maximum density at $+4^{\circ}C$. These anomalies are crucial for the survival of living organisms in water bodies. The article also provides a detailed explanation of other important physical properties of water, including density (1000 kg/m^3 at $4^{\circ}C$), high heat capacity, the latent

heat of vaporization and melting, as well as viscosity (μ and ν) and capillarity, which are essential for flow processes. Finally, information is provided on the quality analysis of water samples and the State Density Standards (DMA 5000 M, DMA 4500 M) used at the Azerbaijan Metrology Institute. The text scientifically substantiates water's exceptional importance for hydrology and ecology.

Аннотация. Данная статья анализирует основные физические и химические свойства воды (H_2O), её распространение в природе и молекулярные формы (гидроль, дигидроль, тригидроль). Основное внимание уделяется двум аномальным свойствам воды: расширению при замерзании (увеличение объема на 10%) и достижению максимальной плотности при $+4^\circ C$. Эти аномалии являются решающими для выживания живых организмов в водоемах. В статье также подробно объясняются другие важные физические свойства воды, включая плотность (1000 кг/м^3 при $4^\circ C$), высокая теплоемкость, скрытая теплота парообразования и плавления, а также вязкость (μ и ν) и капиллярность, которые важны для процессов течения. В заключение представлена информация об анализе качества проб воды и Государственных эталонах плотности (DMA 5000 M, DMA 4500 M), используемых в Азербайджанском институте метрологии. Текст научно обосновывает исключительную значимость воды для гидрологии и экологии.

Açar sözlər: sıxlıq; H_2O ; özlülük; gizli istilik; kapilyarlıq; hidrol; trihidrol; istilik tutumu; sıxlıq etalonu; su nümunəsinin analizi

Key words: density; H_2O ; viscosity; latent heat; capillarity; hydrol; trihydrol; heat capacity; density standard; water sample analysis

Ключевые слова: плотность; H_2O ; вязкость; скрытая теплота; капиллярность; гидроль; тригидроль; теплоемкость; эталон плотности; анализ проб воды

Giriş. Suyun əsas fiziki və kimyəvi xassələri. Təbiətdə tam təmiz su yoxdur. Hətta yağış suyunun tərkibində müəyyən qədər qarışıqlar vardır. Təmiz kimyəvi su oksigenlə hidrogenin birləşməsidir. Onun kimyəvi tərkibi H_2O -dur və hidrol adlanır. Məhşur fransız kimyaçısı A.A.Lavuaşy (XVIII əsr) ilk dəfə müəyyən etmişdir ki, suyun 85%-ni oksigen, 15%-ni isə hidrogen təşkil edir. İki su molekulunun birləşməsi (H_2O)₂- dihidrol, üç molekulun birləşməsi isə (H_2O)₃-trihidrol adlanır. Buzda trihidrol molekulı daha çoxdur. Su təbiətdə üç aqreqat halda ola bilər: maye, qaz və bərk halda. Təbiətdə su maye halında daha çox yayılmaqla əsasən okeanlarda, dənizlərdə, çaylarda, göllərdə, bataqlıqlarda və yer altında olur. Su qaz halında atmosferdə, bərk halda isə (buz və qar şəklində) qütb dənizlərinin buzlarında, materik və dağ buzlaqlarında, qar örtüyündə olur. Su başqa mayelərdən fərqli olaraq, anomal (qeyri-adi) xassələrə malikdir. Bu onun molekulalarının quruluş xüsusiyyətlərindən irəli gəlir [1].

XVII əsrdə Q.Qaliley belə bir mülahizə irəli sürmüşdür ki, su donduqda sıxılır. Bu mülahizəni R.Boyl təcrübə yolu ilə təsdiq etmişdir. Beləliklə, başqa maddələrdən fərqli olaraq su donduqda sıxılır, əksinə genişlənir. Bu zaman onun həcmi 10%-ə qədər artır. Suyun ikinci anomallığı ondan ibarətdir ki, o, maksimal sıxlığa temperatur $4^\circ C$ dərəcədə malik olur. Suyun sıxlığı temperatur 0° -dən $4^\circ C$ -yə qalxdıqda əvvəlcə artır, sonra isə temperatur artdıqca sıxlıq azalmağa başlayır. Bu hadisəni ilk dəfə J.Delyuk XVIII əsrdə müəyyən etmişdir. Təbiətdə suyun bu anomal xassələrinin böyük əhəmiyyəti vardır. Əgər adi maddələr kimi temperatur azaldıqca suyun sıxlığı artsaydı, onda buz çayın və ya gölün dibinə enər, bu su obyektləri tamamilə donardı. Bu isə çaylarda və sututarlarda olan canlı orqanizmlərin məhv olması ilə nəticələnərdi.

Məsələnin qoyuluşu. Sıxlıq. Suyun və ya buz kütləsinin (kq) öz həcmələrinə (V) olan nisbətində sıxlıq (ρ) deyilir. Suyun sıxlığı $4^\circ C$ -də maksimum olur – 1000 kq/m^3 . Qarın sıxlığı eyni həcmdə götürülmüş qarın çəkisinin suyun çəkisinə olan nisbətində deyilir.

$$\rho_q = \frac{W_q}{V_q} \quad (1)$$

Təzə yağmış qarın sıxlığı 100 kq/m^3 olur. Qar qaldıqca onun sıxlığı artır və $150\text{-}200 \text{ kq/m}^3$ -a çatır. Qarda olan su layını təyin etmək üçün onun sıxlığını (ρ_q) qarın qalınlığına (h_q) vurmaq lazımdır.

$$h_s = \rho_q \cdot h_q \quad (2)$$

Qar örtüyünün su saxlamaq qabiliyyəti, məsaməliliyi və istilikkeçirmə qabiliyyəti onun sıxlığı ilə əlaqədardır. Suyun, qarın və buzun fiziki xassələrindən biri də suyun buxarlanması, qar və buzun əriməsinin gizli istiliyidir. Suyun buxarlanması nın gizli istiliyi bir qram suyun normal atmosfer təzyiqində temperaturunu dəyişmədən buxar halına keçməsi üçün lazım olan istiliyin miqdarıdır. 0°C -də suyun buxarlanmasının gizli istiliyi 597.2 kal/q , 100°C -də 538.9 kal/q -dır. Buzun və qarın əriməsinin gizli istiliyi, yəni bir qram buz və qarın maye hala keçdikdə udduğu istiliyin miqdarı müxtəlif temperaturlar üçün hesablanmışdır. Məsələn, 0°C -də təmiz buzun əriməsinin gizli istiliyi 79.4 kal/q bərabərdir. Suyu bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarına suyun istilik tutumu və ya xüsusi istilik tutumu deyilir. 0°C -də suyun istilik tutumu 0.487 kal/q dərəcədir. Suyun istilik tutumu temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Temperatur 1°C dəyişdikdə bir sm qalınlığında su layının 1 sm^2 sahəsindən 1 saniyədə keçən istilik axınına istilik keçirmə əmsalı deyilir:

$$Q = \lambda \, dy \, dt \quad (3)$$

burada, Q - 1 sm^2 sahədən 1 saniyədə keçən istilik axını (kal); $dy \, dt$ - şaquli temperatur qradienti; λ -istilik keçirmə əmsalıdır (0°C -də $\lambda = 0.001358 \text{ kal / (sm}^2 \cdot \text{san} \cdot \text{dərəcə})$). Qarın istilik keçirmə əmsalı onun sıxlığından asılıdır:

$$\lambda_q = 0.0067 \, \rho_q^2 \quad (4)$$

Burada ρ_q - qarın sıxlığıdır.

Özlülük. Suyun hissəciklərinin nisbi hərəkətinə (sürüşməsinə) müqavimət göstərmə xassəsinə suyun özlülüyü deyilir. Suyun özlülük xassəsi ancaq hərəkət zamanı meydana çıxır. Tutaq ki, çay axınının bir hissəsini ayrı-ayrı qatlara ayırmışıq. İndi ixtiyari qatın nisbi hərəkətinə baxaq. Tutaq ki, birinci qatın sürəti U_1 , ikinci qatın sürəti isə U_2 -dir və qatların çayı n dibindən olan məsafəsi Y_1 və Y_2 -dir. Onda iki qatın sürətlər fərqi $dU = U_1 - U_2$, aralarındakı məsafə isə $dY = Y_1 - Y_2$ olacaqdır və onların nisbəti dU/dY sürət qradienti, yəni sürətin Y oxu boyu dəyişməsidir. İlk dəfə İsaak Nyuton göstərmişdir ki, sürtünmə qüvvəsindən yaranan toxunma gərginliyi sürət qradienti ilə düz mütənasibdir:

$$T = \pm \mu \, dU/dY \quad (5)$$

Burada T -toxunma gərginliyi və ya sürtünmə gərginliyi, kq/m^2 ; μ -mütənasiblik əmsalıdır və onu dinamiki özlülük əmsalı adlandırırlar. Toxunma gərginliyi T həmişə müsbət ədəd olmalıdır, mənfi və ya müsbət işarəsi isə dU -dən asılı olaraq götürülməlidir. Dinamiki özlülük əmsalının μ ölçü dY vahidi $N \cdot \text{san}$ və ya $\text{kq} \cdot \text{san}$ -dır. Dinamiki özlülük əmsalı puazla da göstərilir [2].

Dinamiki özlülük əmsalı suyun temperaturundan asılıdır və temperatur artdıqca azalır. Əksər hallarda aşağıdakı nisbətdən istifadə edilir:

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad \text{və ya} \quad \nu = \mu \rho^2 \quad (6)$$

Burada ρ -suyun sıxlığı, μ -dinamiki özlülük əmsalı, ν -kinematik özlülük əmsalıdır, sm^2 . Kinematik özlülük əmsalı həm də stoksla (st) ifadə olunur: $\text{san } 1\text{st} = 1 \text{ sm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{san}$ Sürət epyurası Kinematik özlülük əmsalı da suyun temperaturundan asılı olaraq dəyişir: temperatur azaldıqca kinematik özlülük əmsalı artır.

Alınmış nəticənin analizi. Suyun sərbəst səthində, 0.0080 yəni suyun hava ilə sərhəddində molekulların cazibə qüvvəsi təsirindən səthi gərilmə baş verir. Səthi gərilmə suyun fiziki xassəsi olub, onun temperaturundan asılı olan səthi gərilmə əmsalı σ ilə səciyyələndirilir. Bu əmsal temperatur artdıqca azalır. Suyun səthi gərilməsi çox böyük olur. Məsələn, 20°C -də $\sigma = 0.0726 \text{ n/m} = 0.0074 \text{ kq/m}$. Suyun kiçik diametrli borularda və qruntda səthi gərilmə qüvvəsinin təsiri

altında qalxması və enməsi kapilyarlıq adlanır. Qruntlarda suyun süzülmə 3 prosesini öyrəndikdə, kapilyar qalxma hündürlüyü müəyyən edilir. Kapilyar qalxmanın hündürlüyü aşağıdakı ifadəyə görə təyin edilir:

$$h = r \cdot 2 \cdot k \cdot \gamma \quad (7)$$

Burada r -kapilyar borunun radiusu; γ -suyun xüsusi çəkisi; k -kapilyarlıq sabitidir. Suyun qardan torpağa keçmə prosesinə suvermə deyilir. Qarın suvermə qabiliyyəti bu prosesin şiddətliyi ilə səciyyələnir. Vahid zamanda qarın verdiyi suyun miqdarına suvermə şiddətliyi deyilir (mm/dəq). Götürülmüş su nümunələri bir sıra fiziki-kimyəvi xassələri çöl şəraitində müəyyən edilmir. Əsaslı kimyəvi analiz üçün isə nümunə laboratoriyaya göndərilir. Çöl şəraitində su nümunəsinin tez dəyişə bilən fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilir. Bunlara aşağıdakılar daxildir: suyun temperaturu, suyun rəngi, şəffaflığı, dadı və iyi, hidrogen ionlarının (pH) miqdarı; suda olan karbon (CO_2) qazı; həll olmuş oksigenin (O_2) miqdarı və s. Əsaslı kimyəvi analiz üçün 2.5 l həcmində nümunə götürülür. Nümunəni bakterioloji prosesin təsirindən qorumaq üçün, butulkaların hər birinə 2 ml xlorofil və 0.5 l butulkaya isə 1 ml 25%- li sulfat turşusu məhlulu əlavə edilir. Butulkalar propka ilə bağlanır və nümunə götürülən yerin təsviri, suyun çöl şəraitində təyin edilmiş fiziki-kimyəvi xassələri xüsusi kağızda qeyd edilərək butulkanın ağız hissəsinə bağlanır. Su mənbələrindəki suların tərkibindəki maddələrin miqdarı və keyfiyyətinin öyrənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu öyrənilən məlumatlar əsasında su mənbələrindəki sudan müxtəlif məqsədlər üçün istifadə etməyin mümkün olub-olmaması müəyyən olunur və keyfiyyətsiz suları yararlı hala salmaq üçün tədbirlər hazırlanır. Çay sularının tərkibinin dəyişməsi çay hövzəsinin illik şəraiti, birki örtüyü, çayın qidalanması xüsusiyyəti, torpaq və qruntun litoloji tərkibi, sənaye obyektlərinin və yaşayış məntəqələrindən daxil olan tullantı suları da xeyli təsir göstərir [3].

Nəticə. Yuxarıda qeyd edilən parametrləri təyini. Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Antihisar və İstehlak Bazarına Nəzarət Dövlət Agentliyinin Metrologiya institunda suyun sıxlığının ölçülməsi Dövlət Etalonları vasitəsi ilə həyata keçirilir. Onların Metrologiya xarakteristikaları aşağıdakı kimidir.

1. Birinci etalonun adı:

- Dövlət ilkin sıxlıq kəmiyyət vahidi etalonu - DMA 5000 M, S/N 83360534 (şəkl.1)

Etalonun təsviri:

- Dövlət ilkin sıxlıq kəmiyyət vahidi etalonu “DMA – 5000 M” tipli sıxlıqölçən sıxlığın, xüsusi çəkinin və konsentrasiyanın ölçü aləti olan, yüksək ölçmə dəqiqliyinə malik rəqəmsal, avtomatlaşdırılmış cihazdır. Konstruktiv olaraq sıxlıqölçən vahid blok şəklində hazırlanıb.

Metrologiya Xidmət klassifikasiya kodu:

- M (CIPM təsnifatına uyğun olaraq ölçmə və kalibrəlmə imkanları kodları)

Kəmiyyət vahidinin nominal qiyməti və ya ölçmə diapazonu: - $(0 \div 3) \text{ q/sm}^3$.

Qeyri-müəyyənlik, $k=2$: - $0,000032 \text{ q/sm}^3$.

Saxlanılma yeri: “Azərbaycan Metrologiya İnstitutu” publik hüquqi şəxsin Sıxlıq və özlülük dövlət etalonları laboratoriyası.

“DMA – 5000 M” tipli sıxlıqölçən Etalonun tətbiq sahəsi:

- Sıxlıq kəmiyyət vahidinin reallaşdırılması, saxlanılması və ötürülməsinin ən yüksək dəqiqliklə təmin edilməsi.

Kalibrəlmə intervalı: - 1 il

Beynəlxalq tutuşdurmalar: - 555/AZ-a/12 (COOMET.M.D-S1)



Şəkil 1

Etalonun kalibrəlmə imkanı: - (0,650-1,840) g/cm³ diapazonda

2. İkinci etalonun adı:

- Dövlət sıxlıq kəmiyyət vahidi etalonu - DMA 4500 M, S/N 83345036 (şək.2)

Ölçmə növü:

- mayelərin sıxlığının ölçülməsi

- təsdiq edilməsi haqqında sənəd və tarixi:

- standart nümunələrin və ölçmə vasitələrinin dövlət reyestr nömrəsi: - 4461-2021

Kəmiyyət vahidinin nominal qiyməti və ya ölçmə diapazonu: - (0 ÷ 3) q/sm³

Qeyri-müəyyənlik, k=2: - 0,000066 q/sm³

Etalonun tətbiq sahəsi: sıxlıq kəmiyyət vahidinin kəmiyyət vahidi etalonlarına və ölçmə vasitələrinə ötürülməsinin təmin edilməsi.

Etalonun təsviri:

- Dövlət sıxlıq kəmiyyət vahidi etalonu DMA - 4500 M tipli sıxlıqölçən sıxlığın, xüsusi çəkinin və konsentrasianın ölçü aləti olan, yüksək ölçmə dəqiqliyinə malik rəqəmsal, avtomatlaşdırılmış cihazdır. Konstruktiv olaraq sıxlıqölçən vahid blok şəklində hazırlanıb.

Kalibrəlmə intervalı: - 1 il

Beynəlxalq tutuşdurmalar: Etalonun kalibrəlmə imkanı:

- (0,650-1,840) q/sm³ diapazonda.

Sadalanan parametrin Azərbaycan Respublikası "Ölçmələrin vahidliyi haqqında" Qanunun tələblərinə uyğunlaşdırılması respublika ərazisində insanların sağlamlığı və ətraf mühitin təhlükəsizliyinə yönəlmiş addımdır və bu fəaliyyət daim diqqət mərkəzindədir.



Şəkil 2

Ədəbiyyat

1. Алимов А.К., Мамедова Э.А. Водно солевой режим покровной толщи Северной Мугани и гидрогеологические прогнозы. - Баку: «ЭЛМ», 1995.
2. Y.N.Həsənov, A.M.Həşimov. Metrologiya: ölçmə nəticələrinin işləməsinin qeyri-müəyyənliyə və normativ təminat (dərs vəsaiti) AMEA, Bakı Elmi əsərlər 2023, 309 səh.
3. Y.N.Həsənov, A.M.Həşimov, O.A.Abbasov. Qanunverici metrologiyanın əsasları. Bakı, "Elm nəşriyyatı"-2011, 394 səh.
4. ISO 15212-1, Oscillation-type density meters. Part 1: Laboratory instruments
5. ISO 15212-2, Oscillation-type density meters - Part 2: Process instruments for homogeneous liquids
6. ISO 12185, Crude petroleum and petroleum products - Determination of density - Oscillating U-tube method
7. ISO/IEC 98-3:2008 - Uncertainty of measurement - Part 3 Guide to the expression of Uncertainty in Measurements (GUM 1995)
8. Instruction Manual and Safety Information for DMA 5000 M
9. Instruction Manual and Safety Information for DMA 4500 M
10. 03-AzMI09-L-064
11. EA-4/02 M:2022 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration
12. 03-AzMI09-L-064
13. 03-AzMI09-L-010

Məqalə qəbul olunub: 14.10.25
Təvsiyə edib: dos. Ağarzayev B.K.