

SUYUN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN  
TEMPERATUR VƏ TƏZYİQDƏN ASILILIĞI

E.Ə.MƏSİMOV, B.G.PAŞAYEV, H.Ş.HƏSƏNOV, Ç.İ.İBRAHİMOV

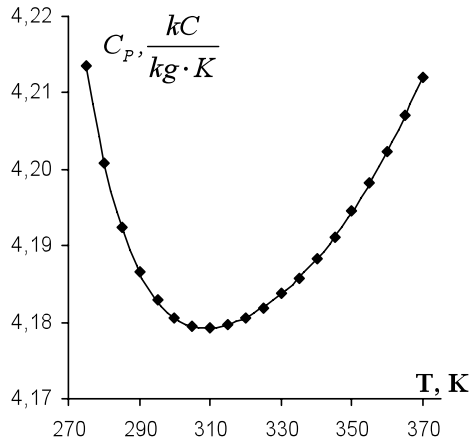
*Bakı Dövlət Universiteti**bakhtiyarpashayev@yahoo.com*

*Bu işdə suyun sabit təzyiq ( $C_p$ ) və sabit həcmdə ( $C_v$ ) xüsusi istilik tutumlarının,  $C_p-C_v$  fərqlinin 270-370 K temperatur, 0.1-1000 MPa təzyiq intervallında müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqları araşdırılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, təzyiqin artması ilə  $C_p(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $T_{C_p}^{min}$  nöqtəsi nisbətən kiçik temperatur,  $C_v(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $T_{C_v}^{max}$  nöqtəsi isə böyük temperatur oblastına tərəf sürüşür, həmçinin  $T_{C_p}^{min}$  nöqtəsinə uyğun gələn  $C_p^{min}$  və  $T_{C_v}^{max}$  nöqtəsinə uyğun gələn  $C_v^{max}$  təzyiqin artması ilə azalır.  $C_p-C_v$  fərqlini xarakterizə edən izobarların temperaturdan asılılıqları  $T_k^{C_p-C_v} \approx 345 K$  ( $\approx 72^\circ C$ ) nöqtəsində kəsişirlər.*

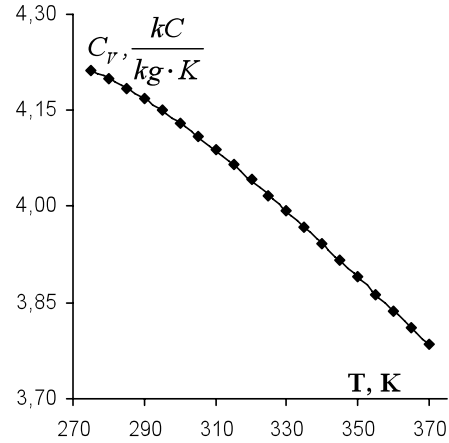
Su ( $H_2O$ ) ilk baxışdan sadə maddə kimi təsəvvür olunsa da, onun fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi göstərir ki, o, olduqca mürəkkəb maddədir. Ən son tədqiqatlar [1] göstərir ki, su insanın fikirlərini duyur və müəyyən yaddaşa malikdir. Suyun xassələrinin tədqiqinə həsr edilmiş elmi tədqiqat işlərinin sayının çox olmasına baxmayaraq, indiyə qədər onun quruluşu haqqında tam bir fikir söyləmək mümkün olmamışdır. Su, sanki öz sirrini heç kimə vermək istəmir.

Digər mayelərlə müqayisədə suyun, demək olar ki, əksər xassələri anomaldır. İngilis alimi Martin Çaplin "Suyun quruluşu və xassələri" adlı monoqrafiyasında [1] suyun 41 anomal xassəsini göstərmişdir. Bu xassələrdən xüsusi istilik tutumlarının ( $C_p$  və  $C_v$ ) temperaturdan asılılıqları diqqəti cəlb edir. Suyun sabit təzyiqdə (normal atmosfer təzyiqində) xüsusi istilik tutumu ( $C_p$ ) temperaturun artması ilə əvvəlcə azalır,  $36^\circ C$ -də minimumdan keçir, sonra isə artır (şəkil 1). Normal atmosfer təzyiqində sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu ( $C_v$ ) isə temperaturun artması ilə azalır (şəkil 2).

Təqdim olunan işdə suyun sabit təzyiqdə ( $C_p$ ), sabit həcmdə ( $C_v$ ) xüsusi istilik tutumlarının və  $C_p-C_v$  fərqlinin 270-370 K temperatur, 0.1-1000 MPa təzyiq intervalında müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqları araşdırılmışdır. Müxtəlif təzyiq və temperaturda  $C_p$  və  $C_v$  parametrlərinin qiymətləri [2]-dən götürülmüşdür.

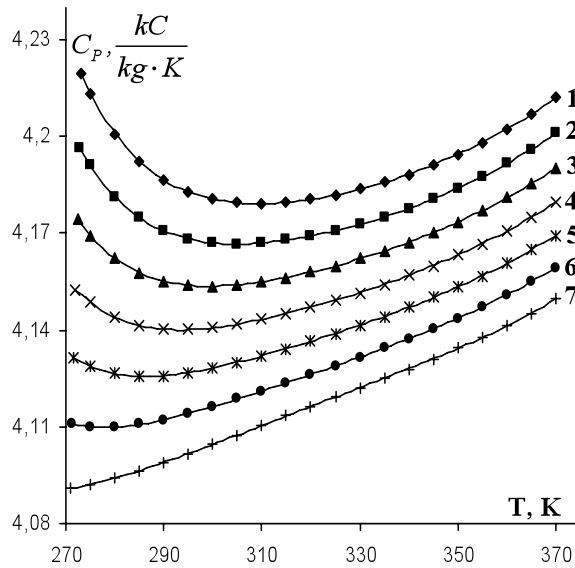


**Şəkil 1.** Normal atmosfer təzyiqində suyun xüsusi istilik tutumunun ( $C_p$ ) temperaturdan asılılığı.



**Şəkil 2.** Normal atmosfer təzyiqində suyun xüsusi istilik tutumunun ( $C_v$ ) temperaturdan asılılığı.

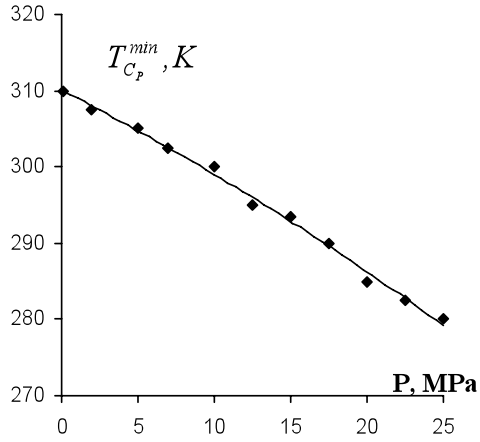
Şəkil 3-də suyun sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumunun müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqları göstərilmişdir.



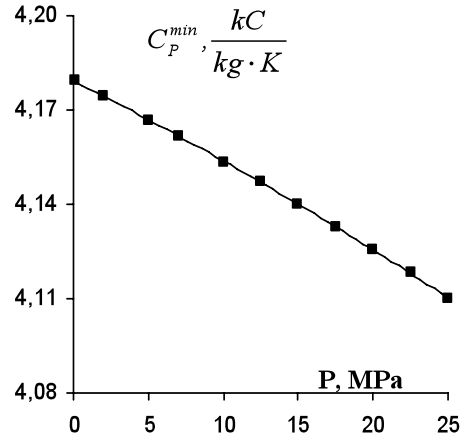
**Şəkil 3.** Suyun xüsusi istilik tutumunun ( $C_p$ ) müxtəlif təzyiqlərdə temperaturdan asılılığı:  
1-0.1 MPa, 2-5 MPa, 3-10 MPa, 4-15 MPa, 5-20 MPa, 6-25 MPa, 7-30 MPa.

Şəkildən görünür ki, normal atmosfer təzyiqində olduğu kimi, müxtəlif izobarlar üçün də  $C_p(T)$  asılılığında minimum müşahidə olunur və minimum nöqtəsinin koordinatları ( $T_{C_p}^{min}$ ,  $C_p^{min}$ ) təzyiqdən asılıdır. Lakin nisbətən böyük təzyiqlərdə  $C_p(T)$  asılılığında minimum müşahidə olunmur (şəkil 3). Şəkil 4 və şəkil 5-də  $C_p(T)$  asılılığının minimumuna

uyğun gələn  $T_{C_p}^{min}$  və  $C_p^{min}$  koordinatlarının təzyiqdən asılılıqları göstərilmişdir.



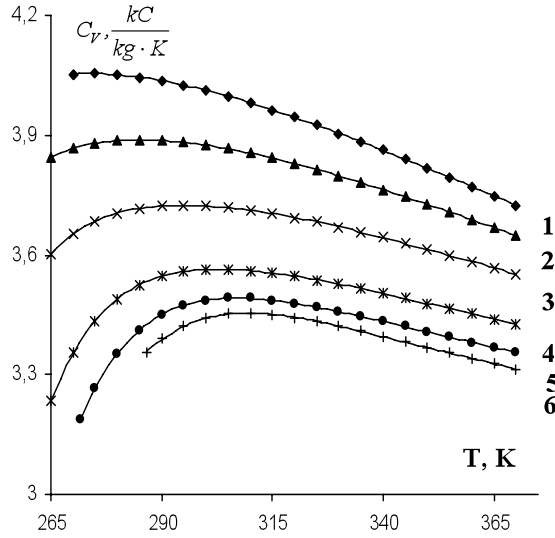
Şəkil 4. Suyun  $C_p(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $T_{C_p}^{min}$  temperaturunun təzyiqdən asılılığı.



Şəkil 5. Suyun  $C_p(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $C_p^{min}$  -un təzyiqdən asılılığı.

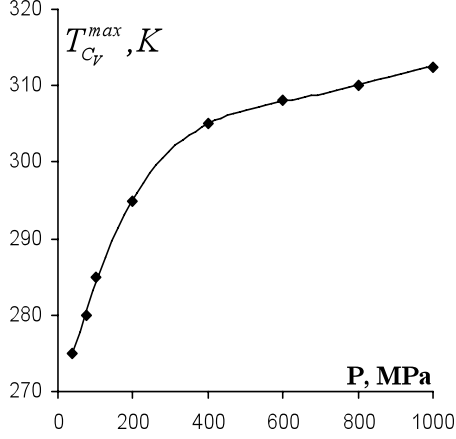
4 və 5 sayılı şəkillərdən görüldüyü kimi, həm  $T_{C_p}^{min}$ , həm də  $C_p^{min}$  təzyiqin artması ilə azalır.

Qeyd edək ki, nisbətən kiçik təzyiqlərdə sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu ( $C_V$ ) temperaturun artması ilə azalır, lakin nisbətən böyük təzyiqlərdə  $C_V(T)$  asılılığında maksimum müşahidə olunur. Şəkil 6-da 40 MPa-dan böyük təzyiqlərdə suyun sabit həcmdə xüsusi istilik tutumunun müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqları göstərilmişdir.

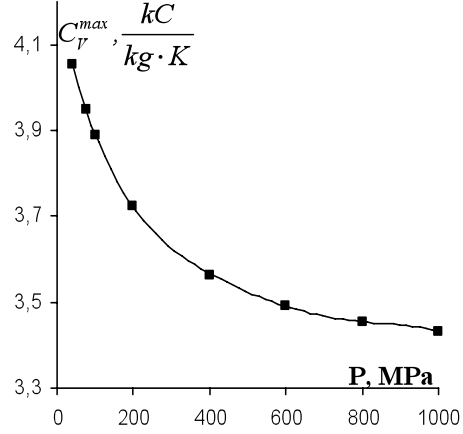


Şəkil 6. Suyun xüsusi istilik tutumunun ( $C_V$ ) müxtəlif təzyiqlərdə temperaturdan asılılığı: 1-40 MPa, 2-100 MPa, 3-200 MPa, 4-400 MPa, 5-600 MPa, 6-800 MPa.

Şəkildən görünür ki,  $C_V(T)$  asılılığında müşahidə olunan maksimum nöqtəsinin koordinatları  $(T_{C_V}^{max}, C_V^{max})$  təzyiqdən asılıdırlar. Şəkil 7 və şəkil 8-də  $C_V(T)$  asılılığının maksimumuna uyğun gələn  $T_{C_V}^{max}$  və  $C_V^{max}$  koordinatlarının təzyiqdən asılılıqları göstərilmişdir.



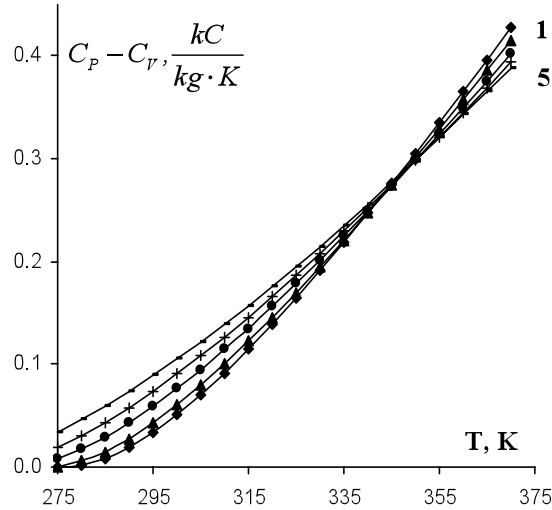
Şəkil 7. Suyun  $C_V(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $T_{C_V}^{max}$  temperaturunun təzyiqdən asılılığı.



Şəkil 8. Suyun  $C_V(T)$  asılılığında müşahidə olunan  $C_V^{max}$  -un təzyiqdən asılılığı.

Şəkillərdən göründüyü kimi, hər bir izobar üçün  $C_V(T)$  asılılığında müşahidə olunan maksimum təzyiqin artması ilə böyük temperaturalara tərəf sürüşür (şəkil 7). Hər bir  $T_{C_V}^{max}$  nöqtəsinə uyğun  $C_V^{max}$  isə təzyiqin artması ilə azalır (şəkil 8).

$C_P - C_V$  fərqinin müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqları şəkil 9-da göstərilmişdir.



Şəkil 9. Su üçün  $C_P - C_V$  fərqinin müxtəlif təzyiqlərdə temperaturdan asılılığı: 1-0.1 MPa, 2-20 MPa, 3-50 MPa, 4-75 MPa, 5-100 MPa

Şəkildən görüldüyü kimi,  $C_p-C_v$  fərqlərini xarakterizə edən izobarların temperaturdan asılılıqları bir nöqtədə kəsişirlər. Deməli, suda  $C_p-C_v$  fərqi üçün temperaturun elə qiyməti var ki, bu temperaturda  $C_p-C_v$

fərqi təzyiqdən asılı olmur, yəni  $\left(\frac{\partial(C_p-C_v)}{\partial P}\right)_T = 0$  olur. Su üçün bu

nöqtə temperaturun  $T_k^{C_p-C_v} \approx 345K$  ( $\approx 72^\circ C$ ) qiymətinə uyğun gəlir. Qeyd edək ki, suda səsin sürəti  $\approx 73^\circ C$ -də maksimumdan keçir [1, 3].

Suyun anomal xassələrindən biri də onun sıxlığının temperaturdan asılılığında müşahidə olunur. Digər mayelərdən fərqli olaraq,  $0^\circ C$ -dən başlayaraq temperaturun artması ilə sıxlıq artır,  $3.984^\circ C$ -də maksimum olur, sonra isə temperaturun artmasına uyğun olaraq azalır. Deməli,  $3.984^\circ C$ -yə qədər suyun həcmnin istidən genişlənməsi mənfəi olur, yəni bu temperatura qədər temperatur artdıqca həcm azalır.  $C_p$  və  $C_v$ -nin temperatur artdıqca azalması ola bilsin ki, suyun strukturunun dəyişməsi ilə əlaqədardır. Maye suda geniş temperatur intervalında müxtəlif növ strukturlar (tetraedr, oktaedr, kub, dodakaedr, ikosaedr) mövcud olur. Məlumdur ki, maye suda molekulların hərəkəti nəticəsində daimi hidrogen rabitələrinin yaranması və dağılması prosesi gedir. Temperaturun artması ilə təbiidir ki, molekulların istilik hərəkəti də artır, hidrogen rabitəsinin qırılması və yeni strukturun əmələ gəlməsi daha intensiv xarakterə malik olur. Suda yaddaşın [1], uzağa təsirin [4, 5] olması faktı bir daha təsdiq edir ki, onda daimi müəyyən struktur mövcuddur. Xarici təsirlər (temperatur, təzyiq və s.) suyun strukturunun dağılması istiqamətində yönəlibsə, onda, Le-Şatlye prinsipinə [3] uyğun olaraq, suyun daxilində elə proseslər baş verir ki, su öz strukturunu saxlamağa çalışır. Temperaturun artması ilə suyun struktur formalarından biri digəri ilə əvəz olunur. Bir struktur formasından digərinə keçərkən, yeni strukturun formalaşmasında “bağlı” su molekulları ilə yanaşı, “sərbəst” su molekulları da iştirak edirlər. Bu strukturlar dinamikdirlər və hər an yeni struktur forması yarana bilər. Normal atmosfer təzyiqində  $C_p(T)$  asılılığı onu deməyə imkan verir ki, temperaturun artması ilə suyun strukturunu dağılmır, müxtəlif struktur keçəidləri baş verir və  $36^\circ C$ -də su müəyyən optimal struktura malik olur. İnsan orqanizminin temperaturunun bu temperatura uyğun gəlməsi, ola bilsin ki, suyun strukturunu ilə əlaqədardır.

Təzyiq suyun strukturunu dəyişdirir. Bunun nəticəsidir ki, təzyiqin artması ilə  $T_{C_p}^{min}$  nöqtəsinin kiçik temperatur (şəkil 4),  $T_{C_v}^{max}$  nöqtəsinin isə böyük temperatur (şəkil 7) oblastına tərəf sürüşür.

Suda  $C_p-C_v$  fərqlinin müxtəlif izobarlarının temperaturdan asılılıqlarının kəsişmə nöqtəsinin (şəkil 9) və səsin sürətinin maksimumunun eyni temperatura ( $\approx 72-73^\circ C$ ) uyğun gəlməsi ola bilsin ki, təsadüfi xarakter daşımır və bu fakt yuxarı temperaturlarda belə suda müəyyən strukturun olması ilə əlaqədardır.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Chaplin M. Water Structure and Behavior. <http://www.lsbu.ac.uk/water/chaplin.html>. south Bank University, London: 2008, 576 p.

2. Wagner W., Prub A. The LAPWS Formulation 1995 for the thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use // J. Phys. Chem. Ref. Data, 2002, v. 31, №2, p. 486-532.
3. Мәсимов Е.Ә., Нәсәнов Н.Ş. Bioloji sistemlərin termodinamikası. Bakı: 2007, 418 s.
4. Масимов Э.А. Автореферат. Влияние полимеров синтетического и медицинского назначения на термодинамическое состояние воды. Докторская диссертация. М.: 1984, 42 с.
5. Shelton D.P. Collective molecular rotation in water and other simple liquids // Chem. Phys. Lett., 2000, v.325, p.513-516.

## ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВОДЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Э.А.МАСИМОВ, Б.Г.ПАШАЕВ, Г.Ш.ГАСАНОВ, Ч.И.ИБРАГИМОВ

### РЕЗЮМЕ

В настоящей работе рассмотрена температурная зависимость удельной теплоемкости при постоянном давлении ( $C_p$ ), удельной теплоемкости при постоянном объеме ( $C_v$ ), различных изобаров в интервалах температур (270-370 К) и давления (0.1-1000 МПа). Было показано, что с увеличением давления наблюдаемая температура минимума ( $T_{C_p}^{min}$ ) на кривой зависимости  $C_p(T)$  смещается в область низких температур, а температура максимума ( $T_{C_v}^{max}$ ) на зависимости  $C_v(T)$  смещается в область высоких температур. В то же время получено, что значения  $C_p^{min}$  и  $C_v^{max}$  уменьшаются с увеличением давления. А также показано, что температурная зависимость  $(C_p - C_v)_p$  пересекаются при температуре  $T_k^{C_p - C_v} \approx 345K$  ( $\approx 72^\circ C$ ).

## THE TEMPERATURE AND PRESSURE DEPENDENCE OF WATER SPECIFIC HEAT CAPACITY

E.A.MASIMOV, B.G.PASHAYEV, H.Sh.HASANOV, Ch.I.IBRAHIMOV

### SUMMARY

The paper considers the temperature dependences of specific heat capacity at constant pressure ( $C_p$ ), specific capacity at constant volume ( $C_v$ ) and various isobars at 270-370 K temperature range and 0.1-1000 MPa pressure range. It was shown that in case of a rise in pressure the observed temperature of the minimum in  $C_p(T)$  curve shifts to the range of low temperature and maximum in  $C_v(T)$  curve shifts to the range of high temperature. It was concluded that the values of both  $C_p^{min}$  and  $C_v^{max}$  decrease with the increase of pressure. All isobars  $(C_p - C_v)_p$  intersect at  $T_k^{C_p - C_v} \approx 345K$  ( $\approx 72^\circ C$ ) temperature.