

УДК 536

Мороз К.О.*, к.ф.-м.н., доц.

Пружні властивості магнітної рідинної системи на основі води

Досліджені термодинамічні властивості магнітної рідинної системи на основі води, стабілізованої подвійним шаром лауринової кислоти. Отримані ізотермічні та ізобаричні пружні властивості співставлені з аналогічними даними для води. Експериментальні значення густини даної системи описані за допомогою мало-параметричного рівняння стану. Побудовані, проаналізовані та співставлені з даними для води температурні залежності його параметрів.

Ключові слова: магнітна рідинна система; вода, водневий зв'язок, термодинамічні властивості

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 03680, м. Київ, пр-т. Глушкова 4д, e-mail: morozko@univ.kiev.ua

K.O. Moroz*, Ph.D., Associate Professor

Elastic properties of water based ferrofluid

The thermodynamic properties are investigated for the magnetic liquid system based on water stabilized by a double layer of lauric acid. These isothermal and isobaric elastic properties are compared with similar data for water. Experimental values of density are described by few-parametric equation of state. It is constructed, analyzed and mapped to similar data for water temperature dependences of its parameters.

Keywords: magnetic liquid system, water, hydrogen bonding, thermodynamic properties

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, 03680, Kyiv, Glushkova st., 4d, e-mail: morozko@univ.kiev.ua

Статтю представив академік НАН України, д.ф.-м.н., проф. Булавін Л.А.

Магнітні рідинні системи (МРС) є рідинними системами, що зберігаючи властивість плинності речовини, реагують на прикладене магнітне поле [1-3]. Визначення теплофізичних властивостей таких систем у зв'язку з молекулярною будовою має фундаментальне і прикладне значення. Згідно із статистичною теорією рідин та рідинних систем їх фізичні властивості залежать від молекулярної будови, а та в свою чергу чутлива до густини системи. Змінюючи тиск, можна призводити до зміни густини системи та її молекулярної будови [4]. Розмір часток магнітної рідинної системи складає близько 10 нм, він визначає їх однодомений стан і робить, таким чином, дані системи чутливими до зовнішнього магнітного поля. Стабілізуючі шари в магнітній рідинній системі можуть забезпечувати інтерфейс для функціональних молекул і комплексів. Зараз існують магнітні рідинні системи з широким спектром фізичних властивостей на основі води, вуглеводнів, рідких металів [5-8].

Метою даної роботи є експериментальне дослідження пружних та калоричних термодинамічних властивостей магнітної

рідинної системи на основі води стабілізованої подвійним шаром лауринової кислоти, виявлення взаємозв'язку між особливостями цих властивостей та молекулярною будовою досліджуваної рідини. У якості магнітного матеріалу у даній магнітній рідинній системі використовувались наночастинки магнетиту Fe_3O_4 , намагніченість насичення системи складала 100 Гс. P-V-T виміри були проведені за допомогою метода сільфонного п'єзометра [4] з диференціальним трансформаторним датчиком лінійних переміщень в інтервалі тисків 0,1 – 101,3 МПа та температур 299 – 331 К, дані густини системи на лінії рівноваги рідина-пара були отримані за допомогою пікнометричного методу. На основі виміряних даних були знайдені ізотермічний модуль пружності K_T , коефіцієнт теплового розширення α_p та побудоване рівняння стану. Похибка визначення густини в експерименті складала 0.1%, для ізотермічного модуля пружності та коефіцієнта теплового розширення ця

величина не перевищувала 1% та 2% відповідно.

Таблиця 1

Ізобаричний коефіцієнт теплового розширення $\alpha_p \times 10^3$ (1/К) для МРС магнетит-лауринова кислота-вода та води

МРС на основі води		
	307 К	319,3 К
0,1 МПа	0,20	0,24
44,1 МПа	0,18	0,27
103,2 МПа	0,13	0,33
Вода		
	294,2 К	319,3 К
44,1 МПа	0,32	0,44
103,2 МПа	0,35	0,45

Із зіставлення температурних залежностей ізобаричного коефіцієнта теплового розширення МРС магнетит-лауринова кислота-вода і води (див. Таблицю 1) випливає, що величина ізобаричного коефіцієнта теплового розширення води в кілька разів більша чим величина ізобаричного коефіцієнта теплового розширення МРС. Таке зменшення коефіцієнта теплового розширення пов'язане із збільшенням сил міжмолекулярної взаємодії в системі при додаванні МРС і стабілізатора у воду, подібні результати отримані також в аналізі ізотермічного модуля пружності K_T .

Отримані експериментально значення густини системи магнетит-лауринова кислота-вода були описані за допомогою напівемпіричного рівняння стану Тейта-Таммана яке в диференціальній формі має вигляд:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - A \ln \frac{B+P}{B+P_0}},$$

де A і B – сталі рівняння Тейта-Таммана, V – об'єм системи, V_0 – об'єм системи при атмосферному тиску, P – тиск. У результаті було знайдено сталі рівняння та порівняно з аналогічними даними для води без домішок. Як випливає із статистичного обґрунтування рівняння стану Тейта-Таммана, сталі B та A цього рівняння пов'язані з параметрами потенціалу міжчастинкової взаємодії [4, 8].

Таблиця 2

Стала B (МПа) рівняння стану Тейта для води та для дослідженої магнітної рідинної системи на основі води

	299 К	307 К	319 К	330 К
Вода	308	313	318	316
МРС	325	328	336	327

Значення сталої A для води без домішок становить 0,137, а для МРС магнетит-лауринова кислота-вода 0,350. Як впливає з отриманих значень A та B МРС, для неї характерні менше значення похідної у відштовхувальній гілці потенціалу та на декілька відсотків більша глибина ефективного потенціалу, як це випливає з таблиці 2. Подібні результати вже були отримані раніше для магнітних рідинних систем на основі води [8].

Таким чином, згідно отриманих результатів та статистичного обґрунтування рівняння стану Тейта-Таммана, можна зробити висновки, що в дослідженій магнітній рідинній системі спостерігається більше чим двократне зменшення похідної відштовхувальної гілки ефективного потенціалу міжмолекулярної взаємодії та зростання глибини потенційної ями ефективного потенціалу міжчастинкової взаємодії більше чим на 10%, що у свою чергу супроводжується зменшенням ізобарного коефіцієнта теплового розширення та ізотермічного модуля пружності в МРС порівняно з водою.

Список використаних джерел

1. R.E. Rosensweig, *Ferrohydrodynamics*, Cambridge Univ. Press (1985)
2. I.Anton, I. De Sabata, L.Vekas: Application orientated researches on magnetic fluids. *J. Magn. Magn. Mater.* 85 (1990) 219-226.
3. B.Berkovsky, V.Bashtovoi (Eds.), *Magnetic fluids and applications handbook*, Begell House: New York (1996)
4. Adamenko I.I., Bulavin L.A. *Physics of liquids and liquid systems*. - К.: «ASMI», 2006. – 663p.
5. M.A.Willard, L.K.Kurihara, E.E.Carpenter, et al.: Chemically prepared magnetic nanoparticles. *Inter. Mater. Rev.* 49 (2004) 125-170.
6. G.Baldi, D.Bonacchi, M.C.Franchini, M.C. Gentili, G.Lorenzi, A.Ricci, C.Ravagli: Synthesis and coating of cobalt ferrite nanoparticles: a first step toward the obtainment of new magnetic nanocarriers. *Langmuir.* 23(7) (2007) 4026-8.
7. T.R.Pisanic, J.D.Blackwell, V.I.Shubayev, R.R.Finones, S.Jin: Nanotoxicity of iron oxide nanoparticle internalization in growing neurons. *Biomaterials.* 28(16) (2007) 2572-81.
8. L.A. Bulavin, K.O. Moroz, S.P. Nedyak, V.I. Petrenko *Ukr Journal of Physics*, (2012). Vol. 57, No 3, P. 351-354

Надійшла до редколегії 15.02.13