

УДК 519.9

Войтешенко А.В.¹, асп.

Вплив додавання наночастинок лапоніту на в'язкість розчину поблизу критичної температури розшарування

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 03680, м. Київ, пр-т. Глушкова 4д, e-mail: ueen091@gmail.com

A. V. Voiteshenko¹, PhD stud.,

Effect of addition of laponite nanoparticles on viscosity of solution near the critical consolute temperature

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, 03680, Kyiv, Glushkova st., 4d, e-mail: ueen091@gmail.com

Проведено експериментальні дослідження температурної залежності в'язкості розчину ізомасляної кислота-вода + KCl з додаванням наночастинок лапонітів поблизу критичної температури розшарування.

Виявлено, що додавання лапонітів в розчин поблизу критичної температури розшарування призводить до збільшення його в'язкості і радіуса кореляції системи. Також додавання лапонітів призводить до збільшення температури фазового переходу і збільшення сил міжмолекулярної взаємодії в розчині.

Ключові слова: лапоніт, критична температура розшарування, в'язкість.

The investigation of various factors impact on state of matter near the critical point is the topical task of condensed matter physics. The analysis of such state of the matter is important to research of new directions of energetics, ecology and medicine. The industrial use of nanocomposite membrane materials containing such nanosized components as nanoclay covers a wide range of tasks of rational use of natural resources, development of ecologically clean energy-preserving technologies (desalination of sea and salted water, biotechnology, food industry). The objective of this research work was to determine the nature of the impact of laponite nanoparticles adding to isobutyric acid solution - water + KCl near the critical temperature stratification. The analysis of the results of nanoparticles impact on the behavior of solution viscosity near the critical temperature stratification led to the following conclusions: 1. It is shown that adding of nanoparticles to the solution near the critical temperature stratification leads to an increase of its viscosity. 2. The adding of laponite leads to an increase of the phase transition temperature and forces of intermolecular interaction in the solution. 3. The results are consistent with experimental research of viscosity of isobutyric acid solution – the water and with adding of KCl ions to it near the critical temperature stratification.

Key Words: laponite, critical point, isobutyric acid

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

Дослідження впливу різних факторів на стан речовини поблизу критичної точки - актуальне завдання фізики конденсованого стану речовини. Тому інтенсивно розвиваються нові напрямки досліджень в галузі енергетики, машинобудування, екології та медицини, що пов'язано із унікальними властивостями систем з додаванням заряджених частинок, наночастинок, до яких відносяться системи з лапонітами.

Промислове використання нанокompatитних мембранних матеріалів, що містять як нанорозмірні компоненти наноглини, охоплює широке коло завдань раціонального

природокористування, розвитку екологічно чистих, ресурсо- та енергозберігаючих технологій, таких як опріснення морських і солоних вод, отримання надкритичної води, переробка промислових відходів, біотехнології, харчова промисловість, поділ газових сумішей.

Введення від 2,1 % до 5,4 % нанокompatитів при формуванні нанокompatитного матеріалу сприяє підвищенню транспортних властивостей мембран.

Актуальність експериментальних досліджень рівноважних та кінетичних властивостей конденсованих систем в околі критичної точки

пов'язана з їх аномально високою сприйнятливістю до впливу різних зовнішніх факторів та полів.

Таким чином у даній роботі досліджено вплив додавання наночастинок лапонітів на в'язкість поблизу критичної температури розшарування розчину ізомаляна кислота - вода + KCl [1].

Теоретично вперше про кінцеве значення критичної в'язкості згадується в роботі М. Фіксмана [2], в якій автор враховує просторову дисперсію системи поблизу критичної точки (КТ) ($qR_c \neq 0$). Для аналізу результатів даної роботи використано рівняння критичної в'язкості, що бере до уваги скінченність в'язкості в критичній точці.

На основі такого підходу в роботі [3] запропоновано рівняння критичної в'язкості, в якому також врахована просторова дисперсія системи. Флуктуаційна частина виходячи з цього рівняння має вигляд:

$$\eta_f(T) = \frac{AR_c(T, c)}{[1 + (q \cdot R_c(T, c))^2]^{1/2}} = \frac{\Delta\eta_0 t^{-\nu}(T, c)}{[1 + (q \cdot r_0 t^{-\nu}(T, c))^2]^{1/2}} \quad (1)$$

тут $\Delta\eta_0 = Ar_0$ – амплітуда сингулярної частини в'язкості. Формула (1), забезпечує кінцеве значення в'язкості в критичній точці.

Тоді, виходячи з цього, рівняння в'язкості має вигляд:

$$\eta(T) = \eta_r(T) + \eta_f(T) = A \exp \frac{B}{T} + \frac{\Delta\eta_0 t^{-\nu}(T, c)}{[1 + (q \cdot r_0 t^{-\nu}(T, c))^2]^{1/2}} \quad (2)$$

Це рівняння раніше апробовано в роботах [1, 4] при аналізі подвійних розчинів поблизу критичної температури розшарування

Дослідження проводились методом капілярного віскозиметра і отримана температурна залежність в'язкості $\eta(T)$ розчину ізомаляна кислота - вода (критична масова концентрація становить $x_{vk} = 0,38$, критична температура $T_k = 300,45$ K) і розчину ізомаляна кислота - вода + KCl для трьох концентрацій іонів ($x = 0,07$ %; $x = 0,14$ %; $x = 0,3$ %) в околі критичної температури.

У роботі [1] було зроблено висновок, що при збільшенні концентрації іонів флуктуаційна частина в'язкості зростає. Це призводить до

збільшення температурної області ($\Delta T_f = T_k - T_f (\eta_f = 0)$) прояву флуктуаційної частини в'язкості.

Метою даної роботи є встановлення характеру впливу додавання наночастинок лапонітів в розчин ізомаляна кислота – вода + KCl поблизу критичної температури розшарування. Для цього у досліджений розчин були по черзі додані наночастинки лапоніту з масовою концентрацією 0,025 % і 0,15 %.

Проведені експериментальні дослідження температурної залежності в'язкості розчину з додаванням наночастинок лапонітів поблизу критичної температури розшарування. Результати експерименту показані на рис. 1. Як видно з рис. 1 при додаванні лапоніту температура фазового переходу збільшується, як збільшується і в'язкість.

Для обробки даних використане рівняння (1), спочатку розрахована регулярна частина

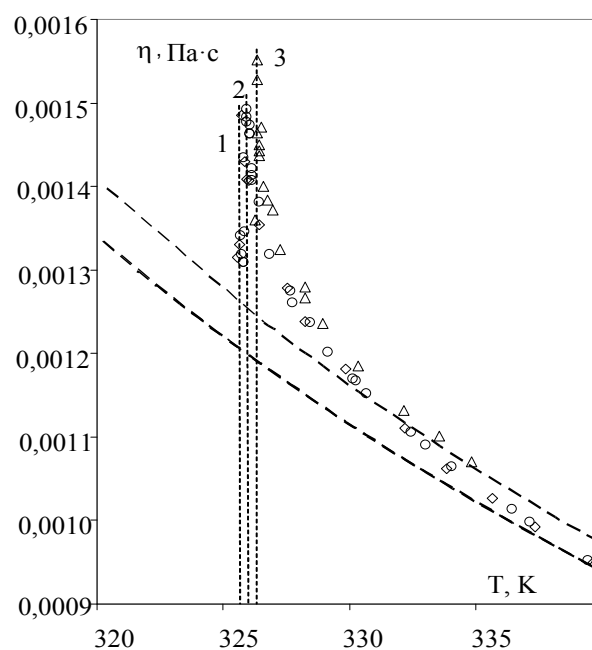


Рис. 1. Температурні залежності в'язкості розчину ізомаляна кислота-вода + KCl (1), і розчину ізомаляна кислота-вода + KCl з додаванням лапонітів з масовою концентрацією 0,025 % (2) і 0,15 % (3). Похилими пунктирними лініями показані регулярні частини в'язкості. Вертикальними пунктирними лініями показано збільшення температури фазового переходу при додаванні лапонітів.

в'язкості $\eta_r = A \exp B/T$ при $\Delta T \geq 10K$, рис. 2. В цій області знайдені параметри A і B .

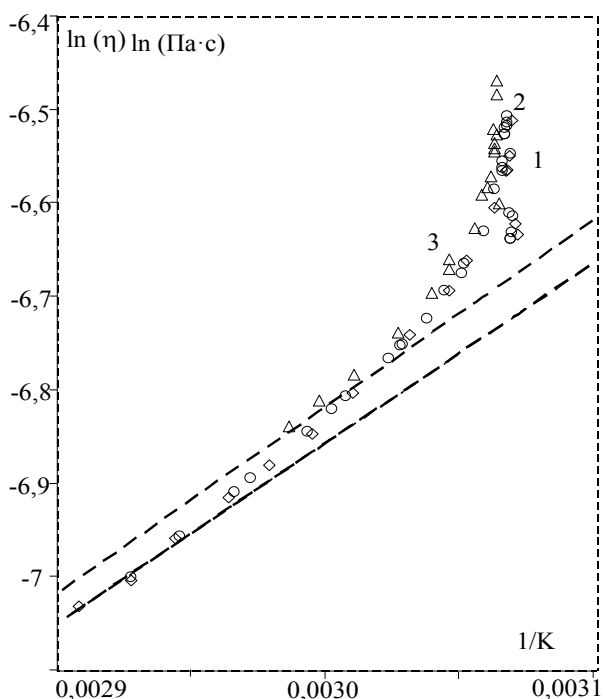


Рис. 2. Залежність логарифма в'язкості розчину ізомаляна кислота-вода + KCl (1), і розчину ізомаляна кислота-вода + KCl з додаванням лапонітів з масовою концентрацією 0,025 % (2) і 0,15 % (3) від оберненого значення температури. Пунктирною прямою лінією показані регулярні частини в'язкості.

Використовуючи ці значення регулярної частини в'язкості, згідно з формулою (2) розрахована флуктуаційна частина в'язкості: $\eta_f = \eta - \eta_r$. Отримані результати наведені на рис. 3.

Аналіз отриманих температурних і концентраційних залежностей флуктуаційної частини в'язкості дозволив припустити, що при збільшенні концентрації лапонітів флуктуаційна частина в'язкості η_f зростає.

Виходячи з взаємозв'язку флуктуаційної частини зсувної в'язкості і радіуса кореляції системи можна зробити висновок, що додавання лапонітів в розчин приводить до збільшення радіусу кореляції розчину.

Іншим проявом впливу додавання наночастинок є незначне (0,5 K і 1 K при концентраціях 0,025 % і 0,15 % відповідно)

зміщення екстремумів флуктуаційної частини в'язкості в бік високих температур (значення зазначені в межах похибки 0,01%). Цей факт вказує на збільшення температури фазового переходу, а отже, на збільшення сил міжмолекулярної взаємодії в результаті додавання наночастинок лапонітів.

Проведені в даній роботі дослідження (рис. 1 – рис. 3) розчину з додаванням лапоніту узгоджуються з проведеними раніше дослідженнями температурної залежності

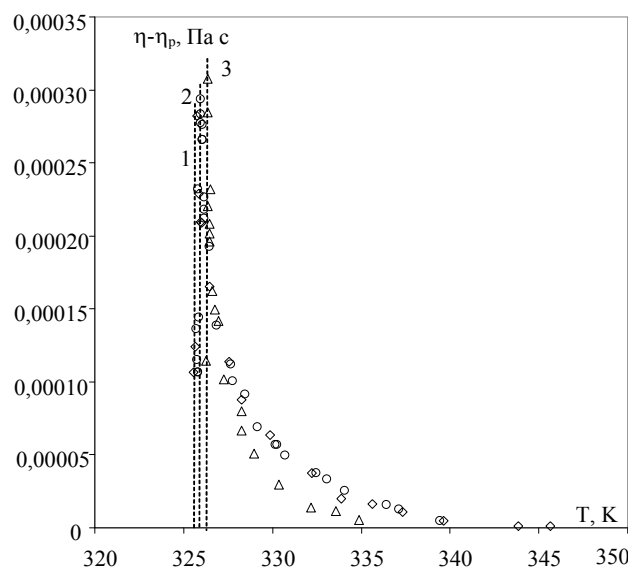


Рис. 3. Температурні залежності флуктуаційної частини в'язкості розчину ізомаляна кислота-вода + KCl (1), і розчину ізомаляна кислота-вода + KCl з додаванням наночастинок лапонітів з масовою концентрацією 0,025 % (2) і 0,15 % (3). Вертикальними пунктирними лініями показано збільшення температури фазового переходу при додаванні лапонітів.

в'язкості розчинів ізомаляна кислота-вода, ізомаляна кислота-вода + KCl [1, 4, 5]. З цих даних також випливає, що додавання іонів KCl в розчин ізомаляна кислота-вода призводить до збільшення флуктуаційної частини в'язкості розчину і температури фазового переходу.

Аналіз отриманих нами результатів впливу наночастинок на поведінку в'язкості розчину поблизу критичної температури розшарування дозволяє зробити ряд висновків:

1. Показано, що додавання наночастинок лапоніту в розчин ізомасляна кислота-вода + KCl поблизу критичної температури розшарування призводить до збільшення в'язкості.

2. Додавання лапонітів призводить до збільшення температури фазового переходу і

збільшення сил міжмолекулярної взаємодії в досліджуваному розчині.

3. Виходячи з прямої залежності в'язкості та радіуса кореляції системи, отримали, що додавання наночастинок лапоніту призводить до збільшення радіуса кореляції системи.

Список використаних джерел

1. Effect of electrolytes on the critical temperature of separation and physicochemical properties of binary liquid systems / A.D. Alekhin, Yu.L. Ostapchuk, E.G. Rudnikov, A.V. Voiteshenko. // Russian Journal of Physical Chemistry. – 2014. – №9. – P. 1519–1526.
2. Fixman M. Viscosity of critical mixtures / Fixman. // J. Chem. Phys.. – 1962. – №2. – P. 310–320.
3. Alekhin A.D. Equations of Critical Viscosity and Limits of their Application / Alekhin. // Ukr. J. Phys. – 2004. – №2. – P. 138–140.
4. В'язкість розчину ізомасляна кислота - вода поблизу критичної температури розшарування / О.Д.Альохін, А.В. Кулініч, Ю.Л. Остапчук, Е.Г. Рудніков. // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія фіз. мат наук. – 2012. – №2. – С. 293–294.
5. Булавін Л. А. Вплив іонної домішки на криву співіснування бінарної суміші 3-метилперидин+важка вода поблизу нижньої критичної точки розшарування / Л. А. Булавін, А. В. Олейнікова, В. А. Піпич. // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія фіз. мат наук. – 2001. – №1. – С. 411–420.

References

1. ALEKHIN A.D., OSTAPCHUK YU.L., RUDNIKOV E.G., VOITESHENKO A.V. (2014) Effect of electrolytes on the critical temperature of separation and physicochemical properties of binary liquid systems. *Russian Journal of Physical Chemistry*. 88 (9). p 1519-1526.
2. FIXMAN M. (1962) Viscosity of critical mixtures. *J. Chem. Phys.* 36 (2). p 310-320.
3. ALEKHIN A.D. (2004) Equations of Critical Viscosity and Limits of their Application. *Ukr. J. Phys.* 49 (2). p 138-140.
4. ALEKHIN A.D., KULINICH A.V., OSTAPCHUK YU.L., RUDNIKOV E.G. (2012) Viscosity of isobutyric acid-water solution near the critical consolute temperature. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Series Physics & Mathematics*. (2). p 293-294.
5. BULAVIN L.A., OLENIKOVA A.V., PIPYCH V.A. (2001) Influence of ionic impurities on the coexistence curve of a binary mixture of 3-methylperidyn + heavy water near the lower critical point of separation. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Series Physics & Mathematics*. (1). p 411-420.

Надійшла до редколегії 01.12.14