

УДК 532.536

*Б.Ж. АБДИКАРИМОВ, Б.И. МУСАТАЕВА*

*Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан*

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РАССЛОЕНИЯ**

### **Аннотация**

Проведены экспериментальные исследования температурной зависимости вязкости раствора изомасляная кислота-вода + KCl с добавлением наночастиц лапонитов вблизи критической температуры расслоения. Показано, что добавление наночастиц лапонитов в раствор вблизи критической температуры расслоения приводит к увеличению его вязкости и связанного с ней радиуса корреляции системы. Также добавление наночастиц лапонитов приводит к увеличению температуры фазового перехода и увеличению сил межмолекулярного взаимодействия в растворе.

**Ключевые слова:** критическая температура расслоения, вязкость, радиус корреляции, лапониты

**Тірек сөздер:** сындық температура, тұтқырлық, корреляция радиусы, лапониттер.

**Keywords:** consolutioн critical temperature, viscosity, correlation length, laponits

В настоящее время исследования влияния внешних факторов на состояние вещества вблизи критической точки остается актуальной задачей физики конденсированного состояния вещества. Эти исследования важны для новых направлений исследований в области энергетики, экологии и медицины, интенсивно развиваются в связи с уникальными свойствами систем с добавлением заряженных частиц, наночастиц, к которым относятся системы с лапонитами.

Промышленное использование нанокомпозитных мембранных материалов, содержащих в качестве наноразмерных компонентов наноглины, охватывает широкий круг задач рационального природопользования, развития экологически чистых, ресурсо - и энергосберегающих технологий, таких как опреснение морских и соленых вод, получения сверхчистой воды, переработка промышленных отходов, биотехнологии, пищевая промышленность, разделение газовых смесей. Введение от 2 % до 5 % нанокомпонентов при формировании нанокомпозитного материала способствует повышению транспортных свойств мембран, при этом улучшаются также механические свойства, формаустойчивость, повышается огнестойкость, электропроводность, стабилизируются эмульсии.

Актуальность экспериментальных исследований равновесных и кинетических свойств конденсированных систем в околоскритическом состоянии связана с их аномально большой восприимчивостью к действию влияния различных факторов и полей. Особые экстремальные свойства вещества вблизи критической точки является причиной их успешного практического использования в новейших технологиях.

В данной работе исследовано влияние добавления наночастиц лапонитов в кинетическую характеристику - вязкость вблизи критической температуры расслоения раствора изомасляная кислота - вода + KCl [1].

В расчетах было использовано уравнение критической вязкости , учитывающее конечность вязкости в критической точке. Теоретически конечное значение критической вязкости, исходя из классической теории критических явлений [ii], впервые получено в работе М. Фиксмана [iii], в которой автор учитывает пространственную дисперсию системы вблизи КТ ( $qR_c \neq 0$ ). На основе такого подхода в работах [iv, v] предложено уравнение критической вязкости , в котором также учтена пространственная дисперсия системы . В этих работах флуктуационная часть вязкости в окрестности критической точки представляется в виде:

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

Здесь  $\Delta \eta_0 = Ar_0$  - амплитуда сингулярной части вязкости. Формула (1), качественно согласуясь с расчетам Фиксмана [iii], обеспечивает конечное значение сдвиговой вязкости в КТ. Как видно, при  $t \rightarrow 0$  и неограниченном возрастании радиуса корреляции ( $R_c(t) = r_0 \cdot t^{-\nu} \Rightarrow \infty$ ), вязкость системы в критической точке принимает конечное значение:  $\eta_{fk} = \Delta \eta_0 / qr_0 = A/q = const$ .

Тогда на основе (10) - (11) уравнение полной вязкости запишем в виде:

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

Это уравнение вязкости ранее была апробировано в работах [v, vi] при анализе поведения вязкости широкого класса двойных растворов и металлических расплавов вблизи критической температуры расслоения.

Ранее методом капиллярного вискозиметра были исследованы температурные зависимости вязкости  $\eta(T)$  раствора изомасляная кислота - вода (критическая массовая концентрация изомасляной кислоты в воде  $x_{vk} = 0,38$ , критическая температура  $T_k = 300,45 K$ ) и раствора изомасляная кислота - вода +  $KCl$  для 3 массовых концентраций ионов ( $x=0,07\%$ ;  $x=0,14\%$ ;  $x=0,3\%$ ) в окрестности критической температуры расслоения.

В этих работах был сделан вывод, что при увеличении концентрации ионов флуктуационная часть вязкости  $\eta_f$  возрастает. Это приводит к увеличению температурной области ( $\Delta T_f = T_k - T_f(\eta_f = 0)$ ) проявления флуктуационной части вязкости.

Целью данной работы было установление характера влияния добавления наночастиц лапонитов в раствор изомасляная кислота - вода +  $KCl$  вблизи критической температуры расслоения. Для этого в исследованный раствор были поочередно добавлены наночастицы лапониты с массовой концентрацией 0,025 % и 0,15 %.

В данной работе впервые проведены экспериментальные исследования температурной зависимости вязкости раствора с добавлением наночастиц лапонитов вблизи критической температуры расслоения. Методика эксперимента методом капиллярного вискозиметра была аналогична экспериментальным исследованием температурной зависимости вязкости раствора [i] без добавления лапонитов. Результаты эксперимента показаны на рис. 1.

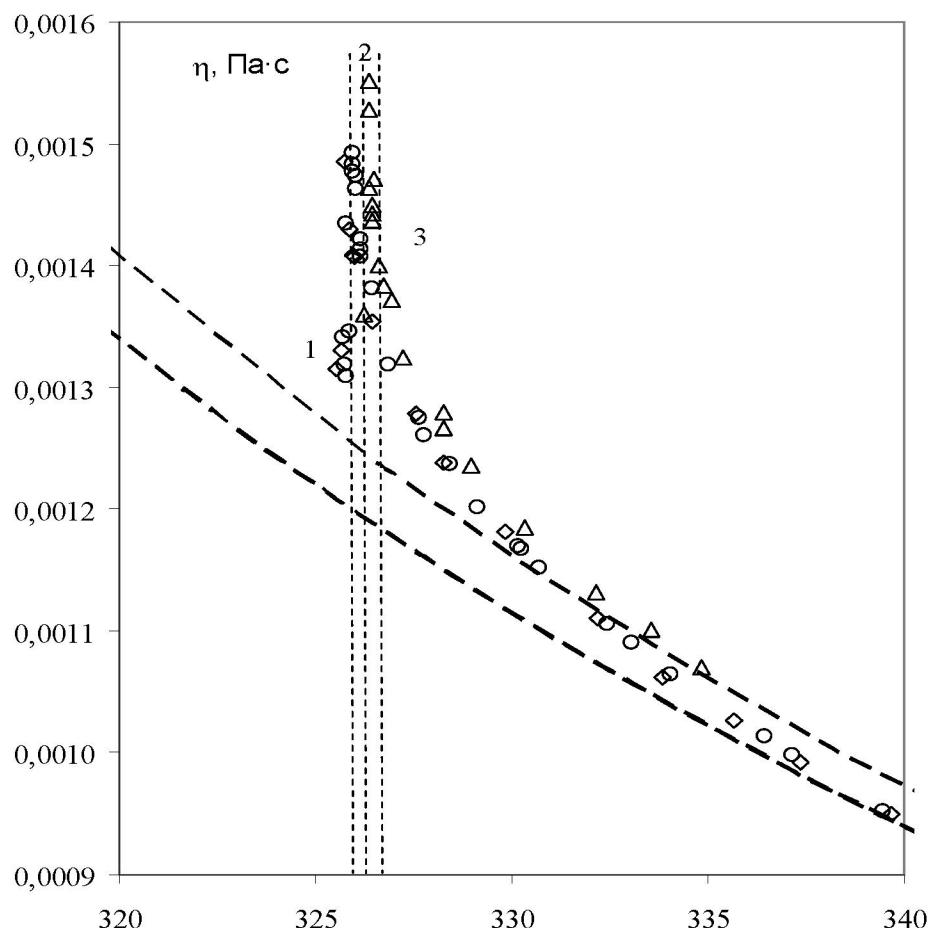


Рис. 1 - Температурные зависимости вязкости раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  (1), и раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  с добавлением наночастиц лапонитов с массовой концентрацией 0,025% (2) и 0,15% (3). Наклонными пунктирными линиями показаны регулярные части вязкости. Вертикальными пунктирными линиями показано увеличение температуры фазового перехода при добавлении лапонитов.

При обработке полученных данных  $\eta(T)$ , рис. 1, использовано уравнение критической вязкости (1). Изначально рассчитана величина регулярной части вязкости  $\eta_r(T) = A \exp \frac{B}{T}$  при температурах, далеких от критической температуры ( $\Delta T \geq 10 K$ ), рис. 2. В этой области температур найдены параметры  $A$  и  $B$  регулярной части вязкости.

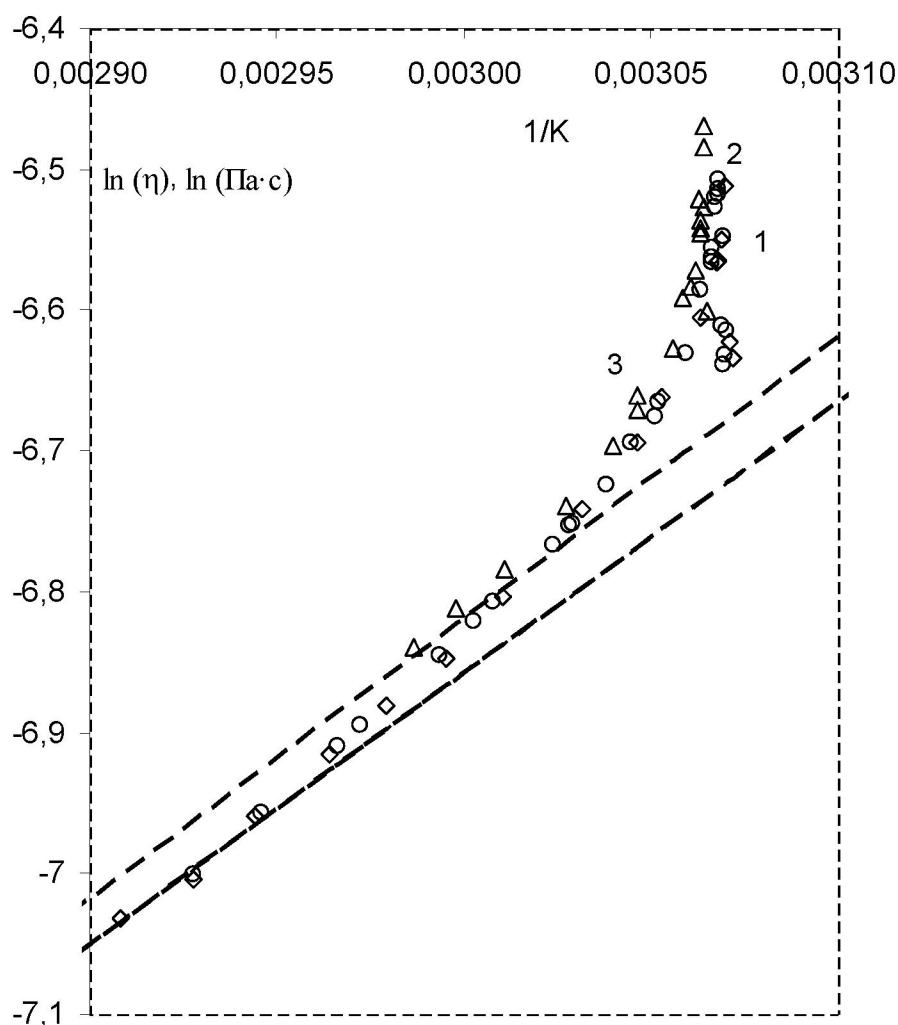


Рис. 2 - Зависимости логарифма вязкости раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  (1), и раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  с добавлением наночастиц лапонитов с массовой концентрацией 0,025% (2) и 0,15% (3) от обратного значения температуры. Пунктирной прямой линией показаны регулярные части вязкости.

Используя эти значения регулярной части вязкости, согласно формуле (2) были рассчитаны флуктуационные части вязкости:  $\eta_f = \eta - \eta_r$ . Полученные результаты приведены на рис. 3.

Анализ полученных температурных и концентрационных зависимостей флуктуационной части вязкости позволил сделать вывод, что при увеличении концентрации лапонитов флуктуационная часть вязкости  $\eta_f$  возрастает. Исходя из взаимосвязи флуктуационной части сдвиговой вязкости и радиуса корреляции системы можно сделать вывод, что добавление лапонитов в раствор приводит к увеличению радиуса корреляции раствора.

Другим проявлением влияния добавления наночастиц лапонитов является незначительное (0,5 К и 1 К при концентрациях 0,025 % и 0,15 % соответственно) смещение экстремумов флуктуационной части вязкости в сторону больших температур. Это указывает на увеличение температуры фазового перехода, а следовательно, на увеличение сил межмолекулярного взаимодействия в результате добавления наночастиц лапонитов.

Проведенные в данной работе исследования (рис. 1 . - 3 . ) раствора с добавлением лапонитов согласуются с проведенными нами ранее исследованиями температурной зависимости вязкости растворов изомасляная кислота - вода, изомасляная кислота - вода +  $KCl$ , метанол - гексан и метанол - гексан +  $KCl$  [i]. Из этих данных также следует, что добавление ионов  $KCl$  в растворы изомасляная кислота - вода и метанол - гексан приводит к увеличению флуктуационной части вязкости раствора и температуры фазового перехода.

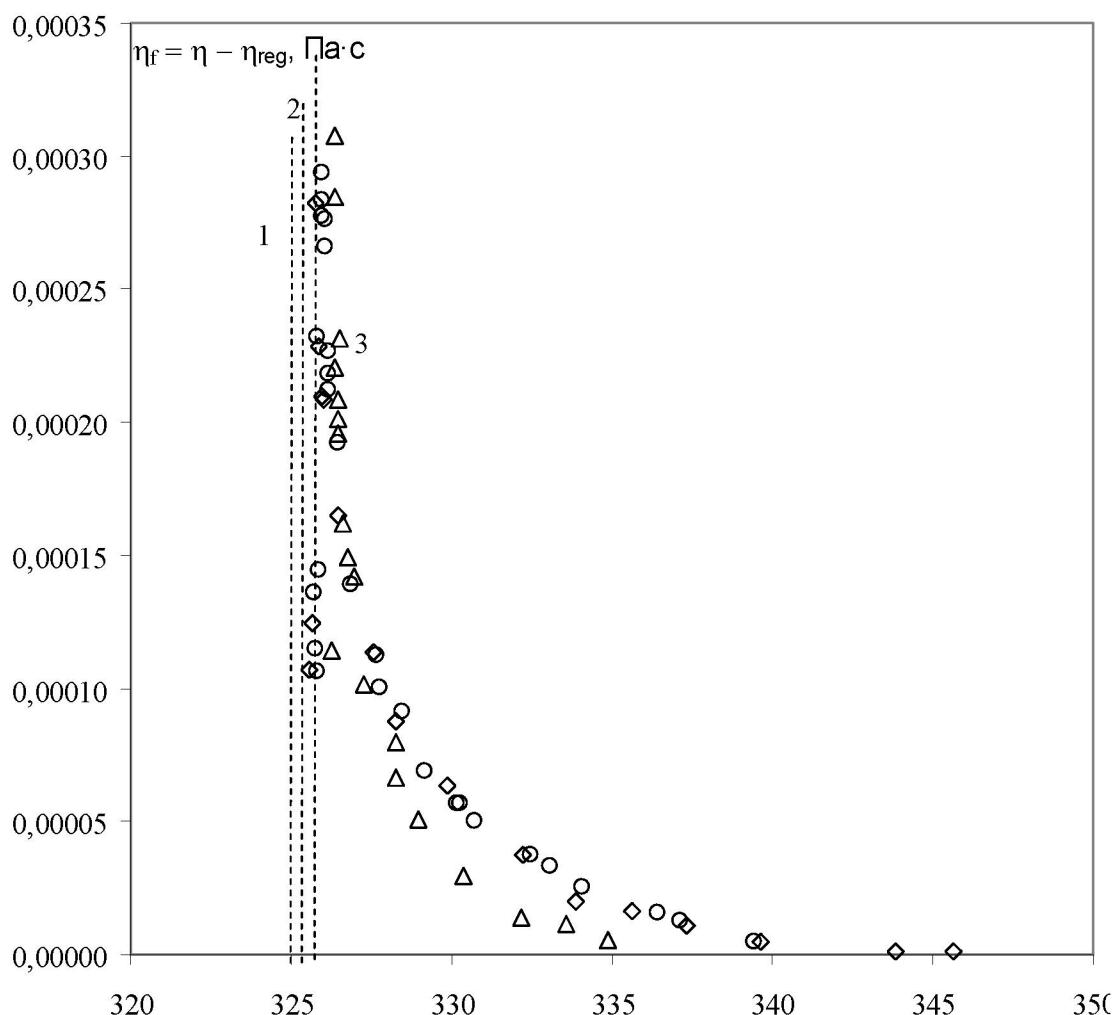


Рис. 3 - Температурные зависимости флюктуационной части вязкости раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  (1), и раствора изомасляная кислота-вода +  $KCl$  с добавлением наночастиц лапонитов с массовой концентрацией 0,025% (2) и 0,15% (3). Вертикальными пунктирумыми линиями показано увеличение температуры фазового перехода при добавлении лапонитов.

Анализ приведенных выше результатов экспериментальных исследований (рис. 1 - 3) влияния наночастиц лапонитов на поведение вязкости раствора вблизи критической температуры расслоения позволяет сделать ряд выводов:

1. Экспериментально исследовано влияние добавления наночастиц лапонитов на кинетическую характеристику растворов - вязкость вещества. Впервые показано, что добавление наночастиц лапонитов в раствор вблизи критической температуры расслоения приводит к увеличению его вязкости.

2. Добавление наночастиц лапонитов приводит к увеличению температуры фазового перехода и увеличению сил межмолекулярного взаимодействия в растворе.

3. Сделанные выводы согласуются с результатами проведенных экспериментальных исследований вязкости растворов метанол - гексан, изомасляная кислота - вода и при добавлении к ним ионов  $KCl$  вблизи критической температуры расслоения.

Исходя из прямой взаимосвязи вязкости и радиуса корреляции системы сделан вывод, что добавление лапонитов в раствор приводит к увеличению радиуса корреляции раствора.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алехин А.Д., Билоус О.И., Остапчук Ю.Л., Рудников Е.Г., Гаркуша Л.Н., Елеусинов Б.Т., Сборник работ международной конференции „Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах”. // Махачкала, 2010. - №379.
- 1 Ландау Л.Д. Статистическая физика. - М.: Наука, 1976. - 584 с.
- 1 Fixman M. Viscosity of critical mixtures // J. Chem. Phys. - 1962. - V.36, №2. - P.310 – 320.
- 1 Alekhin A.D. Equations of Critical Viscosity and Limits of their Application // Ukr. J. Phys. 2004, Vol. 49, N 2, p.138-140.
- 1 Alekhin A.D., Bilous O.I. Behavior of the Viscosity of Liquid Systems near the Critical Temperature of Stratification // Ukr. J. Phys. 2007, Vol. 52, N 8, p.793-797.
- 1 Alekhin A.D., Sperkach V.S., Abdikarimov B.Zh., Bilous O.I. Viscosity of Liquid Crystal Pentylcyanobiphenyl Close to the Point of the Nematic - Dielectric Liquid Phase Transition // Ukr. J. Phys. 2000, Vol. 45, N 9, p.1067-1069.

## LITERATURA

- Alehin A.D., Bilous O.I., Ostapchuk Ju.L., Rudnikov E.G., Garkusha L.N., Eleusinov B.T., Sbornik rabot mezhdunarodnoj konferencii „Fazovye perehody, kriticheskie i nelinejnye javlenija v kondensirovannyh sredah”. // Mahachkala, 2010. - №379.
- Landau L.D. Statisticheskaja fizika. - M.: Nauka, 1976. - 584 s.
- Fixman M. Viscosity of critical mixtures // J. Chem. Phys. - 1962. - V.36, №2. - P.310 – 320.
- Alekhin A.D. Equations of Critical Viscosity and Limits of their Application // Ukr. J. Phys. 2004, Vol. 49, N 2, p.138-140.
- Alekhin A.D., Bilous O.I. Behavior of the Viscosity of Liquid Systems near the Critical Temperature of Stratification // Ukr. J. Phys. 2007, Vol. 52, N 8, p.793-797.
- Alekhin A.D., Sperkach V.S., Abdikarimov B.Zh., Bilous O.I. Viscosity of Liquid Crystal Pentylcyanobiphenyl Close to the Point of the Nematic - Dielectric Liquid Phase Transition // Ukr. J. Phys. 2000, Vol. 45, N 9, p.1067-1069.

## СЫНДЫҚ ТЕМПЕРАТУРА МАҢЫНДАҒЫ ЕРІТІНДІ ҚАСИЕТТЕРИНЕ СЫРТҚЫ ФАКТОРДЫҢ ӘСЕРІ

Б.Ж.ӘБДІКӘРІМОВ, Б.И.МҰСАТАЕВА

### Резюме

Жұмыста сындық температураларға жақын изомай қышқылы-су ерітіндісіне лапонит нанобөлшегін енгізгеннен кейінгі ерітінді тұтқырлығының температуралық байланыстырының тәжірибелік зерттеуіндең. Сындық температураларға жақын ерітіндіге лапонит нанобөлшегін енгізу ерітінді тұтқырлығының оған байланысты жүйенің корреляция радиусының өсітіндігіне алып келетіндігі көрсетілді. Сонымен қатар лапонит нанобөлшегін енгізу жүйенің фазалық алмасу температурасының және ерітіндінің молекулааралық өзара әсер күшінің өсуіне алып келеді.

## THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON PROPERTY OF SOLUTION NEAR THE CRITICAL TEMPERATURE OF EXFOLIATION

B.ZH. ABDIKARIMOV, B.I.MUSATAEVA

### Summary

Temperature dependence of viscosity of isobutyric acid-water + KCl solution with the addition of laponite nanoparticles near the critical consolute temperature has been experimentally studied. It has been shown, that the addition of laponite nanoparticles to solution near the critical consolute temperature leads to increase of the viscosity and associated with it correlation length of the system. The addition of laponite nanoparticles also causes the increasing of the phase transition temperature and increasing of intermolecular interaction forces in the solution.

Абдикаримов Бахытхан Жунайдович

доктор физ.-мат. наук, профессор

Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

Мұсатаева Бактыгул Исадайкызы

магистрант

Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан