

УДК 541.8 + 532.13

## ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ N-МЕТИЛПИРРОЛИДОН – ЭТАНОЛ

А. П. Красноперова<sup>1</sup>, Г. Д. Юхно<sup>1</sup>, А. Н. Ляпунов<sup>2</sup>, Е. П. Безуглая<sup>2</sup>

Исследована зависимость плотности двухкомпонентной системы N-метилпирролидон (NMP) – этанол (EtOH) от состава и температуры. Установлено, что зависимость плотности от состава раствора носит нелинейный характер, что свидетельствует о неидеальности исследуемой системы. По экспериментальным данным о плотности рассчитаны псевдомольные объемы и избыточные псевдомольные объемы. ( $V_M^E$ ). Обсуждаются особенности межчастичных взаимодействий в смешанных растворителях NMP – EtOH, в частности, образование ассоциатов NMP : 2 EtOH.

**Ключевые слова:** плотность, двухкомпонентная система, N-метилпирролидон, этанол, избыточные псевдомольные объемы.

### Введение

В современной фармации в качестве носителей лекарственных веществ используются смешанные органические растворители. Для создания жидких и мягких лекарственных форм большой интерес представляют смеси N-метилпирролидона (NMP) с этанолом.

NMP – простейший циклический амид, который благодаря исключительно высокой термической и химической стабильности, широко используется как селективный растворитель органических и неорганических веществ. Во многом этим объясняется значительное число публикаций посвященных исследованию растворов на его основе [1-11]. Широчайшее применение в различных фармацевтических технологиях находит этиловый спирт.

В то же время при создании лекарственных препаратов на основе NMP и EtOH принципиально важен научно обоснованный выбор состава растворителя, который должен базироваться на результатах физико-химического анализа.

Поэтому изучение физико-химических свойств смесей NMP – EtOH является важным этапом на пути создания новых лекарственных препаратов. Кроме того, исследование бинарных органических растворителей вызывает значительный интерес с точки зрения структурных преобразований и межчастичных взаимодействий, происходящих с изменением состава смеси.

С этой целью наряду с другими физико-химическими методами широко используется метод денсиметрии.

Плотность относится к разряду важнейших физических свойств вещества в жидком состоянии. Данные о плотности необходимы для расчета других физических характеристик жидкостей: вязкости, изотермической и адиабатической сжимаемости, объемной удельной теплоемкости, удельной и молярной рефракции, поверхностного натяжения и других свойств. Измерение плотности жидкостей необходимо для разработки методов контроля качества продукции и управления технологическими процессами.

Особое значение имеет денсиметрия для структурных исследований жидкостей, в частности для изучения взаимодействий растворитель – растворитель и растворитель – растворенное вещество. Поэтому плотность жидкостей до настоящего времени остается одним из наиболее часто и широко используемых физических свойств.

Настоящая работа посвящена изучению объемных свойств двухкомпонентной системы NMP – EtOH в широком интервале составов температур.

<sup>1</sup> Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

<sup>2</sup> ГНУ НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, г. Харьков

### Экспериментальная часть

Смешанные растворители NMP – этанол готовили гравиметрическим методом. Подготовку растворителей к исследованию осуществляли по известным методикам [12,13]. N-метилпирролидон перегоняли под вакуумом над молекулярными ситами NaA с отбором средней фракции. Абсолютизацию этилового спирта осуществляли последовательно обработкой безводным сульфатом меди, перегонкой над оксидом кальция и азеотропной осушкой над бензолом. Качество растворителей контролировали по плотности и диэлектрической проницаемости.

Плотность определяли пикнометрическим методом. При измерениях применяли пикнометры вместимостью  $(15-20) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ , диаметр капилляров которых не превышал  $1,5-2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Пикнометры калибровали при заданной температуре несколько раз в течение периода работы по дважды перегнанной воде. Пикнометры, заполненные жидкостью, термостатировали 20-30 мин. Для каждого состава производилось не менее трех заполнений и трех взвешиваний при заданной температуре. Термостатирование осуществляли с точностью  $\pm 0.05 \text{ К}$ . Максимальная погрешность определения плотности с учетом систематической погрешности (0.005 %) и случайной погрешности, которая в зависимости от значения плотности лежит в пределах  $0.005 \div 0.008 \%$ , составляла 0.02 %.

### Результаты и обсуждение

Данные о плотности растворов NMP - этанол в интервале температур 293.15 К - 328.15 К приведены в таблице. Как видно из таблицы плотность растворов NMP - EtOH с изменением состава и температуры изменяется в широких пределах.

Таблица. Плотность растворов NMP - EtOH, кг/м<sup>3</sup>.

Мол. доля NMP	293.15	298.15	303.15	308.15	313.15	318.15	323.15	328.15
0.0000	789.5	784.9	780.9	776.6	772.3	767.5	763.2	758.8
0.0491	810.1	805.3	801.3	796.8	792.6	787.5	783.3	778.7
0.1042	831.4	826.4	822.5	817.8	813.6	808.4	804.3	799.5
0.1662	853.7	848.5	844.8	839.8	835.8	830.4	826.4	821.4
0.2460	879.3	873.9	870.3	865.1	861.3	855.7	851.9	846.6
0.3175	900.2	894.5	891.1	885.6	882.0	876.2	872.6	867.1
0.4110	924.9	919.0	915.7	910.0	906.6	900.6	897.2	891.4
0.5205	950.3	944.2	941.1	935.1	932.0	925.8	922.7	916.6
0.5826	963.0	956.8	953.9	947.8	944.9	938.5	935.0	929.3
0.6580	977.6	971.3	968.5	962.3	959.5	953.0	950.3	943.9
0.7250	989.9	983.5	980.8	974.4	971.8	965.2	962.6	956.0
0.8072	1003.8	997.3	994.8	988.2	985.7	979.1	976.7	970.0
0.8974	1018.1	1011.4	1009.1	1002.4	1000.2	993.3	991.1	984.3
1.0000	1032.9	1026.1	1024.0	1017.1	1015.0	1008.1	1006.1	999.1

Политермические исследования плотности использованы для построения изотерм зависимости плотности от состава раствора при различных температурах (рис.1).

Изотермы плотности нелинейны и монотонно выпуклы от оси абсцисс. Причем с ростом температуры выпуклость уменьшается. В отличие от ранее изученной системы вода - NMP [6,11,14,15] изотермы плотности растворов NMP - этанол не имеют ясно выраженного экстремума, хотя вид изотерм свидетельствует о неидеальности исследуемой системы [15].

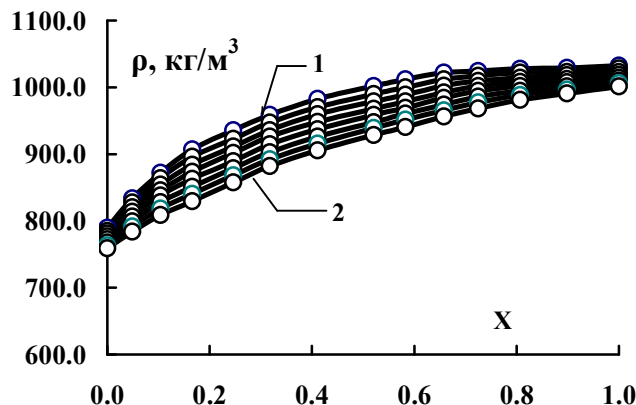
Для выяснения характера и степени взаимодействия между компонентами смешанного растворителя из данных о плотности по известным соотношениям [15] рассчитаны псевдомольные объемы и отклонения псевдомольных объемов ( $V_M^E$ ) от аддитивности:

$$V_M = (X_1 M_1 + X_2 M_2) / \rho \quad (1)$$

и

$$V_M^E = V_M - (X_1 V_{M_1} + X_2 V_{M_2}), \quad (2)$$

где  $V_M$  – псевдомольный объем смеси;  $\rho$  – плотность смеси;  $V_M^E$  – избыточный псевдомольный объем;  $V_{M_1}, V_{M_2}$  – мольные объемы 1-го и 2-го компонента, соответственно;  $X_1, X_2$  – мольные доли 1-го и 2-го компонента, соответственно.



**Рисунок 1.** Зависимость плотности растворов NMP - этанол от состава и температуры: X— мольная доля NMP; 1-293.15 К, 2-328.15 К

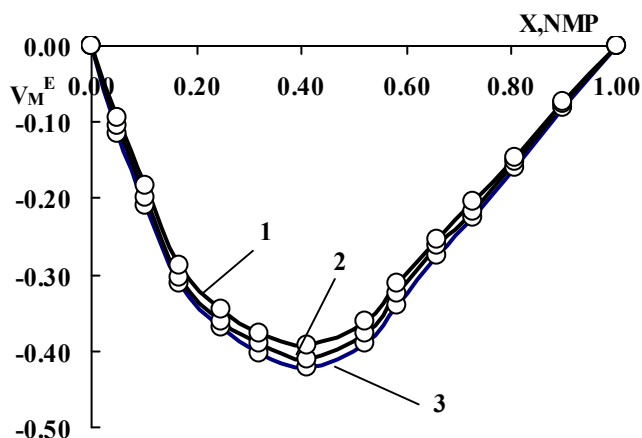
Зависимости избыточных псевдомольных объемов от мольной доли NMP аппроксимированы методом наименьших квадратов полиномами Редлиха - Кистера [16] третьей степени:

$$V_M^E = X_2 \cdot (1 - X_2) \cdot \sum_{p=0}^3 A_p \cdot (1 - 2 \cdot X_2)^p, \quad (3)$$

где  $A_p$  — постоянные коэффициенты, не зависящие от состава раствора;  $p$  — степень полинома;  $X_2$  — мольная доля второго компонента бинарной системы.

Изотермы отклонений псевдомольного объема смеси NMP - EtOH от аддитивных значений при всех изученных температурах носят экстремальный характер (рис.2).

Значения  $V_M^E$  смесей во всей области составов отрицательны и свидетельствуют о том, что процесс образования растворов NMP - EtOH идет со сжатием. Величина сжатия составляет более 1%, что предполагает значительное взаимодействие между компонентами смеси.



**Рисунок 2.** Зависимость избыточного псевдомольного объема системы NMP - EtOH  $V_M^E$  (см<sup>3</sup>/моль) от состава и температуры: X – мольная доля NMP; 1-293,15 К; 2-308,15 К; 3-328,15 К

При этом повышение температуры приводит к уменьшению абсолютных значений отклонений. Рост температуры, усиливая тепловое движение, ослабляет взаимодействие между молекулами компонентов смеси, что приводит к уменьшению абсолютных значений  $V_M^E$  [15].

Как правило [16], объемные эффекты смешения определяются следующими пространственными и энергетическими факторами: различием в размерах молекул смешиваемых компонентов, особенностями формы молекул, изменением молекулярных ориентаций, различием в энергиях взаимодействия однородных и разнородных молекул, образованием химического соединения в растворе. Вопрос о том, какие из этих факторов являются определяющими, какие виды межмолекулярных взаимодействий обуславливают тип зависимости  $V_M^E$  от состава, окончательно не решен.

Оба компонента исследуемой системы полярны и значительно ассоциированы в чистом виде [9,17,18]. N-метилпирролидон является типичным апротонным полифункциональным неэлектролитом, который способен к образованию водородных связей с этанолом за счет карбонильного атома кислорода группы  $C=O \cdots H-O$  и атома азота  $N \cdots H-O$  [19].

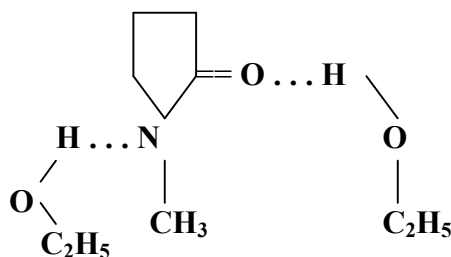
Этиловый спирт является ассоциированной жидкостью за счет образования водородных связей через гидроксильные группы [18]. Каждая молекула спирта способна к образованию двух водородных связей. Наряду с линейными ассоциатами в этиловом спирте существуют и циклические димеры либо тетрамеры.

На примере большого количества бинарных жидкостей, компоненты которых ассоциированы за счет водородных связей [18], показано, что неспецифические взаимодействия обычно вносят положительный вклад в  $V_M^E$ . Отрицательный вклад может быть обусловлен как геометрическим различием молекул смешиваемых компонентов, так и специфическим взаимодействием между разнородными молекулами.

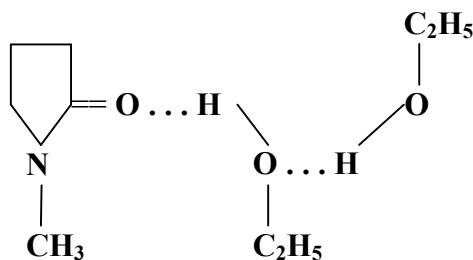
Как видно из рис. 2 максимум  $V_M^E$  лежит в области содержания  $\sim 0.4$  м.д. NMP. Это свидетельствует об образовании в данной системе ассоциатов NMP : 2EtOH и согласуется с данными [3, 5, 9, 20-23].

Очевидно, при смешении N-метилпирролидона и этанола происходит разрушение пространственной сетки водородных связей спирта под действием молекул апротонного растворителя, разрушение диполь-дипольных ассоциатов N-метилпирролидона и образование водородных связей между компонентами смеси.

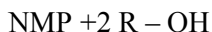
Причем образование ассоциатов между компонентами системы может быть двух типов. В первом случае образование водородных связей происходит по двум протоноакцепторным центрам NMP (тип 1):



Второй тип водородной связи возможен за счет взаимодействия молекулы NMP с димерной молекулой этанола (тип 11):



Следует отметить что результаты настоящей работы недостаточны для предпочтения того или иного механизма ассоциации компонентов смеси. Отсутствие экстремумов на изотермах плотности исследуемой системы может свидетельствовать о меньшей величине константы равновесия реакции:



для случая  $\text{R} = \text{CH}_3$ , чем для  $\text{R} = \text{H}$ . Можно предположить, что это связано как с меньшей протонодонорной способностью  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  вследствие индуктивного влияния  $\text{C}_2\text{H}_5$ -группы, так и с возможными стерическими препятствиями при образовании комплексного соединения типа 1.

### Литература

1. Hradetzky G., Hammerl I., Kisan W., Wener K., Bittrich H.J. Data of Selective Solvents. - Berlin: DVD. 1989. 360 p.
2. Михайлов Г. М., Лебедева М. Ф., Пинаев Г. П. и др. Новые тканые матрицы на основе рассасывающегося природного полисахарида хитина для культивирования и трансплантации клеток кожи человека. //Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. – 2006, №4 (6). – С. 56 - 61.
3. Зайчиков А. М. Термодинамические характеристики и межмолекулярные взаимодействия в водных растворах N-метилпирролидона. // Журн. общей химии. – 2006. – Т. 76, № 4. – С. 660 - 667.
4. Ahn J.-H., Kim J.-K., Kim H.-S., Kim E. J. and Koo K.-K. Solubility of 1,1-Diamino-2,2-dinitroethylene in N,N-Dimethylformamide, Dimethyl Sulfoxide, and N-Methyl-2-pyrrolidone. // J. Chem. Eng. Data. –2009. –V. 54. –P. 3259-3260.
5. Афанасенко Л. Д., Ярым-Агаев Н. Л., Толмачева Г. Б. Фазовые равновесия жидкость-пар растворов диэтиленгликоль - N-метилпирролидон - вода. // Журнал прикл. химии. - 1980, №7. -С. 1509-1513.
6. Henni A., Hromek J. J., Tontiwachwuthikul P., Chakma A. Volumetric Properties and Viscosities for Aqueous N-Methyl-2-pyrrolidone Solutions from 25 °C to 70 °C. //J. Chem. Eng. Data. – 2004. –V. 49. –P. 231-234.
7. Михалькова О.А., Хрипач Е.А., Ленина О.Ф., Новиков А.Н., Василев В.А. Объемные свойства растворов предельных и ароматических углеводородов и иона аммония в N-метилпирролидоне при 298,15 К. // Успехи в химии и химической технологии. –2008. – Т 22, № 3. – С. 116-119.
8. Куковинец Е.В., Афанасенко Л.Д., Матвиенко В.Г., Калиниченко В.П. Физико-химические свойства двухкомпонентных растворов N-метилпирролидон-этиленгликоль. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Хімія і хімічна технологія". Випуск 108 - Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2006. - С. 69 - 74.
9. Garcia-Gimenez P., Gil L., Blanco S. T., Velasco I. and Otin S. Densities and Isothermal Compressibilities at Pressures up to 20 MPa of the Systems 1-Methyl-2-pyrrolidone + 1-Chloroalkane or +  $\alpha, \beta$ -Dichloroalkane. // J. Chem. Eng. Data. – 2008. – V. 53. – P. 66 - 72.
10. Garcı B., Aparicio S., Alcalde R., Davila M.J. and Leal J.M Modeling the PVTx Behavior of the N-Methylpyrrolidinone-Water Mixed Solvent.. // Ind. Eng. Chem. Res. – 2004. – V. 43, – 3205 - 3215.
11. Shayanfar A., Acree W. E. Jr. and Jouyban A. Solubility of Clonazepam, Diazepam, Lamotrigine, and Phenobarbital in N-Methyl-2-pyrrolidone + Water Mixtures at 298.2 K.//J. Chem. Eng. Data. – 2009. – V. 54. – P. 2964 - 2966.
12. Державна Фармакопея України / ДП «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. –Доповнення 1. – 2004. – 520 с.
13. Вайсберггер, Э. Проскауэр, Дж. Риддик, Э. Тупс Органические растворители. – М.: Изд-во ин. лит. – 1958. – 520 с.
14. Безуглая Е.П., Ляпунов Н.А., Красноперова А.П., Юхно Г.Д., Черный А.В. Вязкость и термодинамика вязкого течения системы вода - N-метилпирролидон. Вісник Харківського національного університету, 2009, № 870, Хімія, вип. 17(40). С. 199-207.
15. Филалков Ю.Я., Житомирский А.Н., Тарасенко Ю.А. Физическая химия неводных растворов. – Л.: Химия, 1973. – 376 с.

16. Смородинов С.В., Безносок С.А., Оскорбин Н.М. Концентрационная зависимость свойств двухкомпонентных систем при фазовом или химическом равновесии. // Ползуновский вестник. – 2009, № 3 – С. 34-36.
17. Грушова Е.И., Юсевич А.И. Структурно-термодинамические характеристики разбавленных растворов спиртов в апротонных растворителях. // Журнал физ. химии. – 2007. – Т.81, №12. – С. 2194-2197.
18. Родникова М.Н. Особенности растворителей с пространственной сеткой Н связей. // Журн. физ. химии. – 1993. - Т.67, №2 - С.275-280.
19. Пиментел Дж., Мак-Киллан О. Водородная связь. – М.: Мир, 1964.– 462 с.
20. Awwad A.M, Alios E.I. Thermodynamic properties of binary mixtures containing N-methylpyrrolidone. I. Excess molar volumes of (an n-alkanol N-methylpyrrolidone). // J. Chem. Thermodynamics. – 1985. – V.17. – P. 635 - 639.
21. Гранжан В.А., Кириллова О.Г. Физико-химический анализ системы N-метилпирролидон - метанол. // Журн. прикл. химии. – 1970, № 8. –С. 1875-1877.
22. Davila M. J., Trusler J. P. M. Thermodynamic properties of mixtures of N-methyl-2- pyrrolidinone and methanol at temperatures between 298.15 K and 343.15 K and pressures up to 60 MPa. // J. Chem. Thermodyn. – 2009. – V.41, № 1. – P. 35- 45.
23. Garcia-Abuin A., Gomez-Diaz D., La Rubia M. D., Navaza J. M.. Density, Speed of Sound, Viscosity, Refractive Index, and Excess Volume of N-Methyl-2-pyrrolidone + Ethanol (or Water or Ethanolamine) from T = (293.15 to 323.15) K. // J. Chem. Eng. Data. –2011. –V.56. –P. 646-651.

#### Reference

1. Hradetzky G., Hammerl I., Kisan W., Wener K., Bittrich H.J. Data of Selective Solvents. - Berlin: DVD. - 1989. - 360 p.
2. Mihaylov G. M., Lebedeva M. F., Pinaev G. P. i dr. Novy'e tkany'e matricy' na osnove rassasy'vayusch'egosya prirodnoho polisaharida hitina dlya kul'tivirovaniya i transplantacii kletk koji cheloveka. //Kletochnaya transplantologiya i tkanevaya injeneriya. - 2006, №4 (6). - S. 56 - 61 [in Russian].
3. Zaychikov A. M. Termodinamicheskie harakteristiki i mejmolekulyarny'e vzaimodeystviya v vodny'h rastvorah N-metilpirrolidona. // Journ. obsch'ey himii. -2006. - Т. 76, № 4. - S. 660 - 667 [in Russian]
4. Ahn J.-H., Kim J.-K., Kim H.-S., Kim E. J. and Koo K.-K. Solubility of 1,1-Diamino-2,2-dinitroethylene in N,N-Dimethylformamide, Dimethyl Sulfoxide, and N-Methyl-2-pyrrolidone. // J. Chem. Eng. Data. - 2009. - V. 54. - P. 3259-3260.
5. Afanasenko L. D., Yary'm - Agaev N. L., Tolmacheva G. B. Fazovy'e ravnovesiya jidkost'par rastvorov die'tilenglikol' - N-metilpirrolidon - voda. // Jurnal prikl. himii. - 1980, №7. -S. 1509-1513 [in Russian] .
6. Henni A., Hromek J. J., Tontiwachwuthikul P., Chakma A. Volumetric Properties and Viscosities for Aqueous N-Methyl-2-pyrrolidone Solutions from 25 °C to 70 °C. // J. Chem. Eng. Data. – 2004. – V. 49. –P. 231-234.
7. Mihal'kova O.A., Hripach E.A., Lenina O.F., Novikov A.N., Vasilev V.A. Ob'emny'e svoystva rastvorov predel'ny'h i aromatcheskih uglevodorodov i iona ammoniya v N-metilpirrolidone pri 298,15 K. // Uspehi v himii i himicheskoy tehnologii. -2008. -Т 22, № 3. - S. 116-119[in Russian].
8. Kukovinec E.V., Afanasenko L.D., Matvienko V.G., Kalinichenko V.P. Fiziko-himicheskie svoystva dvuhkomponentny'h rastvorov N-metilpirrolidon-e'tilenglikol'. Naukovi' praci' Donec'kogo naci'onaln'ogo tehni'chnogo uni'versitetu. Seri'ya: "Hi'mi'ya i' hi'mi'chna tehnologi'ya". Vipusk 108 - Donec'k: TOV "Lebi'd" 2006. – S. 69-74 [in Ukrainian].
9. Garcia-Gimenez P., Gil L., Blanco S. T., Velasco I. and Otin S. Densities and Isothermal Compressibilities at Pressures up to 20 MPa of the Systems 1-Methyl-2-pyrrolidone + 1-Chloroalkane or + r,u-Dichloroalkane. // J. Chem. Eng. Data. - 2008. -V. 53. -P. 66-72.
10. Garcí B., Aparicio S., Alcalde R., Davila M.J. and Leal J.M Modeling the PVTx Behavior of the N-Methylpyrrolidinone-Water Mixed Solvent.. // Ind. Eng. Chem. Res. – 2004. –V. 43, – P. 3205 - 3215.

11. Shayanfar A., Acree W. E. Jr. and Jouyban A. Solubility of Clonazepam, Diazepam, Lamotrigine, and Phenobarbital in N-Methyl 2-pyrrolidone + Water Mixtures at 298.2 K. // J. Chem. Eng. Data. - 2009. - V. 54. - P. 2964-2966.
12. Derjavna Farmakopeya Ukraïni / DP «Naukovo-ekspertnyi farmakopeyniy centr». - 1-e vid. - Harkiv: RI'REG, 2001. - Dopovnennya 1. - 2004. - 520 s [in Ukrainian].
13. Vaysbergger, E'. Proskauer, Dj. Riddik, E'. Tups Organicheskie rastvoriteli. - M.: Izd-vo In. lit. - 1958. - 543 s [in Russian].
14. Bezuglaya E.P., Lyapunov N.A., Krasnoperova A.P., Yuhno G.D., Cherny'y A.V. Vyazkost' i termodinamika vyazkogo techeniya sistemy' voda - N-metilpirrolidon. Visn. Hark. nac. univ., Ser. Him., № 870. - 2009. issue. 17(40). - S. 199 - 207 [in Ukrainian].
15. Fialkov YU.YA., Jitomirskiy A.N., Tarasenko YU.A. Fizicheskaya himiya nevodny'h rastvorov. - L.: Himiya, 1973. -376 s [in Russian].
16. Smorodinov S.V., Beznosyuk S.A., Oskorbin N.M. Koncentracionnaya zavisimost' svoystv dvuhkomponentny'h sistem pri fazovom ili himicheskom ravnesii. // Polzunovskiy vestnik. - 2009, № 3 - S. 34-36 [in Russian].
17. Grushova E.I., YUsevich A.I. Strukturno-termodinamicheskie harakteristiki razbavleny'h rastvorov spirtov v aprotorny'h rastvoritelyah. // Jurnal fiz. himii. -2007. -T.81, №12. - S. 2194-2197. [in Russian].
18. Rodnikova M.N. Osobennosti rastvoriteley s prostranstvennoy setkoy N-svyazey. // Journ. fiz. himii. - 1993. -T.67, №2 - S.275-280 [in Russian].
19. Pimentel Dj., Mak-Killan O. Vodorodnaya svyaz'. - M.: Mir, 1964. - 462 s.
20. Awwad A.M, Alios E.I. Thermodynamic properties of binary mixtures containing N-methylpyrrolidone. I. Excess molar volumes of (an n-alkanol N-methylpyrrolidone) // J. Chem. Thermodynamics. - 1985. - V.17. - P. 635 - 639.
21. Granjan V.A., Kirillova O.G. Fiziko-himicheskiy analiz sistemy' N-metilpirrolidon - metanol. // Journ. prikl. himii. - 1970, № 8. -S. 1875-1877 [in Russian] .
22. Davila M. J., Trusler J. P. M. Thermodynamic properties of mixtures of N-methyl-2-pyrrolidinone and methanol at temperatures between 298.15 K and 343.15 K and pressures up to 60 MPa. // J. Chem. Thermodyn. - 2009. - V.41, № 1. -P. 35- 45.
23. Garcia-Abuin A., Gomez-Diaz D., La Rubia M. D., Navaza J. M.. Density, Speed of Sound, Viscosity, Refractive Index, and Excess Volume of N-Methyl-2-pyrrolidone + Ethanol (or Water or Ethanamine) from T = (293.15 to 323.15) K. // J. Chem. Eng. Data. -2011. -V.56. - P. 646-651.

*Поступила в редакцию 21 октября 2013 г.*

А. П. Краснопорова, Г. Д. Юхно, А. М. Ляпунов, О. П. Безугла. Об'ємні властивості двокомпонентної системи n-метилпірролідон - етанол.

Досліджено залежність густини двокомпонентної системи N-метилпірролідон (NMP) – етанол (EtOH) від складу і температури. Встановлено, що залежність густини від складу розчину носить нелінійний характер, що свідчить про неідеальність досліджуваної системи. За експериментальними даними про густину розраховані псевдомольні об'єми та надмірні псевдомольні об'єми ( $V_M^E$ ). Обговорюються особливості міжчасткових взаємодій у змішаних розчинниках NMP – (EtOH), зокрема, утворення асоціатів NMP): 2 EtOH.

**Ключові слова:** густина, двокомпонентна система, етанол, N-метилпірролідон, надмірні псевдомольні об'єми.

A. P. Krasnopyorova, G. D. Yuhno, A. N. Lyapunov, E. P. Bezuglaya. The volume properties of the two-component system n-methylpyrrolidone - ethanol.

The dependences of the density of a two-component system N-methylpyrrolidone (NMP) - ethanol (EtOH) on the composition and temperature have been examined. The former is found to be non-linear that indicates that the system is non-ideal. Proceeding from these experimental data the pseudomolar volumes and excessive pseudomolar volumes ( $V_M^E$ ) have been calculated. Peculiarities of interparticle interactions in

mixed solvents NMP – EtOH, in particular, the formation of associates NMP: 2 EtOH are discussed.

**Key words:** density, two-component system, ethanol, N-methylpyrrolidone, excessive pseudomolar volumes.

Kharkov University Bulletin. 2013. № 1085. Chemical Series. Issue 22 (45).