

УДК 544.344

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМАХ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОН – НЕОРГАНИЧЕСКАЯ СОЛЬ – ВОДА

Г. Д. Юхно, А. П. Красноперова, В. Д. Трифонов

Исследованы фазовые равновесия в двухфазных водных системах на основе поли-N-винилпирролидона и ряда неорганических солей (сульфатов натрия, магния и аммония) с целью выбора оптимальных условий получения гетерогенных систем для создания эффективных экстракционных систем для выделения и разделения металлов. Используя данные о плотности фаз и построенных бинодалей, рассчитаны составы сосуществующих фаз в системах поливинилпирролидон – соль – вода.

Ключевые слова: экстракция, гетерогенная система, атермический эффект, бинодаль, поливинилпирролидон, структурный фактор, фазовая диаграмма.

Введение

Возрастающие потребности мировой экономики в новых полимерных материалах постоянно стимулируют исследования, направленные не только на синтез новых полимеров, но и на получение многокомпонентных систем с заданными свойствами на основе уже существующих полимеров. Среди множества полимерных систем уже долгое время сохраняется неослабевающий интерес к водорастворимым полимерам. Последние оказались незаменимыми во многих отраслях экономики, в особенности – в фармацевтике и медицине. Основные преимущества водорастворимых полимеров – нетоксичность, высокая гидрофильность, способность к комплексообразованию со многими органическими, неорганическими и биологическими объектами [1,2].

Двухфазные водные системы, образующиеся при высаливании полимера из водных растворов неорганическими солями, успешно применяются в аналитических целях для экстракции гидратированных комплексов металлов, разделения продуктов ядерного деления, белков, вирусов. Эти системы состоят из двух водных фаз, одна из которых содержит преимущественно растворимый полимер, вторая – преимущественно фазообразующую соль (или другой полимер).

Однако, одно из интереснейших и необычных явлений – фазовое разделение в растворах полимеров, протекающее обратимо и количественно при весьма незначительных измерениях концентрации вводимых простых солей, получило далеко не полное объяснение.

Корректная интерпретация фазовых переходов в растворах полимеров является фундаментальной проблемой, от решения которой во многом зависит создание единой теории фазового разделения. Не менее важен и прикладной аспект этой проблемы, так как общий подход к получению растворов полимеров с заданными параметрами фазового разделения невозможен без выявления движущих сил и факторов, влияющих на него.

Поливинилпирролидон (ПВПД) является растворимым в воде аморфным полимером [2,3], обладающим высоким потенциалом для промышленного применения. В присутствии неорганических солей и некоторых органических соединений [4,5], водные растворы поливинилпирролидона способны к фазовому расслоению; с другой стороны, сам полимер способствует повышению растворимости некоторых низкомолекулярных веществ.

Цель настоящей работы – исследование фазовых равновесий в системах поли-N-винилпирролидон – соль – вода с целью выбора оптимальных условий получения гетерогенных систем и расчет состава сосуществующих фаз.

Экспериментальная часть

Для проведения эксперимента были использованы поли-N-винилпирролидон K90 с молекулярной массой 360000 производства фирмы "AppliChem GmbH" (Germany) и неорганические соли Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, MgSO_4 марки х.ч. Поливинилпирролидон использовали без дополнительной очистки в виде водного раствора с массовой долей 10%.

В качестве солей-фазообразователей использованы $MgSO_4 \times 7H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4 . Растворы солей $MgSO_4 \times 7H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4 с концентрациями 40% мас., 40% мас. и 20% мас., соответственно готовились гравиметрически и хранились в герметично закрытой посуде. Для приготовления растворов использовали дистиллированную воду.

Плотность фаз и водных растворов солей определяли пикнометрически.

Фазовые равновесия изучали методом титрования водного раствора полимера раствором соли известной концентрации до точки помутнения. Титрование проводили до устойчивого помутнения системы, которое контролировали визуально. С этой целью предварительно рассчитывается состав смеси. Затем добавляется 1 см^3 воды, после чего смесь вновь становится прозрачной. Процедура титрования водного раствора полимера описана в [6]. Исследования проводили при температурах 298, 308 и 318 К в воздушном термостате, погрешность термостатирования составляла $\pm 1\text{ К}$.

Результаты и обсуждение

Двухфазная система из водных растворов соли и ПВПД образуется только при определенных концентрациях компонентов. Соотношения, при которых происходит разделение фаз, были описаны с помощью фазовых диаграмм, состоящих из двух областей, разделенных между собой бинадальными кривыми. Для всех смесей, где концентрация веществ соответствовала точкам, лежащим выше бинадали, наблюдалось разделение фаз, ниже – система оставалась гомогенной [7].

Бинадальные кривые при температурах 298-318 К были аппроксимированы степенной функцией в пределах концентрационных интервалов, на которых они были экспериментально определены:

$$y = aw^3 + bw^2 + cw + d$$

где y – массовая доля полимера (%); w – массовая доля соли (%); a, b, c, d – коэффициенты аппроксимационного уравнения (таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов в уравнениях аппроксимации бинадальных кривых для систем ПВПД – соль – вода при температурах 298 К, 308 К и 318 К

Соль	T, К	Интервал w (соль).%	a	b	c	d	R ²
$MgSO_4$	298	[7.38 – 9.65]	-0.1250	3.6193	-36.867	131.58	0.9990
	308	[6.91 – 9.25]	-0.1501	3.8736	-35.541	116.52	0.9982
	318	[6.40 – 8.53]	-0.2823	6.8050	-57.081	167.17	0.9981
$(NH_4)_2SO_4$	298	[9.20–11.61]	-0.1201	4.2309	-51.475	216.64	0.9996
	308	[9.08–11.18]	0.1397	-3.6822	29.667	-65.494	0.9997
	318	[7.71–10.42]	-0.2389	7.4733	-78.007	271.99	0.9996
Na_2SO_4	298	[6.40–8.83]	-0.1385	3.8535	-37.024	122.51	0.9987
	308	[6.02–8.37]	-0.1440	3.9277	-36.932	118.72	0.9997
	318	[5.47–7.49]	-0.2795	6.0470	-46.203	124.99	0.9996

Таблица 2. Минимальные концентрации солей, необходимые для получения гетерогенной системы, которая содержит 2 мас.% ПВПД

Полимер	C _{минь} (соли), моль/кг		
	$(NH_4)_2SO_4$	$MgSO_4$	Na_2SO_4
ПВПД, 2 мас.%	0.96	0.81	0.61

Для количественной характеристики высаливающего действия соли обычно используется минимальная концентрация [8] (моляльность) высаливателя, которая необходима для получения гетерогенной системы при заданных условиях. В таблице 2 представлены значения минимальной моляльности растворов изучаемых солей, необходимых для получения гетерогенной системы, содержащей 2 мас.% ПВПД при 298 К.

В то же время эта характеристика не может быть использована для объяснения причин образования двух фаз. Для объяснений причин образования двух фаз в водных растворах полимеров привлекаются различные представления. Так в работе [6] расслоение растворов на две фазы объясняется образованием коацерватов. Авторы работы [8], для объяснения расслоения водного раствора полимера на две и более фазы привлекают представления О. Самойлова, характеризующие кинетику процесса. Учитывая, что расслоение – процесс термодинамический, в работе [9], сделана попытка описать термодинамические свойства растворов полимер-соль-вода в предположении о значительной гидратации полимера. В работах [10,11] фазообразование объясняют степенью взаимодействия соли-фазообразователя с водой. На ряде примеров авторы показали, что расслоение происходит только в случае использования слабо (отрицательно) гидратированных солей.

В данной работе мы попытались проследить влияние природы катиона на ширину области гетерогенности (рис. 1).

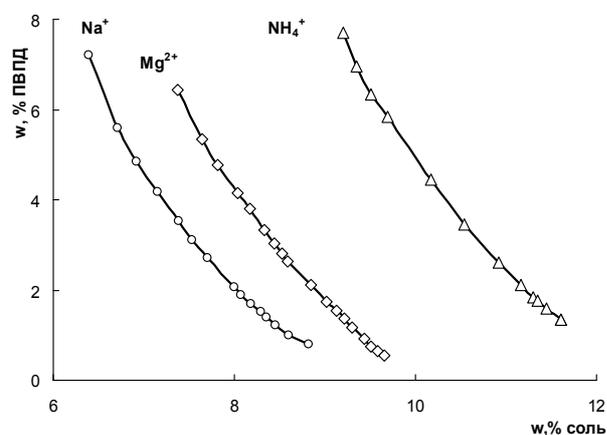


Рисунок 1. Влияние катиона на область гетерогенности системы ПВПД – соль – вода при 298 К

Энергии гидратации и ионные радиусы рассматриваемых катионов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики катионов [12, 13]

Катион	Na ⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺
r _{ион} , пм (Поллинг)	95	65	148
ΔG _{h(x)} , кДж/моль	-405.9	-1922.0	-303.4

Анализ бинодалей (рисунок 1) свидетельствует о том, что степень влияния иона на фазовое разделение зависит от положения иона в лиотропном ряду [14].

Следует отметить, что катионы солей, выбранных для исследования, по-разному влияют на структуру воды. Введение растворенного вещества может привести либо к дополнительному структурированию растворителя (при этом энтропия растворителя уменьшается), либо к частичному разрушению его структуры (энтропия растворителя увеличивается). Поэтому однозарядные ионы с малыми размерами и многозарядные ионы (Li⁺, Na⁺, Be²⁺, Mg²⁺, F⁻) оказывают структурирующее действие на воду, а большие по размеру ионы малого заряда (NH₄⁺) оказывают деструктурирующее действие.

Известно [15], что структура воды изменяется как под действием неорганических солей, так и под действием макромолекул [16,17]. В связи с этим можно предположить, что условия фазового разделения в водной полимерной системе в присутствии неорганических солей определяются суммарным эффектом воздействия полимера и фазообразующей соли на структуру воды.

Анализ влияния температуры на фазовое разделение показал, что ее рост способствует более раннему фазовому расслоению во всех изученных системах. Это может быть связано с понижением растворимости полимера с ростом температуры [18,19] и, соответственно, меньшей концентрацией соли, необходимой для образования гетерогенной системы.

Вероятно также, что расширение области гетерогенности для систем ПВПД – соль – вода с ростом температуры обусловлено структурной перестройкой системы.

В работах [20,21] обнаружено, что при повышенных температурах в водных растворах полиэтиленгликолей образуются двухфазные системы с двумя критическими точками – верхней критической точкой (ВКТ) и нижней критической точкой (НКТ). Наличие ВКТ авторы объясняют следствием действия ван-дер-ваальсовых сил. Вопрос о системах с НКТ более сложен.

Для объяснений фазовых разделений в водных растворах ПВПД необходимо привлечение и рассмотрение термодинамических параметров взаимодействия компонентов в двухфазных системах. Так как обобщенные параметры взаимодействия полимер-смешанный растворитель являются функциями состава системы, возникает необходимость знать состав фаз.

Используя данные о плотности фаз и построенных бинодалей, рассчитаны составы сосуществующих фаз.

С этой целью был использован следующий подход. При распределении компонентов между двумя фазами выполняется закон сохранения массы. Математически это описывается «правилом рычага», в соответствии с которым (обозначения соответствуют рисунки 2–4, t – верхняя фаза, b – нижняя фаза):

$$\frac{m_t}{m_b} = \left(\frac{V_t d_t}{V_b d_b} \right) = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}}$$

Величины, стоящие слева от знака равенства в уравнении, определялись экспериментально. Для этого было приготовлено по три гетерогенных раствора с известными общими концентрациями всех компонентов (точка А) для каждой из исследуемых систем. Далее растворы помещались в воздушный термостат, где находились до полного расслоения. После этого, проводилось измерение объема и плотности разделившихся фаз, из чего находилось отношение их масс.

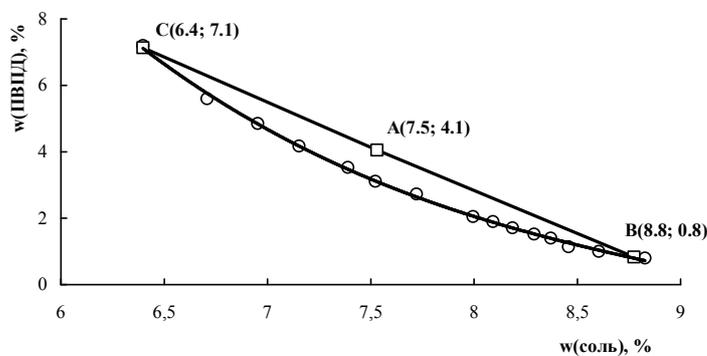


Рисунок 2. Фазовая диаграмма системы ПВПД – Na₂SO₄ – вода при 298 К

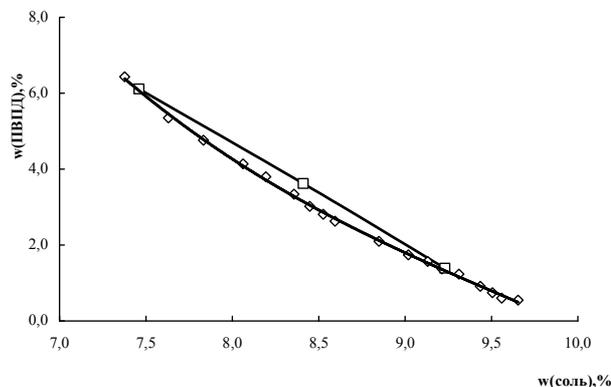


Рисунок 3. Фазовая диаграмма системы ПВПД – MgSO₄ – вода при 298 К

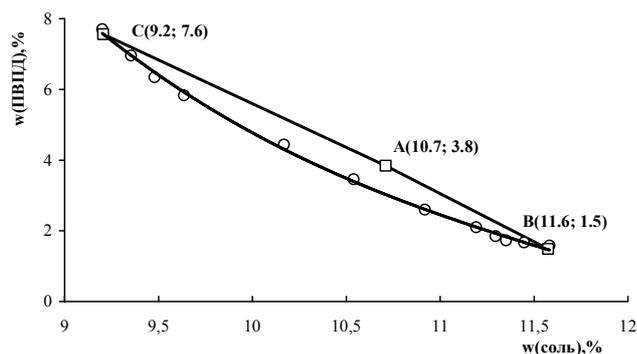


Рисунок 4. Фазовая диаграмма системы ПВПД – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – вода при 298 К

С другой стороны, для нахождения длин отрезков АВ и АС, бинодальные кривые были аппроксимированы степенной функцией в пределах концентрационных интервалов, на которых они были экспериментально определены (таблица 2).

Далее через точку известного состава А проводилась прямая с известным угловым коэффициентом k , а отношения длин отрезков АВ и АС при этом фиксировались (так как известны экспериментально определенные соотношения масс). Программа обчисливала возможные решения системы, состоящей из уравнения третьей и первой степени методом простых итераций. Расчет проводился в заданных пределах (условными пределами были взяты координаты первой и последней точек бинодали). В случае хорошего совпадения экспериментальных и теоретических результатов, концентрации веществ для составов В и С принимались как значения концентраций веществ в сосуществующих фазах (таблица 4). В противном случае, прямая вращалась вокруг точки А до получения оптимальной сходимости (алгоритм реализовывался на языке Pascal). В качестве проверочного параметра использовалось отношение массы верхней фазы к нижней, определяемое экспериментально.

Теоретически найденные составы фаз представлены в таблице 4.

Таблица 4. Составы сосуществующих фаз при 298 К

Система	Общий состав, w, %	Верхняя фаза, w, %	Нижняя фаза w, %
MgSO_4 –	8.41	7.46	9.23
ПВПД –	3.62	6.11	1.39
H_2O	87.97	86.43	89.38
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ –	10.71	9.21	11.57
ПВПД –	3.84	7.56	1.49
H_2O	85.45	83.23	86.94
Na_2SO_4 –	7.53	6.40	8.77
ПВПД –	4.05	7.13	0.83
H_2O	88.42	86.47	90.40

Таким образом, используя минимальный набор экспериментальных данных (уравнения бинодалей, объемы и плотности верхней и нижней фазы) с удовлетворительной точностью предложен расчет состава сосуществующих фаз, не прибегая к химическому анализу.

Литература

1. Кириш Ю.Э. Поли-N-винилпирролидон и другие поли-N-виниламиды / Ю.Э. Кириш. – М.: Наука, 1998. – 252 с.
2. Сидельковская Ф.П. Химия N-винилпирролидона и его полимеров / Ф.П. Сидельковская. – М.: Наука, 1970. – 150 с.
3. Николаев А.Ф. Водорастворимые полимеры / А.Ф. Николаев, Г.И. Охрименко. – Л.: Химия, 1979. – 144 с.
4. Бектуров Е.А. Молекулярные комплексы полимеров / Е.А. Бектуров, Р.Э. Хамзамулина, З.Х. Бакауова. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 176 с.

5. Остроушко А.А. Система гептамолибдат аммония– поливинилпирролидон–вода / А.А. Остроушко, М.Ю. Сенников // Журн. неорг. химии. – 2003. – Т.48, №4. – С. 655-660.
6. Альберстон П.О. Разделение клеточных частиц и макромолекул / П.О. Альберстон. – М.: Мир, 1985. – 150 с.
7. Voros N. Liquid-liquid Phase Equilibria of Aqueous 2-Phase Systems Containing Salts And Polyethylene Glycol / N. Voros, P. Proust, A. Fredenslund // Fluid Phase Equilibria. – 1993. – Vol.90. – P. 333-354.
8. Двухфазные водные системы на основе полиэтиленгликоля и неорганических солей / Т.И. Нифантьева, В. Матоушова, З. Адамцова, В.М. Шкинев // Высокомолек. соед. А. – 1989. – Т.31, №10. – С. 2131-2135.
9. Описание распределения неорганических солей в расслаивающихся системах раствор электролита полиэтиленгликоль / В.В Сергиевский, Ж.Е Джакупова, В.М. Шкинев, Б.Я Спиваков // Журн. общ. химии. – 1994. – Т.64, №1. – С. 23-25.
10. Розен А.М. Экстракция в системах с двумя несмешивающимися водными фазами на основе полиэтиленгликоля и соли – фазообразователя как пример равновесий с диссоциацией в обеих фазах / А.М Розен, З.И. Николотова, Н.А. Карташева // Радиохимия. – 1993. – Т.35, №6. – С. 49-62.
11. Розен А.М. Вопросы фазообразования при экстракции металлов в системах полиэтиленгликоль – неорганическая соль – вода. 1. Избранные анионы, способствующие фазообразованию / А.М. Розен, А.М. Сафиулина, В.М. Шкинев // Радиохимия. – 2001. – Т.43, №6. – С. 490-493.
12. Костромина Н. А. Химия координационных соединений: учебник для ВУЗов / Н.А. Костромина. В.Н Кумок, Н.А Скорик. – М.: Высшая школа, 1990. – 432 с.
13. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С Воюцкий. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
14. Алимарин И.П. Демонстрационный эксперимент по общему курсу аналитической химии / И.П. Алимарин, В.И. Фадеева, Е.Н. Дорохова. – М.: Химия, 1974. – 288 с.
15. Крестов Г.А. Термодинамика ионных процессов в растворах / Г.А. Крестов. – Л.: Химия, 1984. – 272 с.
16. Ueberreiter K. Change of water structure by solvents and polymers / K. Ueberreiter // Colloid Polymer Sci. – 1982. – Vol.260, №1. – P. 37-45.
17. Thermodynamic properties of aqueous solutions of macromolecular compounds. I. Solutions of polyethylene glycol and polyacrylamide / A.A. Masimov, B.Yu. Zaslavsky, A.A. Gasanov, S.V. Rogozhin // J. Chromatogr. – 1984. – Vol.284, №2. – P. 337-348
18. Clark A. H. Direct analysis of experimental tie line data (two polymer–one solvent systems) using Flory–Huggins theory / A. H. Clark // Carbohydrate Polymers. – 2000. – V. 42. – P. 337–351.
19. Foroutan M. Quaternary (liquid+liquid) equilibria of aqueous two–phase polyethylene glycol, poly-N-vinylcaprolactam and KH₂PO₄ system: Experimental and generalized Flory–Huggins Theory / M. Foroutan, M. Zarrabi // J. Chem. Therm. – 2008. – V. 40. – P. 935-941.
20. Бектуров Е.А. Синтетические водорастворимые полимеры в растворах / Е.А. Бектуров, З.Х. Бакауова. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 149 с.
21. Вопросы фазообразования при экстракции металлов в системах полиэтиленгликоль – неорганическая соль – вода. 2. Бинарная система полиэтиленгликоль – вода / А.М. Розен, А.М. Сафиулина, В.М. Шкинев, В.П. Николаев // Радиохимия. – 2002. – Т.44, №3. – С. 245-247.

References

1. Kirsh Yu.E'. Poli-N-vinilpirrolidon i drugie poli-N-vinilamidy' / Yu.E'. Kirsh. – М.: Nauka, 1998. – 252 s. [in Russian]
2. Sidel'kovskaya F.P. Himiya N-vinilpirrolidona i ego polimerov / F.P. Sidel'kovskaya. – М.: Nauka, 1970. – 150 s. [in Russian]
3. Nikolaev A.F. Vodorastvorimy'e polimery' / A.F. Nikolaev, G.I. Ohrimenko. – L.: Himiya, 1979. – 144 s. [in Russian]
4. Bekturov E.A. Molekulyarny'e kompleksy' polimerov / E.A. Bekturov, R.E'. Hamzamulina, Z.H. Bakauova. – Alma-Ata: Nauka, 1988. – 176 s. [in Russian]

5. Ostroushko A.A. Sistema heptamolibdat ammoniya-polivinilpirrolidon-voda / A.A. Ostroushko, M.YU. Sennikov // Journ. neorgn. himii. – 2003. – Т.48, №4. – С. 655-660. [in Russian]
6. Al'berston P.O. Razdelenie kletochny'h chastic i makromolekul / P.O. Al'berston. – М.: Mir, 1985. – 150 с. [in Russian]
7. Voros N. Liquid-liquid Phase Equilibria of Aqueous 2-Phase Systems Containing Salts And Polyethylene Glycol / N. Voros, P. Proust, A. Fredenslund // Fluid Phase Equilibria. – 1993. – Vol.90. – P. 333-354.
8. Dvuhfazny'e vodny'e sistemy' na osnove polie`tilenglikolya i neorganicheskikh soley / T.I. Nifant'eva, V. Matoushova, Z. Adamcova, V.M. Shkinev // Vy'sokomolek. soed. A. – 1989. – Т.31, №10. – С. 2131-2135. [in Russian]
9. Opisanie raspredeleniya neorganicheskikh soley v rasslaivayusch'ihsysya sistemah rastvor e`lektrolita polie`tilenglikol' / V.V. Sergievskiy, J.E. Djakupova, V.M. SHkinev, B.YA Spivakov // Journ. obsch' himii. – 1994. – Т.64, №1. – С. 23-25. [in Russian]
10. Rozen A.M. E`kstrakciya v sistemah s dvumya neshivayusch'imisya vodny'mi fazami na osnove polie`tilenglikolya i soli – fazoobrazovatelya kak primer ravnovesiy s dissociaciey v obei fazah / A.M. Rozen, Z.I. Nikolotova, N.A. Kartasheva // Radiohimiya. – 1993. – Т.35, №6. – С. 49-62. [in Russian]
11. Rozen A.M. Voprosy' fazoobrazovaniya pri e`kstrakcii metallov v sistemah polie`tilenglikol' – neorganicheskaya sol' – voda. 1. Izbranny'e aniony', sposobstvuyusch'ie fazoobrazovaniyu / A.M. Rozen, A.M. Safiulina, V.M. SHkinev // Radiohimiya. – 2001. – Т.43, №6. – С. 490-493. [in Russian]
12. Kostromina N. A. Himiya koordinacionny'h soedineniy: uchebnik dlya VUZov / N.A. Kostromina, V.N. Kumok, N.A. Skorik. – М.: Vy'sshaya shkola, 1990. – 432 с. [in Russian]
13. Voyuckiy S.S. Kurs kolloidnoy himii / S.S. Voyuckiy. – М.: Himiya, 1975. – 512 с. [in Russian]
14. Alimarin I.P. Demonstracionny'y e`ksperiment po obsch'emu kursu analiticheskoy himii / I.P. Alimarin, V.I. Fadeeva, E.N. Dorohova. – М.: Himiya, 1974. – 288 с. [in Russian]
15. Krestov G.A. Termodinamika ionny'h processov v rastvorah / G.A. Krestov. – Л.: Himiya, 1984. – 272 с. [in Russian]
16. Ueberreiter K. Change of water structure by solvents and polymers / K. Ueberreiter // Colloid Polymer Sci. – 1982. – Vol.260, №1. – P. 37-45.
17. Thermodynamic properties of aqueous solutions of macromolecular compounds. I. Solutions of polyethylene glycol and polyacrylamide / A.A. Masimov, B.Yu. Zaslavsky, A.A. Gasanov, S.V. Rogozhin // J. Chromatogr. – 1984. – Vol.284, №2. – P. 337-348.
18. Clark A. H. Direct analysis of experimental tie line data (two polymer–one solvent systems) using Flory–Huggins theory / A. H. Clark // Carbohydrate Polymers. – 2000. – V. 42. – P. 337–351.
19. Foroutan M. Quaternary (liquid+liquid) equilibria of aqueous two–phase polyethylene glycol, poly-N-vinylcaprolactam and KH₂PO₄ system: Experimental and generalized Flory–Huggins Theory / M. Foroutan, M. Zarrabi // J. Chem. Therm. – 2008. – V. 40. – P. 935-941.
20. Bekturov E.A. Sinteticheskie vodorastvorimy'e polimery' v rastvorah / E.A. Bekturov, Z.H. Bakauova. – Alma-Ata: Nauka, 1981. – 149 с. [in Russian]
21. Voprosy' fazoobrazovaniya pri e`kstrakcii metallov v sistemah polie`tilenglikol' – neorganicheskaya sol' – voda. 2. Binarnaya sistema polie`tilenglikol' – voda / A.M. Rozen, A.M. Safiulina, V.M. Shkinev, V.P. Nikolaev // Radiohimiya. – 2002. – Т.44, №3. – С. 245-247. [in Russian]

Поступила в редакцию 25 июня 2014 г.

Г. Д. Южно, А. П. Красноперова, В. Д. Трифонов. Фазові рівноваги в системах полі-N-вінілпіролідону – неорганічна сіль – вода.

Досліджено фазові рівноваги в двофазних водних системах на основі полі-N-вінілпіролідону і ряду неорганічних солей (сульфатів натрію, магнію і амонію) з метою вибору оптимальних умов отримання гетерогенних систем для створення ефективних екстракційних систем для виділення та поділу металів. Викорис-

товуючи дані про густину фаз і побудованих бінодалів, розраховані склади співіснуючих фаз в системах полівінілпіролідон – сіль – вода.

Ключові слова: екстракція, гетерогенна система, атермічний ефект, бінодаль, полівінілпіролідон, структурний фактор, фазова діаграма.

G. D. Yukhno, A. P. Krasnopyorova, V. D. Trifonov. Phase equilibrium in systems poly-N-vinylpyrrolidone – inorganic salts – water.

The phase equilibria in aqueous two-phase systems based on poly-N-vinylpyrrolidone and some inorganic salts (sodium, magnesium and ammonium sulphate) has been examined in order to select the optimal conditions for obtaining heterogeneous systems for efficient extraction systems for the isolation and separation of metals. Using data on the density of the phases and binodals compositions of coexisting phases in the polyvinylpyrrolidone – salt – water has been calculated.

Key words: extraction, heterogeneous system, athermal effect binodal, polyvinylpyrrolidone, structure factor, phase diagram.

Kharkov University Bulletin. 2014. № 1123. Chemical Series. Issue 23 (46).